

Používání nápovědy

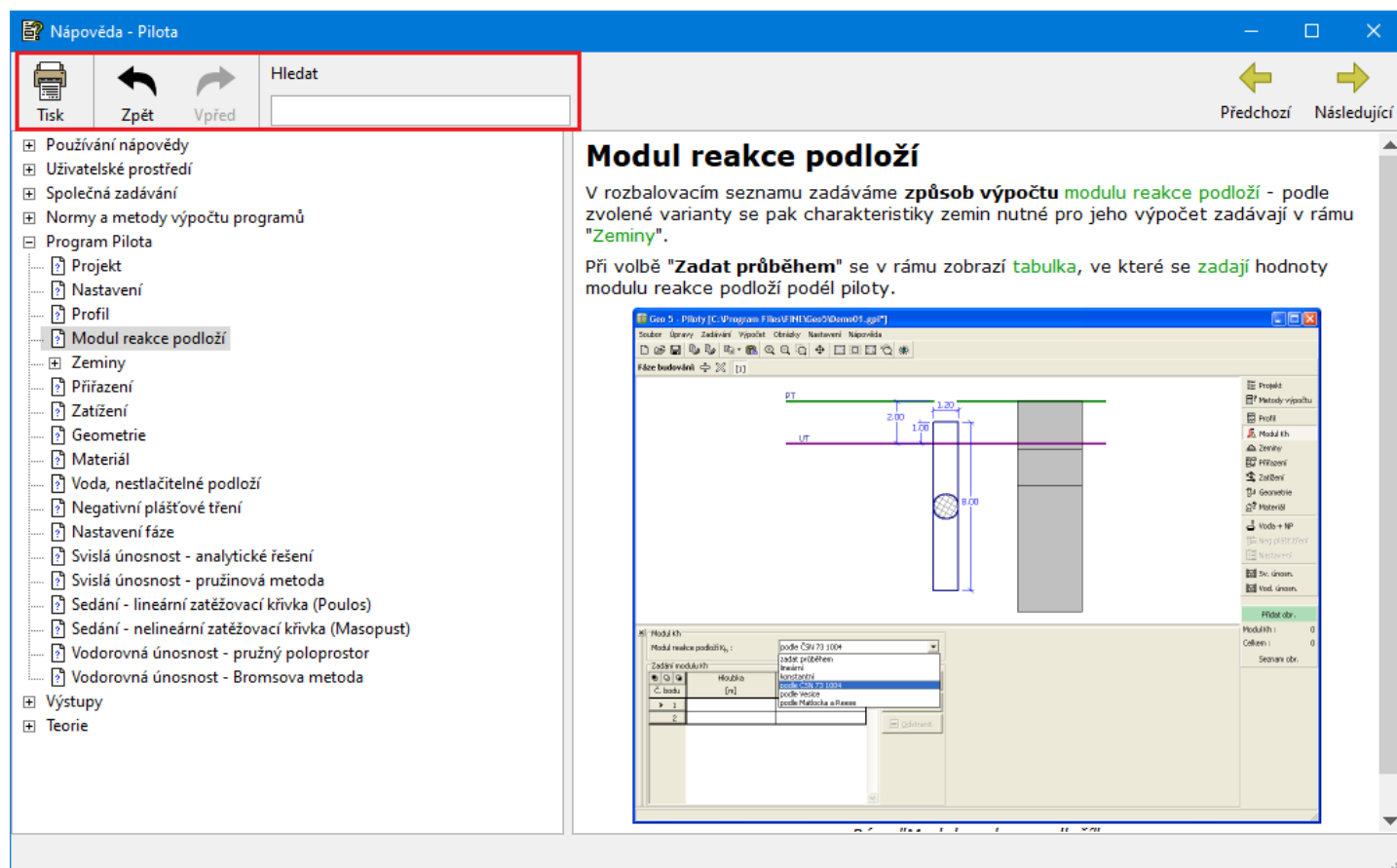
Nápověda programů GEO5 se zobrazuje ve standardním dialogovém okně. Dialogové okno nápovědy lze otevřít z menu programu (položky "**Nápověda**", "**Obsah**"), nebo funkčním tlačítkem "**F1**" kdekoli v programu.

V některých dialogových oknech (např. "**Přidání nových zemin**") lze příslušnou kapitolu nápovědy otevřít stisknutím tlačítka nápovědy "?".

Dialogové okno obsahuje:

- Lištu se základními ovládacími tlačítky. Tlačítko "**Tisk**" otevře systémové okno pro tisk. Tlačítka "**Zpět/Vpřed**" umožňují listovat stránkami, které již byly zobrazeny. Tlačítka "**Předchozí/Následující**" umožňují přecházet jednotlivými stránkami ve stromečku nahoru nebo dolů.
- Zadávací pole "**Hledat**".
- "**Stromeček**" se seznamem položek nápovědy - jednotlivé složky ve stromečku se otevírají/zavírají kliknutím na symbol před názvem "+"/"-".
- Okno pro vlastní zobrazení nápovědy - záhlaví okna obsahuje název aktuálně zobrazené stránky.

Text nápovědy obsahuje kontextové odkazy na další položky. Text těchto kontextových odkazů je zvýrazněn zelenou barvou.

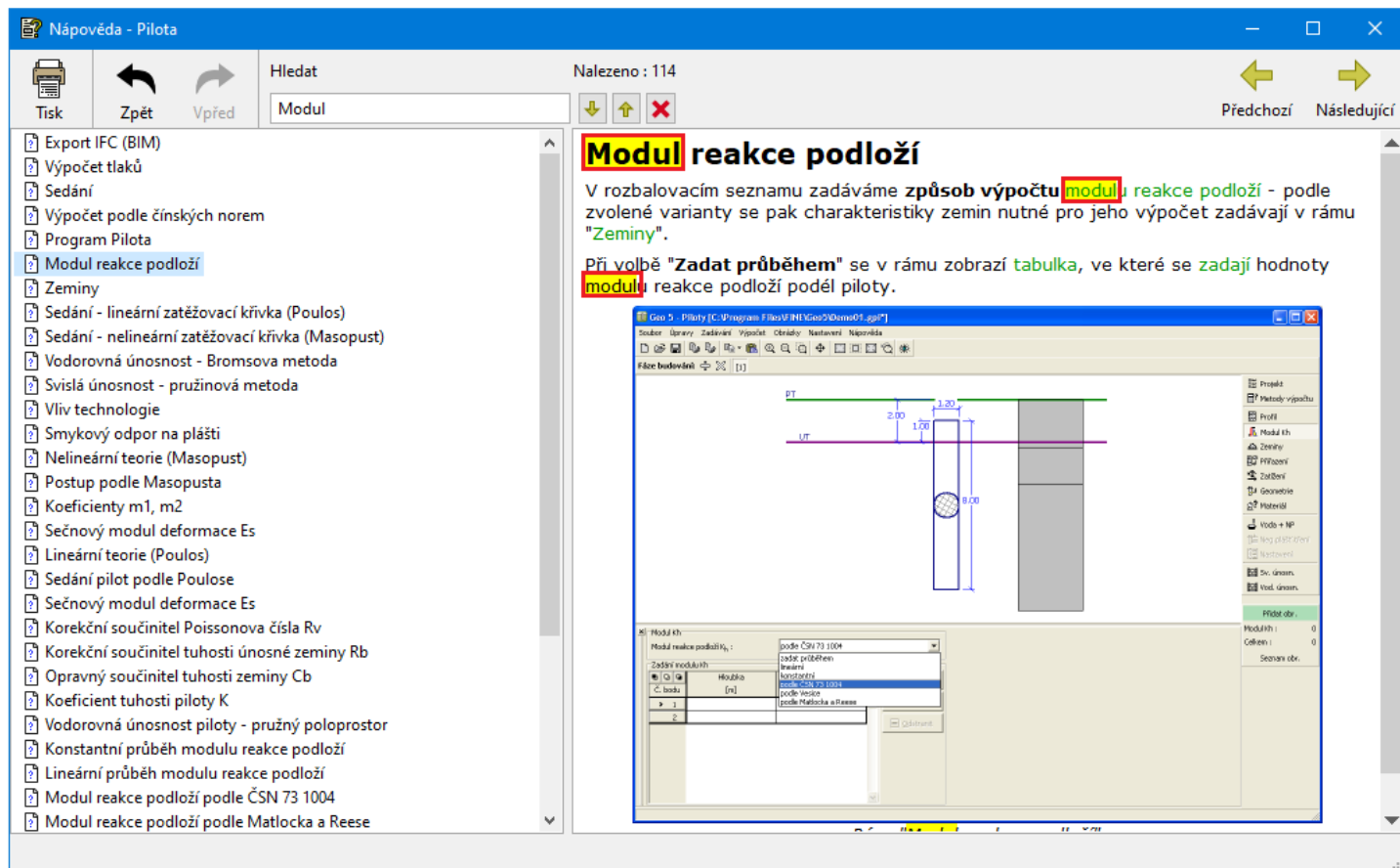


Dialogové okno "Nápověda - GEO5"

Používání funkce Hledat

Funkce "**Hledat**" umožňuje najít libovolný text v tématech nápovědy:

- Hledaný text se zapíše do pole "**Hledat**".
- Zadáváním textu se automaticky spustí vyhledávání.
- Algoritmus vyhledá zadaný text v každém výrazu, ve kterém je i pouze částečně obsažen.
- Hledaný text je na zobrazené stránce žlutě zvýrazněn.
- Seznam nalezených stránek obsahující hledaný text se zobrazí v levé části dialogového okna.
- Tlačítka "↑" / "↓" umožňují listovat jednotlivými stránkami ve vyhledaném seznamu nahoru nebo dolů.
- Tlačítko "✖", tlačítko "**Zpět**", nebo kliknutí na kontextový odkaz ukončí hledání a zobrazí původní stromeček nápovědy.



Použití funkce "Hledat"

Uživatelské prostředí

Programy GEO5 jsou standardní windows aplikace, které mohou být nainstalovány v 32/64 bit verzi. Ovládání prostředí aplikace respektuje obecné vlastnosti prostředí Windows.

V této části nápovědy jsou popsány funkce uživatelského prostředí:

- Okno aplikace
- Ovládací menu
- Nástrojové a ovládací lišty
- 3D zobrazení
- Nastavení kreslení
- Popisky
- Rámy
- Tabulky
- Dialogová okna

Ovládání programu pomocí myši je popsáno v následujících kapitolách:

- Aktivní kóty a objekty
- Funkce myši
- Kontextová nabídka myši

Všechny programy GEO5 umožňují přepínání jednotek (metrické / imperiální).

Možnosti kopírování dat mezi programy jsou popsány v následujících kapitolách:

- Kopie do schránky
- Geoschránka

Programy umožňují nastavit v dialogovém okně "Možnosti" další vlastnosti jako parametry tisku, způsob kopírování do

schránky, popřípadě funkce pro **usnadnění zadávání** - funkce **Zpět a znovu**, svislá a vodorovná **pravítka** a zadávací **mřížku**.

32/64 bit verze

Všechny programy **GEO5** (od edice 2022) **mohou být nainstalované v 32, popř. 64 bitové verzi**.

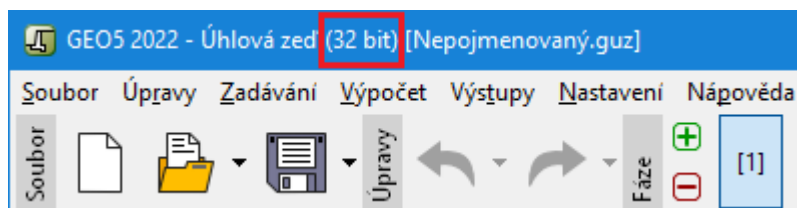
Výběr verze probíhá hned **při instalaci** - v rozbalitelném seznamu v instalátoru je možné zvolit 32, popř. 64 bit instalaci. Na jednom PC mohou být **nainstalovány a používány obě verze**.

Použití výkonnější **64 bit verze doporučujeme** především pro rozsáhlejší úlohy v programech **MKP** a **Stratigrafie**, kde umožní výrazné **zrychlení výpočtu**, popř. **generování modelu**.

Na 32 bitových verzích Windows lze spustit pouze 32 bitová verze GEO5. Na 64 bitových Windows lze spustit obě verze.

Obě verze jsou spolu zcela kompatibilní, úlohy vytvořené a uložené ve 32 bitové verzi lze otevřít a upravit i v 64 bitové verzi (a opačně).

Verze jsou **rozlišeny** informací v **záhlaví okna** a také při spouštění každé aplikace na úvodní obrazovce.



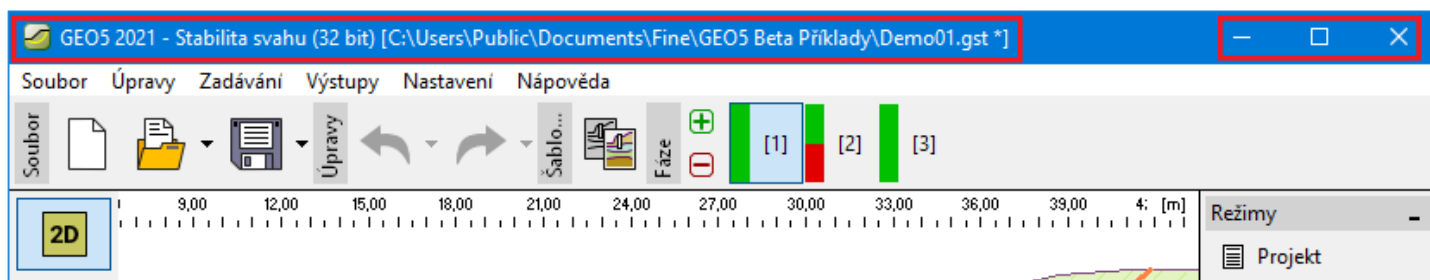
Označení verze v záhlaví okna



Označení verze na úvodní obrazovce programu

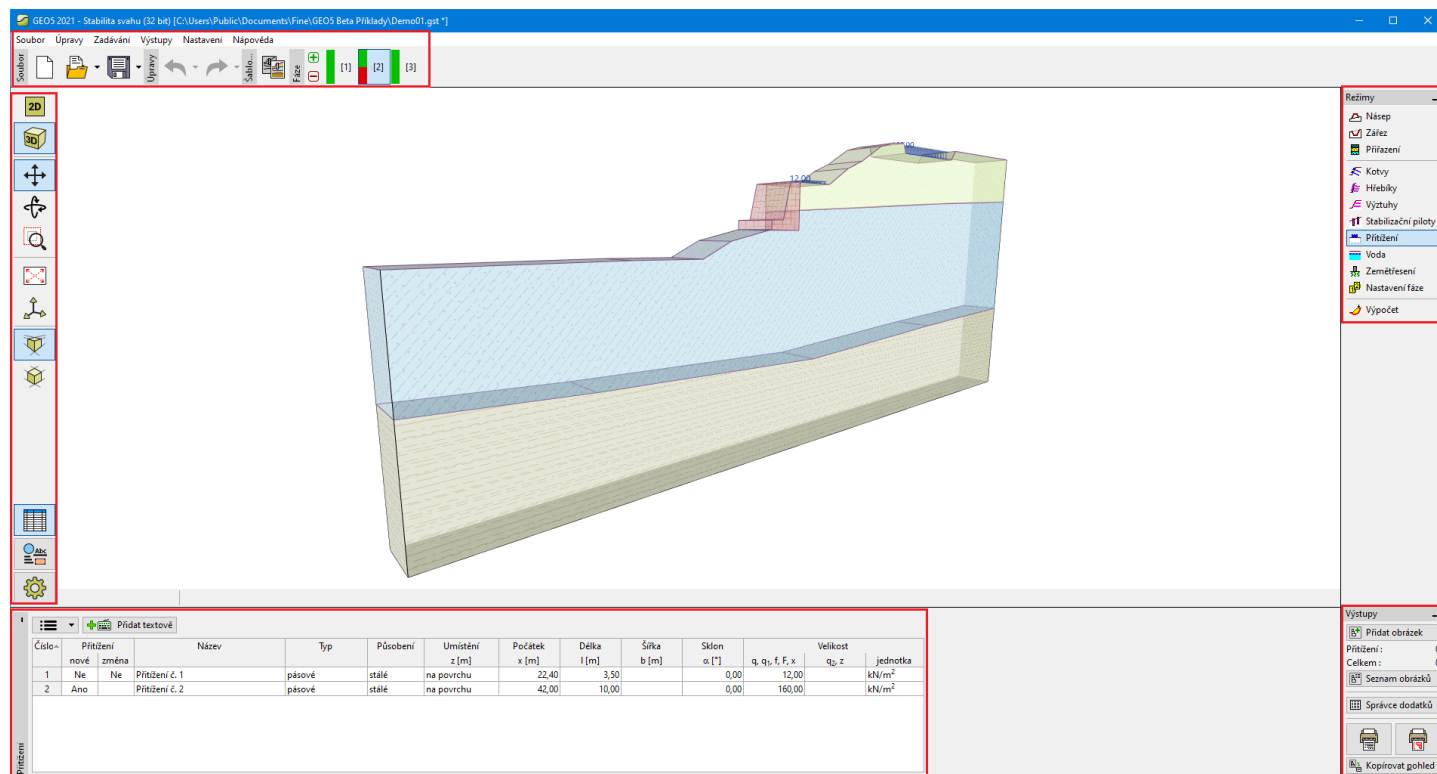
Okno aplikace

Program se spouští ve standardním dialogovém okně, které obsahuje všechny ovládací prvky typické pro prostředí Windows (minimalizace, maximalizace okna, zavření aplikace....). Záhlaví okna obsahuje informaci o zpracovávané úloze (název a umístění souboru) a **použité verzi (32/64 bit)** - viz obrázek:



Ovládací prvky okna aplikace

Pracovní plocha se skládá z **ovládacího menu**, **nástrojových a ovládacích lišt** a desktopu, na kterém se zobrazuje navrhovaná konstrukce. Ve spodní části obrazovky se zobrazují **rámy** pro zadání vstupních dat úlohy. Rozmístění prvků v programu je patrné z obrázku:



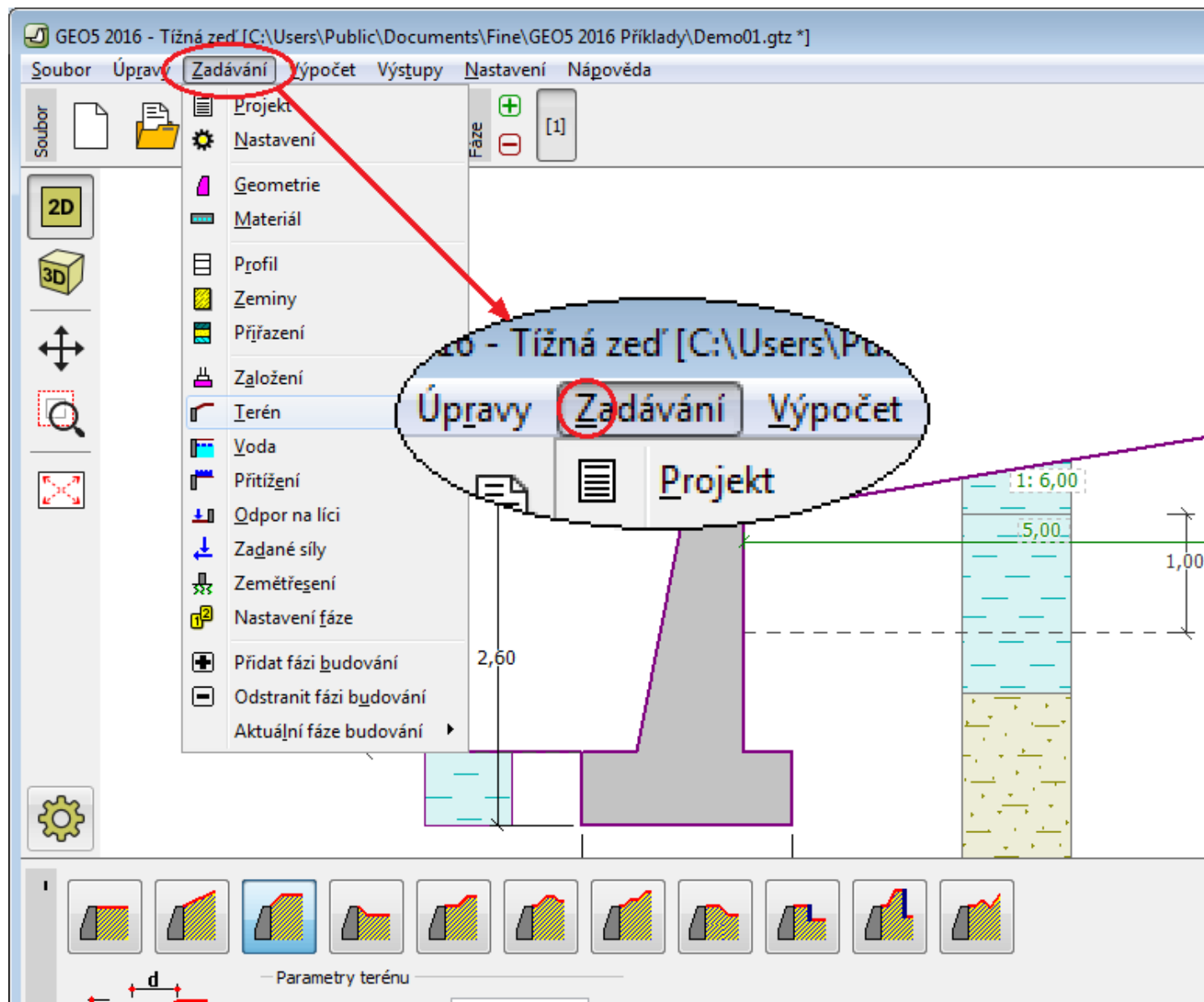
Uspořádání pracovní plochy

Ovládací menu

Výběr v menu programu se provádí **levým tlačítkem myši** nebo alternativně pomocí **klávesnice**, a to stisknutím kombinace klávesy **ALT** a **písmena vyznačeného podtržením** ve vybrané položce menu.

Jak je v prostředí Windows obvyklé, některé volby z menu lze nahradit tlačítky na nástrojových lištách nebo zkratkovými povely z klávesnice (pokud existuje, je vypsán vedle příkazu v menu - **např. Uložit soubor - CTRL+S**).

Některé volby v programu lze nastavit pouze přes menu - např. "**Možnosti**" programu.

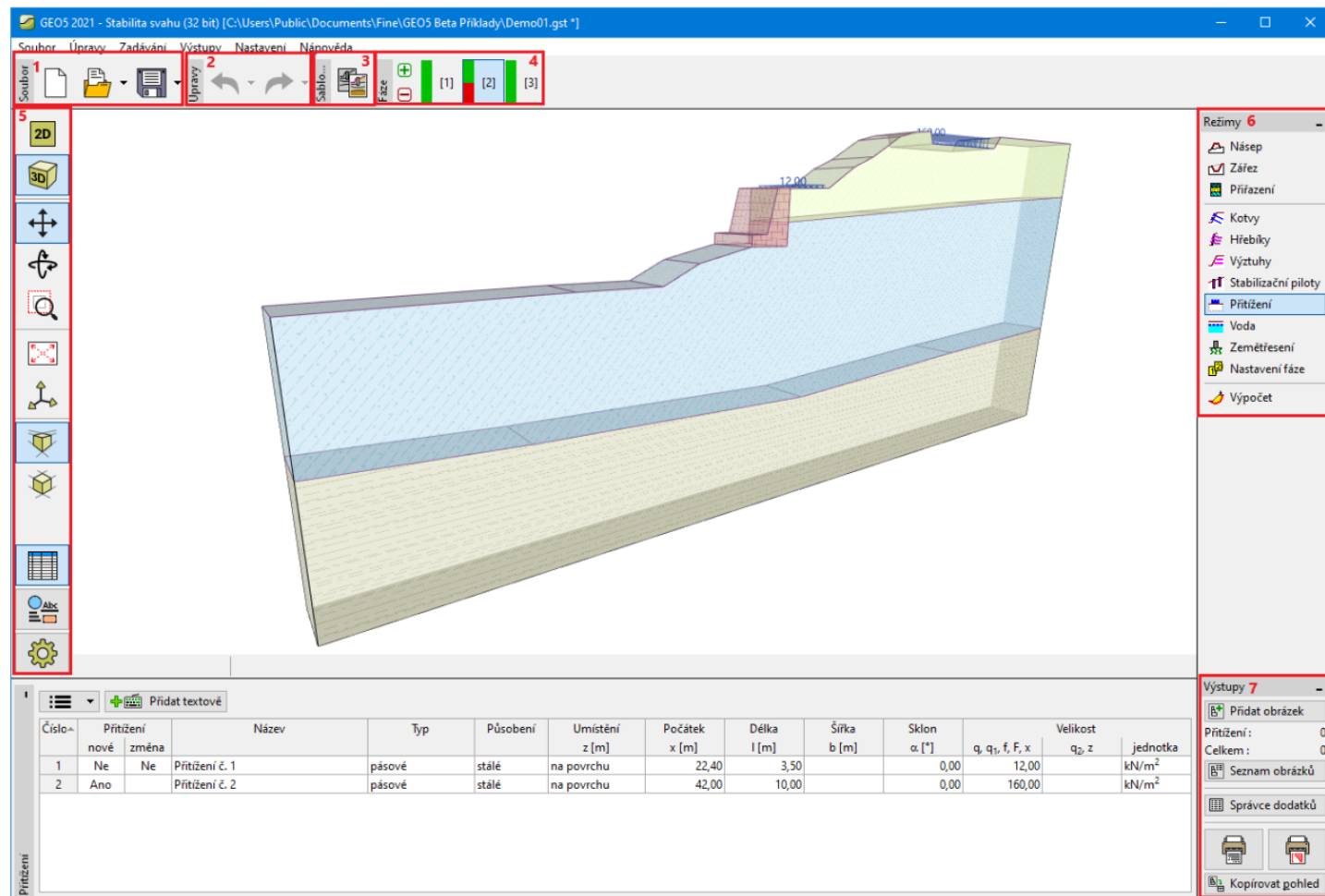


Ovládací menu programu

Nástrojové a ovládací lišty

Program obsahuje následující nástrojové a ovládací lišty:

- (1) Soubory
- (2) Úpravy
- (3) Šablona
- (4) Fáze
- (5) Ovládání kresby
- (6) Režimy
- (7) Výstupy



Umístění nástrojových a ovládacích lišt na desktopu

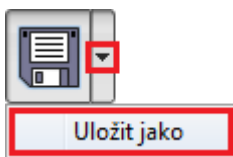
Soubory

Tlačítka na **liště** jsou určena pro práci se soubory. Nástrojová lišta obsahuje následující tlačítka:



Nástrojová lišta "Soubor"

Některá tlačítka jsou rozdělena na dvě části a jedním tlačítkem lze ovládat více funkcí (oddělená část vpravo se šipkou).



Použití tlačítka pro více funkcí

Funkce jednotlivých tlačítek jsou následující:

	Nový soubor	<ul style="list-style-type: none"> Otevře nový soubor - pokud je otevřena rozpracovaná úloha, program vyzve k uložení dat
	Otevřít soubor	<ul style="list-style-type: none"> Otevře uložený soubor - pokud je otevřena rozpracovaná úloha, program vyzve k uložení dat
	Otevřít naposledy používané soubory	<ul style="list-style-type: none"> Nabídne seznam naposledy zpracovávaných úloh
	Uložit data do souboru	<ul style="list-style-type: none"> Uloží data aktuálně otevřené úlohy - v případě, že úloha není pojmenována, otevře dialogové okno "Uložit jako"

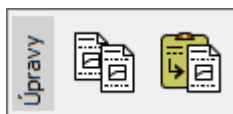


Uložit jako

- Otevře dialogové okno **"Uložit jako"** - aktuálně otevřená úloha lze uložit pod jiným jménem

Úpravy

Tlačítka na **liště** jsou určena pro práci s daty v rozpracované úloze. Lišta má jinou podobu v 1D a 2D programech. Nástrojová lišta obsahuje následující tlačítka:

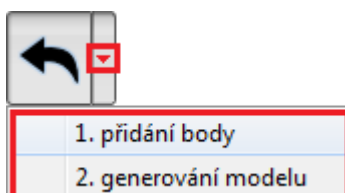


Nástrojová lišta "Úpravy" - 1D programy



Nástrojová lišta "Úpravy" - 2D programy

Některá tlačítka jsou rozdělena na dvě části a jedním tlačítkem lze ovládat více funkcí (oddělená část vpravo se šipkou).



Použití tlačítka pro více funkcí

Funkce jednotlivých tlačítek jsou následující:



Kopírovat data

- **Zkopíruje** data aktuální úlohy do schránky.



Vložit data

- Otevře dialogové okno a **vloží** ze schránky vybraná data z jiného programu GEO5 - např. z programu **"Tlaky"** do programu **"Tížná zed"**.



Zpět

- Vráť poslední provedený krok - funkce je dostupná pouze v programech prostředí 2D a musí být zapnuta v dialogovém okně **"Možnosti"**.



Zpět (více kroků)

- Nabídne seznam kroků, které je možné vrátit.



Znovu

- Obnoví jeden vrácený krok - funkce je dostupná pouze v programech prostředí 2D a musí být zapnuta v dialogovém okně **"Možnosti"**.



Znovu (více kroků)

- Nabídne seznam kroků, které je možné obnovit.

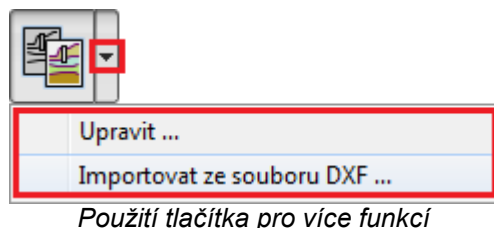
Šablona

Tlačítka na **liště** jsou určena pro práci se šablonou DXF. Nástrojová lišta obsahuje následující tlačítka:



Nástrojová lišta "Šablona"

Některá tlačítka jsou rozdělena na dvě části a jedním tlačítkem lze ovládat více funkcí (oddělená část vpravo se šipkou). Tlačítko získá tuto funkci až po načtení šablony.



Použití tlačítka pro více funkcí

Funkce jednotlivých tlačítek jsou následující:

	Šablona	<ul style="list-style-type: none"> Importuje šablonu z DXF souboru. Pokud je šablona načtena, zapíná / vypíná její zobrazení na desktopu.
	Upravit	<ul style="list-style-type: none"> Otevře dialogové okno pro úpravu vrstev šablony.
	Importovat ze souboru DXF	<ul style="list-style-type: none"> Otevře dialogové okno pro import nové šablony ze souboru DXF.

Fáze budování

Tlačítka na **liště** jsou určena pro práci s fázemi budování. Na obrázku je zobrazeno umístění tlačítek:



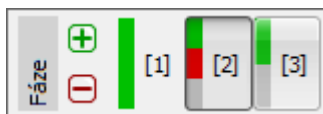
Nástrojová lišta "Seznam fází budování"

	Přidá fázi budování	<ul style="list-style-type: none"> Přidá novou fázi budování na konec seznamu.
	Odstraní fázi budování	<ul style="list-style-type: none"> Odstraní poslední fázi budování ze seznamu.
	Fáze budování 1,2 ...	<ul style="list-style-type: none"> Přepne mezi jednotlivými fázemi budování - výběr provádíme levým tlačítkem myši.

Ve všech programech GEO5 lze pomocí této lišty zadávat **fáze budování**. Pomocí fází budování se modeluje postupné budování stavby (**nezbytné pro programy "Pažení posudek", "Sedání", "MKP"**). Tuto funkci lze také využít pro parametrické studie a v každé fázi budování počítat s jiným přiřazením zemin nebo s jinými výpočtovými součiniteli. Velmi vhodné je také modelovat účinky zemětřesení na konstrukci ve zvláštní fázi budování, protože pak lze zadat jiné stupně bezpečnosti resp. výpočtové koeficienty.

Mezi jednotlivými zadáními (přiřazení zemin, kotvy, podpory ...), existuje vždy **vztah mezi fázemi budování** (**dědičnost vlastností**).

Některé programy ukazují pomocí barevného proužku, v jakém stavu se nachází výpočet v jednotlivých fázích.



Nástrojová lišta "Seznam fází budování" s vyznačeným stavem výpočtu

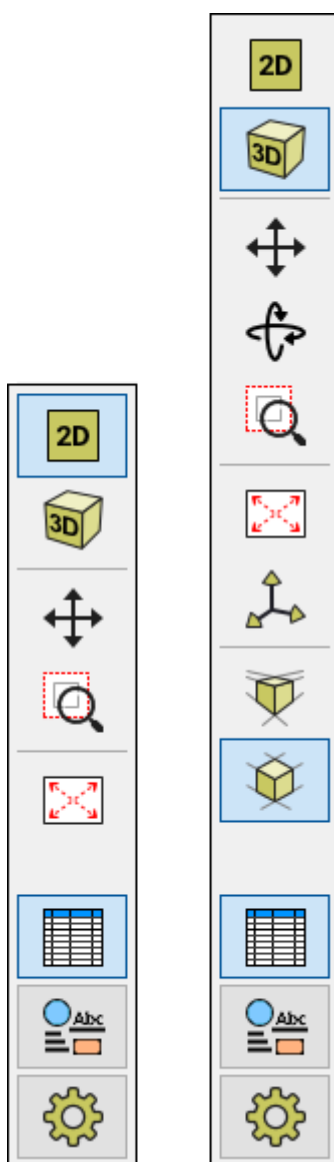
Význam jednotlivých barev je následující:

- zelená - ve fázi je výpočet, který **VYHOVUJE**
- červená - ve fázi je výpočet, který **NEVYHOVUJE**
- šedivá - ve fázi je výpočet, který **nebyl spočten**

Ovládání kresby









Tlačítka na liště jsou určena pro ovládání kresby na desktopu. Lišta má jinou podobu ve 2D a 3D zobrazení. Nástrojová

lišta obsahuje následující tlačítka:



Nástrojová lišta "Ovládání kresby" - podoba lišty v 2D a 3D zobrazení

Funkce jednotlivých tlačítek jsou následující:

	2D zobrazení	<ul style="list-style-type: none"> Kresbu na desktopu zobrazí ve 2D zobrazení.
	3D zobrazení	<ul style="list-style-type: none"> Kresbu na desktopu zobrazí ve 3D zobrazení.
	Posune zobrazený výřez	<ul style="list-style-type: none"> Posune libovolným směrem zobrazený výřez - posun provedeme tažením a současným stlačením levého tlačítka myši.
	Natočí scénu	<ul style="list-style-type: none"> Natočí libovolným směrem zobrazenou kresbu (3D zobrazení) - posun provedeme tažením a současným stlačením levého tlačítka myši.
	Zobrazí označenou oblast	<ul style="list-style-type: none"> Zobrazí a zvětší označenou oblast - výběr plochy oblasti provedeme levým tlačítkem myši.
	Upraví měřítko	<ul style="list-style-type: none"> Kliknutím na levé tlačítko myši upraví maximálním zvětšením (zmenšením) měřítko kresby tak, aby byly vidět všechny objekty ve výřezu.
	Předdefinovaný 3D pohled	<ul style="list-style-type: none"> Nastaví předdefinovaný 3D pohled kresby.
	2D pohled	<ul style="list-style-type: none"> Zobrazí pohled proti směru osy Z

**Perspektivní pohled**

- Nastaví perspektivní pohled kresby (**3D zobrazení**).

**Axonometrický pohled**

- Nastaví axonometrický pohled kresby (**3D zobrazení**).

**Režim zadávání**

- Tlačítko přepne do "**Režimu zadávání**"

**Popisky**

- Tlačítko nastaví režim "**Popisků**"

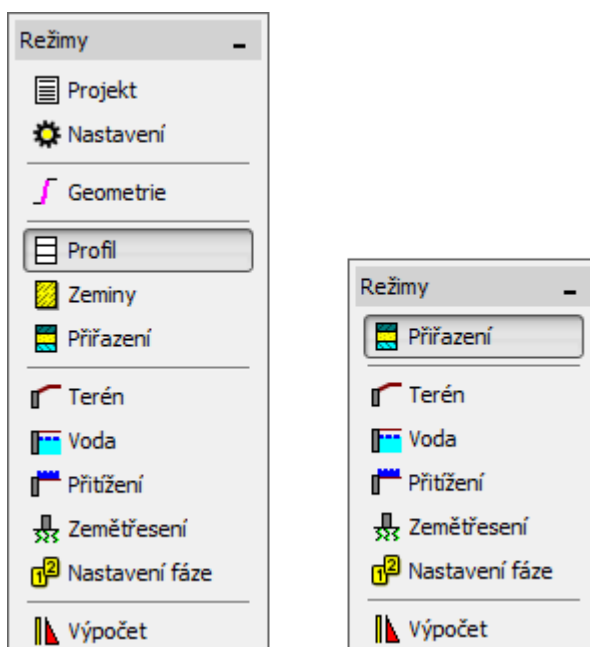
**Nastavení kresby**

- Tlačítko otevře rám "**Nastavení kreslení**".

Režimy

Na svislých ovládacích **lištách** volíme příslušný mód (režim) zadávání dat (projekt, geometrie, profil...) včetně výpočtu, popř. posouzení. Výběrem na této liště se ve spodní části desktopu zobrazí příslušný **rám** pro zadávání dat.

Lišta obsahuje vždy pouze ty režimy zadávání, ve kterých má zadání dat smysl. To znamená, že pokud úloha obsahuje například více fází budování, je nabídka na liště v první **fázi budování** kompletní, ale v následujících fázích chybí na liště položky (režimy zadávání), kde nelze měnit již zadaná data.



Ovládací lišta na přepínání režimu zadávání dat

Výstupy

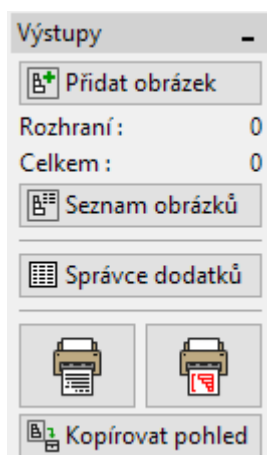
Samostatná ovládací **lišta** je určena pro práci s obrázky a výstupním dokumentem.

Tlačítko "**Přidat obrázek**" otevírá dialogové okno "**Nový obrázek**". Další řádek v liště poskytuje informaci, kolik je uloženo obrázků v příslušném režimu zadávání dat. V řádku "**Celkem**" vidíme celkový počet uložených obrázků. Tlačítko "**Seznam obrázků**" otevírá **seznam obrázků**.

Tlačítko "**Správce dodatků**" otevírá **správce dodatků**.

Další dvě tlačítka otevírají dialogové okno "**Tisk a export dokumentu**" a "**Tisk a export pohledu**".

Tlačítko "**Kopírovat pohled**" vloží aktuální pohled z desktopu do **schránky**.

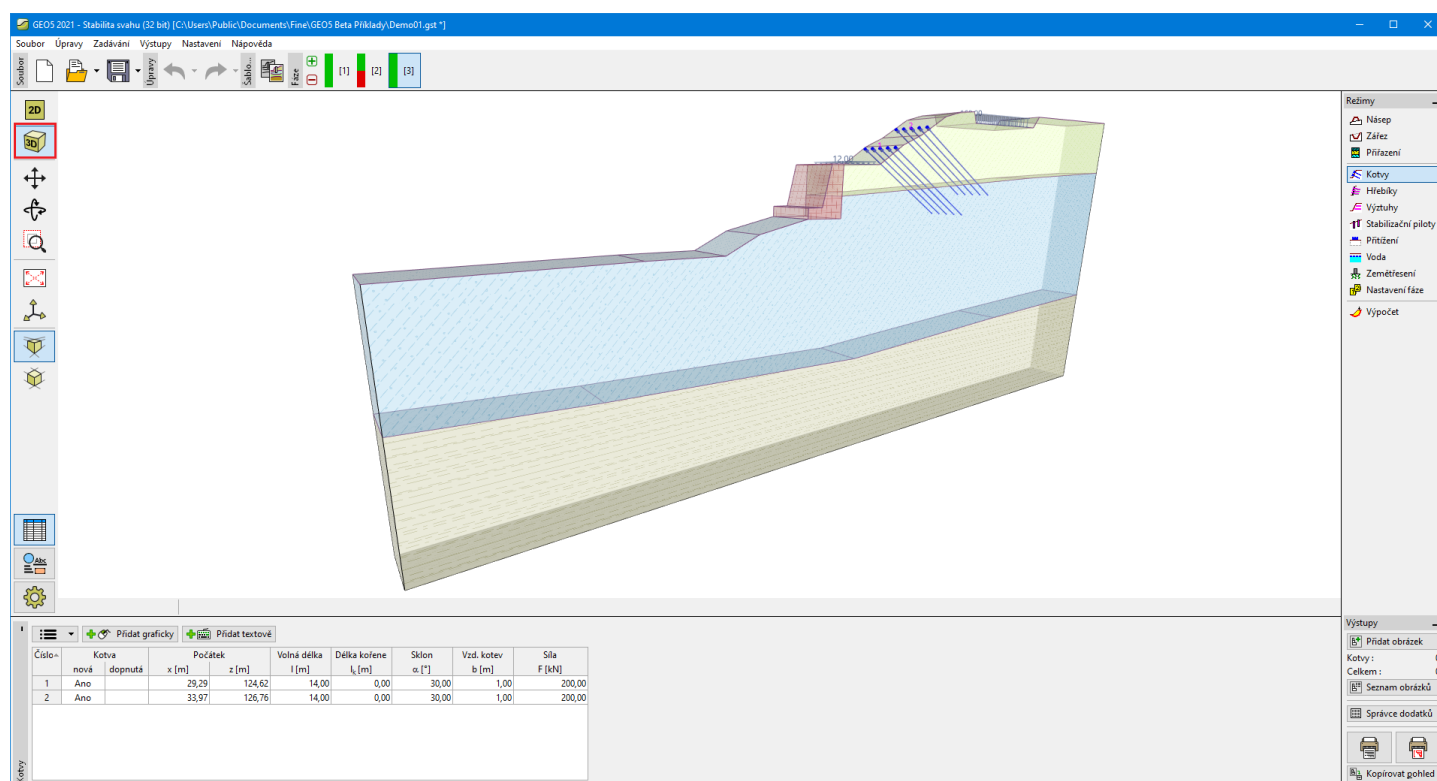


Ovládací lišta "Výstupy"

3D zobrazení

Programy (1D i 2D) umožňují zobrazit kresbu na desktopu ve 3D režimu. Zobrazení 3D je informativní a slouží k lepší orientaci v zadané úloze (např. rozmístění objektů) a pro prezentaci výsledků.

3D režim zobrazení kresby se zapíná na nástrojové liště "Ovládání kresby". Tato lišta také obsahuje nástroje pro práci s kresbou.



3D zobrazení

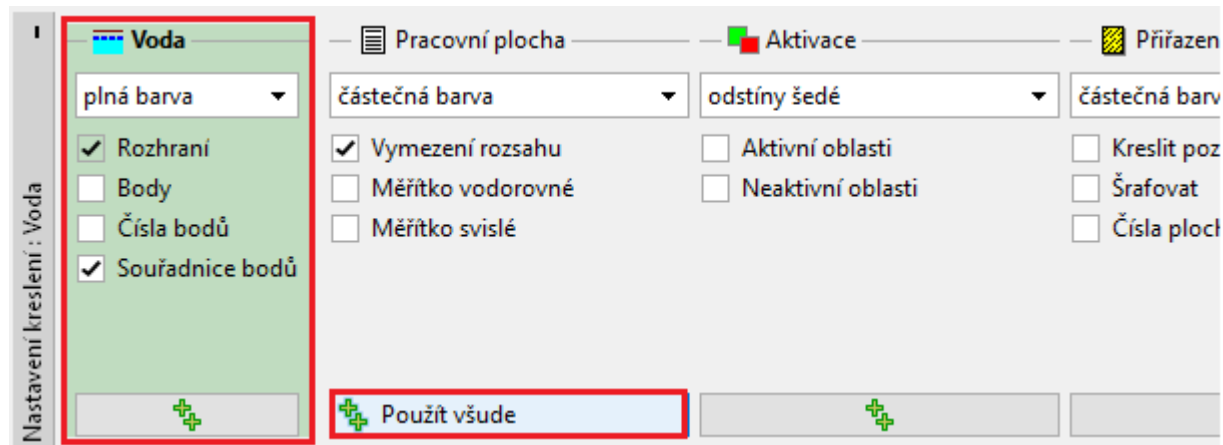
Nastavení kreslení

Pomocí rámu "Nastavení kreslení" se nastavují parametry kresby (to, co je zobrazeno na desktopu). V jakémkoliv režimu zadávání dat lze rám v dolní části desktopu přepnout do režimu "Nastavení kreslení". Přepnutí se provádí pomocí tlačítka na nástrojové liště "Ovládání kresby".



Funkční tlačítko nastavení kreslení

Jednotlivé sloupce v okně korespondují s jednotlivými režimy zadávání dat. Vlevo je vždy zobrazeno nastavení aktuálního režimu (na obr. rám "Voda"). V dalších sloupcích lze definovat zobrazení ostatních vykreslených objektů. V rámu lze nastavit pouze kreslení objektů aktuálně zobrazených.



Rám v režimu "Nastavení kreslení"

Tlačítko "**Použít všude**" v dolní části každého sloupce nastaví předvolené parametry kresby pro **všechny režimy zadávání dat**.

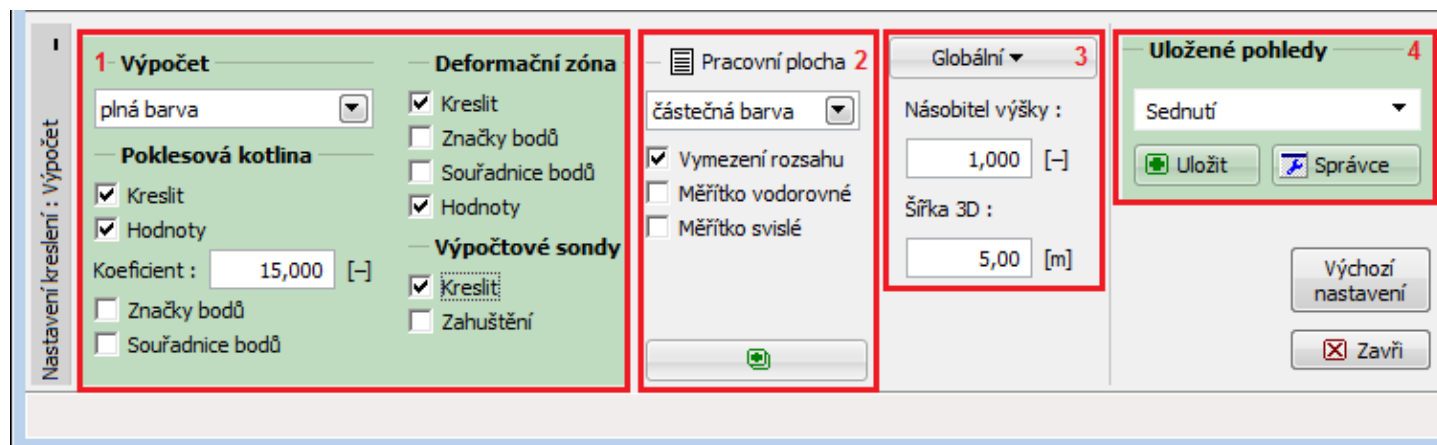
Tlačítko "**Výchozí nastavení**" vrátí původní defaultní nastavení programu.

Nastavení v tomto rámu slouží výhradně k definování parametrů zobrazení kresby na desktopu - nastavení parametrů kresby pro výstupy (tisk) se definují v režimu "Přidání obrázku".

Dále může rám obsahovat sloupce se speciálními nastaveními, která se zobrazují jen v některých případech a jen pro některé programy:

- Nastavení **zobrazení výsledků výpočtu** (1).
- Pracovní plocha (2D programy) - definují se některá speciální nastavení (zobrazení rozsahu kresby, měřítko) a jsou to globální nastavení pro všechny **režimy zadávání** (2).
- Násobitel výšky (2D programy) - umožňuje změnu měřítka ve svislém směru (z) (3).
- Roztažení kresby (1D programy) - umožňuje změnu měřítka v horizontálním směru (x) (3).
- Šířka 3D - definuje v režimu **3D zobrazení** úlohy šířku zobrazené kresby (3).
- **Ukládání pohledů** (programy Sedání, MKP) (4).

Nastavení barev pozadí, barev čar, stylů čar a stylů výplní se definuje pro všechny programy ve "**Správci stylů zobrazení**".

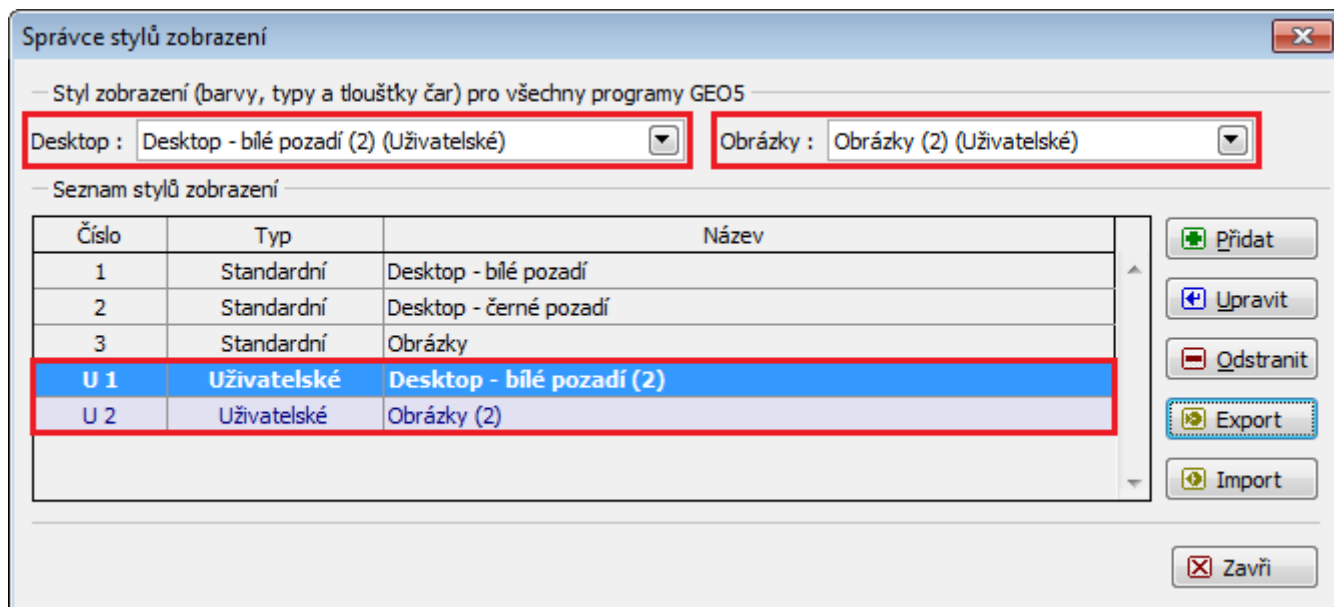


Rám v režimu "Nastavení kreslení" - speciální nastavení

Správce stylů zobrazení

Správce stylů zobrazení slouží k globálnímu nastavení stylu kreslení (barvy zobrazovaných objektů, barvy čar, stylů čar, stylů výplní, barvy při výběru objektů). Uživatelé umožňuje nastavit styl zobrazení pro obrázky na desktopu a ve **výstupech**, a to pro **všechny programy GEO5**.

Dialogové okno je dostupné z menu (položky "**Nastavení**", "**Styl zobrazení**"). Styl zobrazení se volí v rozbalitelných seznamech "**Desktop**" a "**Obrázky**".



Dialogové okno "Správce stylů zobrazení"

Kromě přednastavených stylů zobrazení pro **desktop** (bílé a černé pozadí) a **obrázky** lze definovat vlastní (uživatelský styl zobrazení).

Postup vytvoření uživatelského stylu zobrazení:

V seznamu v dialogovém okně "**Správce stylů zobrazení**" vybereme výchozí styl zobrazení, který budeme upravovat.

Stiskem tlačítka "**Přidat**" otevřeme dialogové okno "**Přidat styl zobrazení**".

V rozbalitelném seznamu "**Zobrazit nastavení pro program**" můžeme filtrovat zobrazené režimy podle programu, nebo zobrazit všechna nastavení.

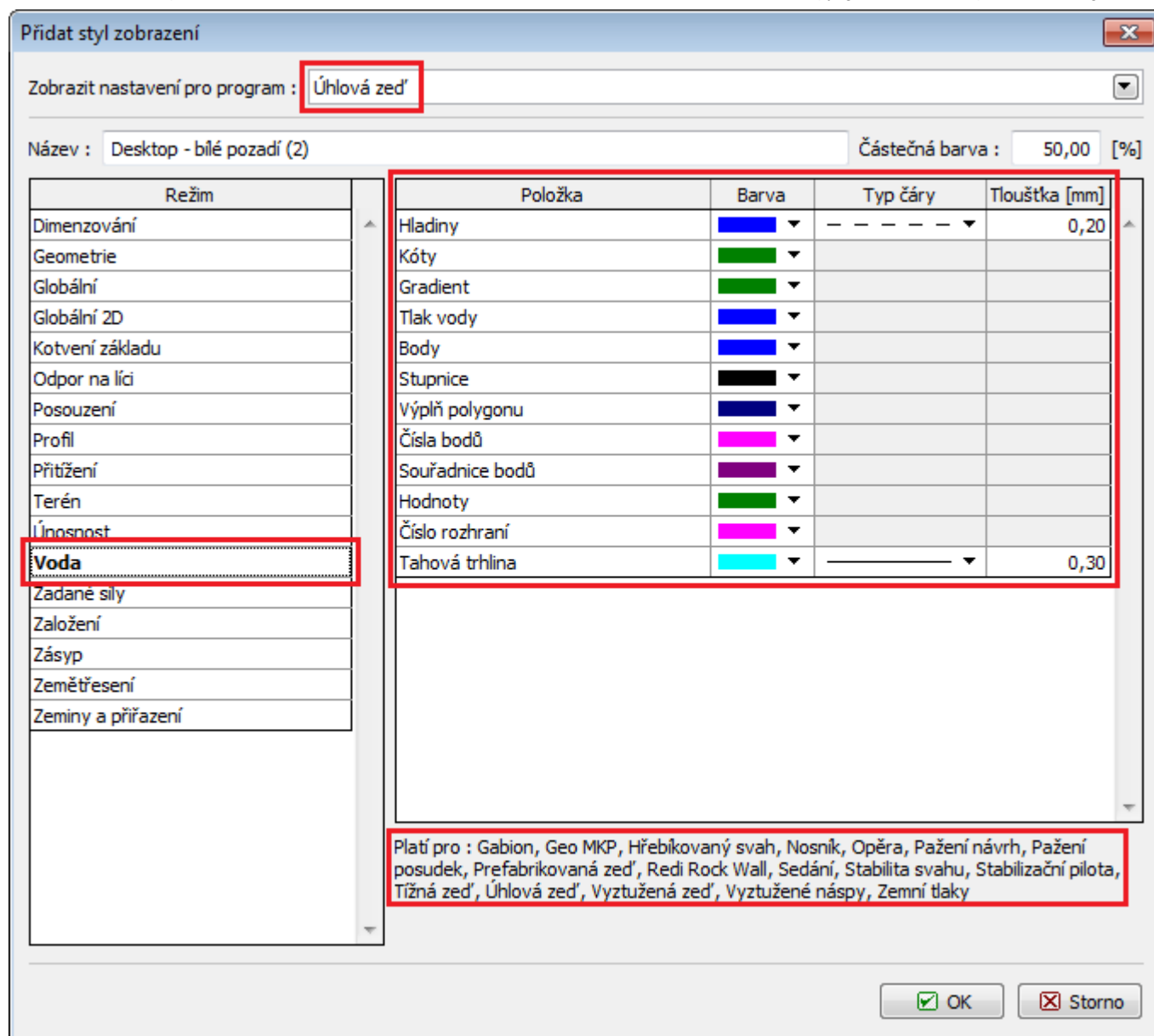
V poli "**Název**" zadáme jméno zadávaného stylu zobrazení.

V seznamu "**Režim**" v levé části okna **vybereme režim** (např. Dimenzování, Geometrie, Terén, Voda...) pro který chceme změnit styl zobrazení. V pravé části okna **nastavíme nový styl** kreslení objektů zobrazovaných v daném režimu (např. Hladiny, Tlak vody, Číslo bodů, Tahová trhlina...).

Ve spodní části okna je zobrazen **seznam programů GEO5**, kterých se úprava stylu zobrazení týká.

Příklad: V programu "**Úhlová zed**" v režimu "**Voda**" změníme styl zobrazení "**Tahové trhliny**" (barva, plná čára, tloušťka 0,3 mm). Toto nastavení je pak **platné pro všechny programy uvedené v seznamu** v dialogovém okně ("**Gabion**", "**Geo MKP**", "**Hřebíkový svah**", "**Nosník**", "**Opěra**"....) - viz obr.

Tlačítko "**OK**" zavře dialogové okno, uloží nastavení uživatelského stylu zobrazení a přidá název tohoto stylu do seznamu ve výše uvedeném dialogovém okně "**Správce stylů zobrazení**". Současně se objeví v rozbalitelných seznamech "**Desktop**" nebo "**Obrázky**" - po zadání nového stylu je tedy **nutné tento styl přiřadit** do políčka pro kreslení na desktopu nebo pro tisk.



Dialogové okno "Přidat styl zobrazení"

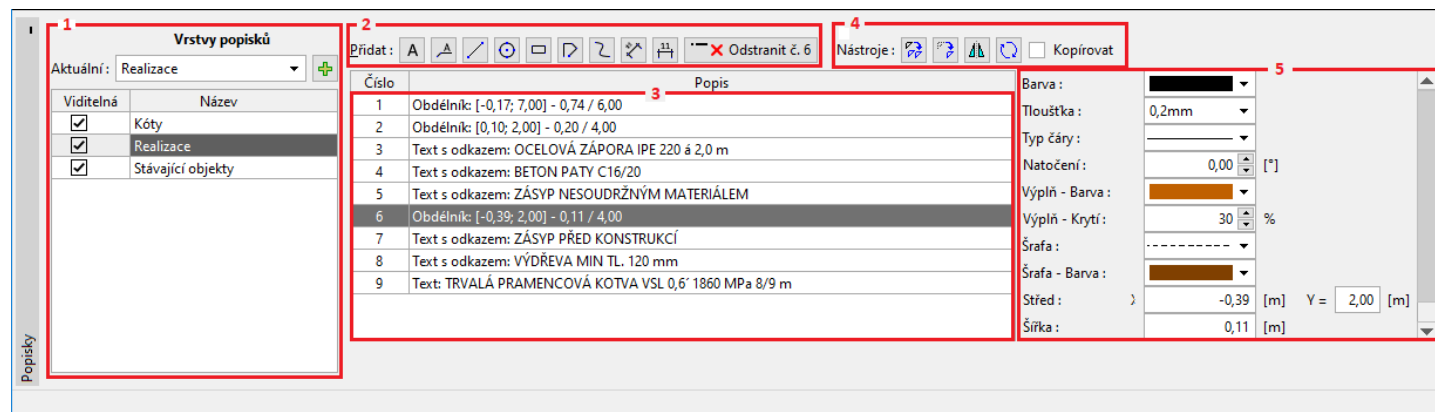
Popisky

V programech GEO5 lze jednoduchým způsobem ovládat **zobrazení kresby** na desktopu. Ne vždy, jsou tyto možnosti programu dostatečně vyhovující (styl zobrazení, kóty, doplňující objekty, popis objektů....). V takovém případě programy GEO5 uživateli umožňují použít nástroj **"Popisky"**:

- doplnit kresbu pomocí uživatelských **objektů** (komponent)
- **editovat** vytvořené objekty a používat **nástroje** pro jejich editaci
- vkládat objekty do **vrstev**

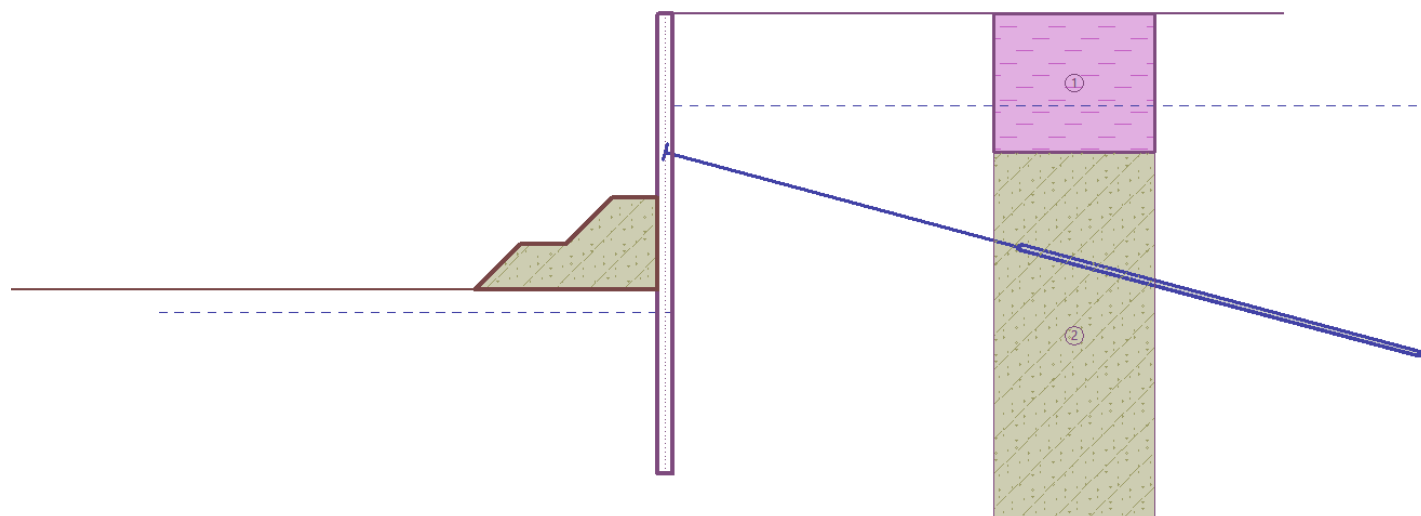
Režim **"Popisky"** se zapíná pomocí tlačítka na nástrojové liště **"Ovládání kresby"**. V režimu **"Popisky"** rám obsahuje:

- Tabulku se seznamem **vrstev** (1)
- Tlačítka pro vkládání jednotlivých objektů (2)
- Tabulku se seznamem vložených objektů (3)
- Tlačítka pro použití **"Nástrojů"** (4)
- Editovatelné vlastnosti jednotlivých objektů (5)

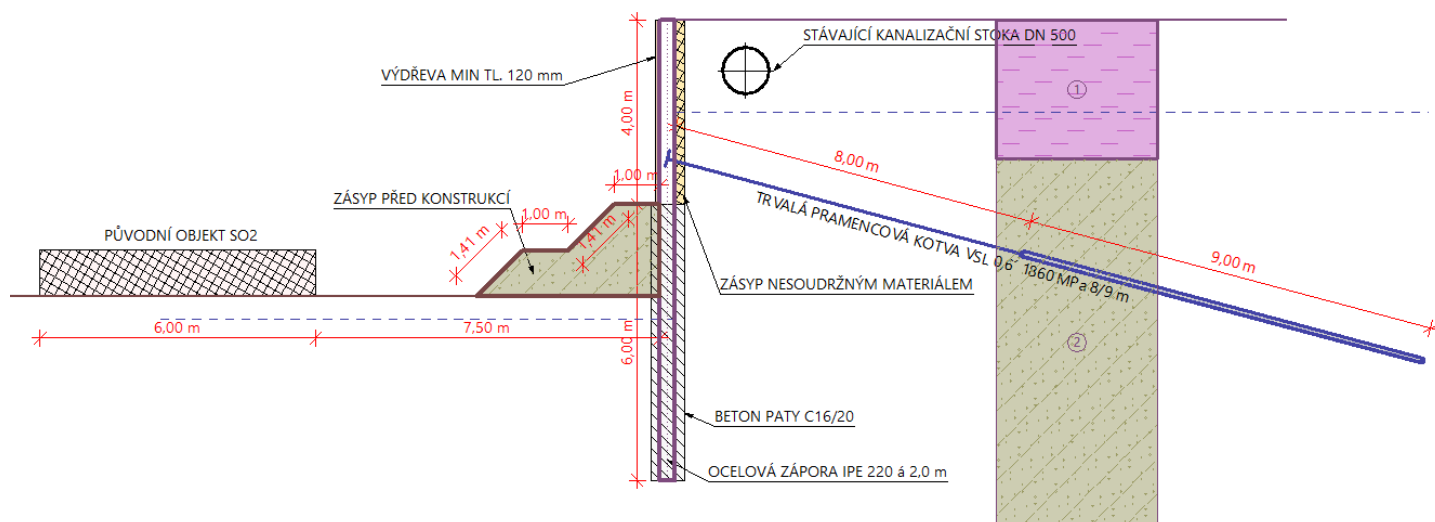


Rám "Popisky"

Na následujících obrázcích je uveden jednoduchý příklad zobrazení pažící konstrukce před a po úpravě uživatelem pomocí nástroje "Popisky":



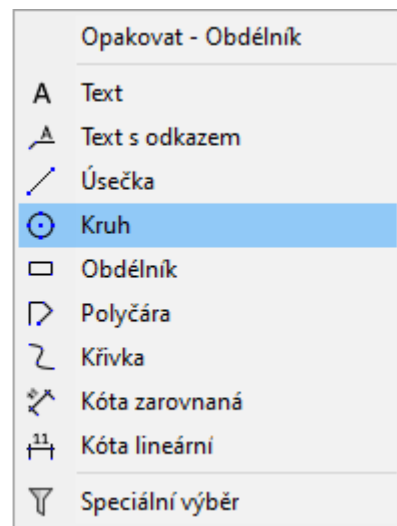
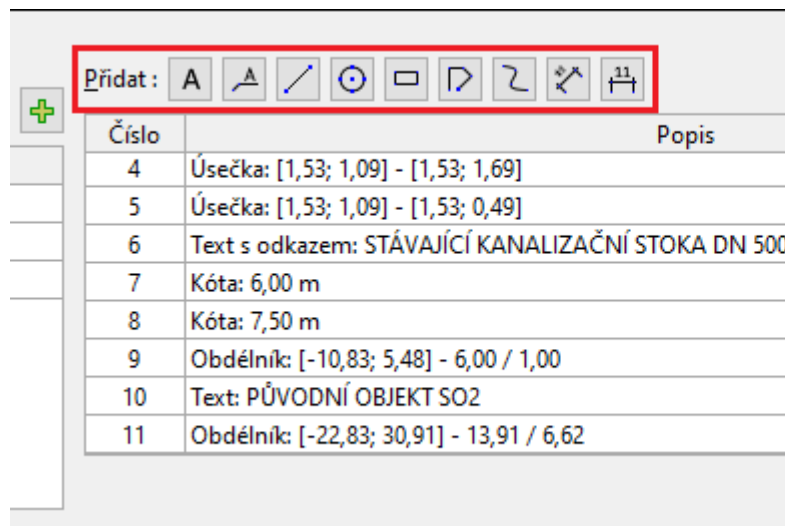
Zobrazení bez využití funkce "Popisky"



Zobrazení s využitím funkce "Popisky"

Objekty

Objekty lze zadat graficky pomocí myši. Výběr typu objektu, který zadáváme se **provádí tlačítky** v rámu "Popisky", nebo pomocí kontextové nabídky (pravé tlačítko myši).



Kontextová nabídka myši pro zadávání objektů a Nástrojová lišta pro zadání objektů

Programy umožňují vložit následující objekty:

Objekt	Popis vytvoření objektu
Text	<ul style="list-style-type: none"> Kliknutím levým tlačítkem myši umístíme text na určené místo na desktopu.
Text s popisem	<ul style="list-style-type: none"> Kliknutím levým tlačítkem myši umístíme text s popisem na určené místo na desktopu.
Úsečka	<ul style="list-style-type: none"> Kliknutím levým tlačítkem myši určíme počáteční a koncový bod úsečky na desktopu.
Kruh	<ul style="list-style-type: none"> Kliknutím levým tlačítkem myši určíme počáteční bod (umístění středu kružnice) a koncový bod (poloměr kružnice) na desktopu.
Obdélník	<ul style="list-style-type: none"> Kliknutím levým tlačítkem myši určíme počáteční bod a koncový bod (délku stran obdélníku) na desktopu.
Polyčára	<ul style="list-style-type: none"> Opakovaným kliknutím levým tlačítkem myši určíme umístění všech bodů polyčáry na desktopu.
Křivka	<ul style="list-style-type: none"> Opakovaným kliknutím levým tlačítkem myši určíme umístění všech bodů křivky na desktopu.
Kóta zarovnaná	<ul style="list-style-type: none"> Kliknutím levým tlačítkem myši určíme počáteční a koncový bod kóty - tažením myši určíme vzdálenost kóty od objektu.
Kóta lineární	<ul style="list-style-type: none"> Kliknutím levým tlačítkem myši určíme počáteční a koncový bod kóty - tažením myši vodorovným či svislým směrem, určíme vzdálenost kóty od objektu.

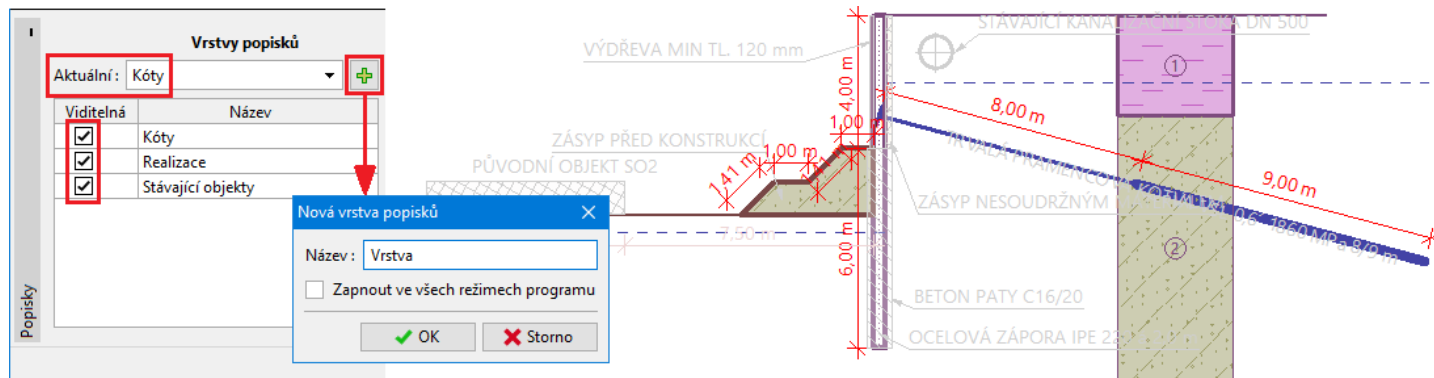
Objekty se zadávají ve **vrstvách**. Vybrané objekty lze upravovat **graficky** i **textově**. Pomocí "**Nástrojů**" lze objekty kopírovat, přesouvat či zrcadlit.

Vrstvy

Tato funkce umožňuje vytvořit libovolný počet vrstev (hladin). Do těchto vrstev lze umístit jednotlivé **objekty**.

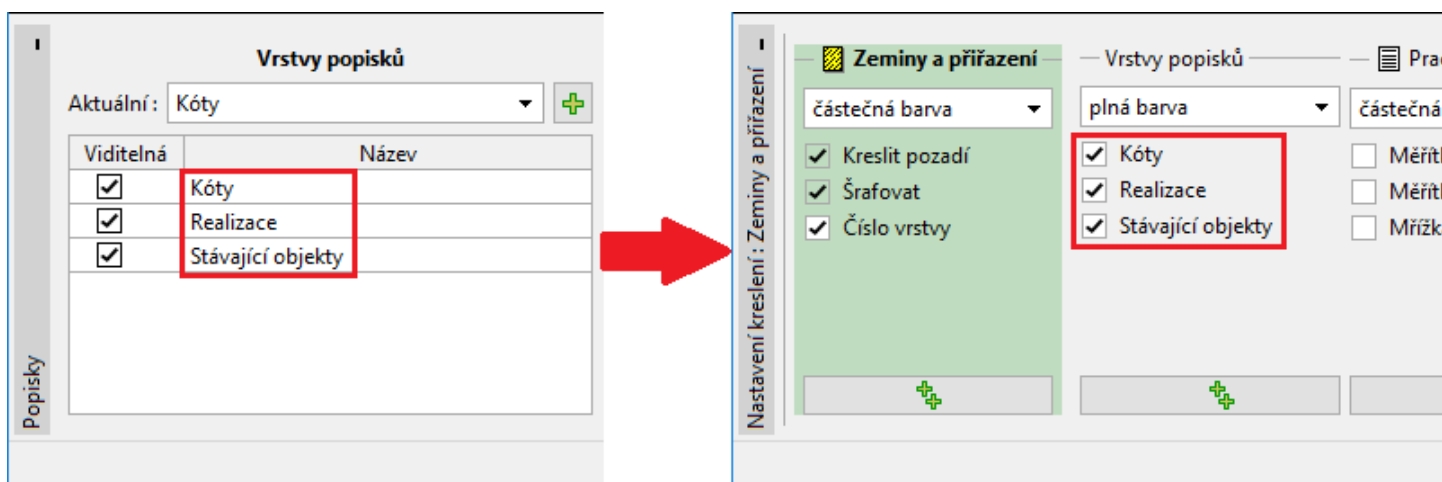
Ovládací prvky vrstev v režimu "**Popisky**" jsou následující:

- tlačítko otevře dialogové okno pro zadání názvu vrstvy (volba "**Zapnout ve všech režimech programu**", znamená, že objekty umístěné ve vrstvě budou zobrazeny ve všech **režimech** zadávání dat)
- rozbalitelný seznam "**Aktuální**" - výběr vrstvy, kterou v režimu "**Popisky**" aktuálně editujeme (objekty jsou zobrazeny plnou barvou)
- sloupec "**Viditelná**" - zaškrtnutím políčka určujeme viditelnost vrstev.



Rám "Popisky" - práce s vrstvami

Na následujícím obrázku je zobrazen vztah mezi rámem "Popisky" a rámem "Nastavení kreslení". Vidíme, že vytvořené vrstvy (včetně jejich názvů) se promítnou do sekce "Vrstvy popisků". Zde si tedy potom lze zapnout zobrazení jednotlivých vrstev v libovolném režimu zadávání dat.

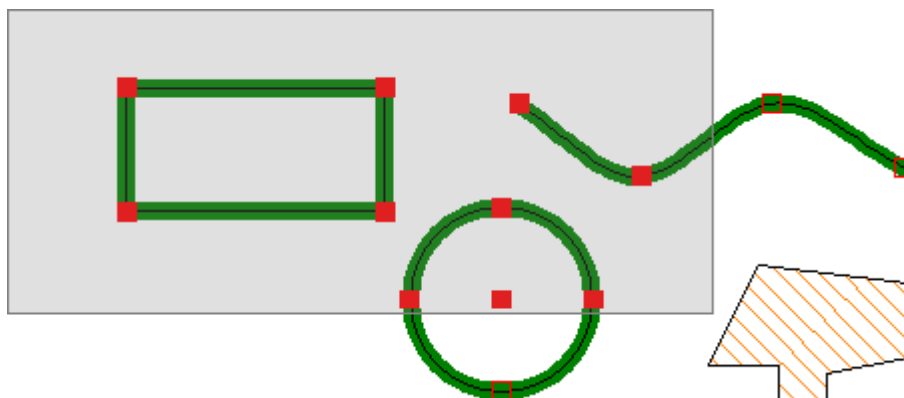


Propojení mezi rámem "Popisky" a rámem "Nastavení kreslení"

Grafická editace

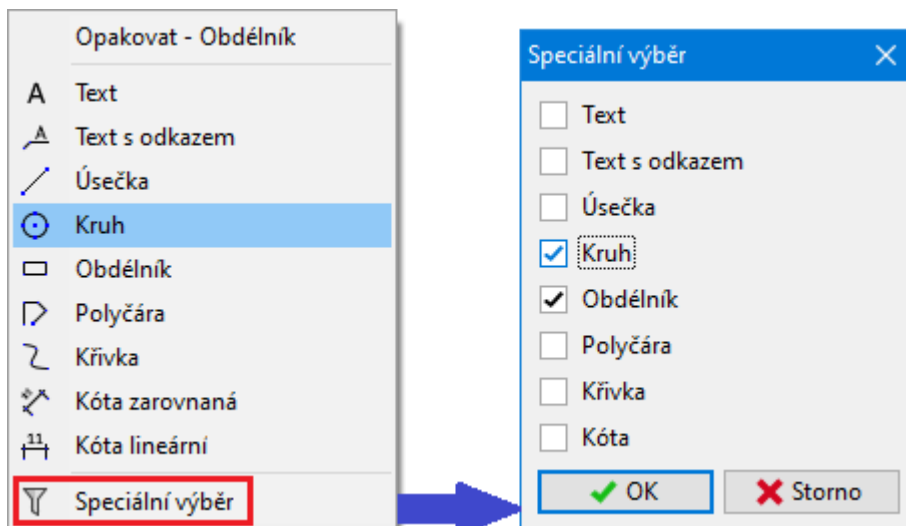
Zadané **objekty** lze libovolně vybírat a editovat.

- **jeden objekt** vybereme kliknutím levého tlačítka myši
- **více objektů** - klávesa **SHIFT** + levé tlačítko myši
- **více objektů** - pomocí obdélníkového výběru



Výběr více objektů pomocí obdélníku

- **speciální výběr** - pomocí dialogového okna (v kontextové nabídce myši - položka "Speciální výběr")




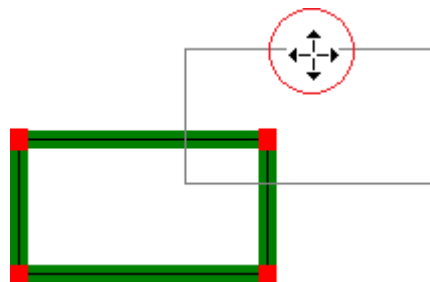
Výběr více objektů pomocí dialogového okna

Vybrané objekty můžeme:

- editovat - v tabulce jako při **textové editaci**
- smazat - tlačítkem "**Odstranit**" nebo klávesou **DELETE**
- posouvat, kopírovat pomocí **nástrojů**.


Posun objektů

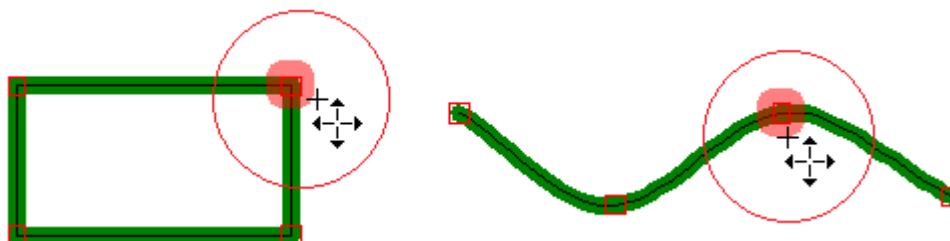
- objekt resp. více objektů vybereme
- kurzor se změní na 
- přesuneme na desktopu libovolným směrem



Posun objektu pomocí myši

Další možností je "**Změna geometrie objektů**"

- objekt vybereme
- kurzor se změní na 
- uchopíme některý z uzlů objektu a tažením myši libovolným směrem změníme geometrii



Změna geometrie objektu - posun uzlu

Textová editace

Zadané **objekty** lze editovat v části rámu vedle tabulky s objekty. Při výběru objektu v tabulce se jeho vlastnosti zobrazí vpravo vedle něj a můžeme je měnit.

Přidat: Odstranit č. 6 Nástroje: ☐ Kopírovat

Číslo	Popis
1	Kruh: [1,53; 1,09] - 0,50
2	Úsečka: [1,53; 1,09] - [2,13; 1,09]
3	Úsečka: [1,53; 1,09] - [0,93; 1,09]
4	Úsečka: [1,53; 1,09] - [1,53; 1,69]
5	Úsečka: [1,53; 1,09] - [1,53; 0,49]
6	Text s odkazem: STÁVAJÍCÍ KANALIZAČNÍ STOKA DN 500
7	Kóta: 6,00 m
8	Kóta: 7,50 m
9	Obdélník: [-10,83; 5,48] - 6,00 / 1,00
10	Text: PŮVODNÍ OBJEKT SO2
11	Obdélník: [-22,83; 30,91] - 13,91 / 6,62

Text: STÁVAJÍCÍ KANALIZAČNÍ STOKA DN 500

Barva:

Tloušťka: 0,2mm

Barva textu:

Výška textu: 5,0mm

Natočení: 0,00 [°]

Zarovnání vodorovně: Doleva

Šipka: ☒

Bod 1: X = 2,80 [m] Y = 0,54 [m]

Bod 2: X = 2,13 [m] Y = 1,09 [m]

Textová editace objektu

U objektu typu **polyčáry** a **křivky** lze (dvojitým poklepáním na položku) zobrazit tabulku se seznamem jejich bodů.

Přidat textové

Číslo	X	Y
1	4,27	37,11
2	12,35	38,08
3	12,35	42,07
4	7,93	42,93
5	7,93	45,31
6	5,34	45,31
7	5,34	42,50
8	1,57	42,50

Barva:

Tloušťka: 0,3mm

Typ čáry:

Výplň - Barva: Bez barvy

Výplň - Krytí: %

Šrafo:

Šrafo - Barva:

Uzavřené: ☒

OK Storno

Textová editace objektu (polyčáry a křivky)

Skupinová editace

- přidržíme klávesu **CTRL** a vybereme objekty v seznamu
- vpravo vedle tabulky jsou dostupné atributy (parametry) objektů, které lze hromadně editovat - jsou to parametry **společné pro všechny vybrané objekty**.

Číslo	Popis
4	Úsečka: [1,53; 1,09] - [1,53; 1,09]
5	Úsečka: [1,53; 1,09] - [1,53; 0,49]
6	Text s odkazem: STÁVAJÍCÍ KANALIZAČNÍ STOKA DN 500
7	Kóta: 6,00 m
8	Kóta: 7,50 m
9	Obdélník: [-10,83; 5,48] - 6,00 / 1,00
10	Text: PŮVODNÍ OBJEKT SO2
11	Obdélník: [-22,83; 30,91] - 13,91 / 6,62
12	Křivka
13	Kruh: [-9,60; 38,94] - 4,92
14	Polyčára

Barva:

Tloušťka: 0,2mm

Typ čáry:

Výplň - Barva: Různé

Výplň - Krytí: Různé %

Šrafo: Různé

Šrafo - Barva:

Skupinová editace

Objekty lze i upravit na desktopu pomocí myši - "Grafická editace".

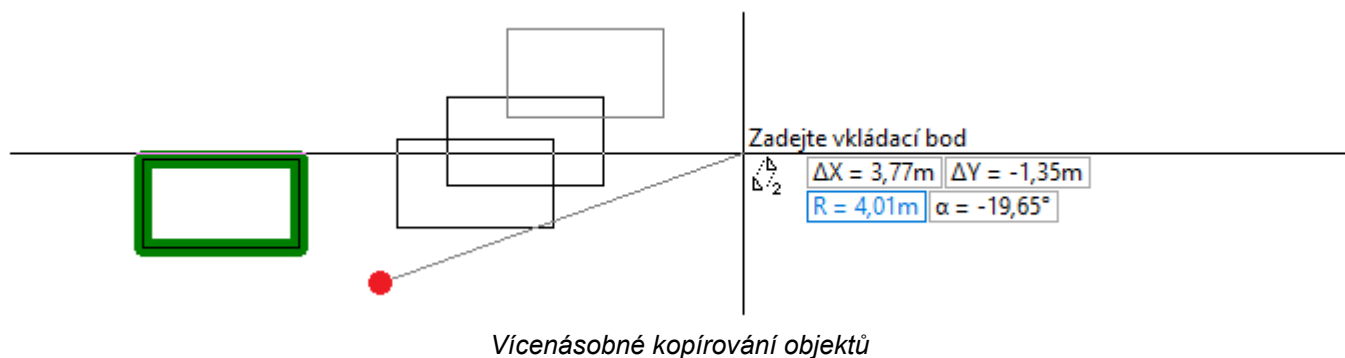
Nástroje

Nástroje umožňují rychlou a jednoduchou editaci objektů. Většinou se jedná o často prováděné editační kroky: (původní objekt je označen tučně)



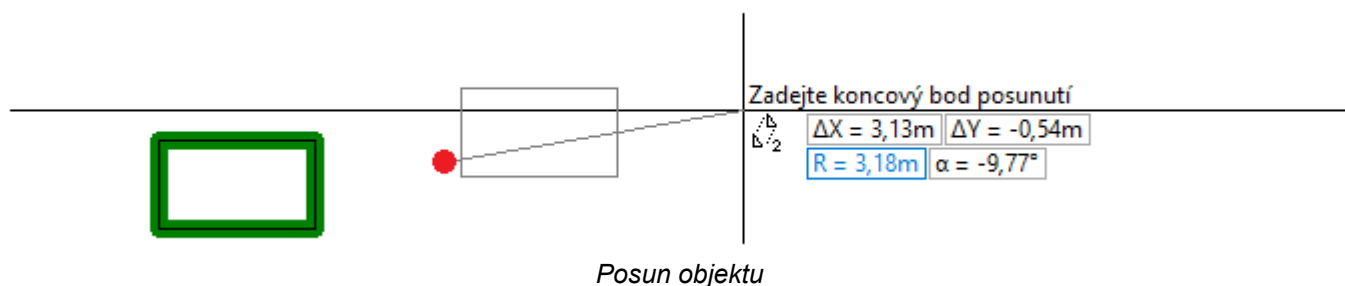
Kopírovat násobně

- zadáme referenční bod (na obrázku označen červeně)
- zadáme vkládací bod (opakovaně podle potřeby počtu kopií objektu)
- ukončíme zadávání (pravé tlačítko myši nebo ESC)



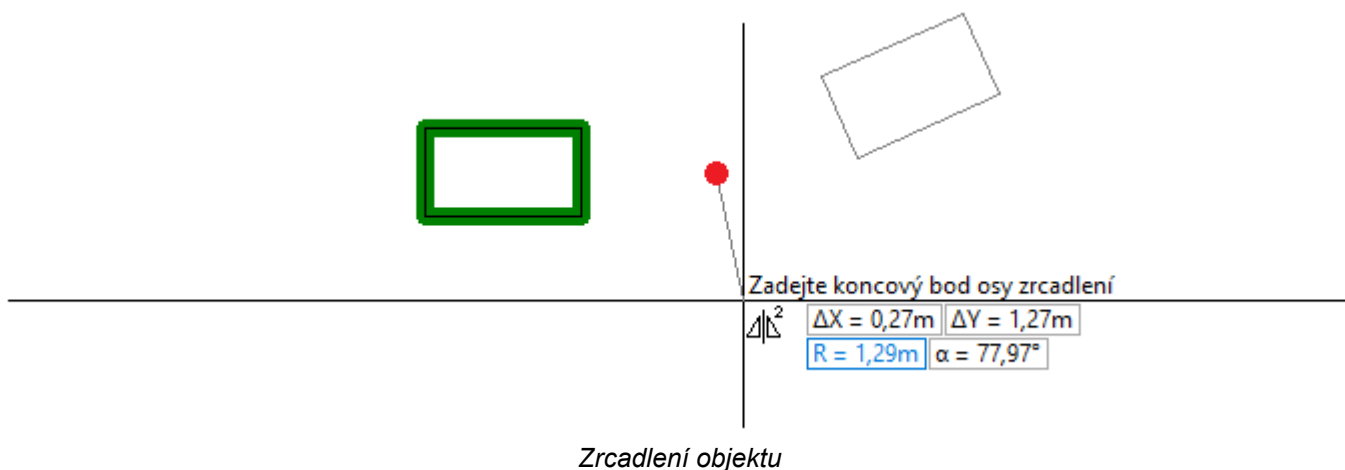
Posunout

- zadáme počáteční bod posunutí (na obrázku označen červeně)
- zadáme koncový bod posunutí
- **Typ:** objekt lze také posunout uchopením levým tlačítkem myši



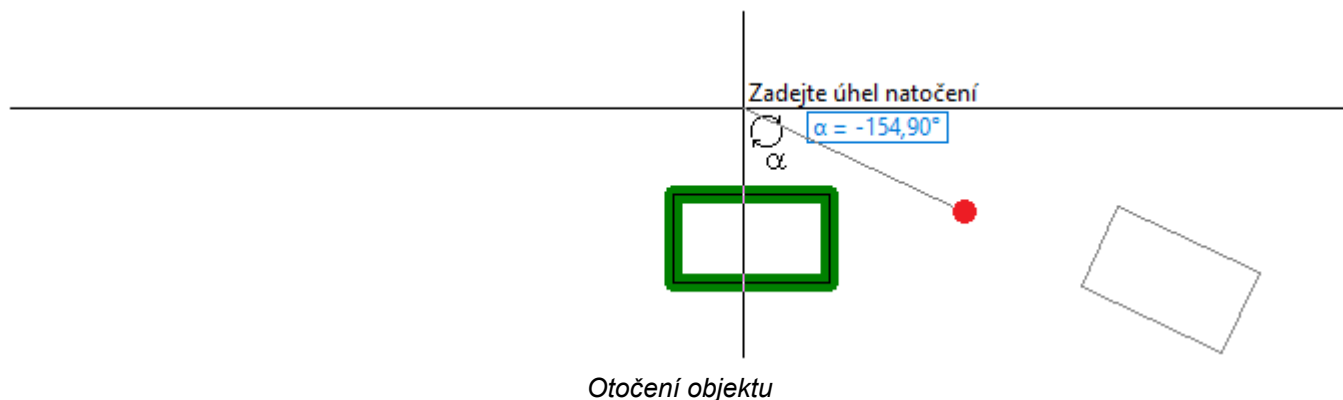
Zrcadlit

- zadáme počáteční bod osy zrcadlení (na obrázku označen červeně)
- zadáme koncový bod osy zrcadlení



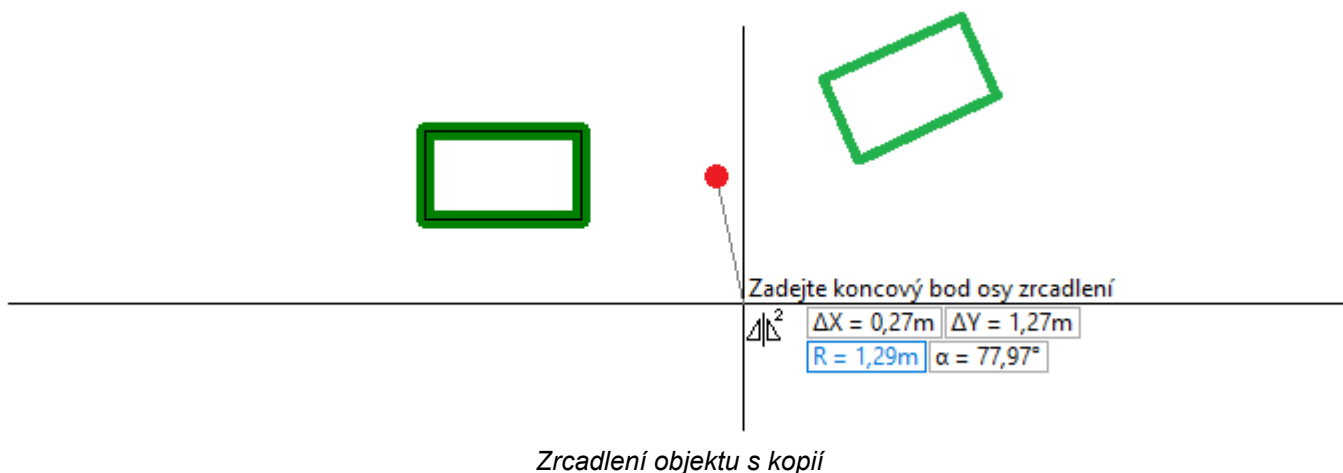
Otočit

- zadáme střed otáčení (na obrázku označen červeně)
- zadáme úhel natočení



☒ Kopírovat **Kopie objektu**

- pokud je volba zaškrtnuta, původní objekt zůstane na původním místě a vznikne jeho kopie (při posunutí, zrcadlení nebo otočení objektu)



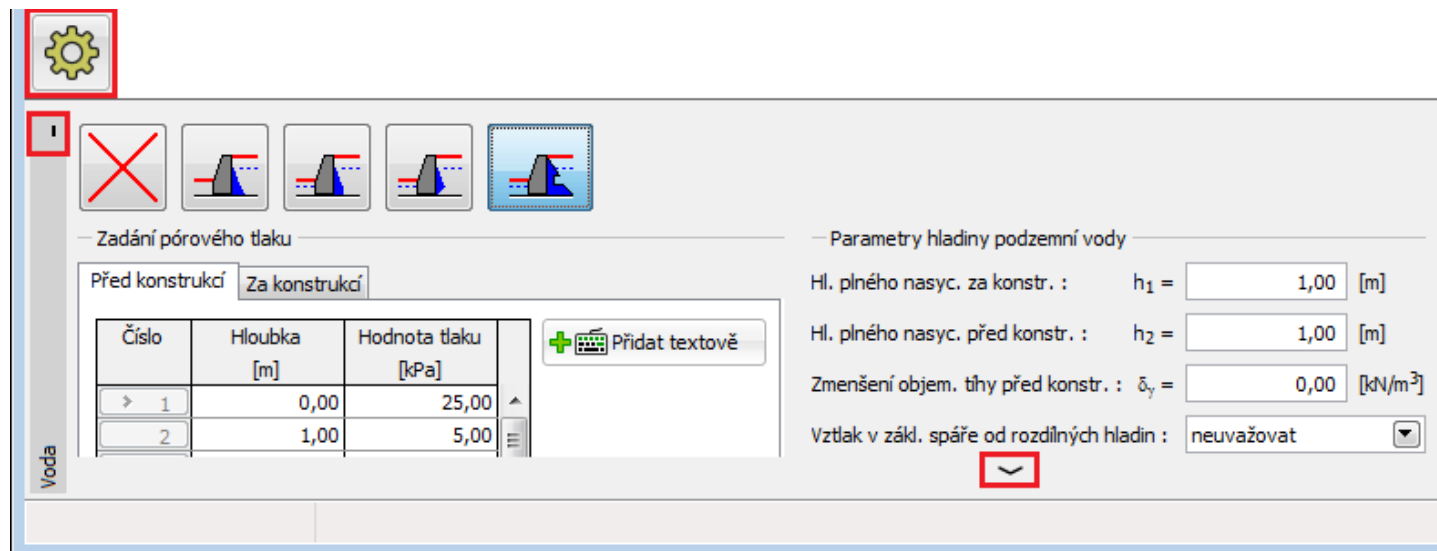
Rámy

Rám je trvale zobrazené okno v dolní části **okna aplikace**. Vzhled rámu se mění podle režimu zadávání dat úlohy na svislé ovládací liště "**Režimy**" a pomocí tlačítka na nástrojové liště "**Ovládání kresby**". Rám může obsahovat následující ovládací prvky: **tabulku**, rozbalitelný seznam, pole pro zadání dat (h_1 , h_2 ), a příkazová tlačítka.

Při výběru prvků z klávesnice používáme funkční klávesu "**TABULÁTOR**", kurzorové šipky pro pohyb ve vybraném prvku (např. rozbalitelný seznam). Výběr v zaškrťovacích políčkách se provádí mezerníkem. Při výběru myši používáme levé tlačítko.

Příkazová tlačítka pro zobrazení dialogových oken ("**Přidat**", "**Přidat textově**" a "**Přidat graficky**") lze ovládat pouze levým tlačítkem myši.

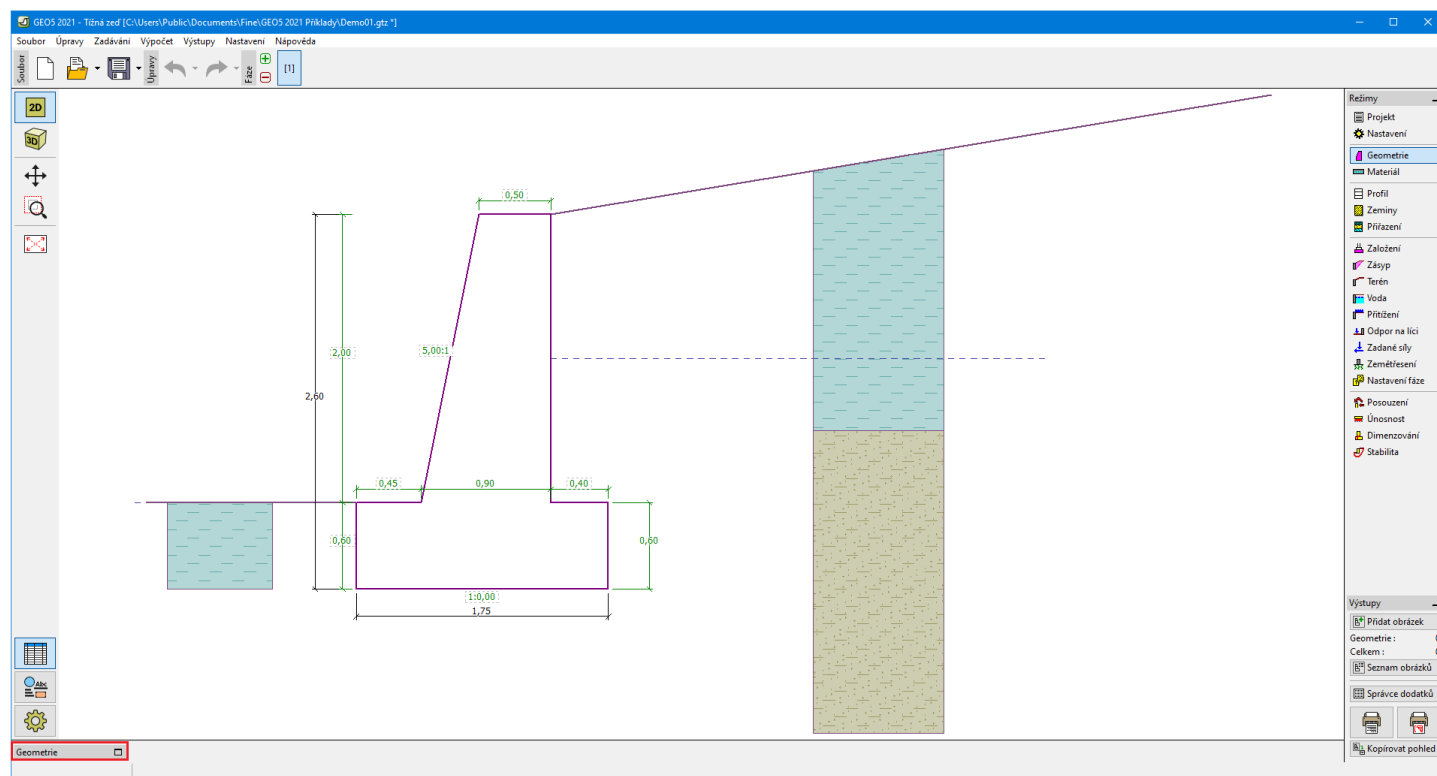
Pokud není okno dostatečně široké (nebo vysoké) aby se zobrazovaly všechny prvky rámu, lze pomocí tlačítek posouvat ve svislém či vodorovném směru.



Ovládací prvky rámu

Rám lze pomocí tlačítka v levém horním rohu minimalizovat. V tomto případě nahradí rám prostor pro vykreslování úlohy. Velikost (výšku) rámu lze měnit i pomocí myši stisknutím levého tlačítka a současným tažením za horní okraj rámu. V některých případech je výhodnější využít prostor rámu pro zvětšení kresby, a vzhledem k tomu, že program využívá systém **aktivních kót a objektů**, není třeba mít vždy rám zobrazený.

Zobrazení rámu do původního stavu provedeme stisknutím tlačítka v levém dolním rohu desktopu, na kterém je název rámu. Jestliže se minimalizuje rám například v režimu "**Zeminy**", zůstává zmenšen i po přepnutí do jiného režimu zadávání dat.



Ovládací prvky rámu

Tabulky

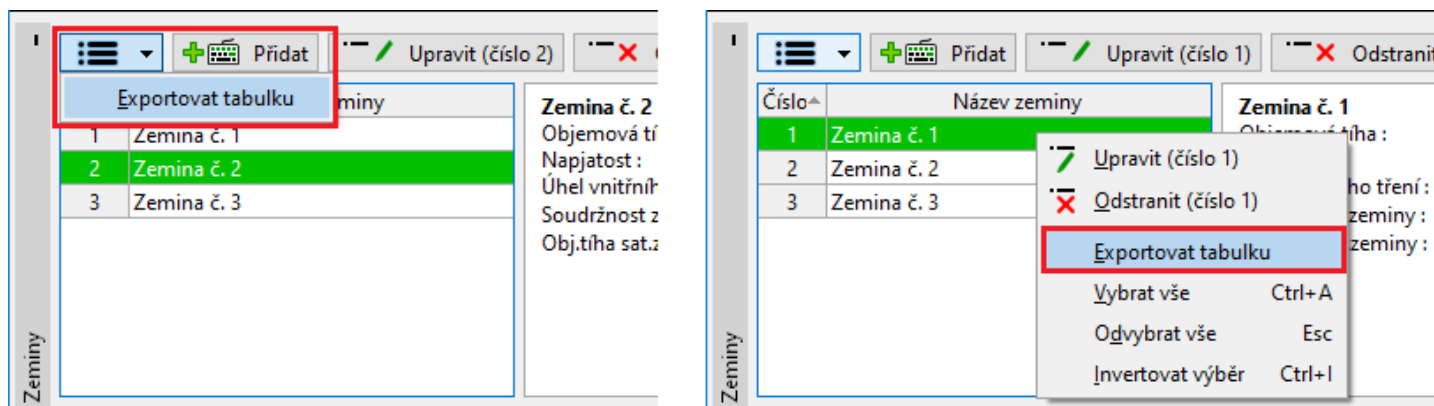
Tabulka je seznam zadaných dat (například seznam přitížení, zemin, rozhraní profilu...). Záhloví tabulky obsahuje seznam položek (přítížení, název, šířka, velikost....).

Údaje v některých tabulkách lze **třdit podle sloupců** (poklepáním na pravou část popisu sloupce se šipkou). Tím lze například řadit údaje v tabulkách **podle abecedy** resp. podle **velikosti veličiny**.

Speciální funkce tabulky

Speciální funkce tabulky jsou dostupné stisknutím tlačítka "**Možnosti**" (Hamburger) . Tlačítko je zobrazeno ve

všech tabulkách programů GEO5. Ve většině případů jsou k dispozici funkce **exportu dat** (ve formátech XLSX, XLS, ODS, CSV, HTML), ale některé tabulky obsahují i další funkce. Tyto **funkce lze vyvolat i stisknutím pravého tlačítka** myši nad hlavičkou tabulky.

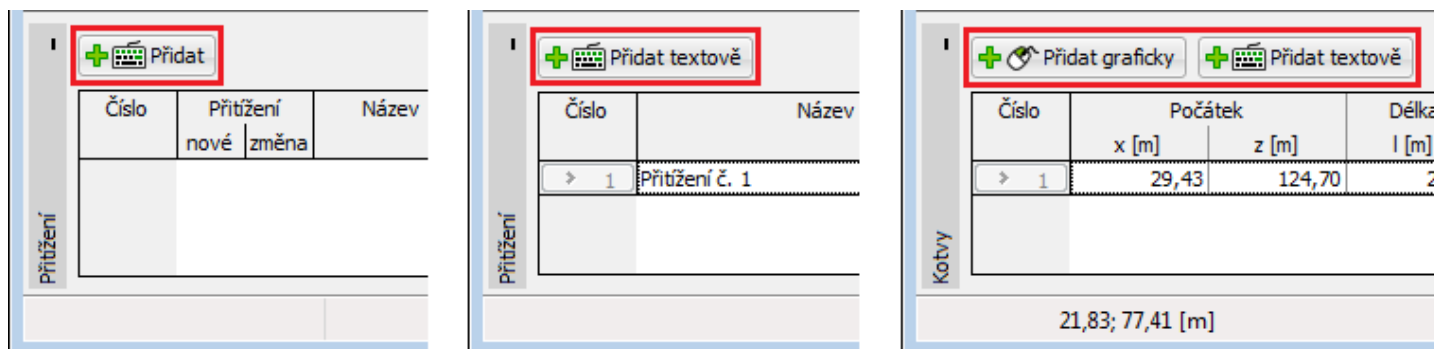


Export dat z tabulky

Přidání nové položky do tabulky

Konkrétní podoba tabulky závisí na zvoleném **režimu zadávání dat**. Podstatná je grafická vazba mezi položkami v tabulce a jejich zobrazením na desktopu. Některá data (objekty) lze **zadat** pouze textově, některá i pomocí myši graficky. Jestliže program umožňuje textové i grafické zadání, v tabulce se zobrazí obě tlačítka.

Pokud ještě **tabulka neobsahuje žádnou položku** nebo **není v tabulce žádná položka označena**, jsou nad tabulkou zobrazena pouze tlačítka "**Přidat**", "**Přidat textově**" nebo "**Přidat graficky**". Pomocí těchto tlačítek se přidává nová položka do seznamu tabulky.

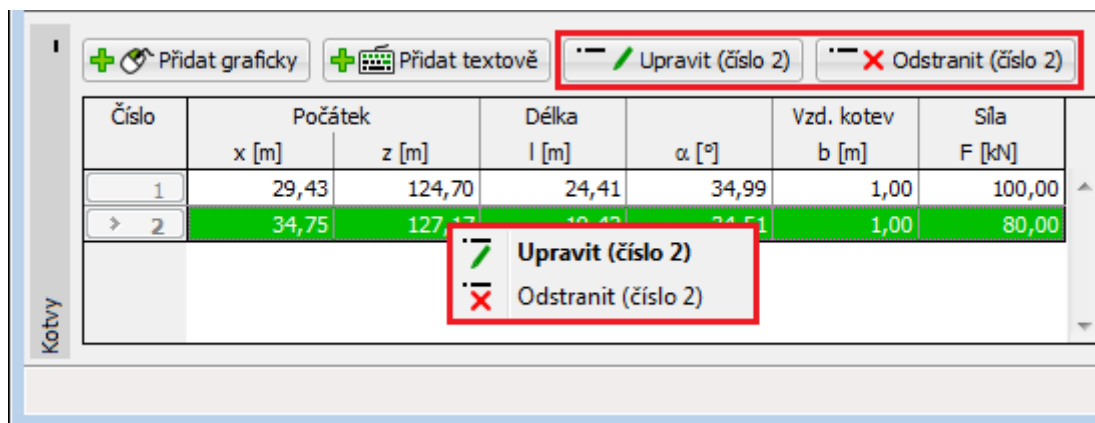


Přidání nové položky do tabulky

Editace položek tabulky

Jestliže je v tabulce označen některý řádek (je zvýrazněn zelenou barvou), jsou nad tabulkou aktivována tlačítka "**Upravit**" a "**Odstranit**". V závorce v textu na tlačítku se zobrazuje **číslo položky** v tabulce. Pomocí těchto tlačítek pak lze editovat jednotlivé položky (řádky) v tabulce.

Výběr položek (řádků) v tabulce se provádí stisknutím **levého tlačítka myši**. Kliknutím pravého tlačítka myši na jakýkoliv řádek tabulky se zobrazuje **kontextová nabídka**.



Editace položek tabulky

Jestliže to daná operace **umožňuje** (např. **smazání položky** z tabulky), lze současně editovat více položek (řádků)

tabulky. Na obrázku jsou dva vybrané řádky tabulky. Z obrázku je patrné, že jediná možná volba v tomto případě je smazání obou položek z tabulky a tlačítko **"Upravit"** tedy není k dispozici.

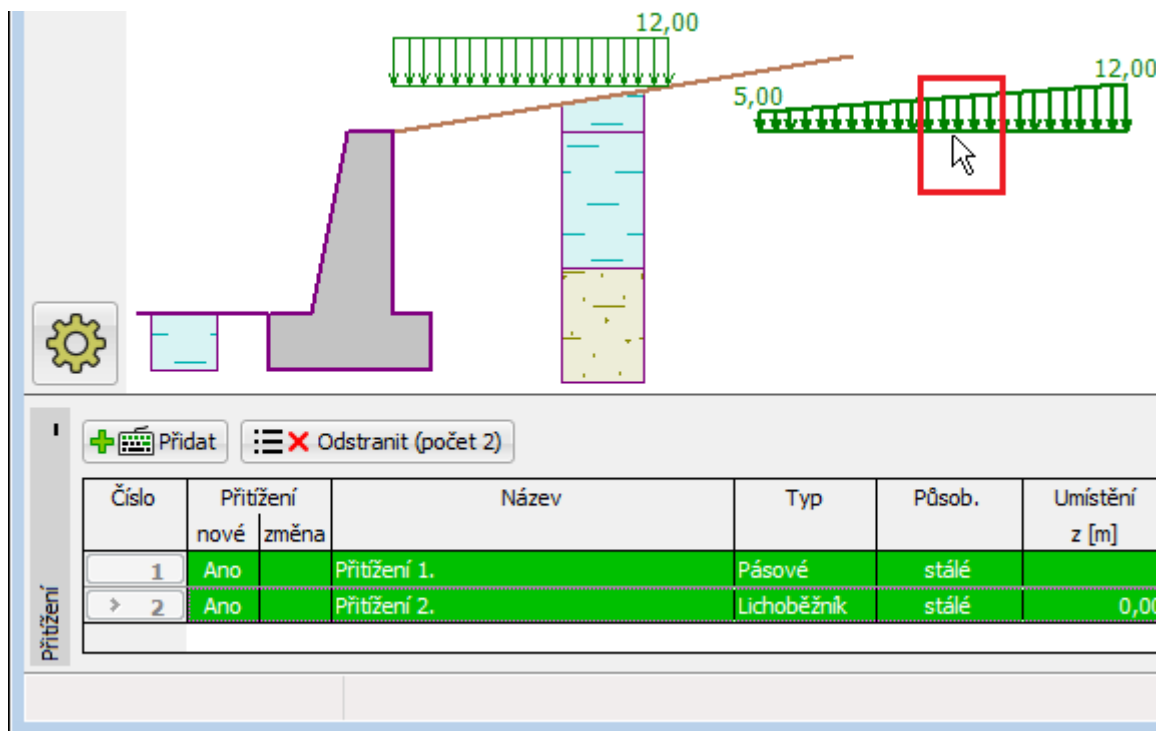
Výběr více položek (řádků) v tabulce se provádí stisknutím levého tlačítka myši a současným přidržením klávesy CTRL. Přidržením klávesy **SHIFT** a kliknutím levého tlačítka myši se vyberou všechny řádky nahoru/dolů od vybraného řádku.

Kliknutím mimo řádky tabulky se zruší výběr.

Číslo	Počátek x [m]	Počátek z [m]	Délka l [m]	α [°]	Vzd. kotev b [m]
1	29,43	124,70	24,41	34,99	1,00
2	34,75	127,17	19,42	34,51	1,00

Editace více položek tabulky

Stav výběru řádků v tabulce koresponduje se stavem zobrazení objektů na desktopu (a obráceně). Pokud je v tabulce vybrána položka, nebo skupina položek (řádků), na desktopu se příslušné objekty zvýrazní stejnou barvou. Jestliže se ukazatel myši nachází nad některým z objektů, objekt se zobrazí **tučně**. Po stisknutí tlačítka **"Odstranit"** se objekty (i řádky v tabulce) určené ke smazání zobrazí **červeně**.



Zobrazení vybraných objektů

Označení objektů těmito barvami je implicitně nastaveno, ale lze ho změnit v dialogovém okně **"Správce stylů zobrazení"**.

Dialogová okna

Dialogové okno je jedním z prvků, pomocí kterých zadáváme data do programu. Pro dialogová okna programů GEO platí, že respektují obecné zvyklosti ovládání v prostředí Windows. Při výběru objektů v okně používáme levé tlačítko myši a alternativně z klávesnice funkční klávesu **"TABULÁTOR"**. Pro pohyb uvnitř objektu (např. zadávací pole) používáme kurzorové šipky a klávesu **"ENTER"**.

Dialogové okno může obsahovat následující ovládací prvky: **tabulku**, rozbalitelný seznam, pole pro zadání dat (číslo, text) a příkazová tlačítka. Příkazové tlačítko **"OK"** potvrzuje volbu, **"Storno"** ruší zadání.

Jestliže okno obsahuje nějaký netypický ovládací prvek (nebo má tento prvek jiné užití než je obvyklé), je jeho funkce popsána v příslušném režimu zadávání dat.

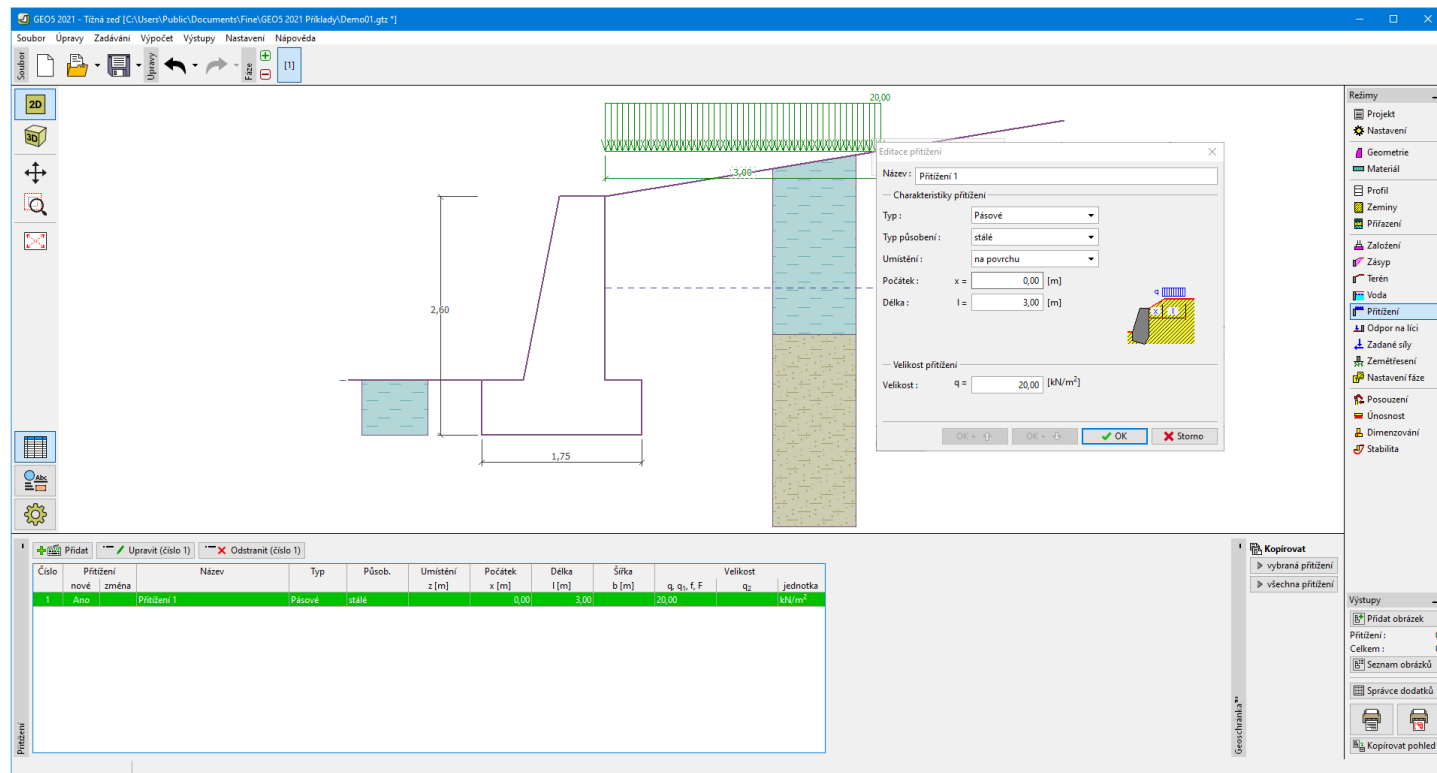
Například na následujícím obrázku je znázorněno dialogové okno **"Editace přitížení"**, které obsahuje tlačítka **"OK+▲"** a **"OK+▼"**. Tato tlačítka umožňují listovat seznamem zadaných přitížení a zároveň vždy potvrdit změny v okně.

Příklad dialogového okna

Aktivní kóty a objekty

Systém aktivních kót a objektů umožňuje rychlejší editaci zadaných dat.

- **Aktivní kóta** je kóta, kterou lze editovat přímo na desktopu obrazovky. Hodnota aktivní kóty je označena rámečkem (čárkovanou čarou). Kliknutím **levého tlačítka myši** na hodnotu se rámeček změní (je zobrazen plnou čarou) a u čísla začne blikat kurzor a lze kótu editovat. Editaci ukončíme klávesou "**Enter**", nebo kliknutím levého tlačítka myši mimo rámeček s hodnotou. Změna se okamžitě zobrazí na desktopu.
- **Aktivní objekt** funguje obdobně. Poklepáním (double-click) levého tlačítka myši se aktivuje editace. V tomto případě neměníme hodnoty na desktopu, ale v dialogovém okně, ve kterém byl objekt vytvořen. Na obrázku je zobrazen příklad aktivního objektu (přetížení), kdy poklepáním na desktopu otevřeme dialogové okno "**Editace přetížení**". U aktivních objektů lze též využít možnosti **kontextové nabídky**.



Příklad použití aktivní kóty a objektu

Funkce myši

Stejně jako ostatní aplikace v prostředí Windows, využívají programy GEO5 myš.

Použití

Maska myši

Tlačítko myši

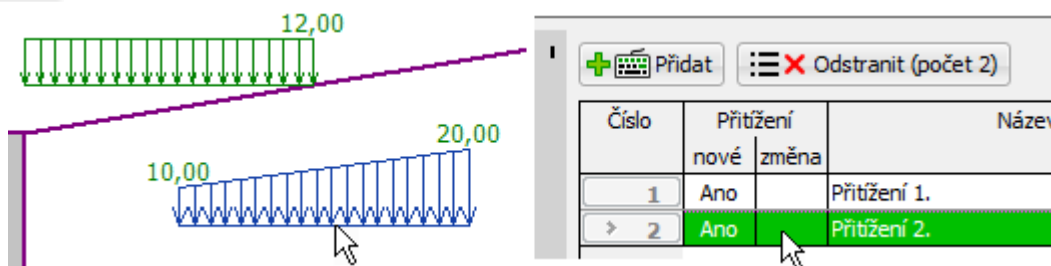
Popis funkce

Výběr



levé

Kliknutím levého tlačítka myši se vybere **aktivní objekt** nebo řádek **tabulky**.



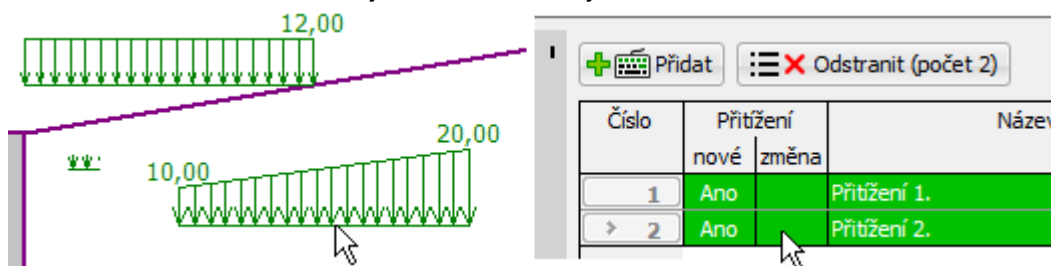
Ukázka (příklad použití)

Multivýběr



CTRL + levé,
SHIFT + levé

Přidržením klávesy **CTRL** a kliknutím levého tlačítka myši přidá (odebere) do výběru libovolný počet **aktivních objektů**, nebo řádků **tabulky**. V tabulce se přidržením klávesy **SHIFT** a kliknutím levého tlačítka myši vyberou všechny řádky nahoru/dolů od vybraného řádku.



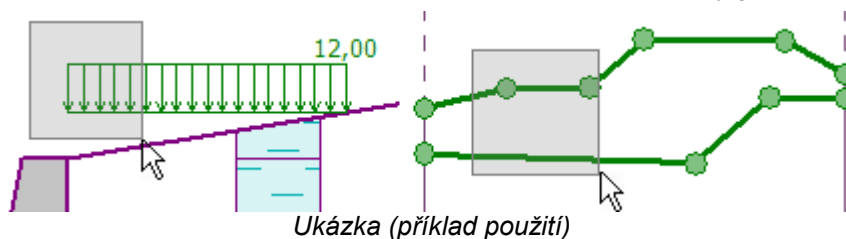
Ukázka (příklad použití)

Grafický výběr



levé

Přidržením levého tlačítka myši a tažením na desktopu se vytvoří zvýrazněná oblast. **Aktivní objekty** v oblasti (i částečně vybrané) se přidají do výběru.

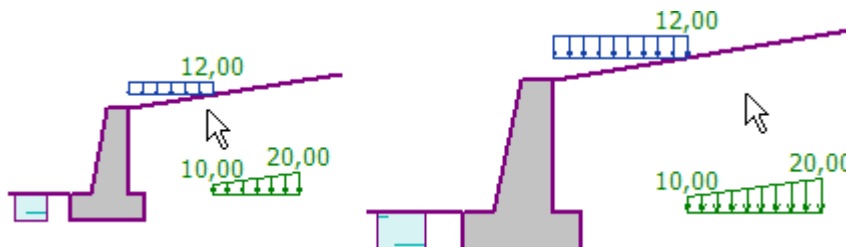


Ukázka (příklad použití)

Změna měřítka

Prostřední (kolečko, kolébka)

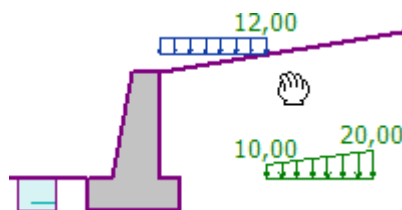
Posunem kolečka (kolébky) zvětší (zmenší) měřítko kresby na desktopu se zachováním středu výřezu.



Ukázka (příklad použití)

Změna měřítka

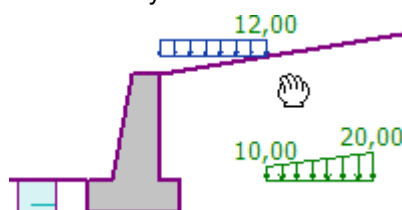
Prostřední (kolečko, kolébka)

Poklepáním (double click) kolečka upraví **maximálním zvětšením** měřítko kresby tak, aby byly vidět všechny objekty ve výřezu.

Ukázka (příklad použití)

Posun

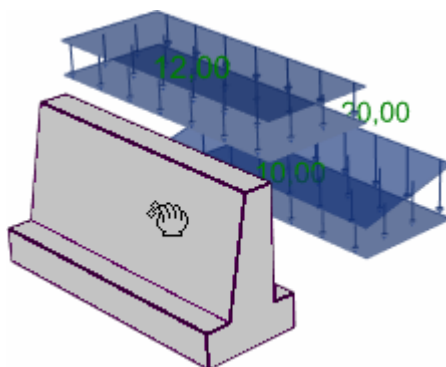
Prostřední (kolečko, kolébka)

Posune libovolným směrem zobrazený výřez - posun provedeme tažením a současným stlačením prostředního tlačítka (kolečka) myši.

Ukázka (příklad použití)

Natočení

Prostřední (kolečko, kolébka)

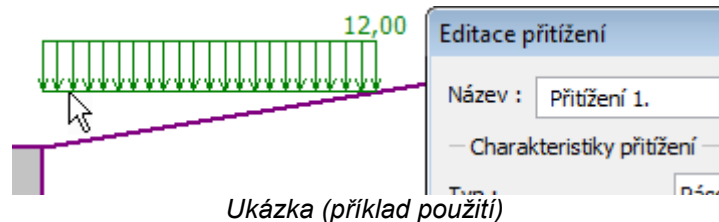
Přidržením klávesy **CTRL** se současným stisknutím prostředního tlačítka (kolečka) **natočí 3D scénu**.

Ukázka (příklad použití)

Otevření dialogu

levé

Poklepáním (double click) levého tlačítka myši na **aktivní objekt**, nebo řádek **tabulky**, otevře související dialogové okno.

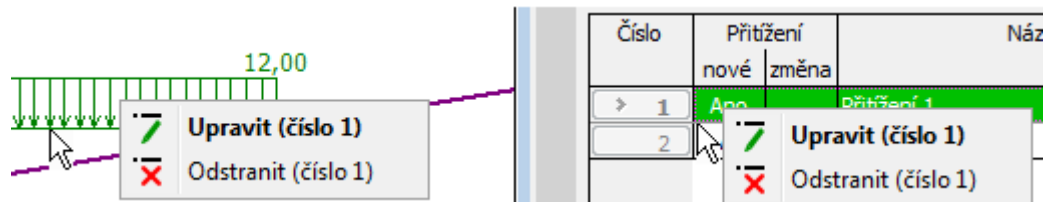


Ukázka (příklad použití)

Kontextová nabídka

pravé

Kliknutím pravého tlačítka myši na **aktivní objekt**, nebo řádek **tabulky**, otevře **kontextovou nabídku**.



Ukázka (příklad použití)

Kontextová nabídka myši

V programech je implementována kontextová nabídka **pravého tlačítka myši**. Kontextová nabídka se aktivuje kliknutím pravého tlačítka myši na **objekt**, nebo řádek **tabulky**.

Kontextová nabídka při editaci v tabulkách

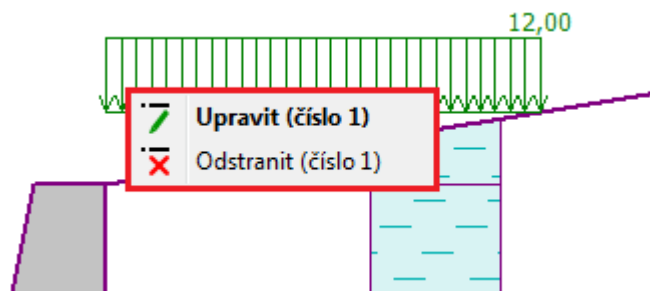
Pokud je řádek v **tabulce** vybrán **pravým tlačítkem myši**, zobrazí se kontextová nabídka. Text v závorce položek kontextové nabídky označuje číslo editované položky. Požadovanou položku kontextové nabídky lze vybrat levým i pravým tlačítkem myši.

Číslo	Kotva		Počátek	
	nová	dopnutá	x [m]	z [m]
> 1	Ano			124,62
2	Ano			126,76

Kontextová nabídka při editaci tabulek

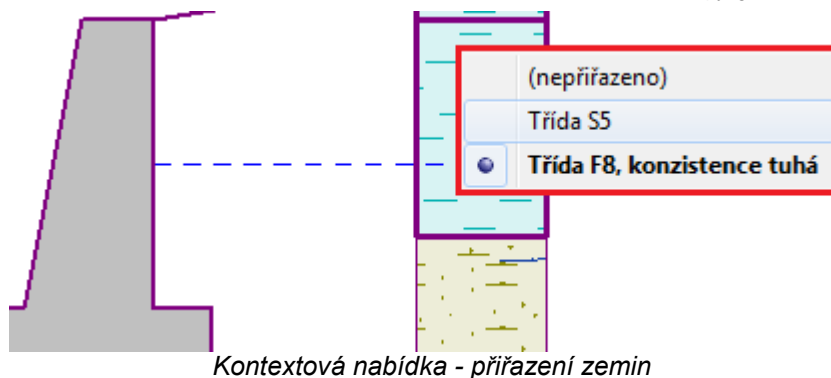
Kontextová nabídka při editaci objektů

Pokud je **objekt** vybrán **pravým tlačítkem myši**, zobrazí se kontextová nabídka. Text v závorce u jednotlivých položek kontextové nabídky označuje číslo editovaného objektu (koresponduje současně s číslem položky v tabulce). Požadovanou položku kontextové nabídky lze vybrat levým i pravým tlačítkem myši.



Kontextová nabídka při editaci aktivních objektů

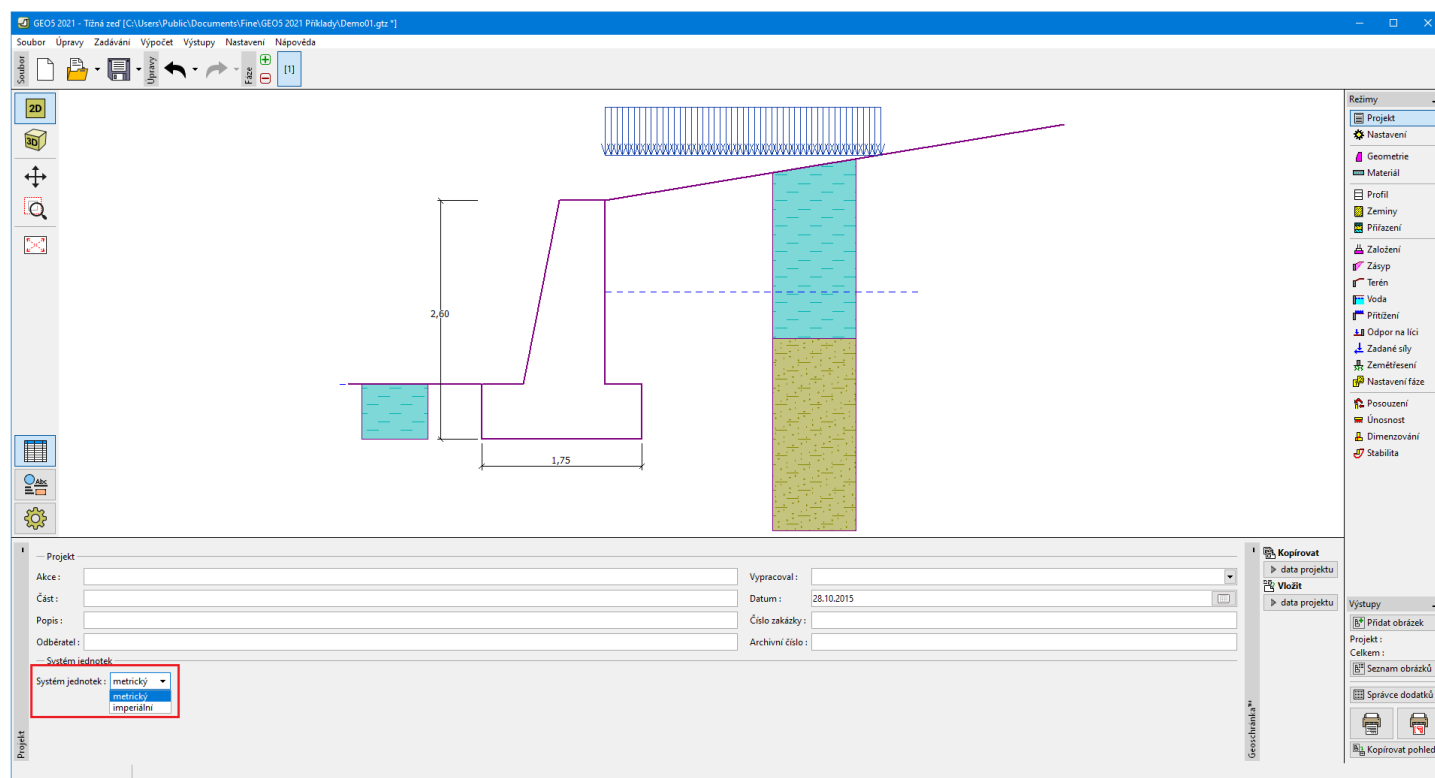
Kontextovou nabídku myši lze například využít i při přiřazení zemin.



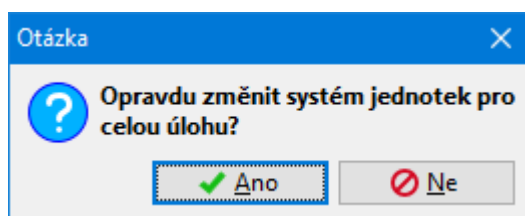
U aktivních objektů lze alternativně použít funkce **aktivních kót a objektů**.

Jednotky - metrické / imperiální

Program umožňuje volit **metrické, nebo imperiální** jednotky v **rámu "Projekt"**.



V rozbalitelném seznamu zvolíme typ jednotek. Program upozorní na změnu dialogovým oknem, a vyžádá si potvrzení volby.



Dialogové okno na potvrzení změny jednotek

Kopie do schránky

Program umožňuje využívat schránku Windows, a to dvěma způsoby:

- Lze kopírovat aktuální pohled na desktopu. Obrázek lze pak vložit do libovolného editoru (MS Word, Malování, Adobe Photoshop aj.). Kopírování pohledu do schránky lze provádět buď z **ovládacího menu** (položky **"Výstupy"**, **"Kopírovat pohled"**) nebo tlačítkem na ovládací liště **"Výstupy"**. Nastavení parametrů se provádí v dialogovém okně **"Možnosti"**, záložka **"Kopie do schránky"**.

- Do schránky lze kopírovat vstupní data programu (parametry zemin, profil a rozhraní, přitížení, vliv vody, terén aj.). V stejném nebo jiném programu GEO5 lze pak vytvořit novou úlohu z dat ve schránce. Kopírování do schránky lze provádět buď z ovládacího menu (položky "**Úpravy**", "**Kopírovat data**", "**Vložit data do nové úlohy**") nebo tlačítkem na nástrojové liště "**Úpravy**".

V programu lze také využít speciální **Geoschránku** systému GEO5, která umožňuje předávání dat mezi režimy a fázemi jednoho či více programů.

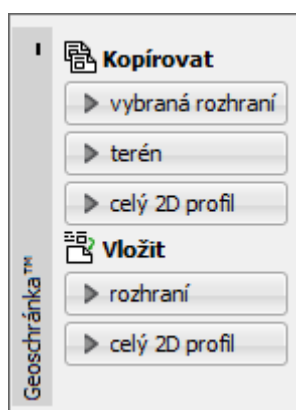
Geoschránka™

Geoschránka je speciální schránka programů systému GEO5, která umožňuje předávání dat mezi režimy a fázemi jednoho či více programů.

Základní vlastnosti **Geoschránky** jsou:

- v Geoschránce mohou být současně uložena různá data, tj. například při kopírování rozhraní a následném kopírování zemin v ní rozhraní zůstávají
- data se uchovávají po ukončení programu i po restartu počítače až do jejich náhrady stejným druhem dat
- každý uživatel počítače má svoji Geoschránku
- při vkládání dat z Geoschránky je vždy zobrazen náhled na změny, které vložení vyvolá, a případně umožněna úprava parametrů vložení

Geoschránka se ovládá vždy z rámu, jehož data zpracovává. Ovládací prvek vypadá například takto:



Geoschránka

Geoschránka je implementována pro následující data:

- projekt
- 2D rozhraní, včetně kopie spočtené HPV a topologie fází v programu MKP
- zeminy a tuhá tělesa
- 2D přiřazení
- polní zkoušky

Kopie a vložení dat projektu

Geoschránka umožňuje předávat data projektu.

Při kopírování jsou do **Geoschránky** vždy zkopírována všechna zadaná neprázdná data.

Vkládání dat probíhá vždy v následujícím okně:

Položka	Vložit	Hodnota
Akce	<input checked="" type="checkbox"/>	Terasy Haspaulka
Část	<input checked="" type="checkbox"/>	IV.
Popis	<input checked="" type="checkbox"/>	Jih, část III.
Odběratel	<input type="checkbox"/>	Rousek a Nový spol. s r.o.
Vypracoval	<input checked="" type="checkbox"/>	Ing Petr Novák
Datum	<input checked="" type="checkbox"/>	27.10.2015
Číslo zakázky	<input type="checkbox"/>	275/2015
Archivní číslo	<input type="checkbox"/>	9873/2015
Systém jednotek	<input checked="" type="checkbox"/>	metrický

Vkládání dat projektu z Geoschránky

V tomto okně je možno upřesnit, která data projektu budou vložena (sloupec "**Vložit**"). Vlastní vložení a tím i změna dat proběhne až stisknutím tlačítka "**Vložit**".

Kopie a vložení 2D rozhraní

Geoschránka umožňuje předávání 2D rozhraní mezi následujícími režimy:

- rozhraní
- násep a zářez
- voda
- nestlačitelné podloží

Dále umožňuje kopírovat data v programu MKP:

- v režimu "**Výpočet**" kopírovat spočtenou hladinu podzemní vody, zejména při výpočtu proudění
- v režimu "**Aktivace**" rozhraní s respektováním aktivity upravená tak, aby splňovala podmínky pro 2D profil

Kopírovat do Geoschránky je možno následující položky:

- aktuálně označené rozhraní
- vybraná rozhraní
- terén aktuální fáze
- celý 2D profil

Vložení rozhraní

Vložení více rozhraní z Geoschránky probíhá způsobem, jako když uživatel postupně zadává jednotlivá rozhraní. Průběh můžeme ovlivnit v následujícím okně:

Rozhraní	Vložit	Pořadí	Poznámka
Rozhraní č. 1	<input checked="" type="checkbox"/>	1	Nejednoznačné zadání linie.
Rozhraní č. 3	<input checked="" type="checkbox"/>	2	Vloženo bez chyb.
Rozhraní č. 2	<input checked="" type="checkbox"/>	3	Zadaná linie prochází zčásti po jiné linii.
Rozhraní č. 4	<input checked="" type="checkbox"/>	4	Vloženo bez chyb.

Vkládání 2D rozhraní z Geoschránky

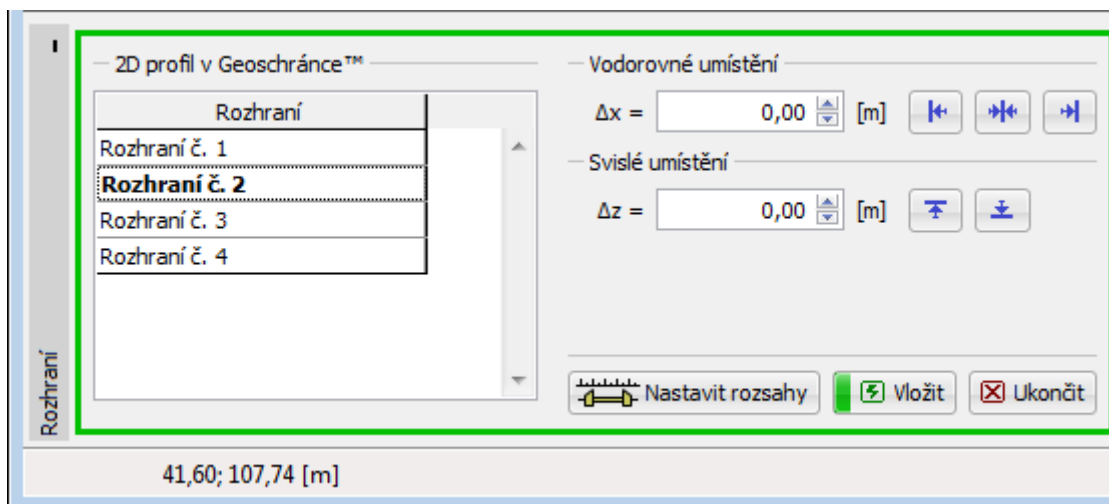
V tomto okně lze upřesnit, která rozhraní budou vložena (sloupec "**Vložit**"), v jakém pořadí (změna kliknutím myši na ↑ ↓ nebo klávesami **Ctrl+Shift+šipka nahoru či dolů**) a případně je můžeme umístit na libovolné místo. V některých režimech je samozřejmě možno vložit pouze jedno rozhraní, pak se sloupec "**Vložit**" změní na výběr jedné možnosti a sloupec "**Pořadí**" je skryt.

Program vždy zobrazuje náhled na změny, které vložení vyvolá, a ve sloupci "**Poznámka**" zobrazuje výsledek vložení jednotlivých rozhraní z Geoschránky. Vlastní vložení a tím i změna dat proběhne až stisknutím tlačítka "**Vložit**".

Samozřejmě je možno vložit jedno rozhraní vícekrát s různým umístěním a tím jednoduše zadat například šikmé vrstevnaté podloží.

Vložení 2D profilu

Tento režim umožňuje přidat celý 2D profil v Geoschránce do aktuálního 2D profilu. V tomto případě není možno vybírat, která rozhraní budou vložena. Je možno pouze změnit umístění. Program průběžně ukazuje náhled na výsledný 2D profil. Vlastní vložení a tím i změna dat proběhne až stisknutím tlačítka "**Vložit**".



Vkládání 2D profilu z Geoschránky

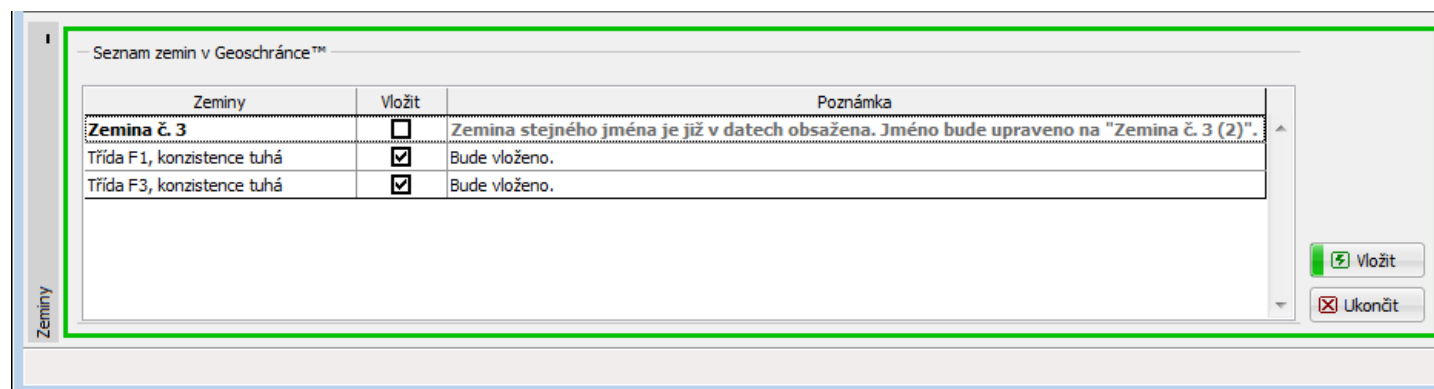
Kopie a vložení zemin a tuhých těles

Geoschránka umožňuje předávat zeminy a tuhá tělesa.

Kopírovat do Geoschránky je možno následující položky:

- aktuálně označenou zeminu (tuhé těleso)
- vybrané zeminy (tuhá tělesa)
- všechny zeminy (tuhá tělesa)

Vložení zemin (tuhých těles) probíhá v následujícím okně:



Vkládání zemin z Geoschránky

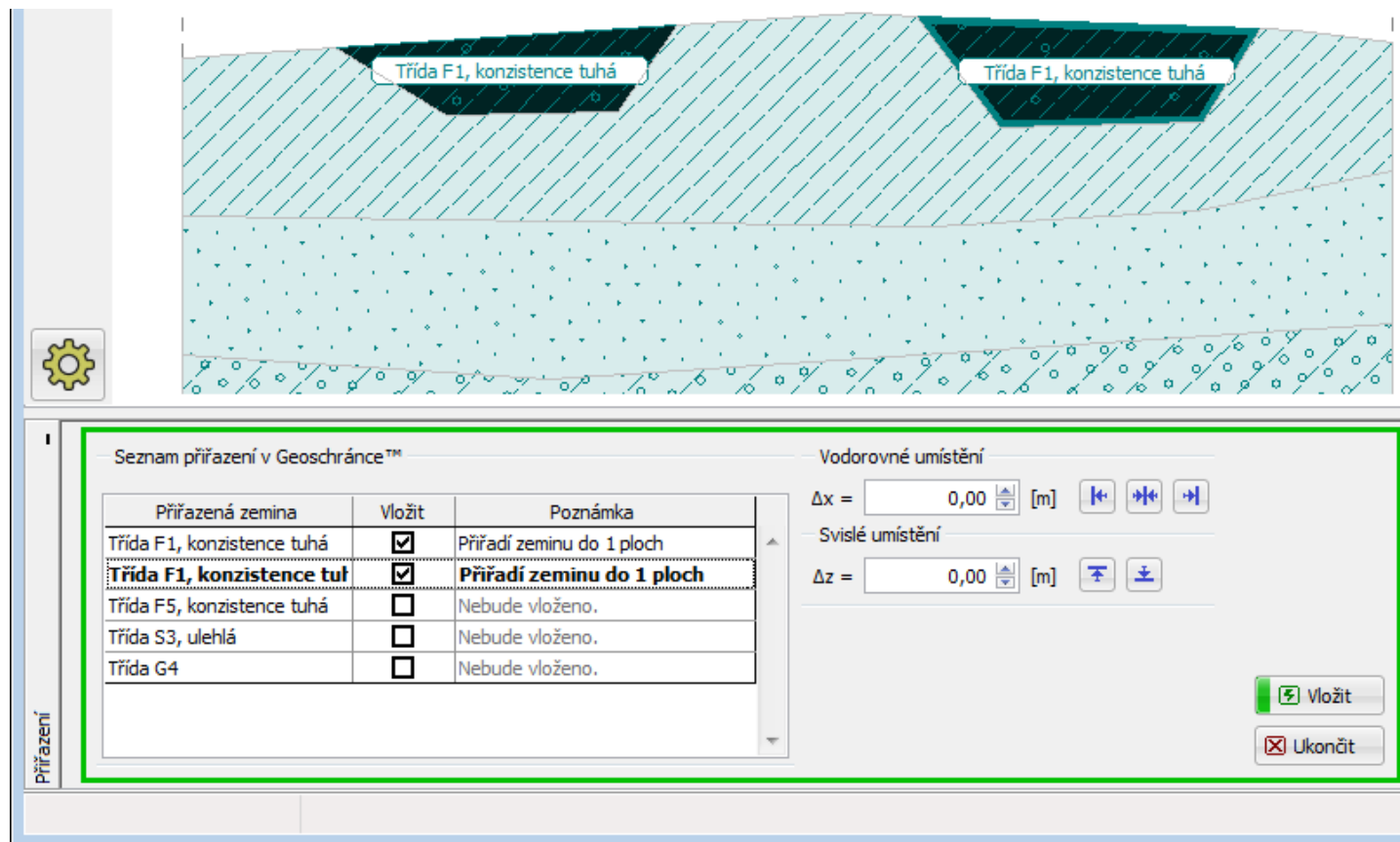
V tomto okně je možno upřesnit, které zeminy (tuhá tělesa) budou vloženy (sloupec "**Vložit**"). Pokud se jméno vkládané zeminy (tuhého tělesa) shoduje se jménem nějaké zeminy (tuhého tělesa) v datech, upraví program jméno tak, aby bylo unikátní. Vlastní vložení a tím i změna dat proběhne až stisknutím tlačítka "**Vložit**".

Kopie a vložení 2D přiřazení

Geoschránka umožňuje předávat 2D přiřazení.

Při kopírování jsou do Geoschránky vloženy plochy jakožto polygony spolu s přiřazenými zeminami.

Vložení 2D přiřazení probíhá v následujícím okně:



Vkládání přiřazení z Geoschránky

V tomto okně je možno upřesnit, která 2D přiřazení zemin budou vložena (sloupec "**Vložit**"). Lze je libovolně posouvat. V okně vidíme náhled se zvýrazněnými plochami, do kterých bude provedeno přiřazení. Dále je zde informace o nově přiřazené zemině. Přiřazovaná plocha změní v datech přiřazení všech ploch, které v ní zcela leží.

Pokud některé přiřazované zeminy nejsou v datech v seznamu zemin, jsou do nich přidána.

Vlastní vložení a tím i změna dat proběhne až stisknutím tlačítka "**Vložit**".

Možnosti

Dialogové okno "**Možnosti**" je určeno k nastavení některých speciálních funkcí programu (**Zadávání**, **kopie do schránky**, **tisk pohledu**, aj.).

Dialogové okno se otevírá z ovládacího menu (položky "**Nastavení**", "**Možnosti**").

Okno obsahuje jednotlivé záložky (počet a obsah se může lišit podle jednotlivých programů), ve kterých se zadávají příslušná nastavení.

Zadávání Kopie do schránky Tisk a obrázky Varování

— Mřížka —

	Počátek	Krok
x :	0,00 [m]	1,00 [m]
z :	0,00 [m]	1,00 [m]
Výška :	0,00 [m]	1,00 [m]
Poloměr :	0,00 [m]	1,00 [m]
Úhel :	0,00 [°]	10,00 [°]

☐ Zobrazit mřížku ☐ Zarovnávat do mřížky
(zarovnávání do mřížky lze dočasně přepnout klávesou Ctrl)

— Pravítka —

☒ Vodorovné pravítko ☒ Svislé pravítko

— Funkce Zpět a Znovu —

☒ Umožnit ☐ Zachovávat výsledky

OK Storno

Dialogové okno "Možnosti"

Zadávání

V dialogovém okně "**Možnosti**", záložce "**Zadávání**" lze nastavit parametry "**Mřížky**" a funkcí "**Zpět**" a "**Znovu**".

Tato záložka je implementována **pouze v programech 2D** (MKP, Stabilita svahu, Sedání, Nosník aj.).

- | | |
|-----------------------------|---|
| Mřížka (Grid) | • Nastavení definuje počátek a velikost rastru mřížky ve směru x a z |
| Zobrazit mřížku | • Zapne / vypne zobrazení mřížky na desktopu |
| Zarovnávat do mřížky | • Zapne / vypne "chytání" masky myši zadávání na body mřížky (při posunu myši skáče kursor po nastaveném rastru mřížky - pokud chceme zadat bod mimo rastr, podržíme klávesu " CTRL ") |
| Vodorovné pravítko | • Zapne / vypne zobrazení vodorovného pravítka se stupnicí vzdáleností na desktopu |
| Svislé pravítko | • Zapne / vypne zobrazení svislého pravítka se stupnicí vzdáleností na desktopu |
| Funkce Zpět a Znovu | • Zapne / vypne možnost používání těchto funkcí v programu (na nástrojové liště jsou tlačítka "zamlžena") |

V některých programech lze přepínačem "**Zachovávat výsledky**" určit, jestli se při ukládání dat pro obnovení ukládají i spočtené výsledky, což pro větší úlohy trvá delší dobu. Pokud ukládání výsledků vypneme, bude při použití funkce "**Zpět**" nutno provést nový výpočet.

— Mřížka —		
	Počátek	Krok
x :	0,00 [m]	1,00 [m]
z :	0,00 [m]	1,00 [m]
Výška :	0,00 [m]	1,00 [m]
Poloměr :	0,00 [m]	1,00 [m]
Úhel :	0,00 [°]	10,00 [°]

☐ Zobrazit mřížku ☐ Zarovnávat do mřížky
 (zarovnávání do mřížky lze dočasně přepnout klávesou Ctrl)

— Pravítka —

☒ Vodorovné pravítko ☒ Svislé pravítko

— Funkce Zpět a Znovu —

☒ Umožnit ☐ Zachovávat výsledky

Dialogové okno "Možnosti" - záložka "Zadávání"

Kopie do schránky

V záložce "**Kopie do schránky**" lze nastavit parametry kopírování:

- Velikost obrázku**
 - Nastavení definuje velikost obrázku. Zadáváme šířku obrázku, výška se dopočte automaticky podle toho, co obrázek obsahuje.
- Formát obrázku**
 - Nastavení definuje formát obrázku (*.EMF, *.WMF, *.BMP), jeho rozlišení, barvu a orientaci. Doporučené nastavení je zobrazeno na obrázku (formát: *.EMF, rozlišení : 600 dpi, barevný).
- Možnosti**
 - Nastavení definuje rámeček a hlavičku obrázku. Pokud jsou volby "zaškrtnuty", obsahuje obrázek rámeček a hlavičku.
 - Volba "Legenda zemin" umožňuje přidat do obrázku legendu použitých zemin.

Tlačítko "**Výchozí**" v okně nastaví původní implicitní hodnoty.

Dialogové okno "Možnosti" - záložka "Kopie do schránky"

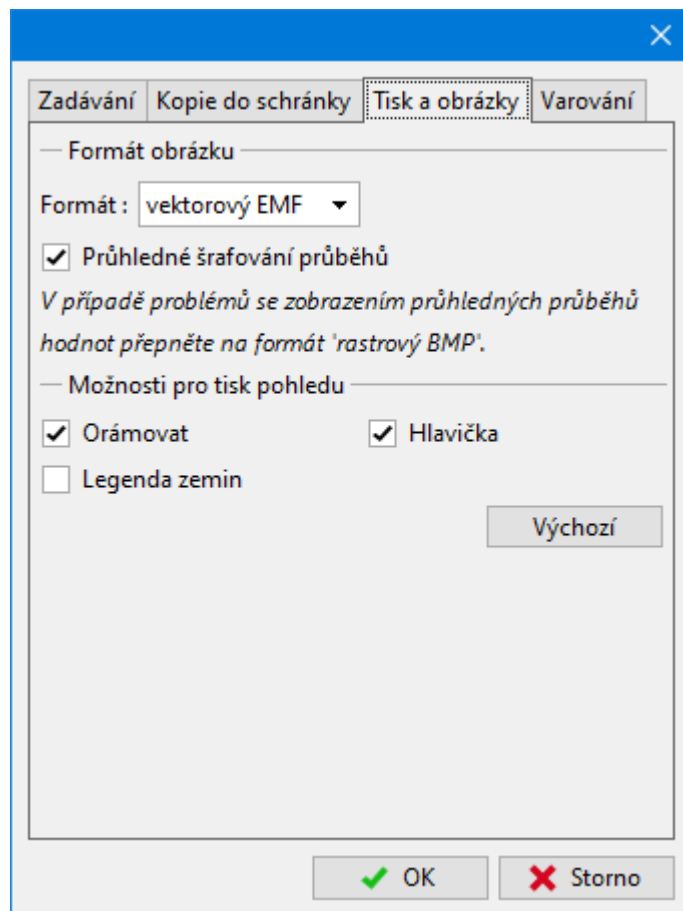
Tisk a obrázky

Dialogové okno se otevírá z ovládacího menu (položky "**Nastavení**", "**Možnosti**"). V záložce "**Tisk a obrázky**" lze nastavit parametry obrázku, který tiskneme nebo exportujeme v dialogovém okně "**Tisk a export obrázku**" a "**Tisk a export dokumentu**":

Formát obrázku Nastavení definuje formát obrázku (*.EMF, *.WMF, *.BMP).

Možnosti pro tisk pohledu Nastavení definuje rámeček a hlavičku obrázku. Pokud jsou volby "zaškrtnuty", obsahuje obrázek rámeček a hlavičku. Volba "**Legenda zemin**" umožňuje přidat do obrázku legendu použitých zemin. Tato volba se použije pouze pro "**Tisk a export obrázku**".

Tlačítko "**Výchozí**" v okně nastaví původní implicitní hodnoty.



Dialogové okno "Možnosti" - záložka "Tisk a obrázky"

Společná zadávání

Tato kapitola obsahuje části nápovědy, které jsou společné pro více programů GEO. V této části nápovědy jsou popsány následující **postupy zadávání** používané v programech GEO5:

- [Zadání a editace zemin](#)
- [Rozhraní v prostředí 2D](#)
- [Zadávání objektů a dat](#)
- [Přiřazení zemin](#)
- [Výpočtové koeficienty](#)
- [Zadání více výpočtů / posouzení](#)

Důležitou vlastností všech programů GEO5 je možnost zadávat [fáze budování](#).

Některé programy GEO5 umožňují přímo [spouštět jiné programy](#) GEO5 s automatickým předáním dat.

Základní funkce pro práci s **grafickými výstupy** v programech "MKP", "Sedání" a "Deska" jsou popsány v následujících kapitolách.

- [Uložené pohledy](#)
- [Nastavení škály](#)

Následující kapitoly se zabývají **Importem dat**:

- [Import - export DXF](#)
- [Import tabulkových dat](#)
- [Import LandXML](#)

Možnosti **kopírování dat mezi programy** jsou popsány v následujících kapitolách:

- Kopie do schránky
- Geoschránka

Zadání a editace zemin

V dialogovém okně "**Přidání nových zemin**", zadáváme název a parametry zeminy, které by měly být získány ze zkoušek nebo geologického průzkumu.

Všechna zadávací pole v okně musí být vyplněna. Výjimku tvoří hodnota γ_{sat} (objemová tíha saturované zeminy) v části okna "**Vztlak**". Jestliže zůstane toto pole prázdné, program automaticky doplní hodnotu γ (objemová tíha zeminy).

Kliknutím na tlačítko nápovědy "?" získáme informace o teorii výpočtů, které souvisí se zadávanými hodnotami.

Barvu a kategorii vzorku zeminy lze nastavit v rozbalitelných seznamech v pravé části dialogového okna.

Mezi jednotlivými vzorky v rámci jedné kategorie lze vyhledávat pomocí čísla vzorku (např. kategorie GEO - vzorek Jíl - číslo 4).

Neznáme-li charakteristiky zemin ze zkoušek, resp. z geologického průzkumu, můžeme využít zabudovanou databázi zemin, která obsahuje orientační hodnoty základních charakteristik. Tlačítkem "**Zatříd**" otevřeme dialogové okno "**Zatřídění zemin**" a můžeme orientační hodnoty zeminy vložit do dialogového okna. Tlačítko "**Vymaž**" umožňuje odstranit informace o zatřídění zeminy z katalogu. Charakteristiky zemin, které nejsou v katalogu (na obrázku "**Třecí úhel kce-zemina**"), je nutné v každém případě zadat ručně. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je rovněž zapotřebí zadat ručně. Orientační parametry hornin jsou uvedeny v teoretické části nápovědy (pro **stabilitní výpočty**, resp. pro **výpočet únosnosti základu na skalním podloží**).

Zadanou zeminu přidáme do seznamu zemin stisknutím tlačítka "**Přidej**".

Dialogové okno "Přidání nových zemin"

Zatřídění zemin

Orientační parametry zemin můžeme získat z implementovaných katalogů zemin. V rozbalitelném seznamu se volí jeden

ze tří **způsobů zatřídění** zemin:

- **Standardní** - založen na normě ČSN 73 1001 "Základová půda pod plošnými základy"
- **Čína**
- **EAU 2012** - německý standard

Dále se volí zemina a příslušné vlastnosti (např. konzistence, ulehlost,...). Charakteristiky zeminy z katalogu se zobrazí v okně.

Tlačítko **"Ručně"** (dostupné pouze pro **Standardní** způsob zatřídění) otevírá dialogové okno **"Ruční zatřídění zeminy"**, které umožňuje zatřídit zeminu, známe-li její parametry ze zkoušek (zrnitost, vlhkost, ulehlost...).

— Zatřídění, konzistence, ulehlost

Způsob zatřídění: Standardní

Zatřídění zeminy: F1 - Hlína štěrkovitá

Konzistence: Konzistence tuhá (Hněte se obtížně v prstech)

— Směrné normové charakteristiky

Třída F1, konzistence tuhá

Parametry zeminy	Značka	Jednotka	Hodnota
Poissonovo číslo	ν	[-]	0,35
Objemová tíha	γ	[kN/m ³]	19,0
Modul přetvárnosti	E_{def}	[MPa]	10 - 20
Efektivní parametry :			
Úhel vnitřního tření	φ_{ef}	[°]	26 - 32
Soudržnost zeminy	c_{ef}	[kPa]	4 - 12
Totální parametry :			
Úhel vnitřního tření	φ_u	[°]	0
Soudržnost zeminy	c_u	[kPa]	70
Výpočtová pevnost :			
Šířka základu < 3,0 m	R_d	[kPa]	200
Koef. strukturní pevnosti	m	[-]	0,2
pro $E_{def} < 4,0$ MPa, nepřekonsolidovaná	m	[-]	0,1

Ručně

OK OK + Přiřad Storno

Dialogové okno "Zatřídění zemin"

Po stisknutí tlačítka **"OK"** se v okně **"Přidání nových zemin"** zobrazí doporučené hodnoty vedle zadávacích polí (viz obr.). Po stisknutí **"OK+Přiřad"** se do příslušných zadávacích polí navíc přiřadí střední hodnoty parametrů zeminy. Tlačítkem **"Storno"** okno opustíme bez předání dat.

Úprava vlastností zeminy

— Identifikace —

Název :

Třída F4, konzistence tuhá

— Základní data — ?

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] **18,5**

Napjatost :

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} =$ [°] **22 - 27**

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa] **10 - 18**

— Vztlak — ?

Způsob výp.vztlaku :

Zatřídění zemin - doporučené rozmezí hodnot

Značky zemin a hornin

Pro zeminu zadanou ručně či vloženou z katalogu, lze v rozbalitelném seznamu vybrat kategorii vzorku (vzorky programů GEO5, plná barva, vzorky gINT nebo vzorky podle čínské normy YS 5204 1) a barvu, které se zobrazují v zadaném profilu.

Barva v rozbalitelném seznamu "**Barva**" je barva, kterou je zemina (hornina) zobrazována na desktopu obrazovky a v obrázcích, které ukládáme v "**Seznamu obrázků**", nebo které tiskneme pomocí "**Tisku a exportu obrázku**" (pro zobrazení plné barvy v obrázcích musí být nastavena volba "**Plná barva**" v "**Nastavení kreslení**").

Barvu vzorku je vhodné volit podle pozadí desktopu (resp. papíru při tisku), tak aby byla dostatečně výrazná.

Přidání nových zemin

— Identifikace —

Název :

Třída F1, konzistence tuhá

— Základní data — ?

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] **19,0**

Napjatost :

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} =$ [°] **26 - 32**

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa] **4 - 12**

Třecí úhel kce-zemina : $\delta =$

— Tlak v klidu — ?

Zemina :

— Vztlak — ?

Způsob výp.vztlaku :

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

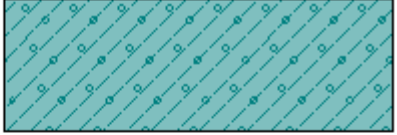
— Zobrazení —

Kategorie vzorků :

Hledat :

Podkategorie :

Vzorek :



3 Hlína štěrkovitá

Barva :

Pozadí :

Sytost <10 - 90> : [%]

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - výběr barvy a kategorie vzorku

Hlina	Hlina písitá	Hlina šterkovitá	Jíl	Jíl písitý	Jíl šterkovitý	Navázka jemnozrná	Navázka hrubozrná
Písek	Písek hlinitý	Písek jílovitý	Štěrka	Štěrka hlinitá	Štěrka jílovitá	Navázka	Rašelina
Brekcie	Fylit	Gabro	Granulit	Jílovec	Prachovec	Pískovec	Svor
Trachyt	Tuf	Vápenec	Žula	Výplň diskontinuit	Ultrabazické horniny	Tuhé těleso	Jiná hornina
Jiný vzorek 1	Jiný vzorek 2	Jiný vzorek 3	Jiný vzorek 4	Jiný vzorek 5	Jiný vzorek 6	Jiný vzorek 7	Jiný vzorek 8

Vzorky zemin - GEO5

ASPHALT	BASALT	BEDROCK	BLDRCBBL	BRECCIA	CH	CHALK	CL
CL-CH	CLG	CL-ML	CLS	COAL	CONCRETE	CORAL	FILL
GC	GM	GP	GP-GC	GP-GM	GPS	GW	GW-GC
GW-GM	GWS	GYPSUM	LIMESTONE	MH	ML	MLG	MLS
OH	OHSH	OL	OLSH	PT	SANDSTONE	SC	SC-SM
SHALE	SILTSTONE	SM	SP	SPG	SP-SC	SP-SM	SW
SWG	SW-SC	SW-SM	TILL	TOPSOIL			

Vzorky zemin- gINT



Vzorky zemin - YS 5204 - 2000

Literatura:

1 - YS 5204-2000 - Specification for mapping symbol of geotechnical investigation report

Ruční zatřídění zemin

V tomto dialogovém okně lze zadat charakteristiky zeminy, které provedou její zatřídění do katalogu zemin. Tlačítkem "OK" se vrátíme do dialogového okna "Zatřídění zemin" s nastavením na zatříděnou zeminu.

×

— Zrnitost —

Jemné částice (0,0 .. 0,06 mm) :

f =

50,0

[%]

Písčité částice (0,06 mm .. 2,0 mm) :

s =

30,0

[%]

Šterkovité částice (2,0 mm .. 60,0 mm) :

g =

20,0

[%]

Součet f + s + g musí být roven 100%

— Vlhkost —

Vlhkost vzorku :

w =

23,0

[%]

Vlhkost na mezi tekutosti :

w_l =

55,0

[%]

Vlhkost na mezi plasticity :

w_p =

20,0

[%]

Musí platit w_l > w_p

— Zatřídění —

Třída F4, konzistence tuhá

✓ OK

✗ Storno

Dialogové okno "Ruční zatřídění zemin"

Rozhraní v prostředí 2D

V levé části rámu je tabulka se seznamem rozhraní. Nad tabulkou jsou dvě základní tlačítka potřebná pro zadávání rozhraní:

Nastavit rozsahy
Přidat rozhraní

Otevře dialogové okno "Rozměry světa", ve kterém lze nastavit rozměry světa úlohy, neboli levý a pravý kraj.

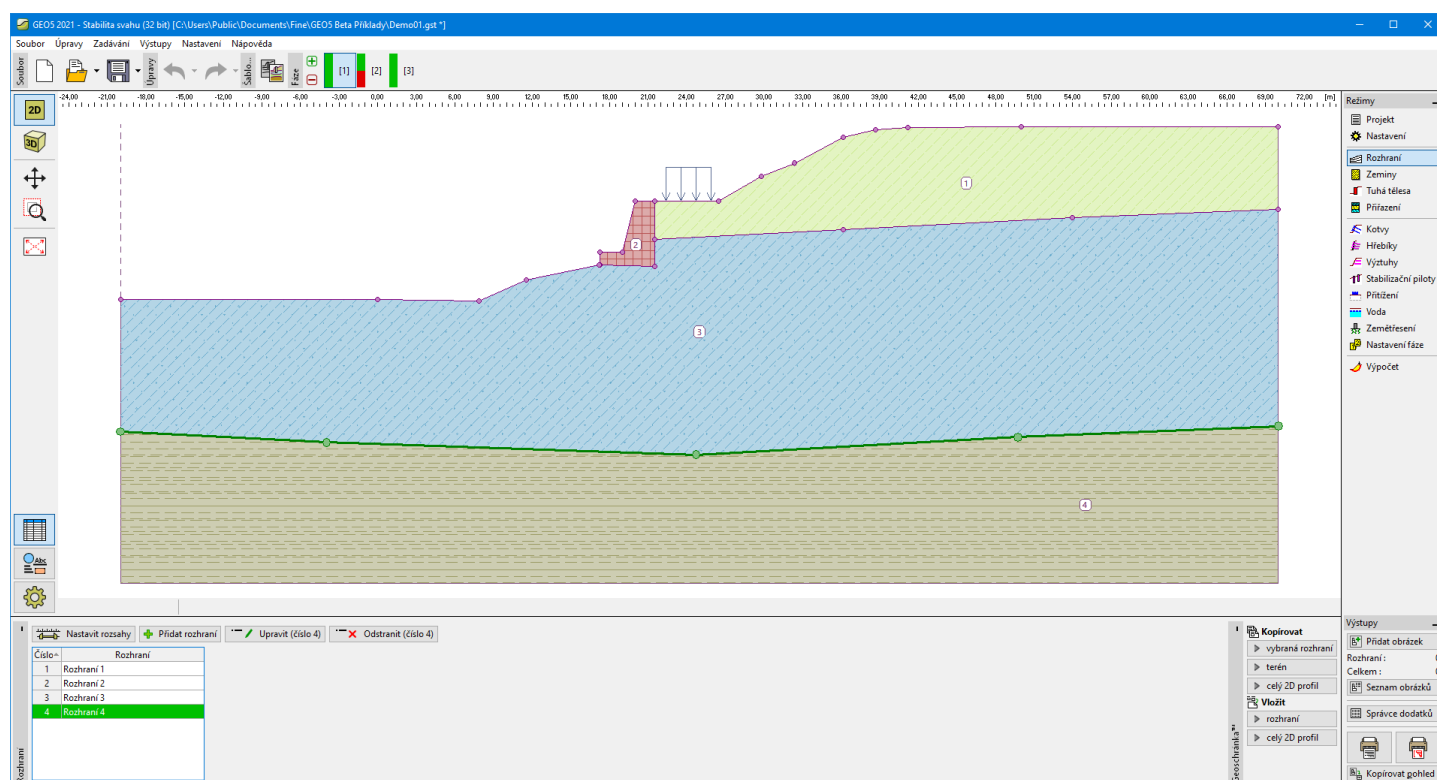
Zapne režim přidání nového rozhraní - jednotlivá rozhraní lze přidávat v libovolném pořadí, po zadání se každé rozhraní automaticky zařadí do seznamu.

Rozhraní se v tabulce řadí odshora dolů a lze je libovolně editovat a mazat.

Rozhraní	<div> Nastavit rozsahy </div> <div> Přidat rozhraní </div>	
	Číslo	Rozhraní
	1	Rozhraní 1
	2	Rozhraní 2
	3	Rozhraní 3
	4	Rozhraní 4

Tabulka se seznamem rozhraní

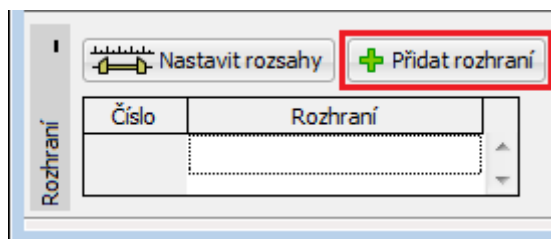
Při jakékoliv změně rozhraní jsou k dispozici tlačítka "ZPĚT / ZNOVU" na nástrojové liště, pomocí kterých lze zadání vrátit. Rozhraní můžeme kopírovat a vkládat pomocí **Geoschránky**.



Rám "Rozhraní"

Přidání rozhraní

Tlačítko "Přidat rozhraní" zapne režim zadávání bodů nového rozhraní. **Maska myši** se změní na "osový kříž", změni se podoba rámu.



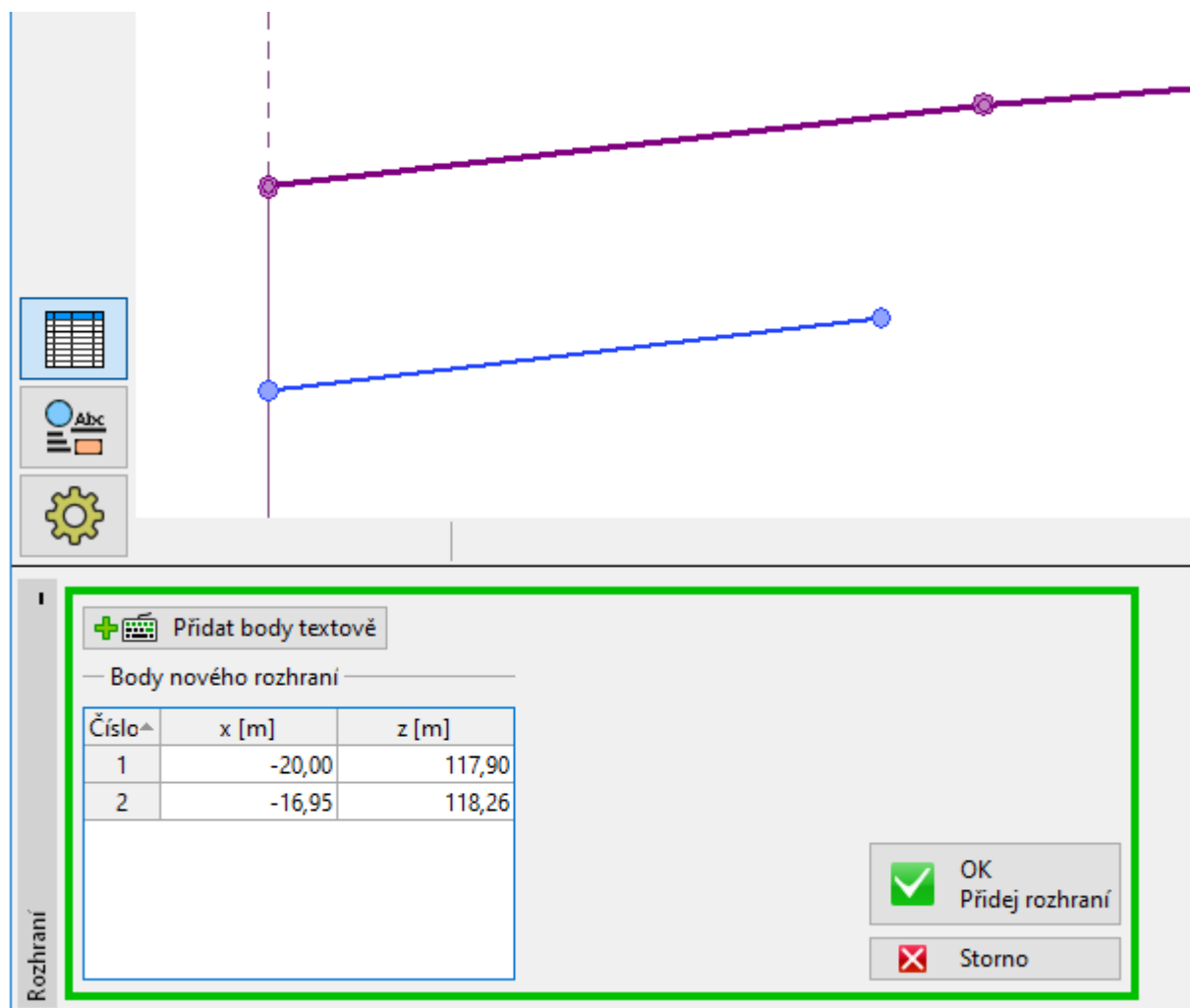
Rám "Rozhraní"

Kliknutím levého tlačítka myši na desktop lze zadat body rozhraní. Souřadnice (x , z) každého zadaného bodu se řadí do **tabulky "Body nového rozhraní"**. Alternativně lze body přidávat také v dialogovém okně (tlačítko "Přidat body textově"). Zadaný bod je vždy automaticky zaokrouhlen na dvě desetinná místa - zadání myši i klávesnicí je tedy zcela rovnocenné.

V průběhu zadávání lze jednotlivé body zadávaného rozhraní **editovat a mazat**.

Zadávání ukončíme stisknutím tlačítka "**OK Přidej rozhraní**" (s přidáním zadaného rozhraní do **seznamu rozhraní**), nebo tlačítkem "**Storno**" (změny se neuloží).

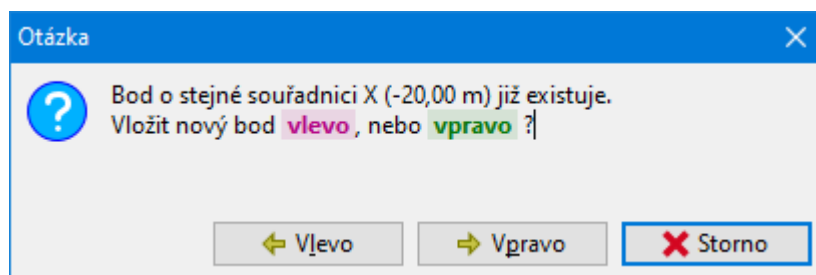
Při zadávání je možné využít funkce **mřížky (gridu)**.



Režim zadávání bodů rozhraní

Pro zadání bodů je možné využít šablonu získanou z **importu DXF**.

Program umožňuje zadávat i svislá rozhraní - v tomto případě se program ptá, zda vložit bod **vlevo** nebo **vpravo**. Tlačítka pro potvrzení jsou zobrazena barevně - stejnou barvou jsou i na desktopu vykresleny obě varianty zadání.



Korekce při zadání svislého rozhraní

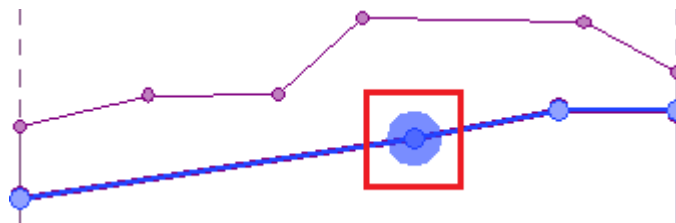
Program obsahuje automatický **korektor zadávaného rozhraní**, který dopočte koncové body rozhraní a zadané rozhraní vloží do seznamu rozhraní.

Editace bodů rozhraní

Při zadávání nebo editaci rozhraní lze jednotlivé body editovat resp. mazat - graficky i textově v dialogovém okně.

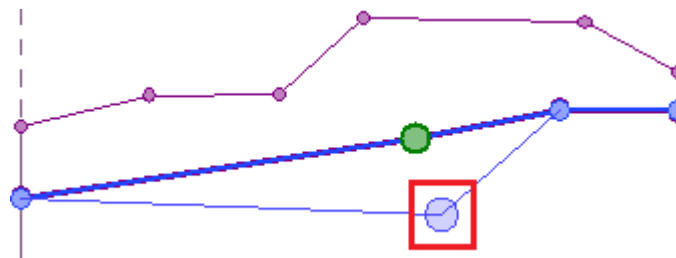
Editace bodu rozhraní

Kurzor myši se umístí nad bod, který se bude editovat. Okolí bodu se zvýrazní.



Editace bodu rozhraní

Bod se přesune současným přidržením levého tlačítka a tažením myši. Puštěním levého tlačítka je bod změněn.



Editace bodu rozhraní

Alternativně lze v **tabulce** stisknout tlačítko "**Upravit bod**", v dialogovém okně změnit souřadnice a ukončit editaci tlačítkem "**OK**". ,

Úprava bodů

Souřadnice

x = [m] z = [m]

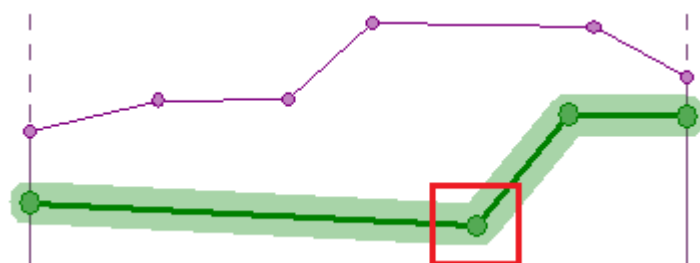
<-20,00 .. -10,11> (-1E99 .. 1E99)

OK + OK +

Body upravovaného rozhraní

Číslo	x [m]	z [m]
1	-20,00	119,18
2	-12,64	117,47
3	-10,11	119,94

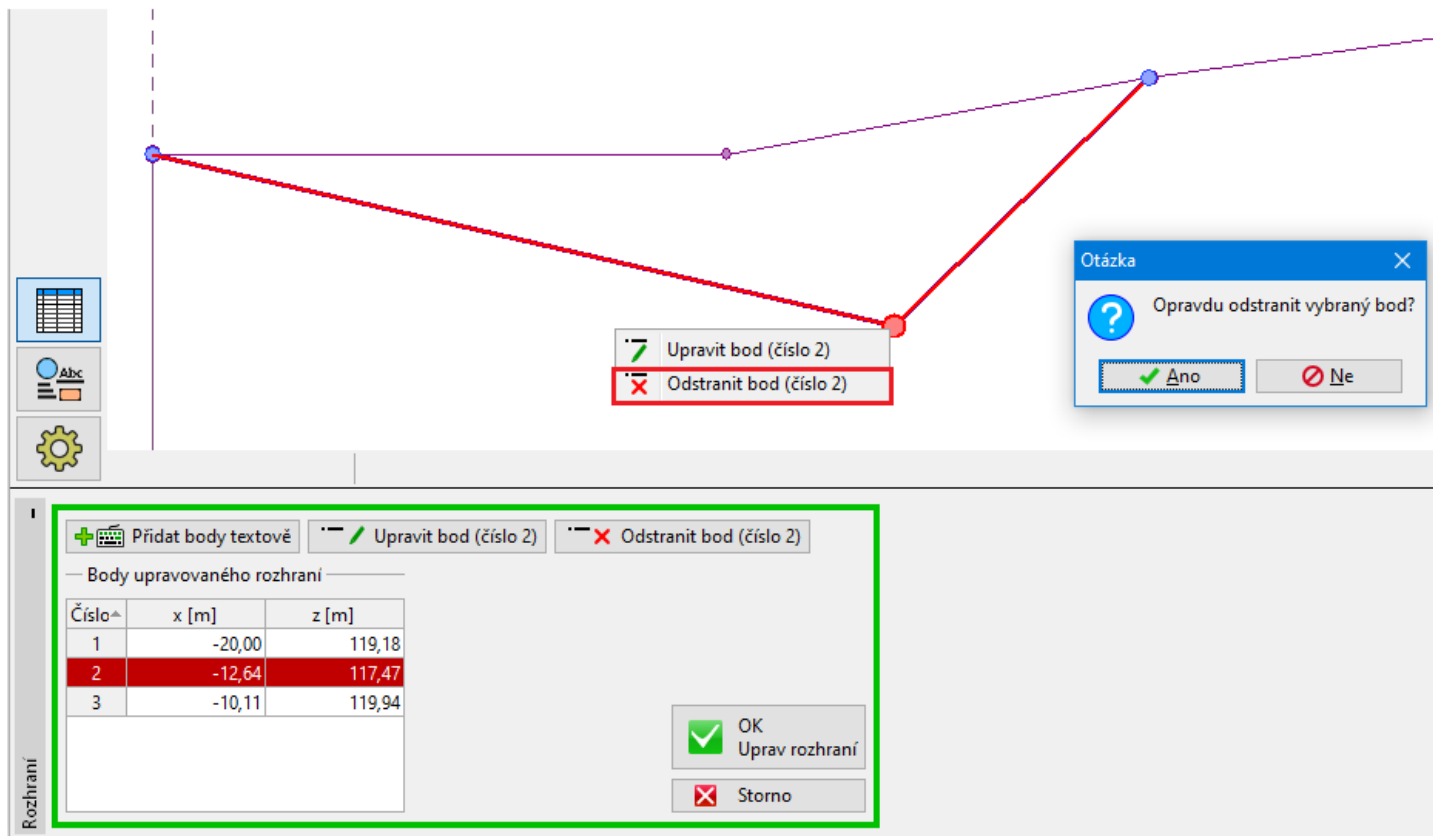
Editace bodu rozhraní



Editace bodu rozhraní - výsledek změny souřadnic bodu

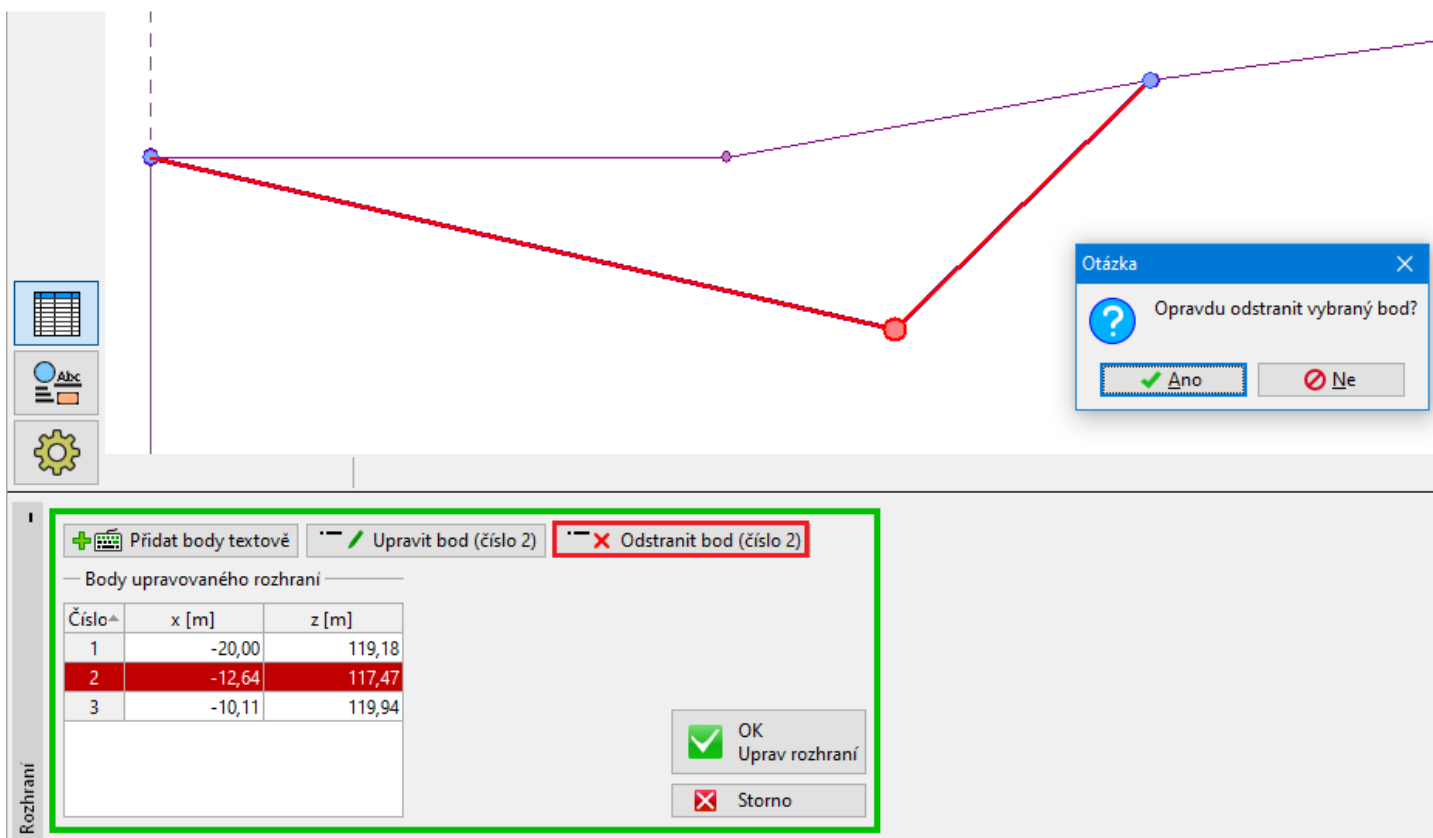
Odstranění bodu rozhraní

Kurzor myši se umístí nad bod, který se bude mazat. Okolí bodu se zvýrazní. Kliknutím pravého tlačítka myši se zobrazí **kontextová nabídka**. Vybereme položku "**Odstranit bod**". Program označí červeně bod rozhraní a ty dotčené části rozhraní, kterých se smazání bodu týká. Po potvrzení uživatelem bod smaže a zobrazí nový tvar rozhraní.



Smazání bodu rozhraní - graficky

Alternativně lze v **tabulce** vybrat bod a stisknout tlačítko "**Odstranit bod**". Další postup je již shodný s výše popsaným postupem.



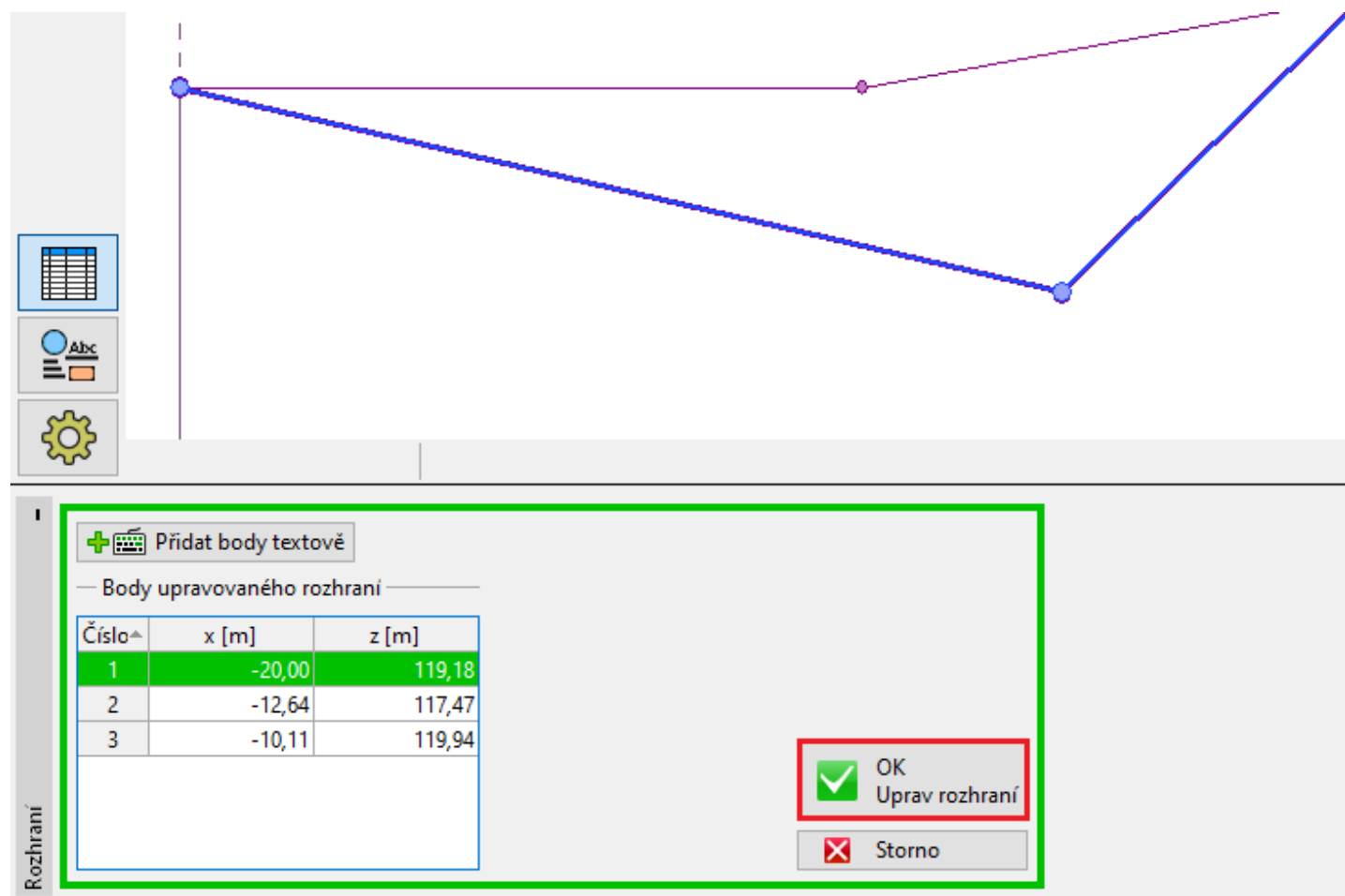
Smazání bodu rozhraní - textově

Editace a odstranění rozhraní

Editace rozhraní

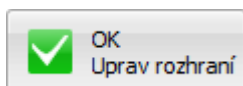
V seznamu tabulky nebo na desktopu se levým tlačítkem vybere rozhraní.

Poklepáním levého tlačítka myši na rozhraní nebo tlačítkem  se zapne režim editace rozhraní. Editované rozhraní je zobrazeno modře a lze **upravit jeho tvar**.



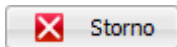
Editace rozhraní

Zadávání ukončíme stisknutím tlačítka



(s přidáním zadaného rozhraní do **seznamu rozhraní**), nebo

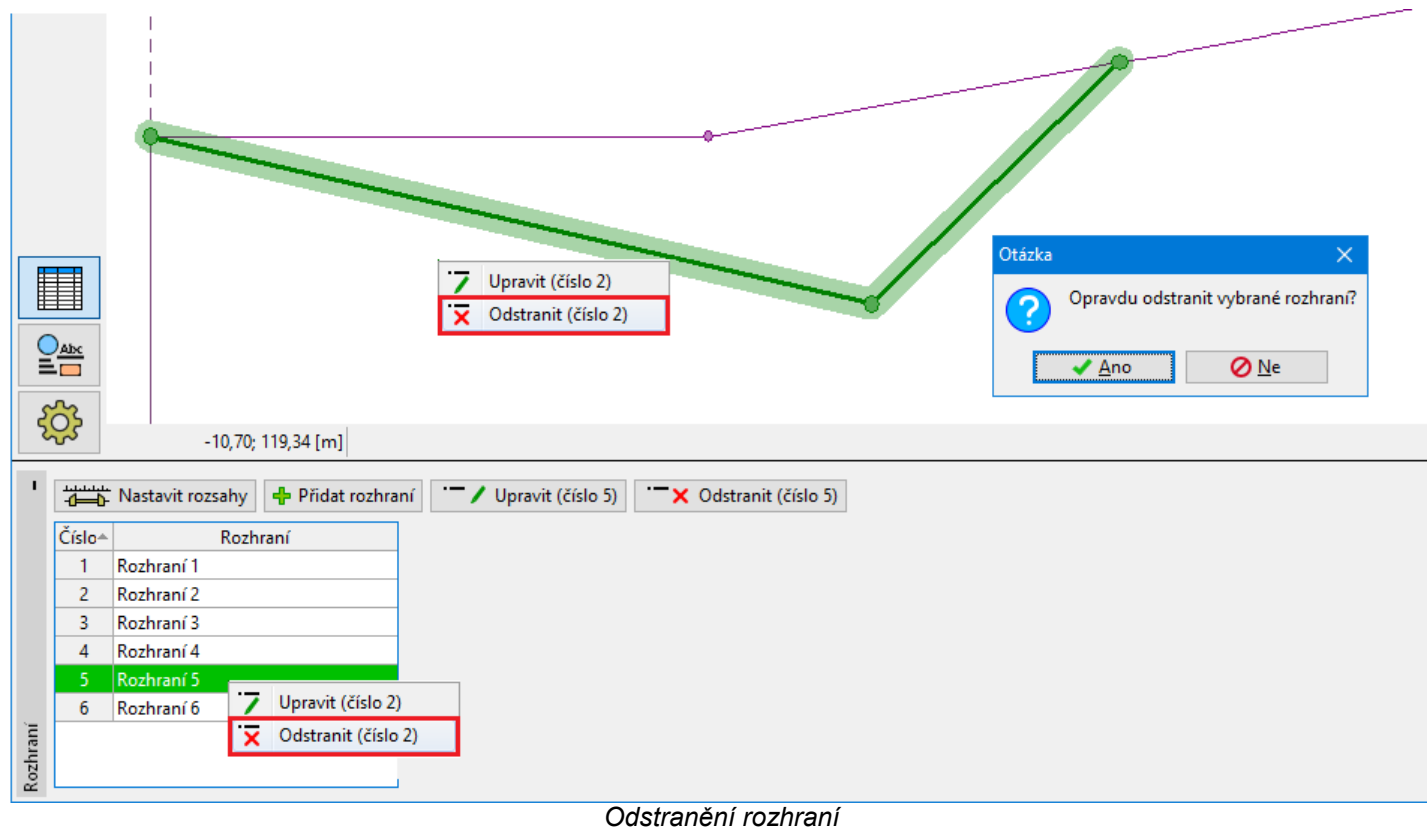
tlačítkem



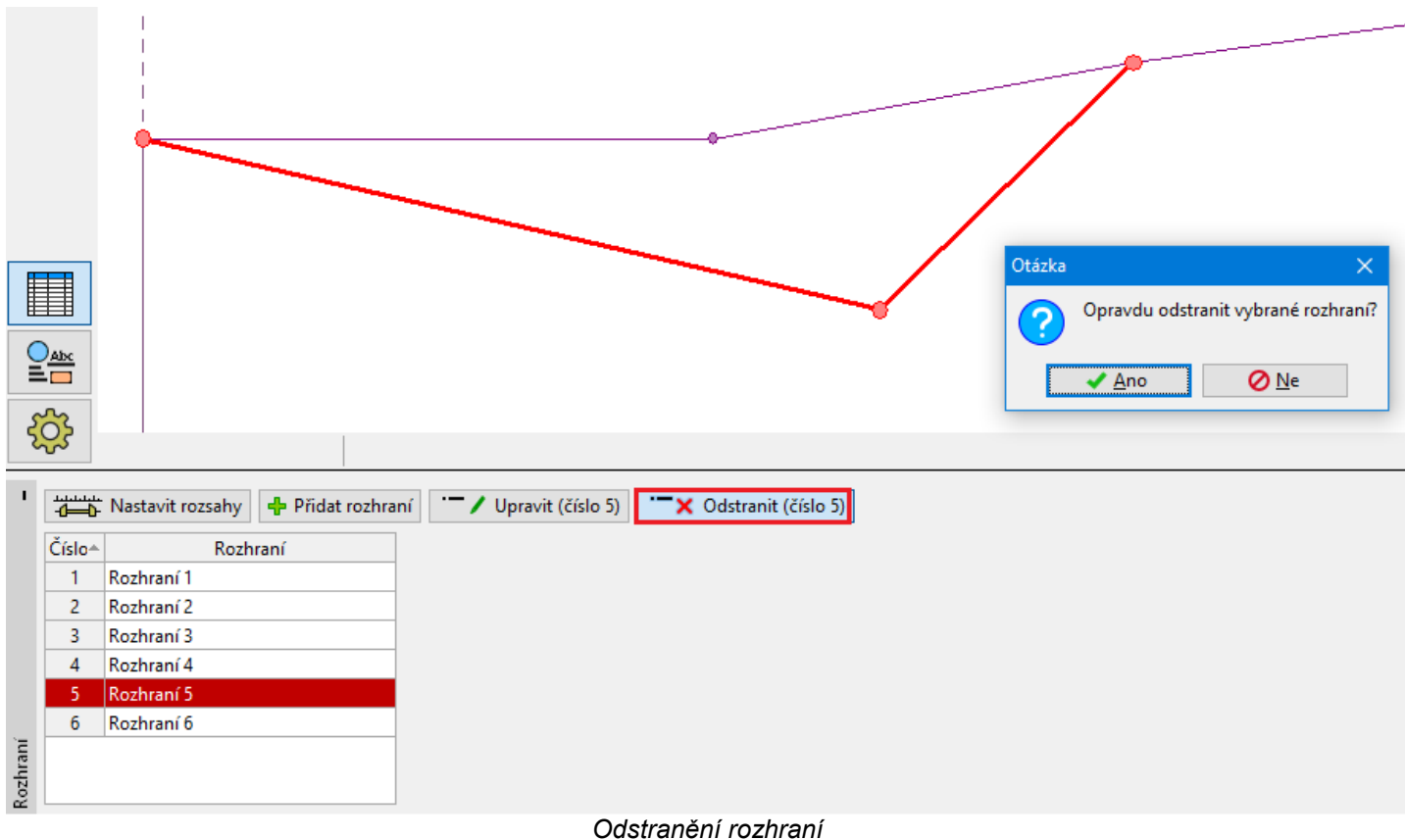
(změny se neuloží).

Odstranění rozhraní

V seznamu tabulky nebo na desktopu se levým tlačítkem vybere rozhraní. Kliknutím pravého tlačítka myši na rozhraní (řádek tabulky) se zobrazí **kontextová nabídka**. Vybereme položku "**Odstranit**". Program označí rozhraní červeně. Po potvrzení uživatelem rozhraní smaže.



Alternativně lze v tabulce vybrat rozhraní a stisknout tlačítko **"Odstranit"**. Další postup je již shodný s výše popsáním postupem.



Po editaci rozhraní je (stejně jako po přidání rozhraní) spuštěn automatický **korektor zadávaného rozhraní**, který zkontroluje tvar, popřípadě upraví koncové body.

Korektor zadávaného rozhraní

Po zadání resp. editaci rozhraní se zadané rozhraní automaticky upraví tak, aby bylo korektní, tj. dotýkalo se na začátku a na konci krajů světa nebo jiného rozhraní. Automatického korektoru lze také využít pro zjednodušení zadávání - např.

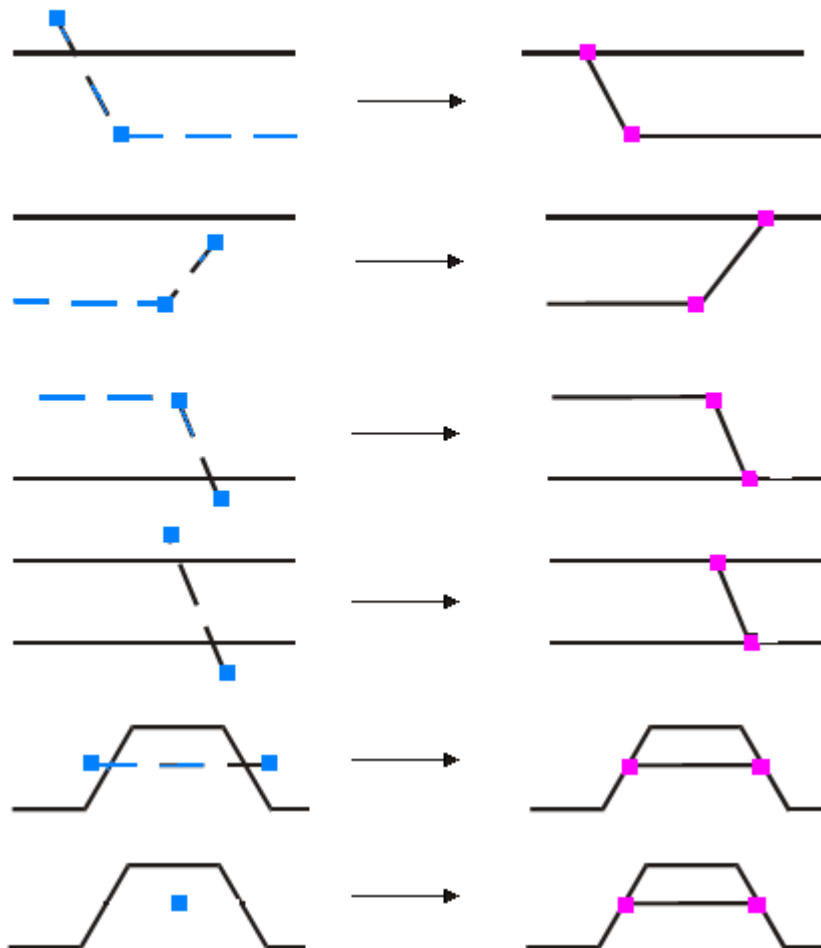
zadáme-li rozhraní pouze jedním bodem, korektor vytvoří vodorovné rozhraní, které tento bod obsahuje.

Pokud se rozhraní na konci dotýká jiného rozhraní, pak korektor vytvoří koncové body aktuálního rozhraní a vloží je i do rozhraní, kterého se nové rozhraní dotýká. Všechny linie všech rozhraní tedy vždy začínají a končí v bodě.

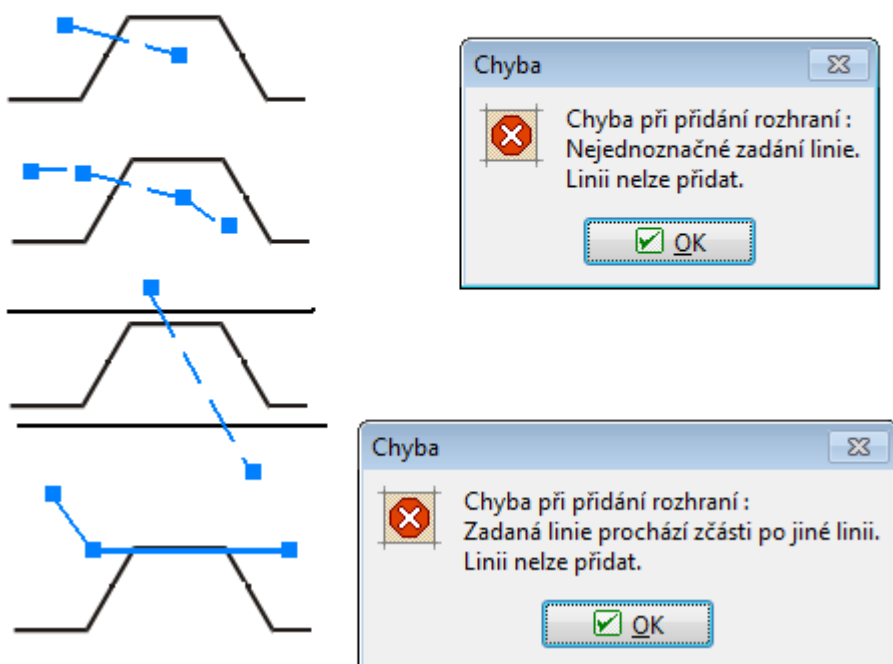
V případě nekorektního zadání (viz spodní obrázek) nejde rozhraní uložit. V tomto případě je nutné rozhraní opravit, nebo ukončit zadávání bez uložení tlačítkem **"Storno"**.

Zde jsou příklady funkce korektoru rozhraní (korektního a nekorektního zadání):

KOREKTNÍ TVAR ZADÁVANÉHO ROZHRAŇÍ



NEPOVOLENÉ ZADÁNÍ ROZHRAŇÍ



Korektní a nekorektní tvary rozhraní

Rozměry světa

V dialogovém okně se zadávají rozměry světa úlohy - levý a pravý kraj. Hloubka od nejnižšího bodu rozhraní je pro většinu programů pomocný údaj - určuje hloubku kreslení zemních profilů na desktopu - na vlastní výpočet nemá žádný vliv. V programu MKP je zvolení správných rozměrů světa velmi důležité a může zásadním způsobem ovlivnit výsledky.

Rozsah světa lze měnit kdykoliv - v případě zvětšení rozměrů se všechna zadaná rozhraní automaticky prodlouží, v případě zmenšení rozměrů se přebytečné body rozhraní oříznou.

Rozměry světa

— Rozměry —

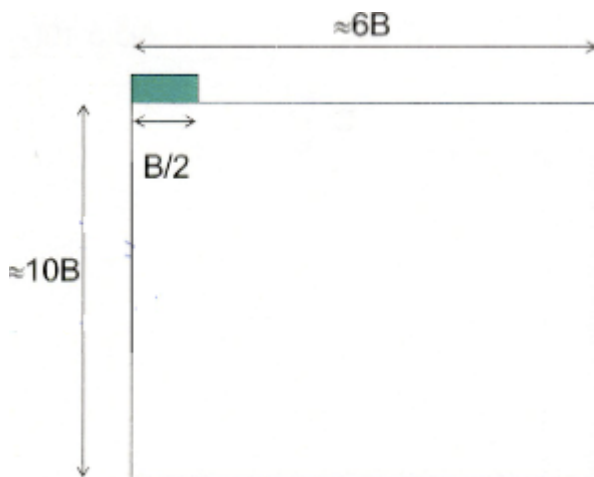
Minimální hodnota X : [m]

Maximální hodnota X : [m]

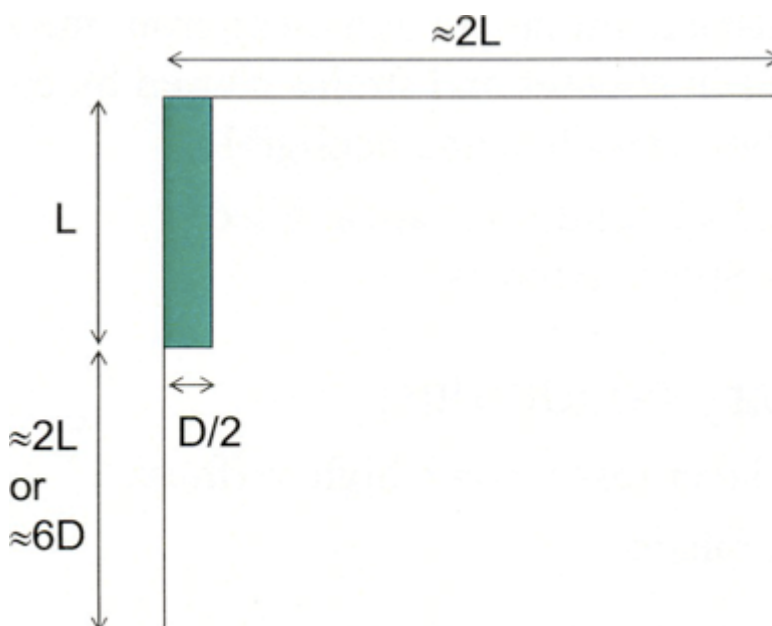
Hloubka od nejnižšího bodu rozhraní : [m]

Dialogové okno "Rozměry světa"

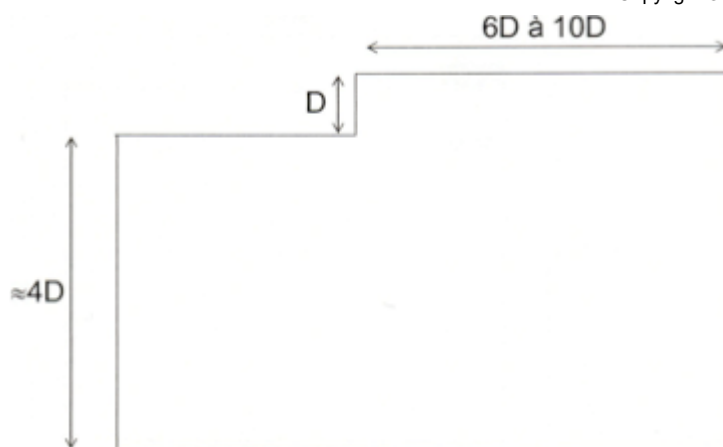
Doporučené rozměry světa pro program MKP jsou patrný z následujících obrázků.



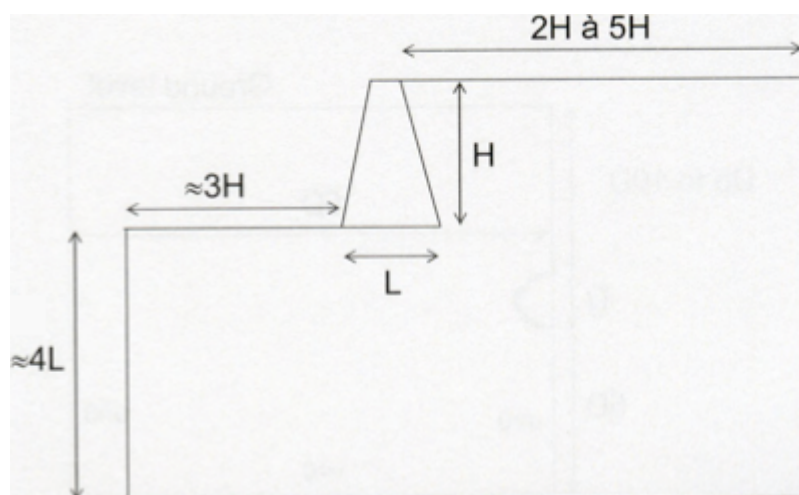
Doporučené hranice modelu - Plošné základy



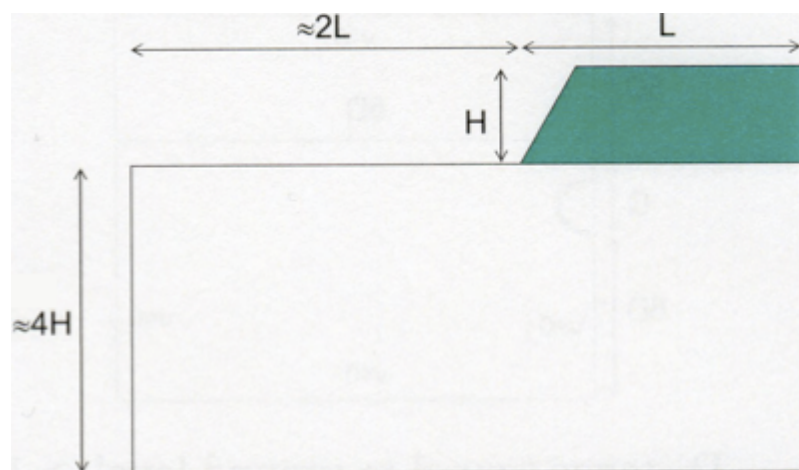
Doporučené hranice modelu - Hlubinné základy



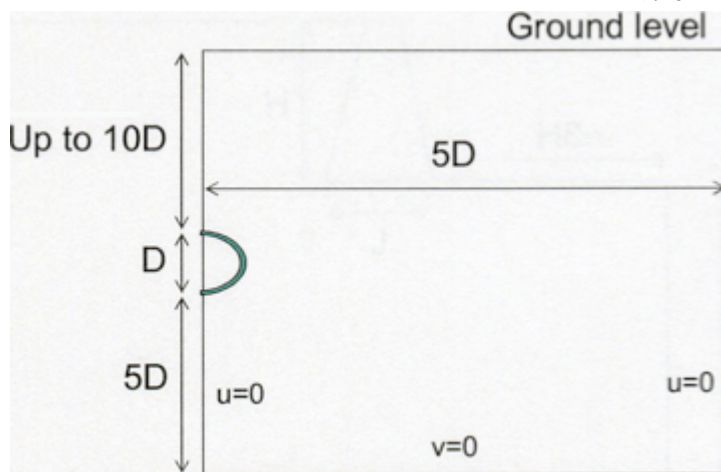
Doporučené hranice modelu - Výkopy



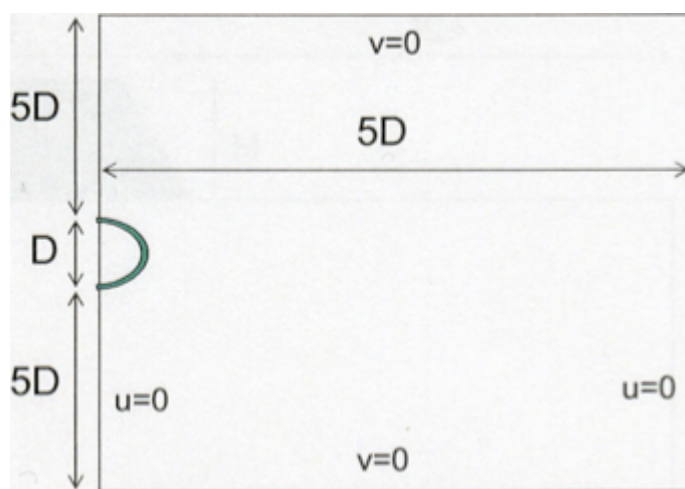
Doporučené hranice modelu - Opěrné konstrukce a zdi



Doporučené hranice modelu - Náspy a svahy



Doporučené hranice modelu - Tunely mělce uložené



Doporučené hranice modelu - Tunely s vysokým nadloží

Zadávaní objektů a dat

V programech GEO5 se vstupní data zadávají několika způsoby. Data se zadávají v **rámech** a **dialogových oknech**. Přístup k jednotlivým rámcům (režimům zadávání) umožňuje ovládací lišta "**Režimy**". Kromě přímého zadání dat v rámech, lze data (souřadnice bodů, hloubka profilu atd.) a objekty (přetížení, kotvy, rozpěry, geovýztuhy) zadávat pomocí tlačítek "**Přidat**", "**Přidat textově**" a "**Přidat graficky**".

Přidat

Tlačítko "**Přidat**" otevře **dialogové okno**, ve kterém se zadají požadovaná data (např. parametry zeminy, přetížení, zadané síly atd.). Po potvrzení se data uloží a položka se přidá do **tabulky**.



Podoba tlačítek

Jestliže je režim použit poprvé (**tabulka** se záznamy je prázdná), nebo tabulka obsahuje položky, ale žádná není vybrána, program otevře dialogové okno a je nutné všechna potřebná data zadat. Pokud je před použitím režimu vybrána některá již existující položka v tabulce, program v dialogovém okně použije data vybrané položky. Tato data lze dále upravit a uložit jako další položku v seznamu **tabulky**.

Na následujícím obrázku je jednoduchý příklad. Režim zadání byl použit poprvé, vstupní pole v dialogovém okně jsou prázdná (vlevo na obrázku). Zadají se parametry zeminy, data se uloží a přidá se záznam do **tabulky**. V tabulce je vybrána položka "**Zemina č. 1**". Použije se opět režim "**Přidat textově**" a v dialogovém okně jsou přednastavené parametry "**Zeminy č.1**" (vpravo na obrázku). Po potřebné úpravě parametrů lze uložit data jako další záznam **tabulky**.

Přidání nových zemin

— Identifikace —

Název :

— Základní data — ?

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³]

Napjatost :

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} =$ [°]

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa]

Přidání nových zemin

— Identifikace —

Název :

— Základní data — ?

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³]

Napjatost :

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} =$ [°]

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa]

Režim zadání dat - využití existujícího záznamu dat

Přidat graficky

Přidat graficky

Tlačítko "**Přidat graficky**" zapne režim grafického zadání. Masky myši se změní na osový kříž, a pomocí **levého tlačítka** myši lze zadat požadovaný objekt. Například při zadání kotvy se kliknutím na plochu zadá počáteční a koncový bod kotvy. Po zadání druhého bodu program otevře dialogové okno a další postup je již shodný s postupem uvedeným v kapitole "**Přidat**".

Nová kotva

— Umístění kotvy —

Počátek : $x =$ [m]
 $z =$ [m]

Volná délka : $l =$ [m]
 Délka kořene : $l_k =$ [m]

Sklon : $\alpha =$ [°]

Vzdálenost mezi kotvami : $b =$ [m]

— Síla v kotvě —

Síla : $F =$ [kN]

Číslo	Kotva	Počátek	Volná délka	Délka kořene	Sklon	Vzd. kotev	Síla		
	nová	dopnutá	x [m]	z [m]	l [m]	l_k [m]	α [°]	b [m]	F [kN]
1									

Režim zadání dat graficky

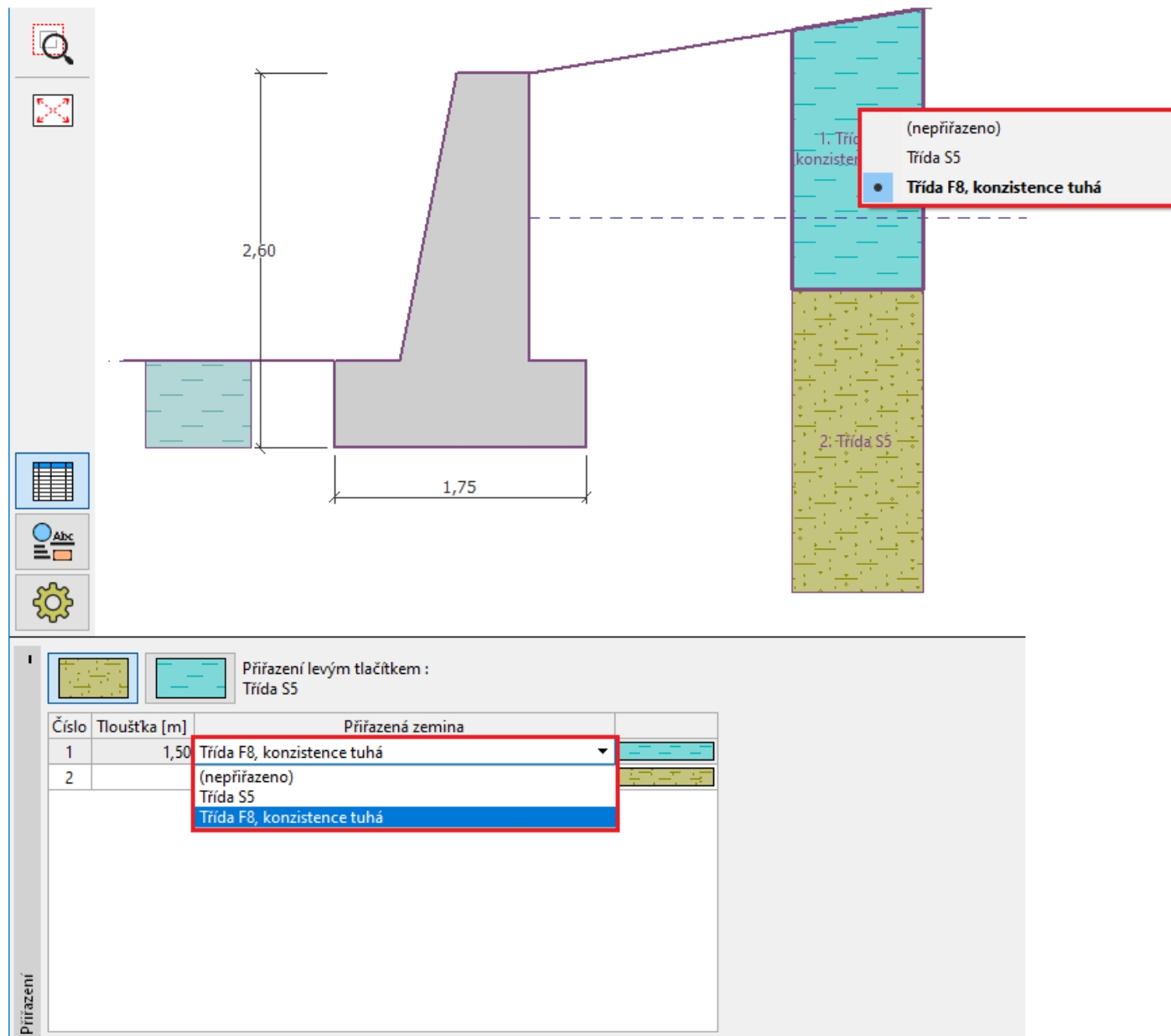
Přiřazení zemin

Přiřazení zemin jednotlivým vrstvám profilu lze provést několika způsoby.

Kliknutím levým tlačítkem myši na tlačítko na liště nad tabulkou vybereme zeminu (jestliže je kurzor myši v liště nad tlačítkem zeminy, zobrazuje se bublinová nápověda s jejím názvem). Kurzor myši (**maska kurzoru** se změní ve tvar "**ruky**") umístíme do vrstvy profilu a levým tlačítkem myši zeminu přiřadíme.

Další možností je, že otevřeme rozbalitelný seznam vrstvy, do které chceme přiřazovat a vybereme z nabídky požadovanou zeminu. Změny v přiřazení se okamžitě zobrazují na desktopu.

Poslední možností je použití **kontextové nabídky** myši.



Rám "Přířazení"

Výpočtové koeficienty

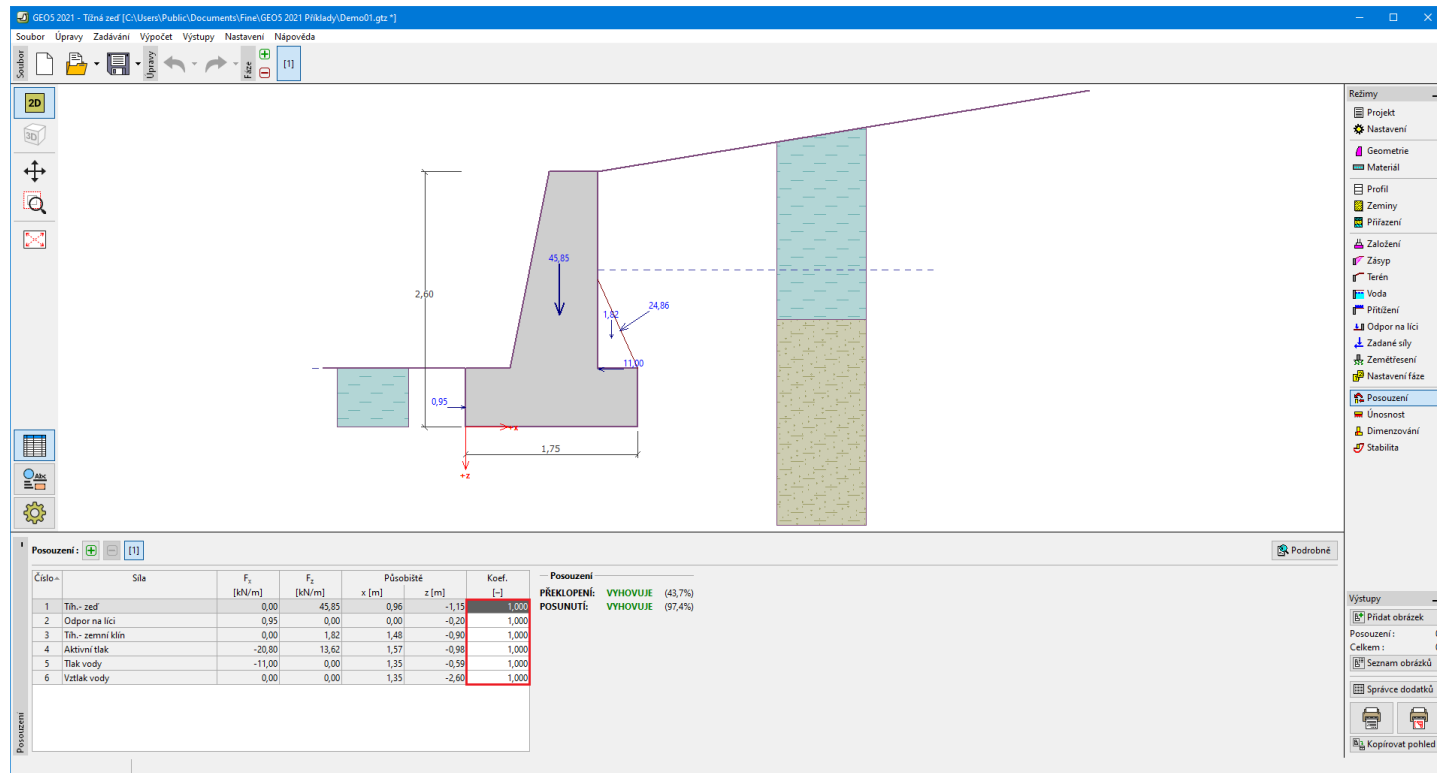
V rámech "**Výpočet**", resp. "**Posouzení**" (při metodice posouzení "**Klasický výpočet**"), které zobrazují seznam spočtených sil, lze zadat výpočtové součinitele. Výpočtový součinitel přenásobuje příslušnou sílu. Při zadání součinitele se výsledky okamžitě přepočtou a na desktopu se zobrazí přenásobené síly.

Součinitele výpočtu jsou výhodné například pro:

- Testování konstrukce, kdy lze některou sílu zvětšovat přímo ve výpočtovém okně a pozorovat odezvu konstrukce.
- Vyloučení některých sil z posouzení, popřípadě jejich redukce.
- Zadání výpočtových kombinací - např. lze zavést ve smyslu EC různé součinitele pro hlavní proměnné zatížení a vedlejší proměnná zatížení.

Pro posouzení zdi pak můžeme zadat například tyto kombinace:

	Výpočet 1	Výpočet 2	Výpočet 3
• Zed'	1,0	1,0	1,0
• Aktivní tlak	1,0	1,0	1,0
• Přítížení 1	1,0	0,5	0,5
• Přítížení 2	0,5	1,0	0,5
• Přítížení 3	0,5	0,5	1,0



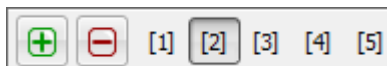
Rám "Posouzení" - použití výpočtových koeficientů

Zadání více výpočtů / posouzení

Ve většině **rámů**, ve kterých se zobrazují výsledky výpočtu, lze nadefinovat více výpočtů. Více výpočtů v rámci jedné fáze budování se provádí například pro:

- dimenzování konstrukce v různých místech
- výpočty různých smykových ploch
- posouzení s různými **výpočtovými koeficienty**

Pro práci s výpočty je určena lišta v horní části rámu.



Rám "Výpočet" - nástrojová lišta "Více výpočtů"



Přidat

- Přidá na lištu další výpočet



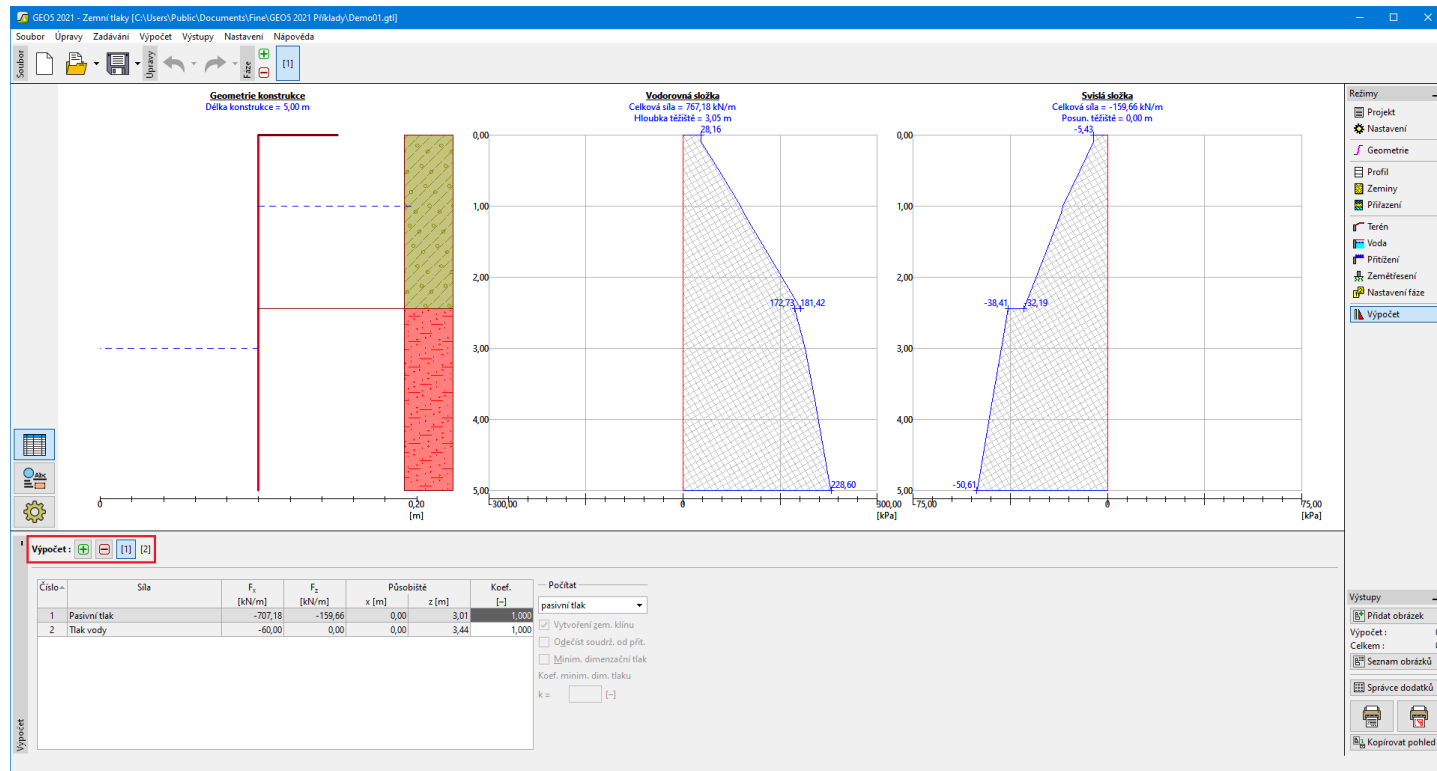
Odstranit

- Odstraní **aktuálně vybraný** výpočet



Výpočet 1,2,3...

- Přepíná mezi jednotlivými výpočty



Rám "Výpočet"

Napojení programů

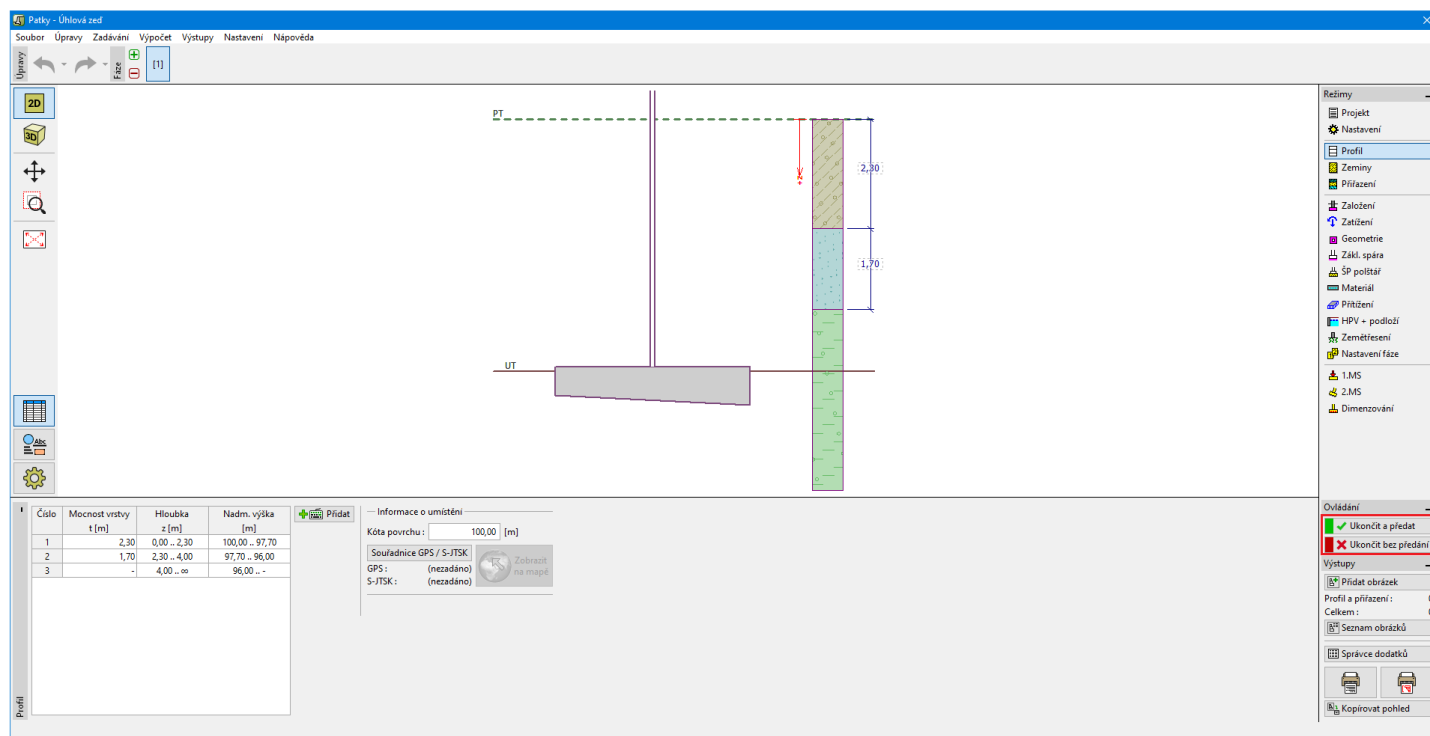
V některých případech lze z programu spustit další program. Například z programu "Úhlová zed" lze spustit program "Stabilita svahu" pro posouzení vnější stability konstrukce nebo program "Patky" pro posouzení únosnosti základu konstrukce.

Spuštěný program načte data konstrukce, dále se chová jako samostatný program - rozdílný je způsob ukončení. Tlačítkem "Ukončit a předat" (vpravo pod svislými nástrojovými lištami) program zavěříme a spočtená data se předají do původního programu. Při odchodu tlačítkem "Ukončit bez předání" se data nepředají.

Při prvním spuštění programu se vytvoří data konstrukce a předají se rozměry konstrukce, geologické poměry, zatížení, přitížení a další data. V programu je **nutné zadat další údaje** jako např. metodu výpočtu, nastavení výpočtu, smykové plochy, fáze budování aj.

Při opětovném spuštění programu (je nutné vždy, když byla v původním programu změněna data) program přegeneruje předávaná data, ale **zadaná data spuštěného programu ponechá**. Například při napojení do programu "Patky" zůstane zadaný štěrkopískový polštář i se zadanou zemínou zachovaný - rozměry patky, geometrie založení a geologický profil se ale vždy přegenerují.

Ve spuštěném programu nelze provádět některé úkony - např. měnit základní nastavení projektu, jednotky apod. Vygenerovanou úlohu lze ale **"Uložit jako"** do nových dat a pracovat s ní zcela samostatně.



Spuštění programu "Patky" z programu "Úhlová zed"

Uložené pohledy

Programy obsahují řadu možností zobrazení výsledků, které se zadávají v rámu "**Zobrazení výsledků : Výpočet**". Mnohdy je nutné provést složitá a pracná nastavení pohledů - např. zajímají-li nás v MKP průběhy sil na nosnících, je nutné vypnout škálu, nekreslit deformovanou konstrukci, zvolit veličinu, zadat vhodné zvětšení konstrukce ap.

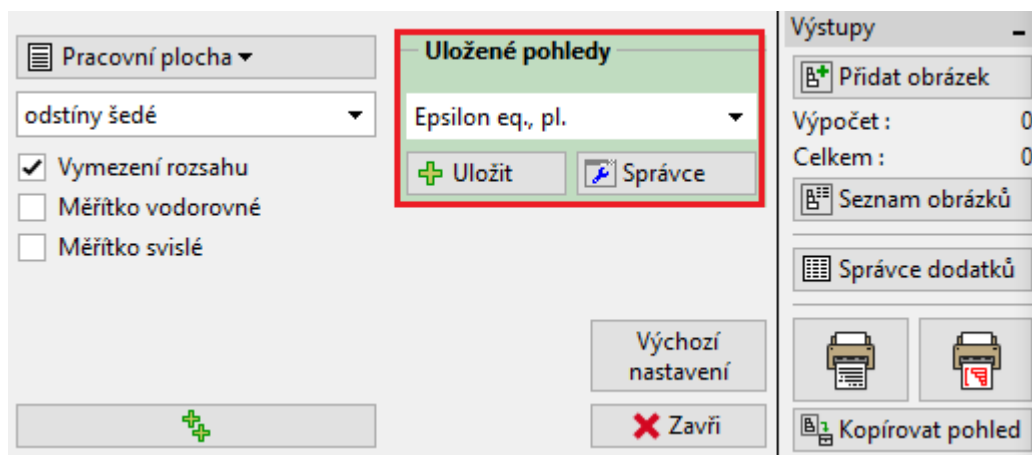
Pro usnadnění práce s pohledy mají programy možnost pomocí lišty "**Uložené pohledy**" **nastavený pohled uložit** a jednoduchým způsobem **přepínat mezi uloženými pohledy**.

Do ukládaného **pohledu se uloží**:

- veškerá nastavení z rámu "**Nastavení kreslení : Výpočet**"
- vykreslované veličiny
- škála
- zoom obrázku

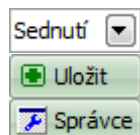
Pohled je uložený vždy pro všechny **fáze budování** - nelze-li v některé fázi budování toto nastavení provést (např. v první fázi budování není definováno sednutí ani poklesová kotlina) program vykreslí nejbližší možné nastavení a nastavený pohled se přepne na **<žádný>**.

Ovládací prvky se zobrazují v režimu "**Výpočet**" v rámu "**Nastavení kreslení**".



"Uložené pohledy" - ovládací prvky

Pro práci s pohledy jsou určeny následující ovládací prvky:

**Volba pohledu****Uloží aktuální pohled****Otevře správce pohledů**

- V rozbalitelném seznamu lze vybrat již zadaný a uložený pohled
- Otevře dialogové okno "**Nový pohled**" pro uložení nového pohledu
- Otevře okno "**Správce pohledů**" se seznamem pohledů

Nastavení kreslení : Výpočet

Rám "**Nastavení kreslení : Výpočet**" je určen k přehlednému zobrazení výsledků na obrazovce i pro tisk. V rámu lze zapnout:

- parametry vykreslení **poklesové kotliny a deformační zóny**
- nastavení plošných zobrazení a vykreslení **barevné škály**
- nastavení a vykreslení **sklopených řezů**

U programů na bázi **metody konečných prvků** lze dále zvolit:

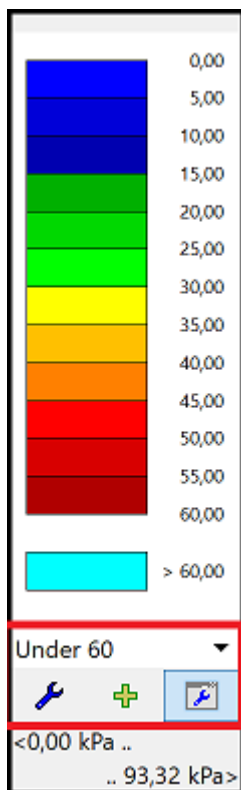
- parametry vykreslení **sítě** konečných prvků
- parametry vykreslení konstrukce - **deformovaná / nedeformovaná** (**Pozn.:** u deformované konstrukce se nevykresluje průběhy vnitřních sil na nosnících)
- **průběhy vnitřních sil** na kontaktech a nosníkových prvcích

Veškeré zadané informace v tomto rámu (spolu s nastavením aktuálního zvětšení) lze ukládat pomocí lišty "**Uložené pohledy**".

Rám "Nastavení kreslení" - nastavení zobrazení výsledků

Nastavení škály

Barevná škála je důležitým nástrojem pro přehledné zobrazení výsledků.



Škála barev s ovládacími tlačítky

Pro práci se škálami jsou určena následující tlačítka:



Volba škály

Editovat

Uložit

Správce škál

- v rozbalitelném seznamu lze vybrat ze zadaných škál
- editace aktuální škály v okně "**Škála barev**"
- pojmenuje a uloží aktuální škálu do "**Správce škál barev**"
- otevře dialogové okno "**Správce škál barev**"

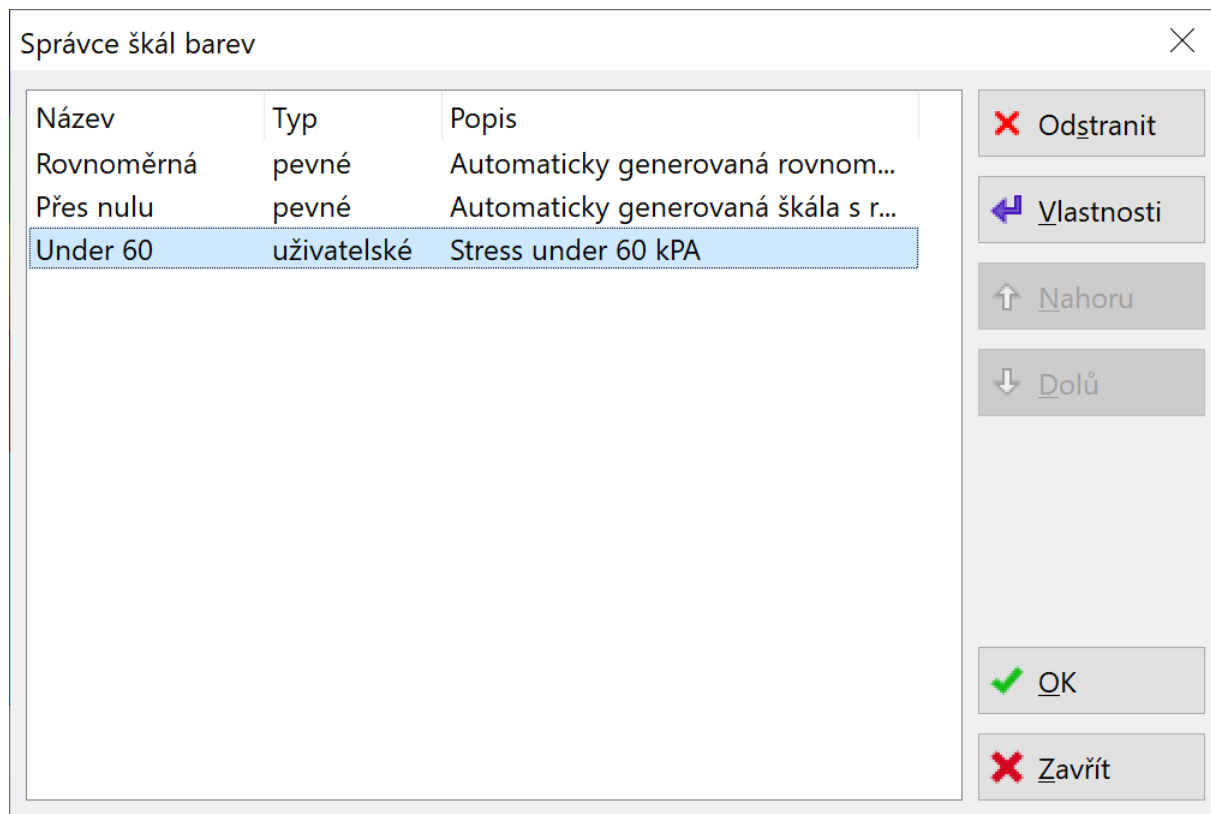
Program obsahuje dvě přednastavené škály - "**Rovnoměrná**" a "**Přes nulu**". Obě škály mají nastavenou **automatické nastavení minima a maxima** - při změně veličiny resp. fáze budování se škála automaticky přegeneruje.

Aktuální rozsahy škály a její jednotka jsou zobrazeny pod ovládacími tlačítky.

U "**Rovnoměrné**" škály jsou barvy rozděleny rovnoměrně od minima do maxima.

Škála "**Přes nulu**" vykresluje barvy nad nulou teplými barvami (žlutá, červená), pod nulou studenými barvami (zelená, modrá).

Lze také zadat libovolné množství **uživatelských škál** a následně je uložit do "**Správce škál**" pro snadnější použití.



Správce škál barev

Škála barev

Dialogové okno "**Škála barev**" je určeno k zadání **uživatelské škály**.

Sekce "**Rozsahy**" určuje zda se minimum a maximum škály stanoví **automaticky**, nebo je určeno **zadanou hodnotou**. Pokud je velikost škály omezena hodnotou, zadávají se dále barvy pro hodnoty mimo rozsah škály (pod minimem resp. nad maximem). Zadané minimální a maximální hodnoty škály jsou **vázány na stejnou jednotku** - např. při zadání rozsahu škály 0 - 200 **kPa** je tato škála zachována pro všechny veličiny mající jednotku **kPa** - při změně vykreslované veličiny na sednutí se vykreslí aktuální škála příslušející jednotce sednutí.

Typ škály určuje, zda jsou barvy ve škále rozděleny **rovnoměrně** nebo **přes hodnotu**. "**Rovnoměrná**" škála znamená, že barvy jsou rozděleny plynule od minima do maxima škály. Škála "**přes hodnotu**" vykresluje barvy nad zadanou hodnotou teplými barvami (žlutá, červená), pod zadanou hodnotou studenými barvami (zelená, modrá).

V okně lze také editovat:

- počet hladin škály (minimální počet dělení jsou 4, maximální 100)
- barvy škály

Škála barev (izoplochy)

Rozsahy












Minimum : Automaticky


Maximum : Zadaná hodnota 60,00 [kPa]

Parametry

Počet hladin : 12

Typ škály : Rovnoměrná

Hodnota [kPa]	Barva
0,00	<input checked="" type="checkbox"/> 
5,00	<input type="checkbox"/> 
10,00	<input checked="" type="checkbox"/> 
15,00	<input checked="" type="checkbox"/> 
20,00	<input type="checkbox"/> 
25,00	<input checked="" type="checkbox"/> 
30,00	<input checked="" type="checkbox"/> 
35,00	<input type="checkbox"/> 
40,00	<input checked="" type="checkbox"/> 
45,00	<input checked="" type="checkbox"/> 
50,00	<input type="checkbox"/> 

Hodnoty > maximum : 

Nastavit předdefinované barvy

OK Storno

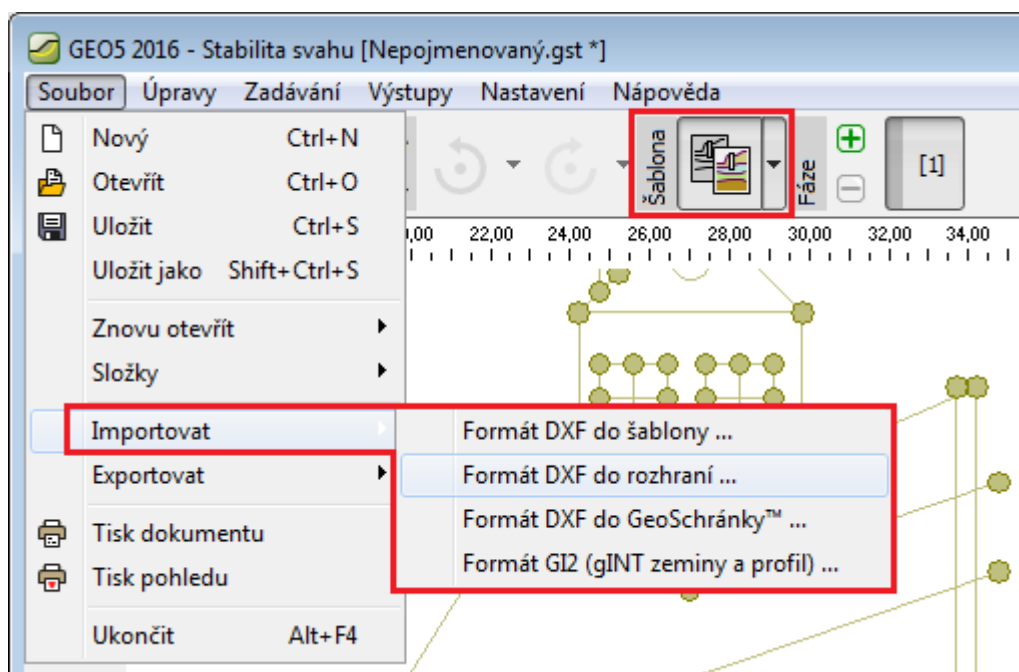
Dialogové okno "Škála barev"

Import - export DXF

Programy 2D ("Stabilita svahu", "Sedání", "MKP", "Nosník") umožňují importovat a exportovat data ve formátu DXF.

Programy 1D ("Úhlová zed", "Gabion", "Patky", "Pilota")... umožňují pouze export dat ve formátu *.DXF.

Hlavní menu programu (položka "Soubor") obsahuje položky "Importovat" - "Formát DXF do šablony", "Formát DXF do rozhraní", "Formát DXF do Geoschránky" a "Exportovat" - "Formát DXF".



Menu a nástrojová lišta - "Export - Import DXF"

Import dat probíhá v několika fázích:

- Načtení dat do šablony
- Načtení dat do rozhraní
- Zadávání dat pomocí šablony
- Úprava šablony při zadávání

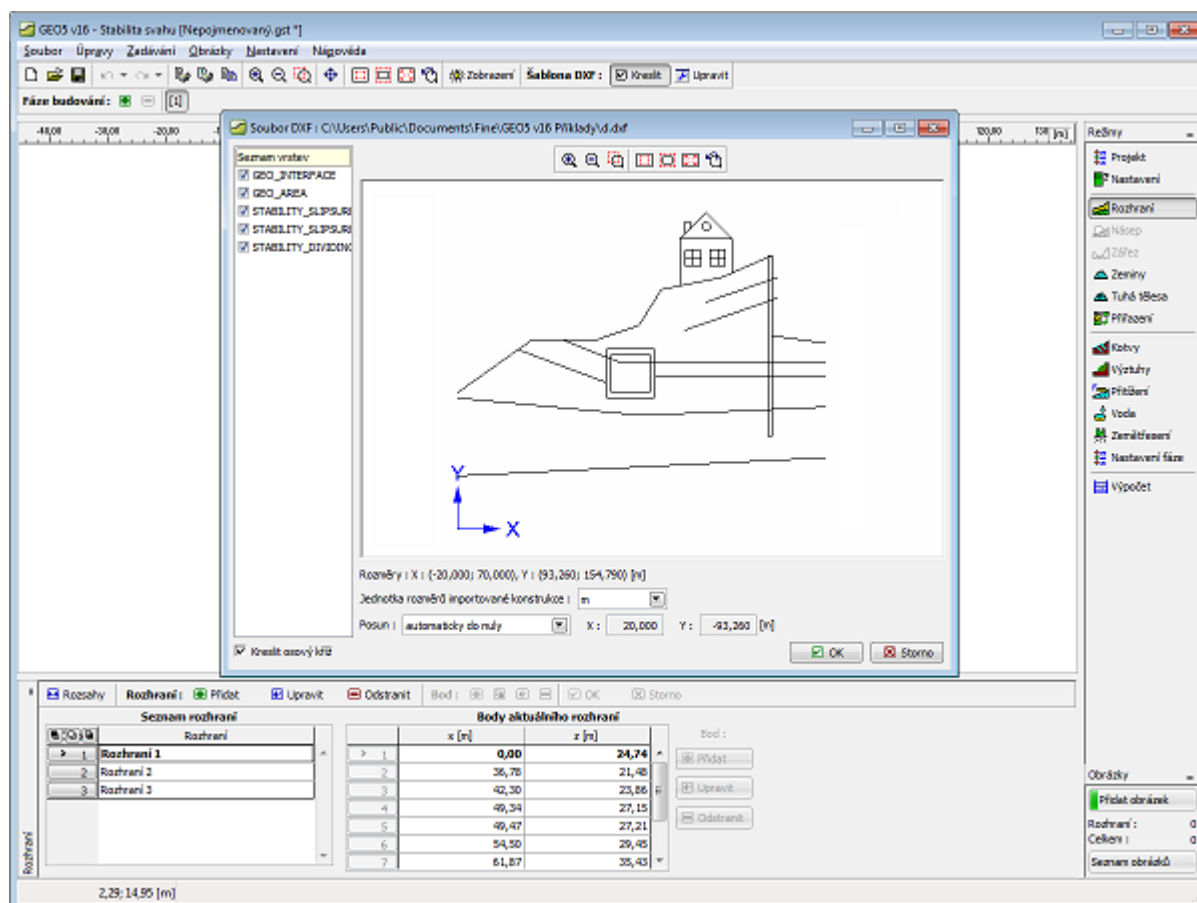
Data zadaná v programu lze kdykoliv **exportovat ve formátu DXF**.

Načtení dat do šablony

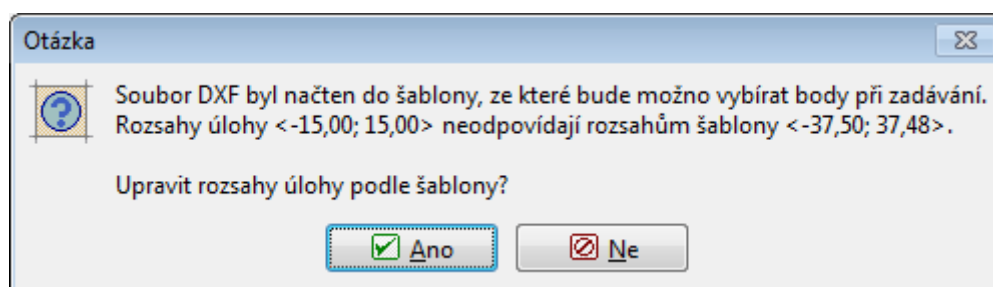
V menu programu ("**Soubor**") se zvolí položka "**Importovat**", "**Formát DXF do šablony**" a standardním způsobem se vybere soubor určený pro import. Data se načtou a zobrazí v dialogovém okně **Import DXF** a potom se předají do šablony. Volbu vrstev lze **kdykoliv měnit**.

Při importu lze změnit rozsah světa úlohy podle importovaných dat - toto je výhodné především při zadávání nové úlohy.

Importovaná data se nepřevědou přímo do dat programu, ale načtou se do šablony, pomocí které se později **převědou do dat programu**. Po načtení dat se šablona s daty zobrazí na desktopu a zpřístupní se tlačítka pro práci se šablonou na vodorovné ovládací liště.



Načtení dat do šablony



Změna rozsahu světa

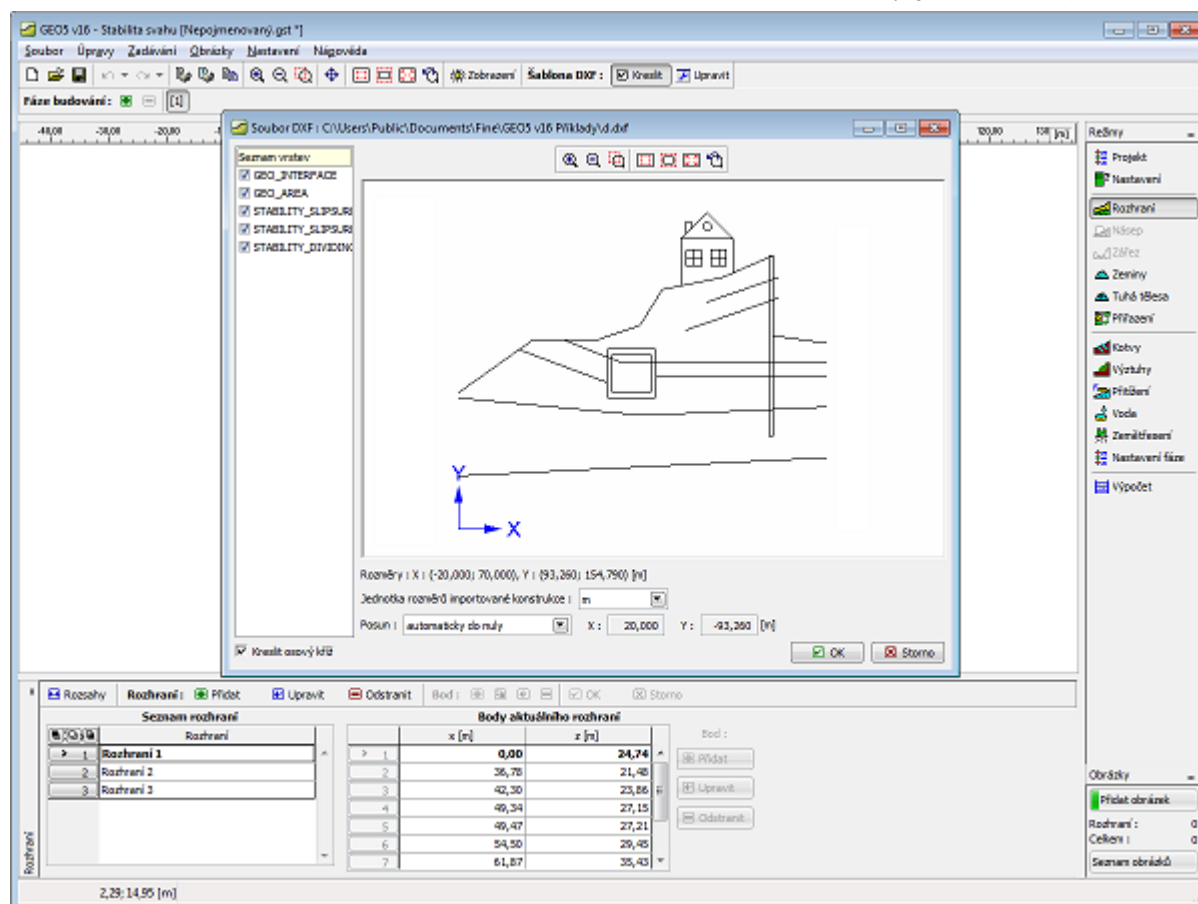
Načtení dat do rozhraní

V menu programu ("**Soubor**") se zvolí položka "**Importovat**", "**Formát DXF do rozhraní**" a standardním způsobem se vybere soubor určený pro import.

Data se načtou a zobrazí v dialogovém okně **Import DXF**, ve kterém lze volit jednotlivé vrstvy a určit další parametry. Po importu program automaticky přizpůsobí rozsah světa úlohy načteným datům.

Po potvrzení tlačítkem "**OK**" se založí nová úloha a data se načtou do rozhraní.

Pokud se nepovede kompletně načíst vybrané vrstvy konstrukce, program nám umožní použít načtený soubor DXF **jako šablonu**.



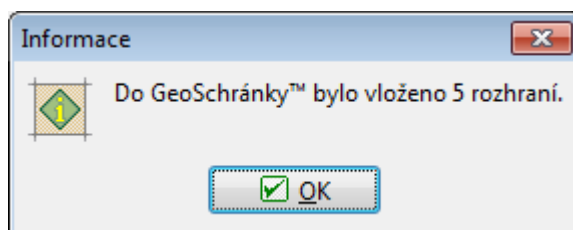
Načtení dat do rozhraní

Načtení dat do Geoschránky

V menu programu ("Soubor") se zvolí položka **"Importovat", "Formát DXF do Geoschránky"** a standardním způsobem se vybere soubor určený pro import.

Data se načtou a zobrazí v dialogovém okně **Import DXF**, ve kterém lze volit jednotlivé vrstvy a určit další parametry.

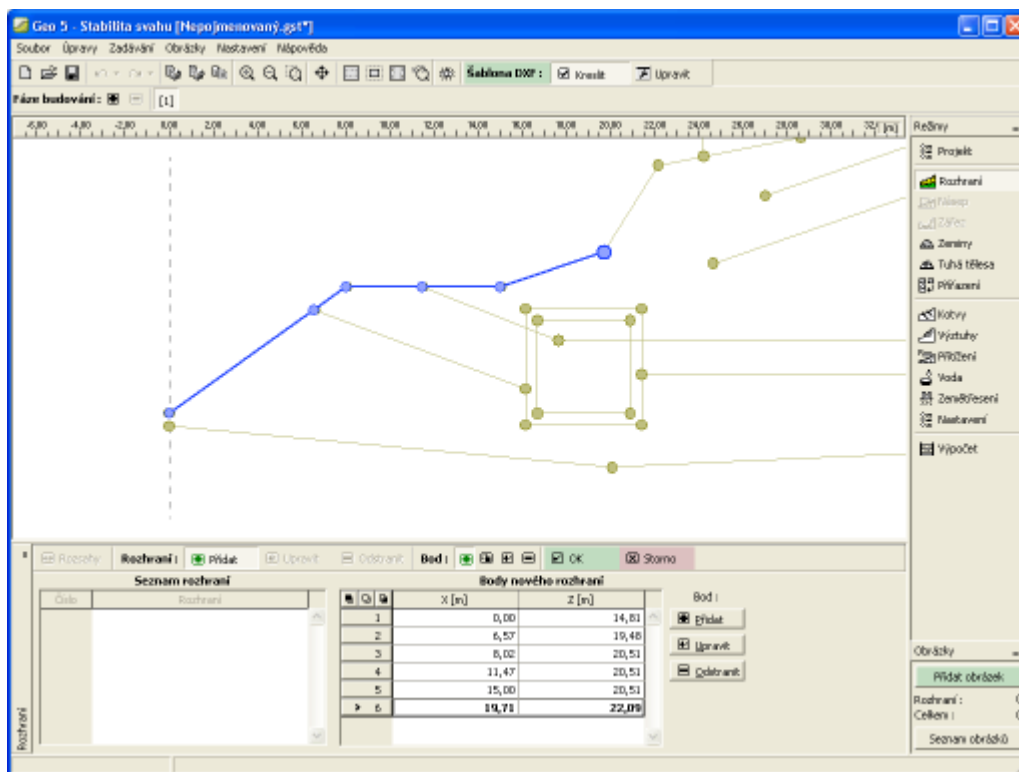
Po potvrzení se zpracují určené vrstvy souboru DXF do rozhraní a vloží do **Geoschránky**, ze které lze pak vkládat data na různá místa v programu.



Potvrzení vložení rozhraní ze souboru DXF do Geoschránky

Zadávání dat pomocí šablony

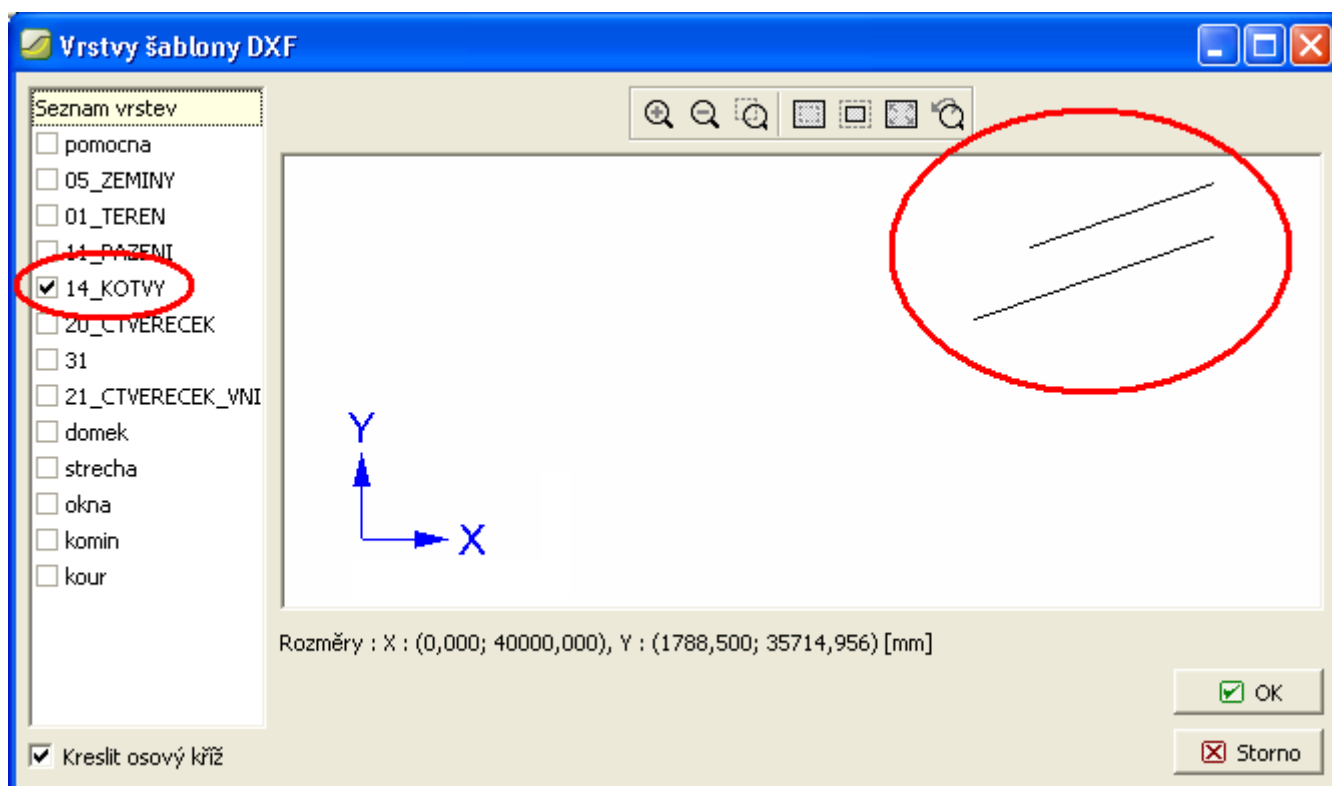
Zadávání při využití šablony je prakticky stejné jako normální zadávání dat v programu. Hlavním rozdílem je možnost zadat bod ze šablony do zadávaných dat. Při zadávání má kurzor tvar osového kříže - přiblíží-li se k bodu šablony, pak se kurzor změní na malý křížek a dlouhé osy zmizí. Když se nyní zadá bod (stisknutím levého tlačítka myši), vloží se bod ze šablony (zadaný bod má stejné souřadnice jako bod šablony). Při zadávání je velmi vhodné využít nástrojů zvětšení (zoom) a zadání jednotlivých linií je pak velice rychlé. Po zadání rozhraní lze tímto způsobem zadávat i další entity. Při zadávání lze **šablonu kdykoliv upravovat**.



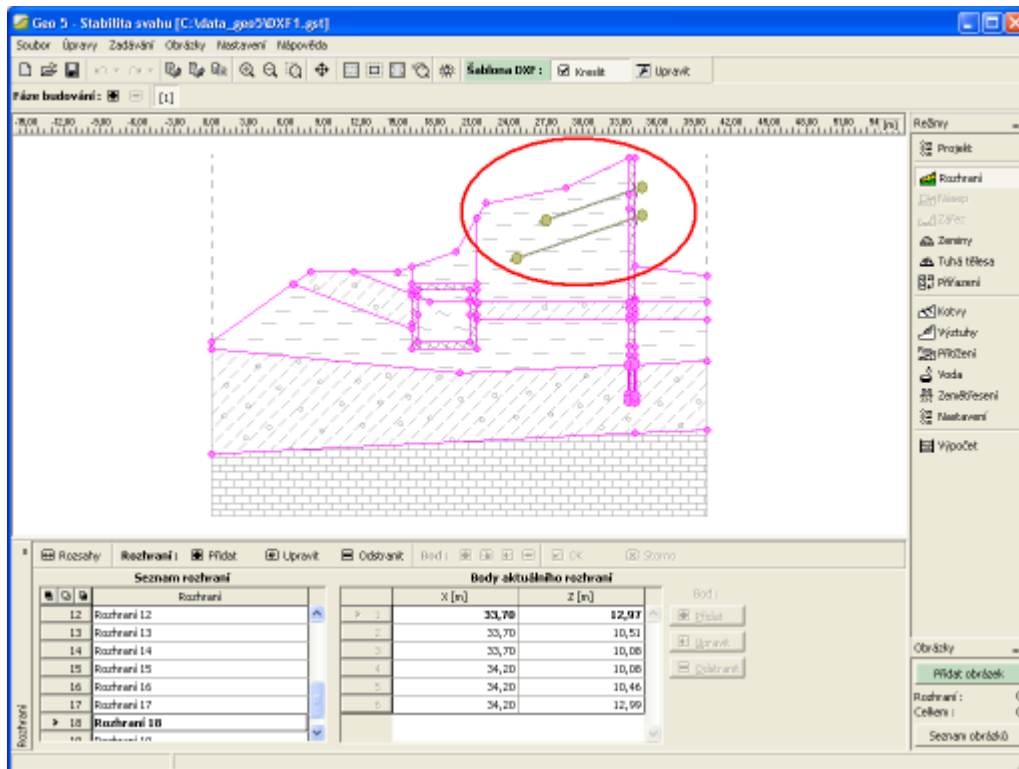
Zadávání dat pomocí šablony

Úprava šablony při zadávání

Šablonu lze během zadání kdykoliv upravit. Stisknutím tlačítka "**Upravit**" na liště "**Šablona DXF**" se zobrazí dialogové okno s jednotlivými vrstvami šablony. Například při zadávání kotev lze vypnout všechny vrstvy kromě kotev - zadávání kotev je pak jednoduché a přehledné.



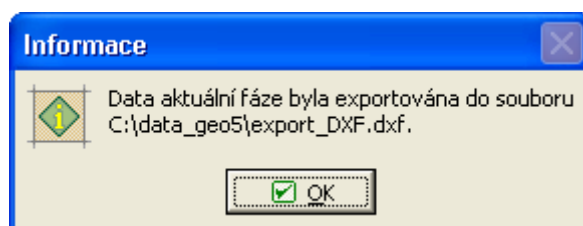
Zapnutí / vypnutí vrstev v šabloně



Zobrazení po úpravě vrstev v šabloně

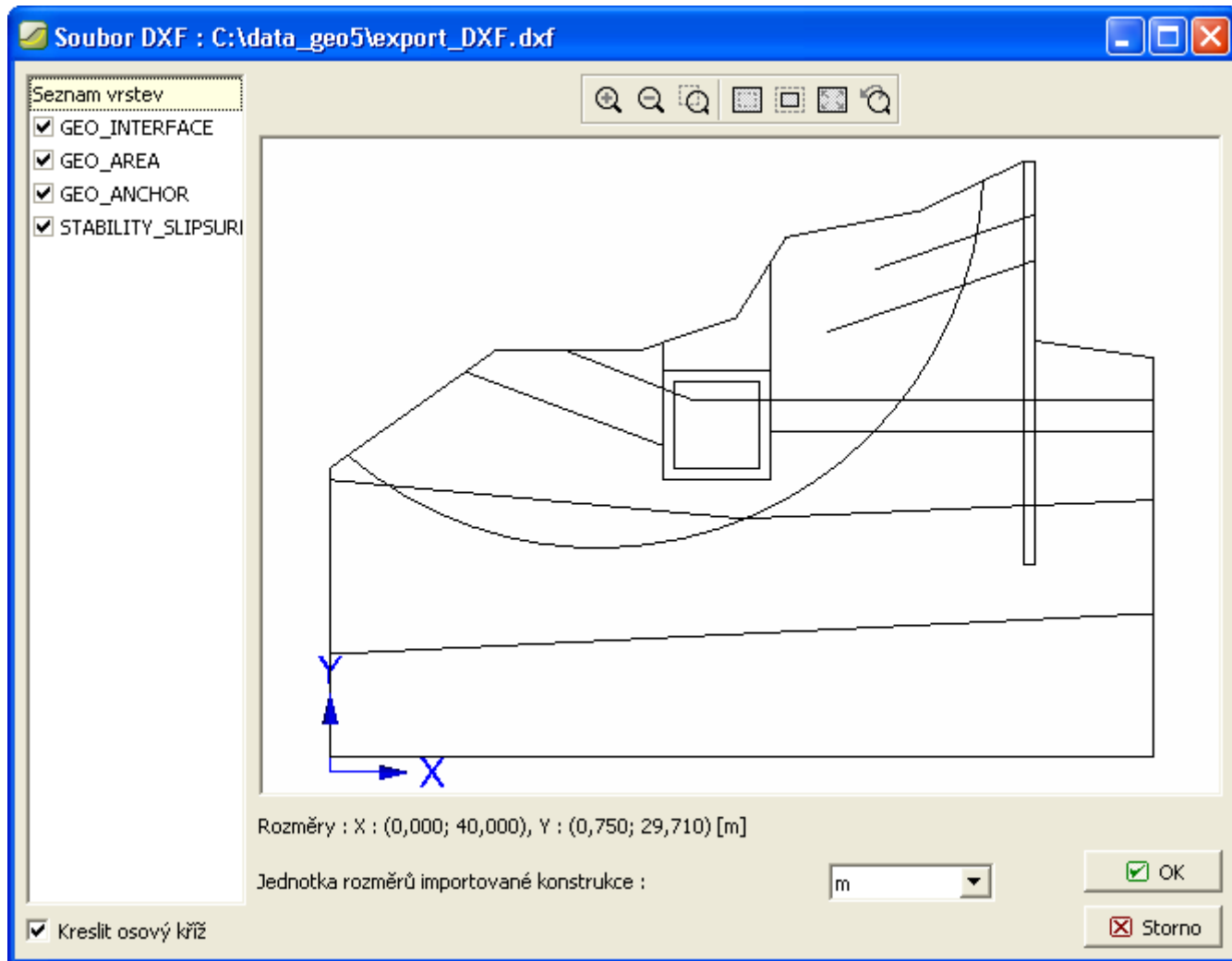
Export DXF

V menu programu ("Soubor") se zvolí položka "Exportovat", "Formát DXF" a standardním způsobem se zadá název souboru určeného pro export. Program pak pomocí dialogového okna informuje o provedeném exportu.



Informace o provedeném exportu dat

Podobu exportovaných dat lze ověřit zpětným importem do programu GEO5.



Kontrola exportovaných dat

Import DXF

V dialogovém okně Import DXF se provádí upřesnění parametrů importu DXF.

V horní části je zobrazen náhled na importovaná data.

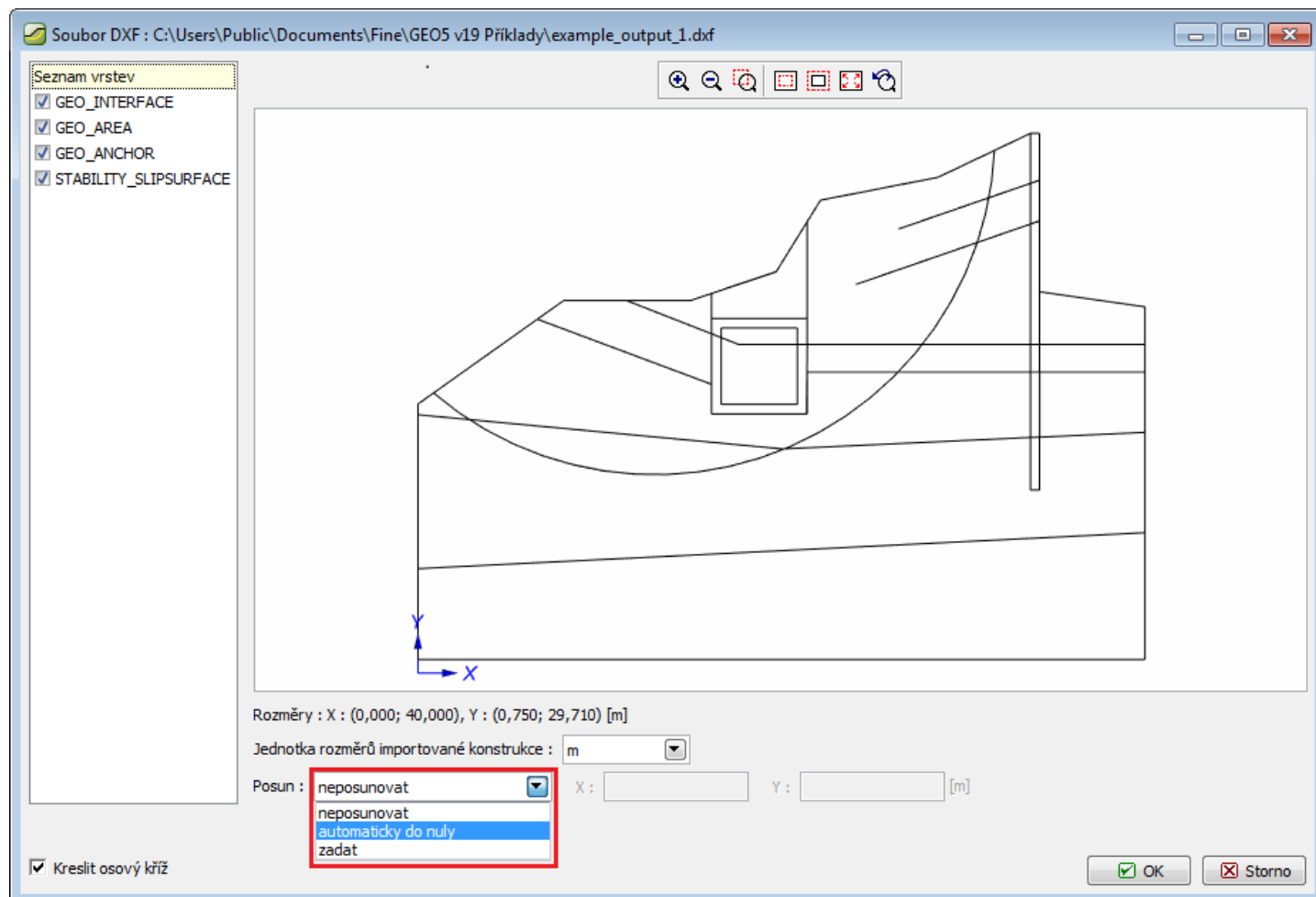
V levé části je možno vybrat, které vrstvy souboru DXF budou načteny.

V dolní části je možno určit, jaká jednotka byla použita při vytváření souboru DXF. Program se pokusí ji odhadnout, ale **vždy je třeba zkontrolovat**, jestli je jednotka zadána správně.

Dále je možno konstrukci posunout. Program nám nabízí následující možnosti:

- **neposunovat** - v tomto případě se data načtou tak, jak byla zadána
- **automaticky do nuly** - v tomto případě se levý dolní roh konstrukce posune do počátku souřadného systému
- **zadat** - v tomto případě zadáme posun ručně

Pokud do programu není možno načíst oblouky a kružnice, lze zde parametrem zadat způsob rozdělení na úsečky.



Dialogové okno pro úpravu DXF dat

Import tabulkových dat

Pomocí tohoto nástroje je možno importovat tabulková data (tj. data uspořádaná ve sloupcích) do tabulek v programu, například zatížení, souřadnice, atd. Nástroj umí číst následující formáty:

- textový soubor oddělený **oddělovači**, např. čárkami, středníky, tabulátory, nejčastěji přípona CSV
- obecný textový soubor s **pevnou šířkou sloupců**, data jsou uspořádána do sloupců pomocí mezer nebo tabulátorů, nejčastěji přípona TXT
- **tabulky** Microsoft Office Excel (Office Open XML) - přípona XLSX
- **tabulky** OpenOffice (OpenDocument) - přípona ODS

Import probíhá postupně ve třech krocích, které se navíc liší podle načítaného formátu. V horní části okna je zobrazena stručná nápověda. Program se snaží podle formátu a obsahu souboru navrhnout co nejlepší parametry převodu. Pokud uživatel některé parametry změní, program se snaží si tyto změny zapamatovat a použít je vhodně pro další soubory.

Krok 1: výběr souboru, určení jeho typu a zobrazení obsahu

V tomto kroku jsou vidět části (1) **Vstupní soubor** a (2) **Náhled na vstupní soubor**.

Import zatížení

Nápověda

- v části (1) vyberte soubor, který chcete načíst
- určete kódování souboru a jestli jsou sloupce odděleny speciálními znaky nebo má každý sloupec daný počet znaků
- v části (2) vidíte soubor upravený podle parametrů

(1) Vstupní soubor

Soubor : C:\Users\Public\Documents\Fine\GEO5 v19 Příklady\import01.txt

Kódování : 1250 ANSI Central European (Windows)

Způsob oddělení sloupců : ☐ Oddělovače (tabulátor, středník, čárka, mezera, ...)

☒ Pevná šířka

Otevři soubor

(2) Náhled na vstupní soubor

1 Reakce v podporách - hodnoty v uzlech.

2 Lineární statický - nebezpečné nebo všechny kombinace

3 Skupina uzlů :1/22

4 Skupina kombinací na použitelnost :1/20

5 podpora uzel kombi

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

Rx

Ry

Rz

Mx

My

Mz

[kN]

[kN]

[kN]

[kNm]

[kNm]

[kNm]

-0.00

0.33

28.18

-0.20

-0.00

-0.00

-0.00

1.05

53.80

-0.90

-0.00

-0.00

-0.00

0.31

33.81

-0.18

-0.00

-0.00

-0.05

0.33

28.19

-0.19

-0.11

0.00

-0.05

0.34

28.21

-0.20

-0.07

-0.00

0.02

0.52

35.09

-0.30

0.03

0.00

-0.01

-5.41

12.61

9.01

-0.01

-0.00

-0.36

0.33

28.14

-0.20

-0.35

0.00

-0.00

0.38

31.87

-0.22

-0.00

-0.00

0.05

0.33

28.18

-0.20

0.11

-0.00

0.05

0.33

28.16

-0.19

0.07

0.00

0.01

6.08

43.76

-9.40

0.01

0.00

0.36

0.33

28.23

-0.20

0.35

-0.00

-0.12

-0.28

26.86

-1.19

-0.08

-0.00

0.12

0.95

29.51

0.79

0.08

0.00

0.01

2.19

34.34

2.89

0.02

0.00

-0.01

-1.52

22.03

-3.29

-0.02

-0.00

0.02

2.04

34.97

2.56

0.02

0.00

-0.00

-2.27

26.24

3.96

-0.01

-0.00

0.00

2.90

40.26

-4.32

0.01

0.00

0.00

-0.33

13.02

0.43

0.00

-0.00

-0.00

-1.05

44.26

1.13

0.00

-0.00

0.00

-0.31

22.85

0.42

0.00

-0.00

-0.06

-0.33

13.03

0.44

-0.18

0.00

0.07

-0.32

13.08

0.43

0.14

-0.00

0.00

-0.52

10.89

0.69

0.01

0.00

0.00

-6.03

28.60

9.62

0.00

-0.00

-0.43

-0.33

13.00

0.44

-0.45

-0.00

0.00

-0.37

12.59

0.50

0.00

-0.00

0.06

-0.32

13.02

0.43

0.18

-0.00

-0.07

-0.33

12.97

0.44

-0.14

0.00

Další

Storno

Krok 1

Krok 2: rozdělení vstupního souboru na sloupce

V tomto kroku jsou vidět části (2) Náhled na vstupní soubor, (3) Parametry rozdělení vstupního souboru na sloupce a (4) Vstupní soubor rozdělený na sloupce.

- 68 / 1317 -

Import zatížení

Nápověda

- v části (2) vidíte upravený vstupní soubor
- v části (3) případně upravíte parametry rozdělení souboru do sloupců
- v části (4) vidíte soubor rozdělený na sloupce

(2) Náhled na vstupní soubor

1

Reakce v podporách - hodnoty v uzlech.

2

Lineární statický - nebezpečné nebo všechny kombinace

3

Skupina uzlů :1/22

4

Skupina kombinací na použitelnost :1/20

5

podpora uzel kombi

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

Rx

Ry

Rz

Mx

My

Mz

[kN]

[kN]

[kN]

[kNm]

[kNm]

[kNm]

-0.00

0.33

28.18

-0.20

-0.00

-0.00

-0.00

1.05

53.80

-0.90

-0.00

-0.00

-0.00

0.31

33.81

-0.18

-0.00

-0.00

-0.05

0.33

28.19

-0.19

-0.11

0.00

-0.05

0.34

28.21

-0.20

-0.07

-0.00

0.02

0.52

35.09

-0.30

0.03

0.00

-0.01

-5.41

12.61

9.01

-0.01

-0.00

-0.36

0.33

28.14

-0.20

-0.35

0.00

-0.00

0.38

31.87

-0.22

-0.00

-0.00

0.05

0.33

28.18

-0.20

0.11

-0.00

(3) Parametry rozdělení vstupního souboru na sloupce

Čísť od řádku :

7

do řádku :

40

☒ Hlavička

od řádku :

5

do řádku :

6

☒ Analyzuj sloupce

Sloupce v souboru :

☒ Přidej

☒ Odstraň

A	B	C	D	E	F	G	H	I
9	6	8	7	8	8	7	7	5

(4) Vstupní soubor rozdělený na sloupce

A	B	C	D	E	F	G	H	I
(123)	(123)	(123)	(123,45)	(123,45)	(123,45)	(123,45)	(123,45)	(123,45)
podpora	uzel	kombi	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	1	1	-0,00	0,33	28,18	-0,20	-0,00	-0,00
1	1	2	-0,00	1,05	53,80	-0,90	-0,00	-0,00
1	1	3	-0,00	0,31	33,81	-0,18	-0,00	-0,00
1	1	4	-0,05	0,33	28,19	-0,19	-0,11	0,00
1	1	5	-0,05	0,34	28,21	-0,20	-0,07	-0,00
1	1	6	0,02	0,52	35,09	-0,30	0,03	0,00
1	1	7	-0,01	-5,41	12,61	9,01	-0,01	-0,00
1	1	8	-0,36	0,33	28,14	-0,20	-0,35	0,00
1	1	9	-0,00	0,38	31,87	-0,22	-0,00	-0,00
1	1	10	0,05	0,33	28,18	-0,20	0,11	-0,00

☒ Předchozí

☒ Další

☒ Storno

Krok 2

Krok 3: Přřazení sloupců datům

V tomto kroku jsou vidět části (4) Vstupní soubor rozdělený na sloupce, (5) Přřazení sloupců importovaným datům a (6) Náhled na výsledek importu.

Import zatížení

Nápověda

- v části (4) vidíte soubor rozdělený na sloupce
- v části (5) upravíte přiřazení sloupců datům, která budou předána, a zadáte násobitele a další parametry
- v části (6) vidíte data, která budou předána do programu

(4) Vstupní soubor rozdělený na sloupce

A (123) podpora	B (123) uzel	C (123) kombi	D (123,45) Rx [kN]	E (123,45) Ry [kN]	F (123,45) Rz [kN]	G (123,45) Mx [kNm]	H (123,45) My [kNm]	I (123,45) Mz [kNm]
1	1	1	-0,00	0,33	28,18	-0,20	-0,00	-0,00
1	1	2	-0,00	1,05	53,80	-0,90	-0,00	-0,00
1	1	3	-0,00	0,31	33,81	-0,18	-0,00	-0,00
1	1	4	-0,05	0,33	28,19	-0,19	-0,11	0,00
1	1	5	-0,05	0,34	28,21	-0,20	-0,07	-0,00
1	1	6	0,02	0,52	35,09	-0,30	0,03	0,00

(5) Přiřazení sloupců importovaným datům

Název	Svislá síla N [kN]	Ohyb. moment M _x [kNm] M _y [kNm]		Vodorovná síla H _x [kN] H _y [kN]		Torzní moment M _z [kNm]	Návrhové
(neurčený) ▼	D: Rx [kN] ▼	E: Ry [kN] ▼	F: Rz [kN] ▼	G: Mx [kNm] ▼	H: My [kNm] ▼	I: Mz [kNm] ▼	A: podpora ▼
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Přiřazení

(6) Náhled na výsledek importu

Svislá síla N [kN]	Ohyb. moment M _x [kNm] M _y [kNm]		Vodorovná síla H _x [kN] H _y [kN]		Torzní moment M _z [kNm]	Návrhové
0,00	0,33	28,18	-0,20	0,00	0,00	Ne
0,00	1,05	53,80	-0,90	0,00	0,00	Ne
0,00	0,31	33,81	-0,18	0,00	0,00	Ne
-0,05	0,33	28,19	-0,19	-0,11	0,00	Ne
-0,05	0,34	28,21	-0,20	-0,07	0,00	Ne
0,02	0,52	35,09	-0,30	0,03	0,00	Ne
-0,01	-5,41	12,61	9,01	-0,01	0,00	Ne
-0,36	0,33	28,14	-0,20	-0,35	0,00	Ne

➤ Předchozí

✓ OK

✗ Storno

Krok 3

Po stisknutí tlačítka "OK" se data předají do programu.

(1) Vstupní soubor

V této části se určí vstupní soubor a jeho základní parametry. Soubor se otevře standardním způsobem po stisknutí tlačítka "Otevři soubor". Program analyzuje vstupní soubor a vyplní data v této části.

Pokud je importován **textový soubor**, určí se následující parametry:

- Kódování - je možno změnit, v jakém kódování (jazyce) je soubor zapsán
- Způsob oddělení sloupců - určí se, jestli je soubor oddělen speciálními znaky (ty jsou pak upřesněny dále) nebo mají sloupce pevnou šířku
- Počet znaků tabulátoru - program nahrazuje tabulátory pro další zpracování mezerami, tímto parametrem lze ovlivnit jak

(1) Vstupní soubor

Soubor : C:\Users\Public\Documents\Fine\GEO5 v 19 Příklady\import02.txt

Kódování : 20127 ASCII, 7-bit

Způsob oddělení sloupců : ☐ Oddělovače (tabulátor, středník, čárka, mezera, ...)

☒ Pevná šířka Počet znaků tabulátoru : 8

Textový soubor

Pokud je importován **soubor tabulkového procesoru** (např. Excel), je zde možno určit, který list bude importován.

(1) Vstupní soubor

Soubor : C:\Users\Public\Documents\Fine\GEO5 v 19 Příklady\import02.ods

List : Sheet1

Soubor tabulkového procesoru

V obou případech je možno kontrolovat výsledek v části (2) **Náhled na vstupní soubor**. Pokud je vše v pořádku, přejde se dále tlačítkem "Další".

(2) Náhled na vstupní soubor

Pokud je importován **textový soubor s oddělovači**, jsou v náhledu zvýrazněny běžně používané oddělovače.

(2) Náhled na vstupní soubor

```

1 Name»N»Mx»My»Hx»Hy»Design
2 V1»9.90»0.00»1879.25»-0.05»0.08»Y
3 V2»0.00»-162.00»1879.25»728.95»0.08»N
4 V3»0.00»0.00»3499.25»1079.95»0.08»Y
5 V4»0.00»-97.20»3499.25»1517.35»0.08»Y
6 V5»0.00»-162.00»3013.25»1484.95»0.08»N

```

Textový soubor s oddělovači

Pokud je importován **textový soubor s pevnou šířkou**, náhled vypadá takto.

(2) Náhled na vstupní soubor

	Name	N	Mx	My	Hx	Hy	Design
1	Name	N	Mx	My	Hx	Hy	Design
2	V1	9.90	0.00	1879.25	-0.05	0.08	Y
3	V2	0.00	-162.00	1879.25	728.95	0.08	N
4	V3	0.00	0.00	3499.25	1079.95	0.08	Y
5	V4	0.00	-97.20	3499.25	1517.35	0.08	Y
6	V5	0.00	-162.00	3013.25	1484.95	0.08	N

Textový soubor s pevnou šířkou

Pokud je importován **soubor tabulkového procesoru**, v náhledu jsou zobrazeny adresy buněk.

(2) Náhled na vstupní soubor

	A	B	C	D	E	F	G
1	Name	N	Mx	My	Hx	Hy	Design
2	V1	9.90	0.00	1879.25	-0.05	0.08	Y
3	V2	0.00	-162.00	1879.25	728.95	0.08	N
4	V3	0.00	0.00	3499.25	1079.95	0.08	Y
5	V4	0.00	-97.20	3499.25	1517.35	0.08	Y
6	V5	0.00	-162.00	3013.25	1484.95	0.08	N

Soubor tabulkového procesoru

(3) Parametry rozdělení vstupního souboru na sloupce

Program analyzuje vstupní soubor a vyplní tuto část parametry, které získal.

Pokud je importován **textový soubor s oddělovači**, upřesní se zde následující parametry:

(3) Parametry rozdělení vstupního souboru na sloupce

Číst od řádku : do řádku : ☒ Hlavička od řádku : do řádku : ☒ Analyzuj oddělovače

Oddělovače sloupců : ☒ Tabulátor (») ☐ Středník (;) ☐ Čárka (,) ☐ Mezera () ☐ Jiné

☐ Posloupnost oddělovačů jako jeden

Oddělovače textu : Oddělovač komentáře :

Textový soubor s oddělovači

- určí se první a poslední řádek, který bude načten, jestli některý řádek obsahuje hlavičku a případně první a poslední řádek hlavičky
- určí se oddělovače sloupců zaškrtnutím spínačů jednotlivých typů, případně se zapne "Jiné" a přidají další do vstupního políčka
- spínač "Posloupnost oddělovačů jako jeden" určuje, jak bude program zacházet s oddělovači bezprostředně následujícími po sobě (a to i s oddělovači různého typu)
- oddělovače textu specifikují, jestli jsou textové sloupce vymezeny zleva i zprava nějakým znakem
- oddělovač komentáře určuje znak, od kterého až do konce řádku je obsah souboru ignorován

Tlačítko "Analyzuj oddělovače" umožňuje po změně rozsahu importu znovu analyzovat parametry.

Pokud je importován **textový soubor s pevnou šířkou**, určí se zde počet a šířka jednotlivých sloupců.

(3) Parametry rozdělení vstupního souboru na sloupce

Číst od řádku : do řádku : ☒ Hlavička od řádku : do řádku : ☒ Analyzuj sloupce

Sloupce v souboru :

A	B	C	D	E	F	G
8	8	8	8	8	8	8

Textový soubor s pevnou šířkou

- určí se první a poslední řádek, který bude načten, jestli některý řádek obsahuje hlavičku a případně první a poslední řádek hlavičky
- tlačítkem "Přidej" se přidá sloupec na konec seznamu, tlačítkem "Odstraň" se poslední sloupec odstraní
- V tabulce "Sloupce v souboru" se zadávají šířky jednotlivých sloupců

Tlačítko "Analyzuj sloupce" umožňuje po změně rozsahu importu znovu analyzovat parametry.

Pokud je importován **soubor tabulkového procesoru**, určuje se zde pouze první a poslední řádek, který bude načten, jestli některý řádek obsahuje hlavičku a případně první a poslední řádek hlavičky

(3) Parametry rozdělení vstupního souboru na sloupce

Číst od řádku : do řádku : ☒ Hlavička od řádku : do řádku :

Soubor tabulkového procesoru

Ve všech případech je možno kontrolovat výsledek v části (4) **Vstupní soubor rozdělený na sloupce**. Pokud je vše v pořádku, přejde se dále tlačítkem "Další".

(4) Vstupní soubor rozdělený na sloupce

V této části je zobrazen vstupní soubor v tabulce rozdělený podle parametrů. První řádek hlavičky obsahuje písmena od A dále, druhý řádek určuje typ dat ve sloupci, ve třetím je případně načtená hlavička z importovaného souboru. Typ dat může být:

- (ABCDEFG) je obecný text
- (123,45) je číslo s desetinnou čárkou
- (123) je číslo bez desetinné čárky

(4) Vstupní soubor rozdělený na sloupce

A (ABCDEFGG) Name	B (123,45) N	C (123,45) Mx	D (123,45) My	E (123,45) Hx	F (123,45) Hy	G (ABCDEFGG) Design
V1	9,90	0,00	1879,25	-0,05	0,08	Y
V2	0,00	-162,00	1879,25	728,95	0,08	N
V3	0,00	0,00	3499,25	1079,95	0,08	Y
V4	0,00	-97,20	3499,25	1517,35	0,08	Y
V5	0,00	-162,00	3013,25	1484,95	0,08	N

*Zpracovaný vstupní soubor***(5) Přiřazení sloupců importovaným datům**

Program připraví úvodní přiřazení sloupců. To je pak možno ručně změnit. Systém si pamatuje uživatelské změny a použije je přednostně ve stejných případech.

Změna přiřazení se provede v následující tabulce:

(5) Přiřazení sloupců importovaným datům

Název	Svislá síla N [kN]	Ohyb. moment M _x [kNm] M _y [kNm]		Vodorovná síla H _x [kN] H _y [kN]		Návrhové
A: Name ▼	B: N ▼	C: Mx ▼	D: My ▼	E: Hx ▼	F: Hy ▼	G: Design ▼
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	Přiřazení

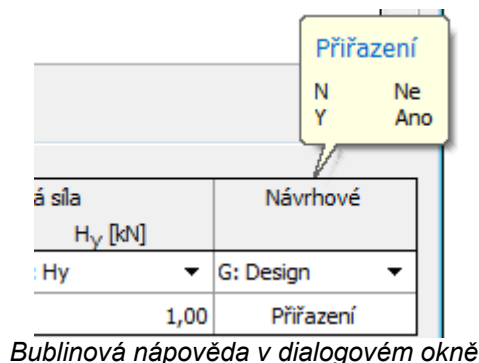
Přiřazení sloupců

- Hlavička tabulky obsahuje sloupce, které jsou požadovány režimem programu, do kterého je import prováděn.
- V první řádce tabulky se určí z vybalovacího seznamu sloupec importovaného souboru, který má být předán do příslušného sloupce dat. Sloupce lze použít i opakovaně, ale samozřejmě lze přiřadit pouze data kompatibilního typu, tj. nelze například použít textový sloupec pro číslo.
- V druhé řádce můžeme pro čísla určit násobitel, tlačítkem **"Přiřazení"** se může v okně určit, jak bude zacházeno s hodnotami typu **Ano/Ne** a podobnými. Aktuální přiřazení i jiné informace jsou zobrazeny v nápovědné bublině, pokud je zaměřen příslušný sloupec.

Přiřazení hodnot

Hodnota	
v souboru	ve výsledku
N	Ne ▼
Y	Ano ▼

☒ OK
 ☐ Storno

Přiřazení hodnot*Bublinová nápověda v dialogovém okně*

Ve všech případech je možno kontrolovat výsledek v části **(6) Náhled na výsledek importu**. Pokud nastanou nějaké problémy, chybová hláška je vypsána přímo v okně.

Pokud je vše v pořádku, lze dokončit import tlačítkem **"OK"**.

(6) Náhled na výsledek importu

V této části jsou zobrazena data, která budou předána do programu.

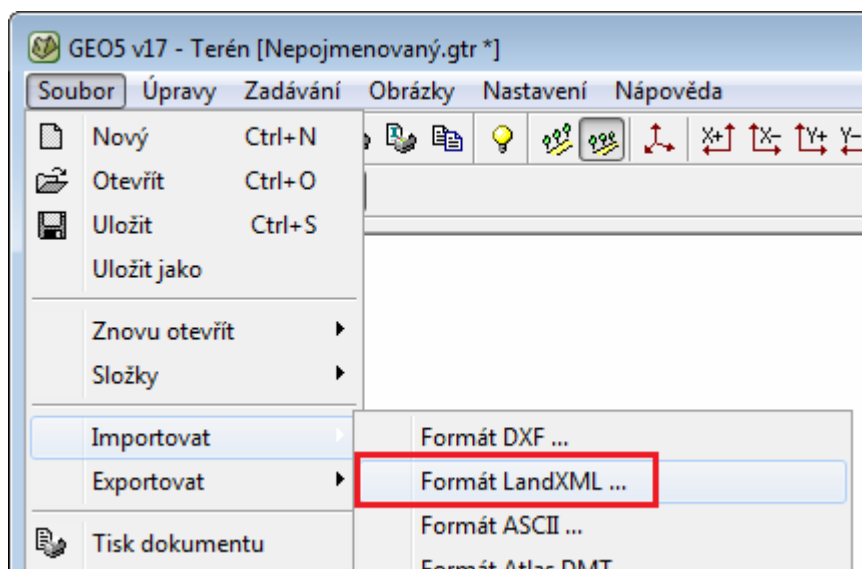
(6) Náhled na výsledek importu

Název	Svislá síla N [kN]	Ohyb. moment		Vodorovná síla		Návrhové
		M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	
V1	9,90	0,00	1879,25	-0,05	0,08	Ano
V2	0,00	-162,00	1879,25	728,95	0,08	Ne
V3	0,00	0,00	3499,25	1079,95	0,08	Ano
V4	0,00	-97,20	3499,25	1517,35	0,08	Ano
V5	0,00	-162,00	3013,25	1484,95	0,08	Ne

Výsledek importu

Import LandXML

Programy "Stratigrafie" a "Teren" umožňují importovat data ve formátu LandXML. Hlavní menu programu (položka "Soubor") obsahuje položku "Importovat" - "Formát LandXML", ve které se standardním způsobem se vybere soubor určený pro import.



Import LandXML

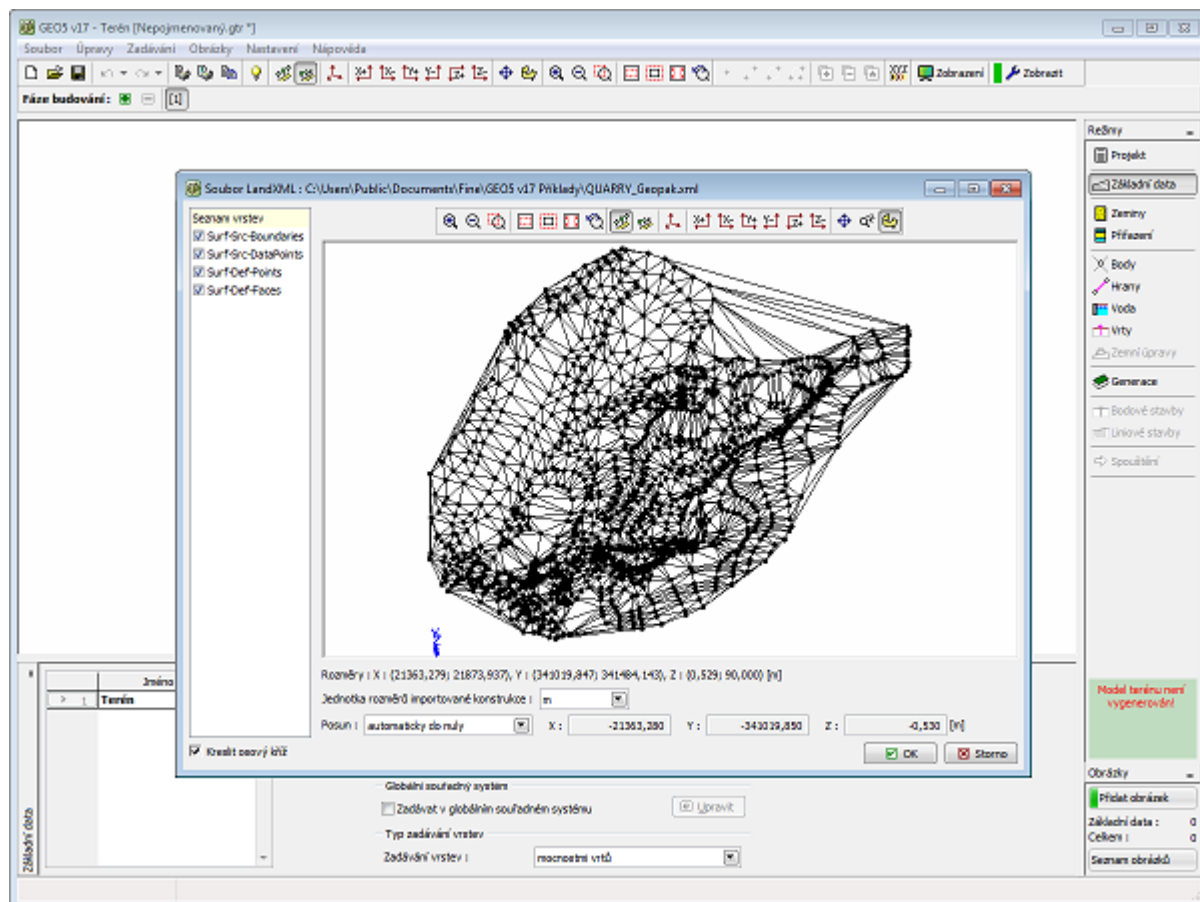
Data se načtou a zobrazí v dialogovém okně, ve kterém lze volit jednotlivé vrstvy, které se poté načtou jako body a hrany. Ve stejném dialogovém okně je také možno upravit jednotku, která byla použita při vytváření souboru LandXML. Dále je možno konstrukci posunout. Program nám nabízí následující možnosti:

- neposunovat - v tomto případě se data načtou tak, jak byla zadána
- automaticky do nuly - v tomto případě se levý dolní roh konstrukce posune do počátku souřadného systému
- zadat - v tomto případě zadáme posun ručně

Po importu program automaticky přizpůsobí rozsah světa úlohy načteným datům.

Podporované prvky LandXML: Units, Alignments, CgPoints, Parcels, PlanFeatures, Roadways, Surfaces, Survey.

Nepodporované prvky LandXML: GradeModel, Spirální křivky kromě klotoid.

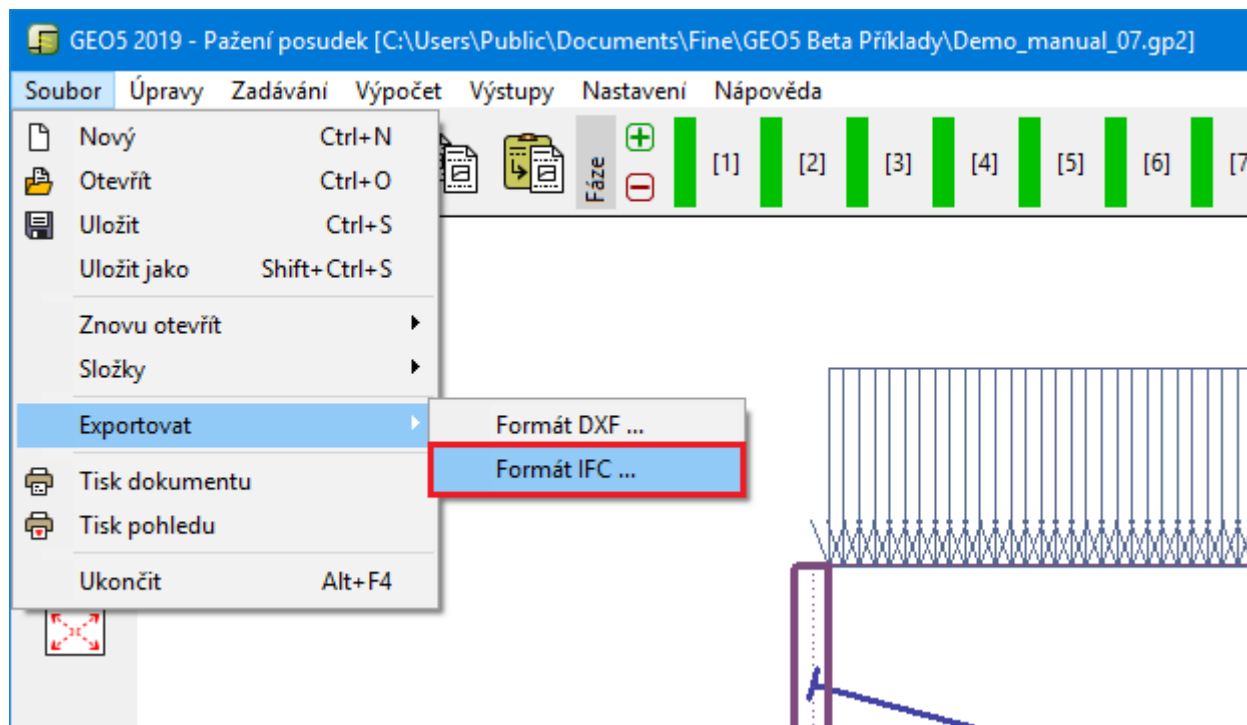


Načtení dat

Export IFC (BIM)

Programy GEO5 podporují export dat do **formátu IFC**, který obecně slouží jako **výměnná platforma dat mezi programy v oblasti informačního modelování (BIM)**.

Pokud program export umožňuje, je dostupný z menu "**Soubor**" / "**Exportovat**" / "**Formát IFC**".



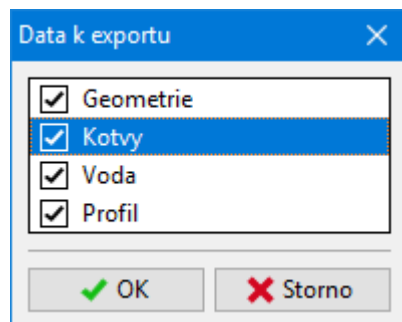
Export IFC

Jednotlivé moduly umožňují exportovat **grafická data** odpovídající konstrukcím ve **3D zobrazení**. Další součástí exportu jsou **negrafická data**, která je možné tímto způsobem předat do programů třetích stran. Jako příklad je možné uvést

export:

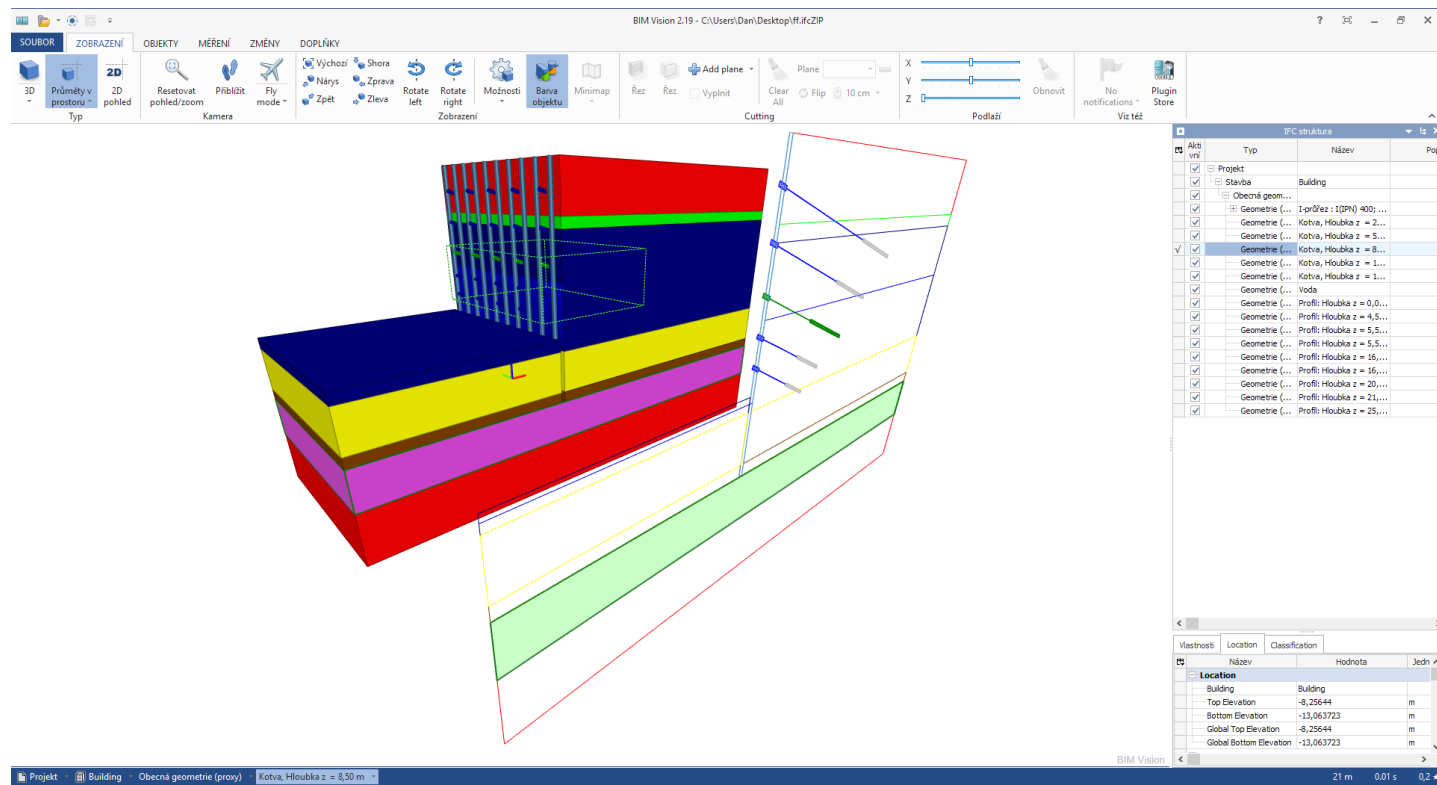
- materiálových charakteristik konstrukce (beton, ocel, zdívo)
- parametrů zemin (2D rozhraní, 1D profil, odpor na líci, ...)
- průřezových charakteristik pažených konstrukcí (piloty, štetovnice, podzemní stěny)
- parametrů kotvicích prvků (kotvy, rozpěry, hřebíky)
- vlastností mimo konstrukci (přetížení, voda, odpor na líci, zadané síly, ...)
- základních parametrů zkoušek a zemních profilů

Před exportem je možné jednoduchou volbou určit, které informace budou ve finálním souboru IFC obsaženy:



Výběr dat k exportu

Výsledná struktura zobrazovaných dat závisí zcela na programu, do kterého se budou importovat. Z hlediska přehlednosti a funkčnosti je možné doporučit např. *BIM Vision*, *Tekla BIMSight*, *Xbim Xplorer*.



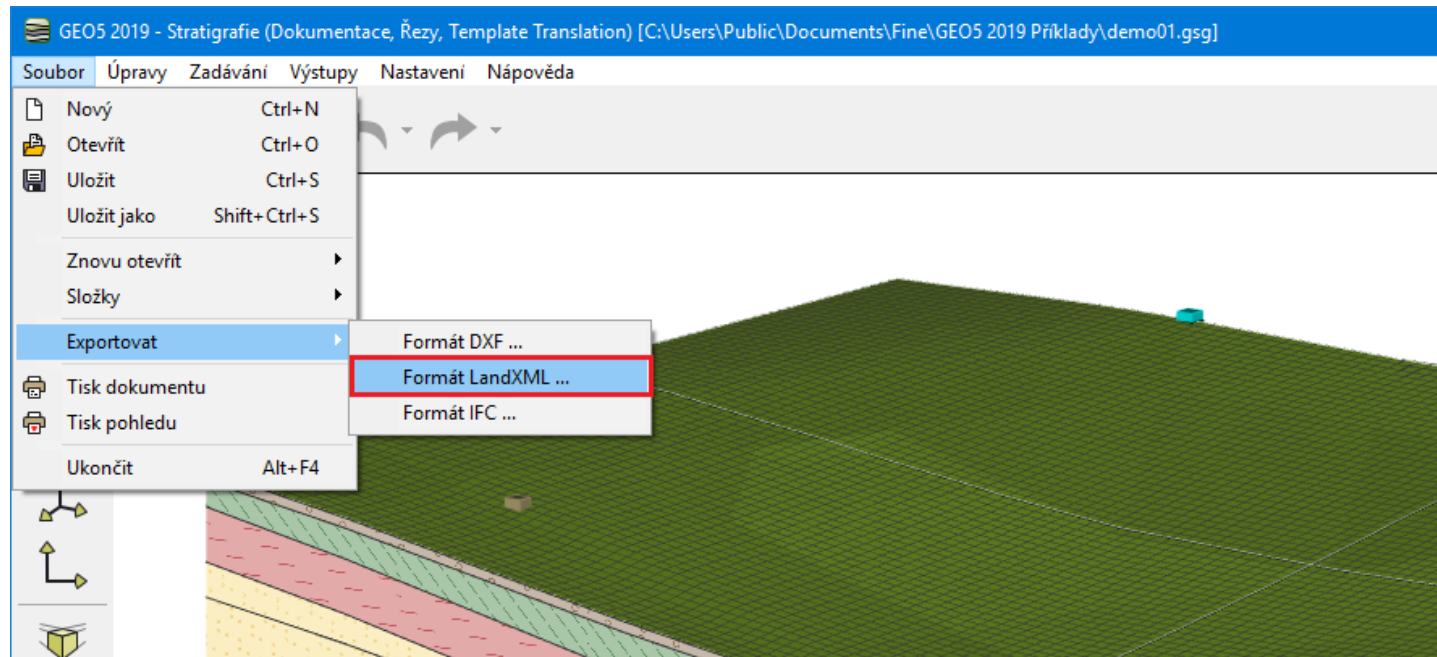
Příklad importované konstrukce do programu BIM vision

V dalším vývoji bude export upřesňován a doplňován podle praktické potřeby.

Export LandXML

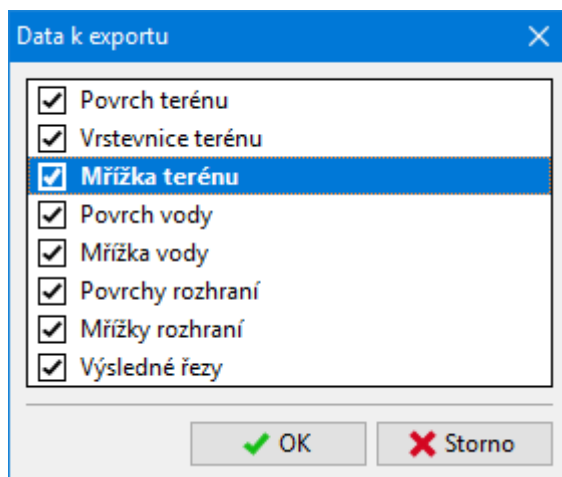
Program **Stratigrafie** podporuje export dat do formátu **LandXML**, který obecně slouží jako **výměnná platforma dat mezi programy v oblasti stavebního inženýrství, geologických průzkumů a GIS**.

Export je dostupný z menu "**Soubor**" / "**Exportovat**" / "**Formát LandXML**".



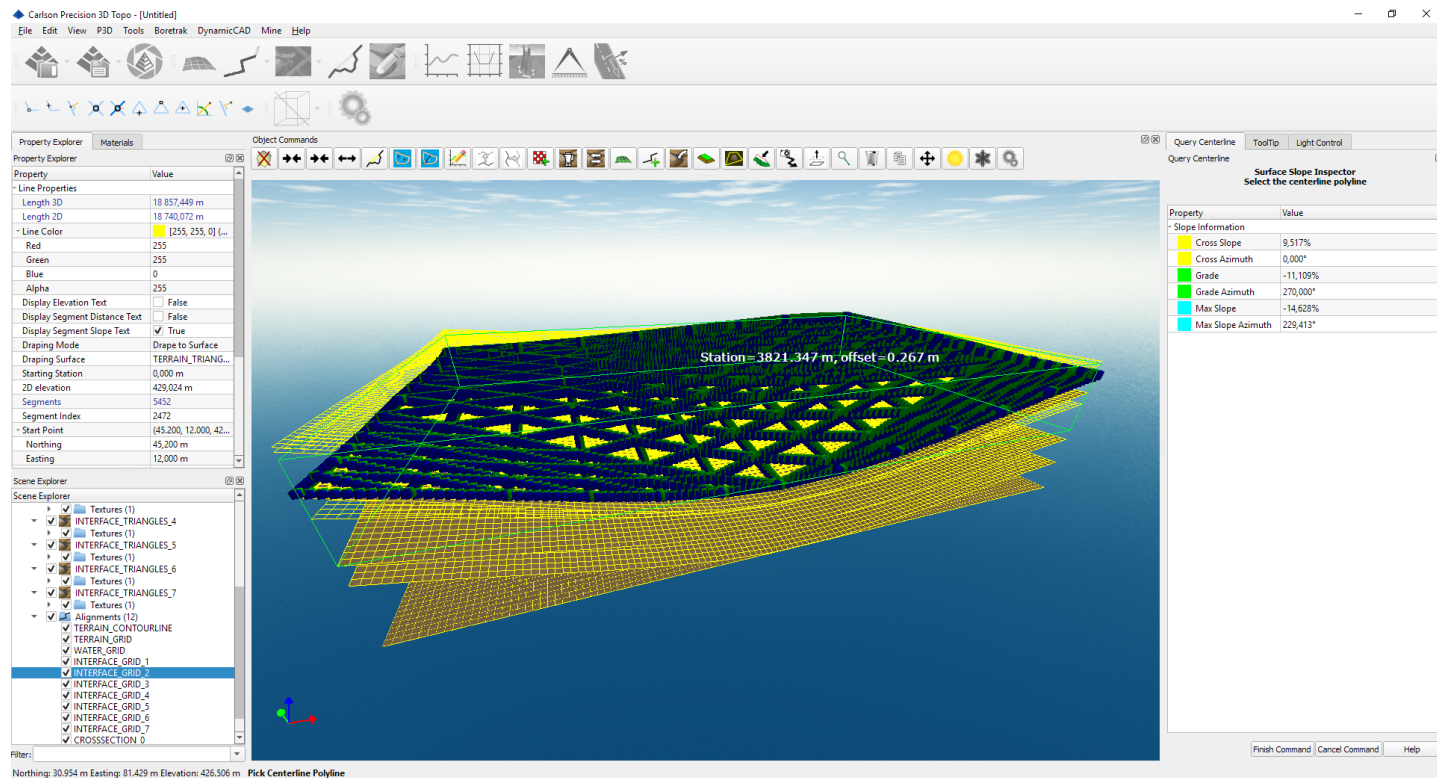
Export LandXML

Program umožňuje exportovat **grafická data ve 3D zobrazení**. Před exportem je možné jednoduchou volbou určit, které informace budou ve finálním souboru LandXML obsaženy.



Výběr dat k exportu

Výsledná struktura zobrazovaných dat může záviset na programu, do kterého se budou importovat. Z hlediska přehlednosti a funkčnosti je možné doporučit např. program "**Carlson Precision 3D**".



Příklad importovaných dat do programu Carlson Precision 3D

V dalším vývoji bude export upřesňován a doplňován podle praktické potřeby.

Dědičnost - fáze budování

Pomocí **fází budování** se modeluje postupné budování stavby (**nezbytné pro programy Pažení posudek, Sedání, MKP**).

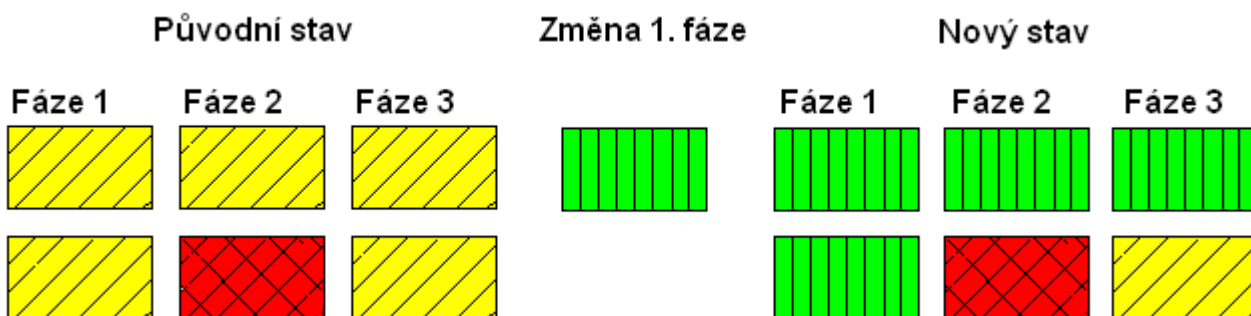
Při vytvoření nové fáze budování, respektive při editaci staré fáze budování se **automaticky předávají** vlastnosti konstrukce mezi **fázemi budování** (dědičnost vlastností).

Existují dva typy:

Dědičnost definovaná - (kotvy, podpory, přitížení...) - objekty si pamatují fázi, ve které vznikly. Při vytvoření nové fáze se objekty automaticky předají z minulé fáze do nové. Objekty lze editovat pouze ve fázi, ve které vznikly. V dalších fázích je lze pouze odstranit nebo změnit některé jejich vlastnosti (dopnutí kotvy, změna velikosti přitížení, posun podpory...).

Dědičnost automatická - (přirazení zemin, tvar terénu, vliv vody, nastavení výpočtu...) - u těchto zadání se při vytvoření nové fáze předají vlastnosti z minulé fáze do nové. Při změně vlastností v aktuální fázi program postupuje tímto způsobem:

- je-li v následující fázi vlastnost stejná jako byla původní v aktuální fázi, změní se také na novou - tato změna se provede i pro všechny další fáze
- je-li v následující fázi vlastnost jiná než byla původní v aktuální fázi (to znamená, že tato vlastnost byla v následující fázi již někdy změněna), pak ke změně v následujících fázích nedojde



Změny při fázích budování - automatická dědičnost

Zobrazení na mapách Google

Programy GEO5 umožňují zobrazit umístění konstrukce na mapách Google. U většiny programů lze se **v rámu "Profil"** zadat **souřadnice GPS** nebo v **české verzi programu i JTSK**.

— Informace o umístění —

Kóta povrchu : 120,00 [m]

Souřadnice GPS / S-JTSK

GPS : (nezadáno)

S-JTSK : (nezadáno)

Zobrazit na mapě

Souřadnice

Typ souřadnic : GPS

Zeměpisná šířka : N 50,2452000 [°]

Zeměpisná délka : E 14,3251000 [°]

GPS : N 50,2452000; E 14,3251000
N 50°14'42,72"; E 14°19'30,36"

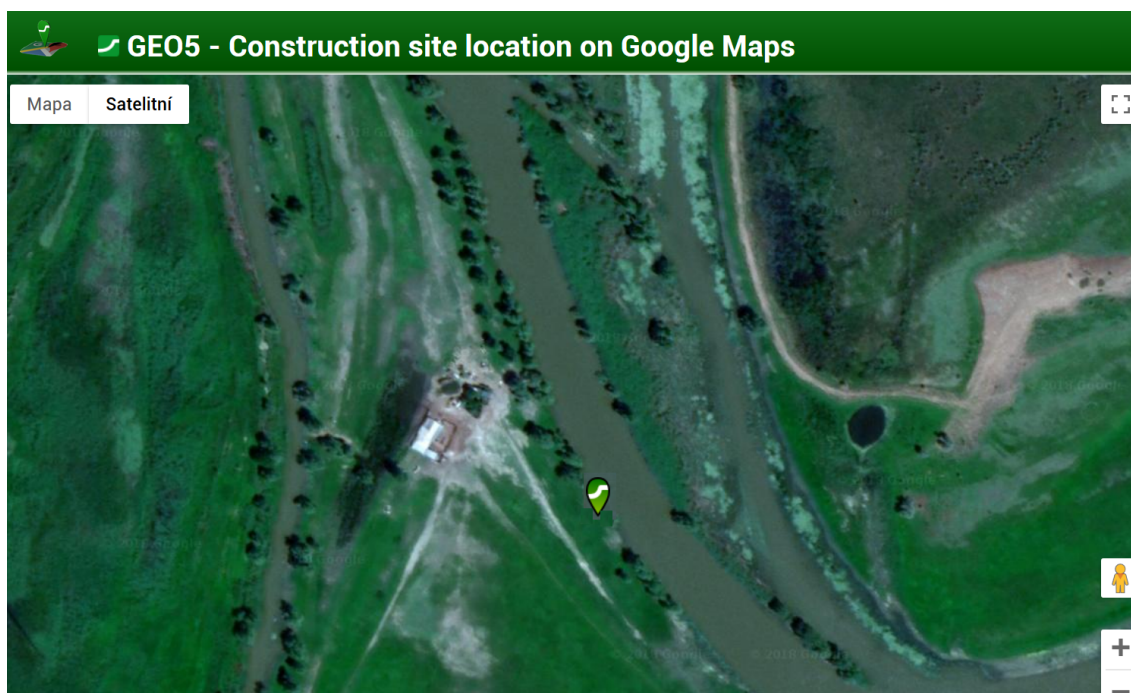
S-JTSK : X = 1024693,84 m; Y = 747211,60 m

Zobrazit na mapě

OK Storno

Zadání souřadnic stavby

Souřadnice GPS a JTSK se **vzájemně automaticky dopočítávají**. Stisknutím tlačítka "**Zobrazit na mapě**" zobrazíme umístění stavby v Mapách Google.



Umístění stavby na Google Maps

V programu "**Stratigrafie**" lze zobrazit tvar staveniště, provedené vrty a zemní zkoušky v jednom ve **více než 6000 souřadnicových systémech** z databáze **MapTiler** (<https://epsg.io/>). Souřadnicový systém se volí v rámu "**Nastavení**".



Stavba se zkouškami v Google Maps

Normy a metody výpočtu programů

Pro programy GEO5 lze nastavit centrálně parametry **norem** a **metod výpočtů**.

Tyto parametry se zadávají ve všech programech GEO5 v **rámu "Nastavení"**, kde je možné:

- volit parametry výpočtu v **Seznamu nastavení**
- ukládat a spravovat nastavení ve **Správci nastavení**
- zakládat a upravovat nová **uživatelská nastavení**

Nejdůležitější volbou je **metodika posouzení** s následujícími možnostmi:

- výpočet podle stupně bezpečnosti
- výpočet podle mezních stavů
- výpočet podle EN 1997
- výpočet podle LRFD
- výpočet podle čínských norem

Pro jednotlivé **fáze budování** lze vždy definovat **Návrhové situace**.

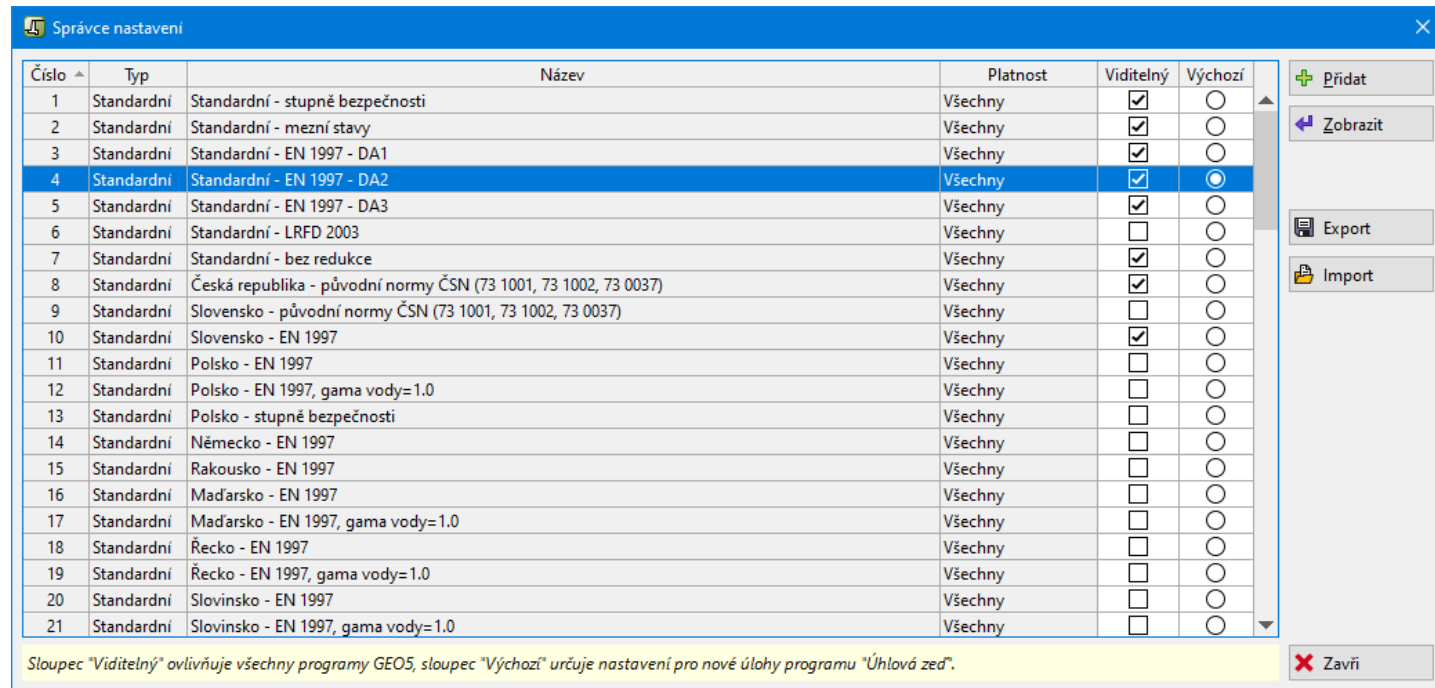
Správce nastavení (šablon dat zkoušek)

Správce nastavení je hlavní nástroj pro práci s **Nastaveními** nebo **Sadami šablon**. Umožňuje především:

- **určit viditelnost Nastavení (Sad šablon)** v **"Seznamu Nastavení (Šablon dat zkoušek)"** (je určeno zatržením políčka ve sloupci **"Viditelný"**)
- **určit, které Nastavení (Sada šablon)** bude použito pro nové úlohy aktuálního programu (sloupec **"Výchozí"**)
- **prohlížet základní Nastavení (Sady šablon)**, které je aktuálně vybráno - provádí se stisknutím tlačítka **"Zobrazit"**
- **přidat uživatelské Nastavení (Sadu šablon)** - stisknutím tlačítka **"Přidat"** se otevře okno **"Nové nastavení / Nová sada šablon dat zkoušek"** s kopií aktuálně vybraného **Nastavení / Sady šablon**
- **editovat zadané uživatelské Nastavení (Sadu šablon)** - stisknutím tlačítka **"Upravit"**
- **mazat uživatelská Nastavení (Sadu šablon)** - stisknutím tlačítka **"Odstranit"**

Dále je ve **Správci nastavení** možné **exportovat a importovat Nastavení (Sady šablon)** uložená na disku.

Viditelnost a výchozí nastavení (sady šablon) přepínáme pomocí myši, nebo stisknutím mezerníku (viditelnost) nebo Shift a mezerníku (výchozí).



Dialogové okno "Správce nastavení"

Export a import nastavení (šablon)

Vybraná uživatelská nastavení (šablony) ve "Správce nastavení (šablon)" lze uložit do souboru ("Export") ve formátech *.gxc ("Nastavení") nebo *.gxt ("Šablony") a následně načíst ("Import") na jiném počítači, kde jsou instalovány programy GEO5. Umožní to sdílení nastavení výpočtu (šablon) mezi více uživateli, např. ve firmách, které vlastní více licencí a mají je rozmístěny ve více pobočkách.

Důležitá je i funkce pro případný hotline. Uživatel může zaslat pomocí těchto formátů své nastavení (šablonu) a umožnit to tedy lepší komunikaci při řešení případných problémů.



Export (Import) vybraných "Nastavení" parametrů výpočtu

Seznam nastavení (šablon dat zkoušek)

Z dialogového okna "Seznam nastavení (šablon dat zkoušek)" se vybírá aktuální "Nastavení", podle kterého bude probíhat výpočet a posouzení příslušné úlohy, popř. "Sada šablon", která určuje podobu geologické dokumentace.

Seznam obsahuje dva typy nastavení/sad šablon:

- **základní**, které jsou součástí dodávky programu a nelze je editovat ani mazat,
- **uživatelské**, které si uživatel definuje sám.

Seznam je platný pro všechny programy GEO5, pouze některá Nastavení mohou být omezena na určitý program.

Pro přehlednost jsou v "Seznamu nastavení (šablon dat zkoušek)" viditelná jen Nastavení (Sady), která jsou označena v "Správci nastavení (šablon dat zkoušek)" jako viditelná. Při prvním spuštění programu je viditelnost **Nastavení (Sad šablon)** určena podle země určení, dále si program pamatuje změny zadané uživatelem.

Ve většině zemí stačí pro efektivní práci s programy GEO5 vytvořit jedno resp. několik "**Nastavení**" popř. "**Sad šablon**" - poté již stačí při **řešení jednotlivých úloh** zvolit příslušné **Nastavení** nebo **Sadu šablon**. Metody výpočtu, hodnoty koeficientů a metodiku posouzení dále není nutné zadávat, což vede k přehledné a zjednodušené práci s programem.

Seznam nastavení výpočtu			
Číslo	Název	Platnost	
1	Standardní - stupně bezpečnosti	Všechny	
2	Standardní - mezní stavy	Všechny	
3	Standardní - EN 1997 - DA1	Všechny	
4	Standardní - EN 1997 - DA2	Všechny	
5	Standardní - EN 1997 - DA3	Všechny	
7	Standardní - bez redukce	Všechny	
8	Česká republika - původní normy ČSN (73 1001, 73 1002, 73 0037)	Všechny	
10	Slovensko - EN 1997	Všechny	
46	Čína - národní normy (GB) - Úhlová zed'	Úhlová zed'	
49	Čína - stavební normy (JGJ) - Úhlová zed'	Úhlová zed'	
52	Čína - dopravní normy (JT) - Úhlová zed'	Úhlová zed'	
55	Čína - železniční normy (TB) - Úhlová zed'	Úhlová zed'	
58	Čína - normy pro ochranu vody (SL) - Úhlová zed'	Úhlová zed'	
61	Čína - stupně bezpečnosti (ASD) - Úhlová zed'	Úhlová zed'	
64	Čína - mezní stavy (LSD) - Úhlová zed'	Úhlová zed'	
83	Švýcarsko - SIA 260 (267) - STR, GEO - standard	Všechny	
84	Švýcarsko - SIA 260 (267) - STR, EQU - standard	Všechny	
86	Rumunsko - EN 1997 - budovy (SR EN 1990:2004/NA:2006)	Všechny	
87	Rumunsko - EN 1997 - mosty (SR EN 1990:2004/A1:2006/NA:2009)	Všechny	
U 1	Standardní - EN 1997 - DA2 (2)	Všechny	OK
U 2	Standard - EN 1997 - DA2 (2)	Všechny	Storno

Dialogové okno "Seznam nastavení výpočtu"

Nastavení výpočtu

Nastavením nazýváme soubor dat, který zásadním způsobem určuje výpočty v programu. Jde především o:

- metody a teorie výpočtu
- **metodiky posouzení** resp. způsob prokázání bezpečnosti (**stupeň bezpečnosti**, **mezní stavy**, **EN 1997**, **LRFD**, **čínské normy**)
- vlastní hodnoty součinitelů redukce a stupňů bezpečnosti pro jednotlivé **návrhové situace**

Nastavení je většinou stejné pro velké množství úloh - z tohoto důvodu program umožňuje vytvořit "**Seznam nastavení**". Jednotlivá nastavení lze editovat, **exportovat a importovat** ve "**Správci nastavení**".

Nastavení může mít **platnost** pro **všechny programy GEO5**, resp. pro **jeden vybraný program**.

- **Materiály a normy**
- **Výpočet zdí**
- **Výpočet tlaků**
- **Stabilitní výpočty**
- **Sedání**
- **Patky**
- **Kotvy**
- **Piloty**
- **Piloty CPT**
- **Mikropiloty**
- **Skupina pilot**

Úprava nastavení pro aktuální úlohu : Úhlová zeď

Materiály a normy Výpočet zdí

Výpočet aktivního tlaku : Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasivního tlaku : Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

Výpočet zemětřesení : Mononobe-Okabe

Tvar zemního klínu : počítat šikmý

Výstupek základu : výstupek uvažovat jako šikmou základovou spáru

Dovolená excentricita : 0,333 [-]

Metodika posouzení : stupně bezpečnosti

☐ Redukovat parametry kontaktu základ - zemina

Trvalá návrhová situace Dočasná návrhová situace Mimořádná návrhová situace Seismická návrhová situace

— Stupně bezpečnosti —

Stupeň bezpečnosti na překlopení : $SF_o = 1,50$ [-]

Stupeň bezpečnosti na posunutí : $SF_s = 1,50$ [-]

Stupeň bezpečnosti únosnosti základové půdy : $SF_b = 1,50$ [-]

Upravit nastavení výpočtu pro program :

Stabilita svahu

Patky

Pilota

Skupina pilot

OK

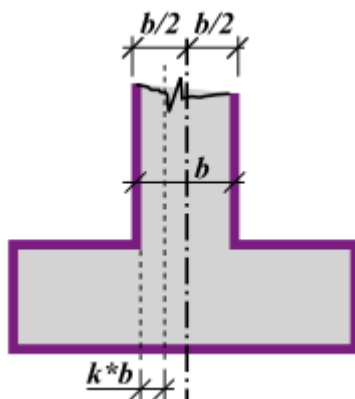
Storno

Dialogové okno "Úprava nastavení pro aktuální úlohu"

Materiály a normy

V záložce se zadávají materiály a normy výpočtu pro:

- Betonové konstrukce
- Betonové konstrukce mostních opěr
- Součinitele EC 2 se zadávají při výpočtu Betonových konstrukcí podle EN 1992-1-1. Lze použít standardní nebo uživatelské hodnoty.
- Součinitel umístění řezu** - tento součinitel určuje umístění kritického řezu při výpočtu ohybového momentu v základu zdi. Standardní hodnota pro betonový, resp. železobetonový sloup $k = 0$, neboli kritický řez se nachází v lici sloupu. Pro zděné konstrukce se doporučuje volit velikost tohoto součinitele jako 0,25.



Umístění kritického řezu pro výpočet ohybového momentu v základu zdi

- Parametr krátkého výstupku k** - tento parametr určuje, zda je posuzována nosná výztuž předního výstupku zdi či nikoliv. Je-li délka výstupku $x \leq k \cdot t$, výztuž není posuzována. Při volbě "podle normy" se parametr krátkého výstupku k automaticky dopočítává podle zvolené normy pro dimenzování ŽB konstrukcí. Pro volbu "zadat parametr" je hodnota parametru k zadávána uživatelem. Parametr krátkého výstupku k se zadává při výpočtu zdí a výpočtu patek.

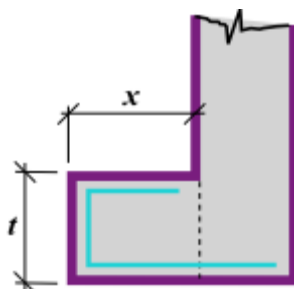


Schéma pro určení parametru krátkého výstupku

- Zděné konstrukce (zadávají se pouze v programu "Vyztužená zeď")
- **Ocelové konstrukce** (zadávají se v programech "Deska", "Pažení posudek" a "Stabilizační pilota")
- Zatížení a kombinace (zadávají se pouze v programech "Deska" a "Nosník")
- SNiP - umožňuje zadávat výpočtové součinitele ve smyslu ruských norem SNiP.

Nové nastavení

Název: Standardní - EN 1997 - DA2 (3) Platnost: Všechny

Materiály a normy Výpočet zdí Výpočet tlaků Stabilitní výpočty Sedání Kotvy Patky Piloty Piloty CPT Mikropiloty Skupina pilot

Betonové konstrukce: EN 1992-1-1 (EC2)

Mostní opěry: EN 1992-1-1 (EC2)

Součinitele EN 1992-1-1: standardní Zobrazit

Součinitel umístění řezu: 0,00 [-]

Krátký výstupek: podle normy

Vyztužené zdivo: EN 1996-1-1 (EC6)

Zděná (kamenná) zeď: EN 1996-1-1 (EC6)

Ocelové konstrukce: EN 1993-1-1 (EC3)

Dílcí součinitel únosnosti ocelového průřezu: $\gamma_{M0} =$ 1,00 [-]

Dřevěné konstrukce: EN 1995-1-1 (EC5)

Dílcí součinitel vlastností dřeva: $\gamma_M =$ 1,30 [-]

Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo): $k_{mod} =$ 0,50 [-]

Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo): $k_{cr} =$ 0,67 [-]

Zatížení a kombinace: podle EN 1990

☐ SNiP - zadávat součinitele výpočtu ve smyslu norem SNiP

Přidej + Zavři

Sorno

Dialogové okno "Nové nastavení" - záložka "Materiály a normy"

Výpočet zdí

V záložce se zadávají parametry pro výpočty zdí:

- Výpočet **aktivního tlaku** (Caquot, Coulomb (ČSN 730037), Müller-Breslau (DIN 4085), Mazindrani (Rankine), Absi, SP 22.13330.2016).
- Výpočet **pasivního tlaku** (Caquot-Kerisel (ČSN 730037), Coulomb, Müller-Breslau, Sokolovski (DIN 4085), Mazindrani (Rankine), Absi, SP 22.13330.2016).
- Výpočet **zemětřesení** (Mononobe-Okabe, Arango, JTJ 004-89, JTS 146-2012, SL 203-97).
- Tvar **zemního klínu** (počítat šikmý, uvažovat vždy svislý).
- **Výstupek základu** (výstupek uvažovat jako šikmou základovou spáru, výstupek uvažovat jako odpor na líci konstrukce).
- **Dovolená excentricita** - pro posouzení **kontaktního napětí v základové spáře** se zadává hodnota maximální dovolené excentricity v rozmezí 0,1 až 0,4.
- **Vnitřní stabilita** - tento způsob výpočtu se používá pouze v programu "Vyztužené násypy". Smyková plocha má **různý tvar** (rovná, lomená) podle zvolené normy výpočtu.
- Hinge Height Concept - jedná se o způsob výpočtu prefabrikovaných zdí podle přístupu AASHTO, ve kterém je redukována příznivě působící tíhová síla části konstrukce. Používá se pouze v programu "Redi Rock Wall". V tomto programu lze také zadat **"Součinitel redukce první blok-základ"**.

- Pro metodiku posouzení podle mezních stavů a stupně bezpečnosti lze redukovat parametry kontaktu základ - zemina. Součinitel redukce kontaktu základu se zeminou μ vyjadřuje míru odporu zdi proti usmýknutí, resp. posunutí při kontaktu se zeminou.
- Při posouzení podle mezních stavů program umožňuje redukovat tangentu úhlu vnitřního tření ϕ pomocí součinitele $\gamma_{m\phi}$.
- Metodika posouzení (stupeň bezpečnosti, mezní stavy, výpočet podle EN 1997, výpočet podle LRFD, výpočet podle čínských norem).
- Návrhové situace se zadávají pro všechny metodiky posouzení.

Nové nastavení

Název : Platnost :

Materiály a normy Výpočet zdí Výpočet tlaků Stabilitní výpočty Sedání Patky Piloty Piloty CPT Mikropiloty Skupina pilot

Výpočet aktivního tlaku :

Výpočet pasivního tlaku :

Výpočet zemětřesení :

Tvar zemního klínu :

Výstupek základu :

Dovolená excentricita : [-]

Vnitřní stabilita :

☐ Hinge Height Concept

Součinitel redukce první blok - základ : [-]

Metodika posouzení :

☒ Redukovat parametry kontaktu základ - zemina

Trvalá návrhová situace Dočasná návrhová situace Mimořádná návrhová situace Seismická návrhová situace

– Stupně bezpečnosti

Stupeň bezpečnosti na překlopení : $SF_o =$ [-]

Stupeň bezpečnosti na posunutí : $SF_s =$ [-]

Stupeň bezpečnosti únosnosti základové půdy : $SF_b =$ [-]

Stupeň bezpečnosti namáhání sítě : $SF_n =$ [-]

Stupeň bezpečnosti na posunutí po geovýztuže : $SF_{sr} =$ [-]

Stupeň bezpečnosti na přetržení geovýztuhy : $SF_{st} =$ [-]

Stupeň bezpečnosti na vytržení geovýztuhy : $SF_{po} =$ [-]

Stupeň bezpečnosti na porušení spoje : $SF_{con} =$ [-]

– Součinitele redukce

Součinitel redukce tření mezi bloky : $\gamma_f =$ [-]

Součinitel redukce kontaktu základ - zemina : $\mu =$ [-]

Dialogové okno "Nové nastavení" - záložka "Výpočet zdí"

Výpočet tlaků

V záložce se zadávají parametry pro výpočet zemních tlaků:

- Výpočet aktivního tlaku (Caquot, Coulomb (ČSN 730037), Müller-Breslau (DIN 4085), Mazindrani (Rankine), Absi, SP 22.13330.2016).

- Výpočet **pasivního tlaku** (Caquot-Kerisel (ČSN 730037), Coulomb, Müller-Breslau, Sokolovski (DIN 4085), Mazindrani (Rankine), Absi, SP 22.13330.2016).
- Metoda výpočtu (závislé tlaky, JGJ 120-2012).
- Výpočet **zemětřesení** (Mononobe-Okabe, Arango, JTJ 004-89, JTS 146-2012, SL 203-97).
- **Modul reakce podloží** (standardní, zadat, presiometr PMT, dilatometr DMT, CUR 166, čínské normy). Standardní nastavení obsahuje doporučené mezinárodní metody pro výpočet modulu reakce podloží (v rámu "**Modul K_h** ") pro program "**Pažení posudek**") - ostatní metody zde uvedené jsou využívány pouze v konkrétních zemích.
- Tvar **zemního klínu** (počítat šikmý, uvažovat vždy svislý).
- Redukovat modul reakce podloží pro záporové pažení - tato funkce se používá pouze v programech "**Pažení posudek**" a "**Stabilizační pilota**", kdy při výpočtu záporového pažení program automaticky redukuje hodnoty modulu reakce podloží.
- **Metodika posouzení** (stupeň bezpečnosti, mezní stavy, výpočet podle EN 1997, výpočet podle LRFD, výpočet podle čínských norem).
- **Návrhové situace** se zadávají pro všechny metodiky posouzení.

Nové nastavení

Název: Standardní - EN 1997 - DA2 (3) Platnost: Všechny

Materiály a normy Výpočet zdí Výpočet tlaků Stabilitní výpočty Sedání Kotvy Patky Piloty Piloty CPT Mikropiloty Skupina pilot

Výpočet aktivního tlaku: Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasivního tlaku: Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

Metoda výpočtu: závislé tlaky

Výpočet zemětřesení: Mononobe-Okabe

Tvar zemního klínu: počítat šikmý

Modul reakce podloží: standardní

☒ Redukovat modul reakce podloží pro záporové pažení

☐ Zadávat rozdílné úhly tření pro aktivní a pasivní tlak

Metodika posouzení: výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup: 2 - redukce zatížení a odporu

Trvalá návrhová situace Dočasná návrhová situace Mimořádná návrhová situace Seismická návrhová situace

— Součinitele redukce zatížení (F) —

	Nepříznivé	Príznivé
Stálé zatížení:	$\gamma_G = 1,35$ [-]	1,00 [-]
Proměnné zatížení:	$\gamma_Q = 1,50$ [-]	0,00 [-]
Zatížení vodou:	$\gamma_w = 1,35$ [-]	
Hydraulický zdvih (HYD):	$\gamma_h = 1,35$ [-]	0,90 [-]

— Součinitele redukce odporu (R) —

Součinitel redukce stability kotvy: $\gamma_{Ris} = 1,10$ [-]

Součinitel redukce zemního odporu: $\gamma_{Re} = 1,40$ [-]

Součinitel redukce únosnosti horniny: $\gamma_R = 1,40$ [-]

— Kombinační součinitele pro proměnná zatížení —

Součinitel kombinační hodnoty: $\psi_0 = 0,70$ [-]

Součinitel časté hodnoty: $\psi_1 = 0,50$ [-]

Součinitel kvazistálé hodnoty: $\psi_2 = 0,30$ [-]

Přidej + Zavři

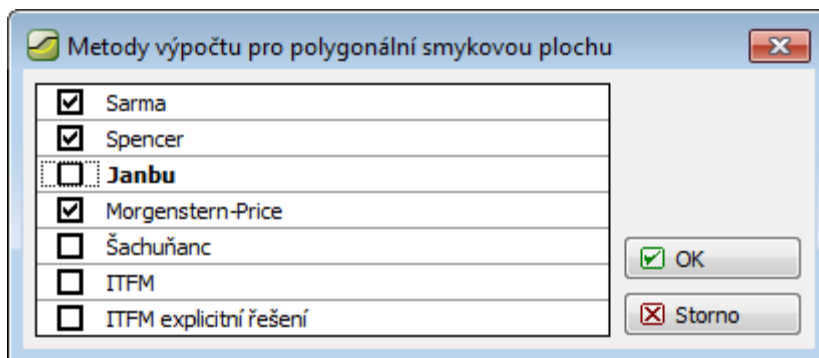
Storno

Dialogové okno "Nové nastavení" - záložka "Výpočet tlaků"

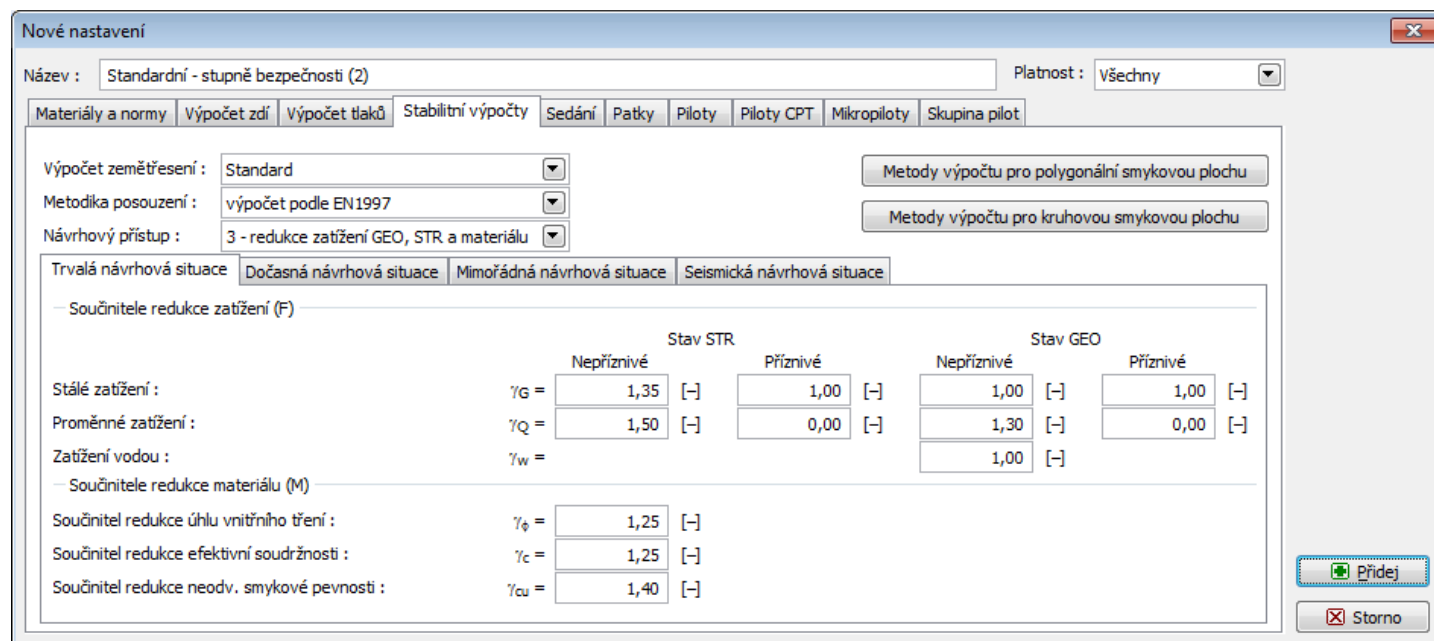
Stabilitní výpočty

V záložce se zadávají parametry pro **stabilitní výpočty**:

- Výpočet **zemětřesení** (Standard, GB 50111-2006, NB 35047-2015, GB 50330-2013, JTG B02-2013)
- **Metodika posouzení** (stupeň bezpečnosti, mezní stavy, výpočet podle EN 1997, výpočet podle LRFD, výpočet podle čínských norem, výpočet podle DIN 1054).
- **Návrhové situace** se zadávají pro všechny metodiky posouzení
- Tlačítka "**Metody výpočtu pro polygonální smykovou plochu**" a "**Metody výpočtu pro kruhovou smykovou plochu**" otevírají dialogová okna, ve kterých lze zvolit metody, podle kterých bude proveden výpočet. Program umožňuje počítat pro zvolenou smykovou plochu (**polygonální**, **kruhovou**) využití pro všechny metody, některé jsou ale velmi exotické a známé pouze v zemích vzniku. Z tohoto důvodu lze metody, které uživatele nezajímají vypnout.



Dialogové okno "Metody výpočtu pro polygonální smykovou plochu" - výběr metod výpočtu



Dialogové okno "Nové nastavení" - záložka "Stabilitní výpočty"

Sedání

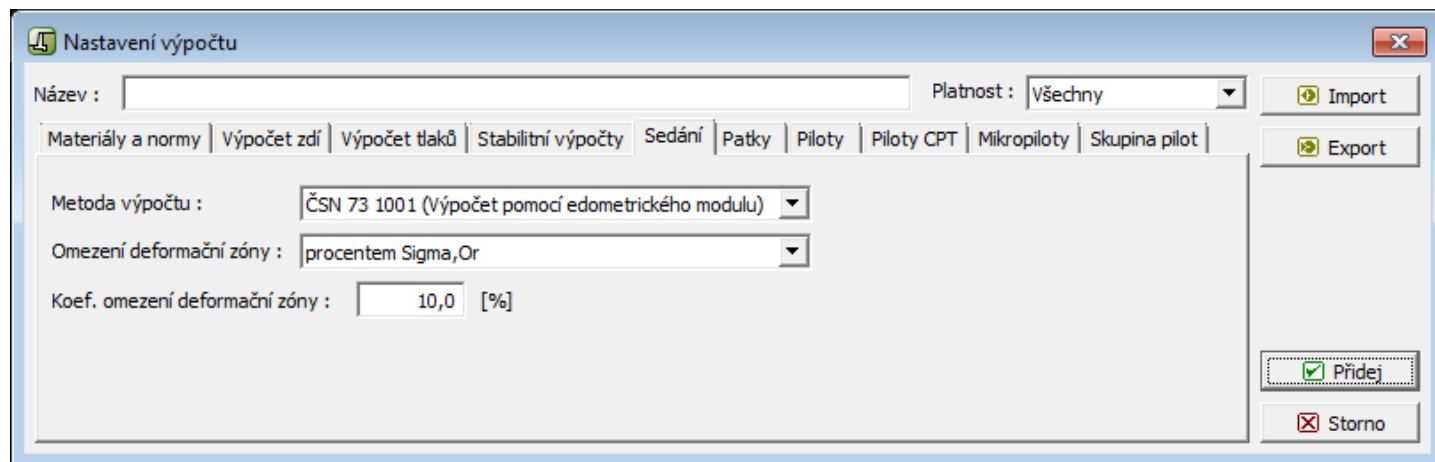
V záložce se zadávají parametry pro výpočet sedání.

Metoda výpočtu:

- ČSN 73 1001 (Výpočet pomocí edometrického modulu)
- Výpočet pomocí součinitele stlačitelnosti
- Výpočet pomocí indexu stlačitelnosti
- NEN (Buisman, Ladd)
- Soft soil model
- Teorie Janbu
- Výpočet pomocí dilatometru

Omezení deformační zóny:

- Pomocí strukturní pevnosti
- Procentem σ_{or} (Koeficient omezení deformační zóny se zadává v [%])



Název : Platnost :

Materiály a normy | Výpočet zdí | Výpočet tlaků | Stabilitní výpočty | **Sedání** | Patky | Piloty | Piloty CPT | Mikropiloty | Skupina pilot

Metoda výpočtu :

Omezení deformační zóny :

Koeff. omezení deformační zóny : [%]

☒ Přidej ☐ Storno

Dialogové okno "Nové nastavení" - záložka "Sedání"

Patky

V záložce se zadávají parametry pro **výpočet únosnosti základu**:

Výpočet pro odvodněné podmínky:

- standardní postup
- ČSN 73 1001
- PN-81B-03020
- IS:6403-1981
- EC 7-1 (EN 1997-1:2003)
- NCMA
- GB 50007-2002
- SNiP 2.02.01-83
- DS/EN 1997-1 DK NA:2013
- Meyerhof
- Vesic
- DIN 4017
- CTE DB SE-C
- B1/VM4
- SP 22.13330-2016

Výpočet pro neodvodněné podmínky:

- standardní postup
- ČSN 73 1001
- IS:6403-1981
- EC 7-1 (EN 1997-1:2003)
- DS/EN 1997-1 DK NA:2013
- CTE DB SE-C
- B1/VM4

Výpočet patky na skalním podloží:

- standardní postup
- ČSN 73 1001
- EC 7-1 (EN 1997-1:2003)

Posouzení tažené patky

- standardní postup
- kuželová metoda
- DL/T 5219-2005
- EN 50341

Dovolená excentricita - pro **posouzení excentricity základu** se zadává hodnota maximální dovolené excentricity v rozmezí 0,1 až 0,4.

Metodika posouzení (stupeň bezpečnosti, mezní stavy, výpočet podle EN 1997, výpočet podle LRFD, výpočet podle čínských norem)

Návrhové situace se zadávají pro všechny metodiky posouzení.

Nové nastavení

Název: Standardní - EN 1997 - DA2 (3) Platnost: Všechny

Materiály a normy Výpočet zdí Výpočet tlaků Stabilitní výpočty Sedání Kotvy **Patky** Piloty Piloty CPT Mikropiloty Skupina pilot

Výpočet pro odvodněné podmínky: EC 7-1 (EN 1997-1:2003)

Výpočet pro neodvodněné podmínky: EC 7-1 (EN 1997-1:2003)

Výpočet patky na skalním podloží: EC 7-1 (EN 1997-1:2003)

Posouzení tažené patky: standardní postup

Dovolená excentricita: 0,333 [-]

Metodika posouzení: výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup: 2 - redukce zatížení a odporu

Trvalá návrhová situace Dočasná návrhová situace Mimořádná návrhová situace Seismická návrhová situace

— Součinitele redukce zatížení (F) —

	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení: $\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

— Součinitele redukce odporu (R) —

Součinitel redukce svislé únosnosti: $\gamma_{Rvs} =$ 1,40 [-]

Součinitel redukce vodorovné únosnosti: $\gamma_{Rhs} =$ 1,10 [-]

Součinitel redukce únosnosti tažené patky: $\gamma_{Rts} =$ 1,15 [-]

Přidej + Zavři Storno

Dialogové okno "Nové nastavení" - záložka "Patky"

Kotvy

V záložce se zadávají parametry pro výpočet **únosnosti kotev**:

Metodika posouzení (stupeň bezpečnosti, mezní stavy).

Zadané stupně bezpečnosti resp. součinitele redukce únosnosti redukují spočtené únosnosti kotev.

Nové nastavení

Název : Standardní - EN 1997 - DA2 (2) Platnost : Všechny

Materiály a normy Výpočet zdí Výpočet tlaků Stabilitní výpočty Sedání Kotvy Patky Patky CPT Piloty Piloty CPT Mikropiloty Skupina pilot

Metodika posouzení : **stupně bezpečnosti**

— Stupně bezpečnosti

Stupeň bezpečnosti na přetržení : $SF_t = 1,50$ [-]

Stupeň bezpečnosti na vytržení ze zeminy : $SF_e = 1,50$ [-]

Stupeň bezpečnosti na vytržení ze zálivky : $SF_c = 1,50$ [-]

Přidej Storno

Dialogové okno "Nové nastavení" - záložka "Kotvy"

Piloty

V záložce se zadávají parametry pro **výpočet piloty**:

Výpočet pro odvodněné podmínky:

- ČSN 73 1002
- Efektivní napětí
- NAVFAC DM 7.2
- CTE-DB SE-C

Výpočet pro neodvodněné podmínky:

- Tomlinson
- NAVFAC DM 7.2
- CTE-DB SE-C

Zatěžovací křivka:

- nelineární (Masopust)
- lineární (Poulos)

Vodorovná únosnost:

- pružný poloprostor
- Bromsova metoda

Metodika posouzení (stupeň bezpečnosti, mezní stavy, výpočet podle EN 1997, EA-Pfähle).

Návrhové situace se zadávají pro všechny metodiky posouzení.

Nové nastavení

Název : Standardní - EN 1997 - DA2 (2) Platnost : všechny

Materiály a normy Výpočet zdí Výpočet tlaků Stabilitní výpočty Sedání Patky **Piloty** Piloty CPT Mikropiloty Skupina pilot

Výpočet pro odvodněné podmínky : NAVFAC DM 7.2

Výpočet pro neodvodněné podmínky : Tomlinson

Zatěžovací křivka : lineární (Poulos)

Vodorovná únosnost : pružný poloprostor

Metodika posouzení : výpočet podle EN1997

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Trvalá návrhová situace Dočasná návrhová situace Mimořádná návrhová situace Seismická návrhová situace

Součinitele redukce zatížení (F)

Stálé zatížení : $\gamma_G =$ [-] [-]

Součinitele redukce odporu (R)

Vrtané piloty Beraněné piloty CFA piloty

Součinitel redukce odporu na plášti : $\gamma_s =$ [-]

Součinitel redukce odporu na patě : $\gamma_b =$ [-]

Součinitel redukce únosnosti tažené piloty : $\gamma_{st} =$ [-]

Dialogové okno "Nové nastavení" - záložka "Piloty"

Piloty CPT

V záložce se zadávají parametry pro výpočet piloty CPT:

Metodika posouzení (stupeň bezpečnosti, mezní stavy, NEN 6743, EN 1997-2).

Typ výpočtu:

- EN 1997-2
- NEN 6743
- LCPC (Bustamante)
- Schmertmann
- NBN EN1997-1 ANB

Nastavení výpočtu

Název : Platnost : všechny

Materiály a normy Výpočet zdí Výpočet tlaků Stabilitní výpočty Sedání Patky Piloty **Piloty CPT** Mikropiloty Skupina pilot

Metodika posouzení : EN 1997-2

Typ výpočtu : EN 1997-2

Součinitele redukce odporu (R)

Součinitel redukce odporu na patě : $\gamma_b =$ [-]

Součinitel redukce odporu na plášti : $\gamma_s =$ [-]

Součinitele redukce

Součinitel redukce mezní zatěž. křivky : $k =$ [-]

Dialogové okno "Nové nastavení" - záložka "Piloty CPT"

Mikropiloty

V záložce se zadávají parametry pro výpočet mikropiloty:

Výpočet únosnosti dříku:

- geometrická (Eulerova) metoda
- metoda Salase
- metoda Véase-Soucheho

Výpočet únosnosti kořene:

- metoda Lizziho
- metoda Littlejohna
- metoda Bowlese
- metoda Zwecka
- metoda Véase
- kořen v hornině
- Bustamante (SPT, Presiometr PMT)

Metodika posouzení (stupeň bezpečnosti, mezní stavy).

Návrhové situace se zadávají pro všechny metodiky posouzení.

Nastavení výpočtu

Název : Platnost : Všechny

Materiály a normy | Výpočet zdí | Výpočet tlaků | Stabilitní výpočty | Sedání | Patky | Piloty | Piloty CPT | **Mikropiloty** | Skupina pilot

Výpočet únosnosti dříku : geometrická (Eulerova) metoda

Výpočet únosnosti kořene : metoda Lizziho

Metodika posouzení : stupně bezpečnosti

Trvalá návrhová situace | Dočasná návrhová situace | Mimořádná návrhová situace | Seismická návrhová situace

– Stupně bezpečnosti

Stupeň bezpečnosti kritické síly : $SF_f =$ [-]

Stupeň bezpečnosti únosnosti průřezu : $SF_s =$ [-]

Stupeň bezpečnosti únosnosti kořene : $SF_r =$ [-]

☒ Přidej ☐ Storno

Dialogové okno "Nové nastavení" - záložka "Mikropiloty"

Skupina pilot

V záložce se zadávají parametry pro výpočet Skupiny pilot:

- Výpočet pro odvodněné podmínky: (ČSN 73 1002, Efektivní napětí, NAVFAC DM 7.2)
- Výpočet pro neodvodněné podmínky: (UFC 3-220-01A, Masopust)
- Účinnost skupiny pilot - (UFC 3-220-01A, La Barré - ČSN 73 1002, Seiler-Keeney, zadat účinnost)
- Metodika posouzení (stupeň bezpečnosti, mezní stavy, výpočet podle EN 1997).
- Návrhové situace se zadávají pro všechny metodiky posouzení.

Nové nastavení

Název: Standardní - EN 1997 - DA2 (3) Platnost: Všechny

Materiály a normy Výpočet zdí Výpočet tlaků Stabilitní výpočty Sedání Kotvy Patky Piloty Piloty CPT Mikropiloty **Skupina pilot**

Výpočet pro odvodněné podmínky: NAVFAC DM 7.2

Výpočet pro neodvodněné podmínky: UFC 3-220-01A

Účinnost skupiny pilot: La Barré (ČSN 73 1002)

Metodika posouzení: výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup: 2 - redukce zatížení a odporu

Trvalá návrhová situace Dočasná návrhová situace Mimořádná návrhová situace Seismická návrhová situace

— Součinitele redukce zatížení (F) —

	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení:	$\gamma_G = 1,35$ [-]	$1,00$ [-]

— Součinitele redukce odporu (R) —

Součinitel redukce odporu na plášti: $\gamma_s = 1,10$ [-]

Součinitel redukce odporu na patě: $\gamma_b = 1,10$ [-]

Přidej + Zavři Storno

Dialogové okno "Nové nastavení" - záložka "Skupina pilot"

Přidání nového Nastavení

Program obsahuje poměrně velké množství **základních Nastavení** pro jednotlivé země a postupy výpočtu. Přesto je velice pravděpodobné, že většina uživatelů bude potřebovat tato Nastavení upravit a vytvořit vlastní **uživatelská Nastavení**.

Nastavení může být platné pro všechny programy GEO, resp. jen pro aktuální program. (přepíná se v pravém horním rohu okna).

Stisknutím tlačítka "**Přidat do správce**" se otevře dialogové okno, ve kterém je zobrazeno aktuální **Nastavení programu**:

- pokud je aktuální nastavení "**Zadáno pro aktuální úlohu**", otevře se v okno v režimu pro spuštěný program,
- pokud je aktuální nastavení vybráno ze **Seznamu nastavení**, otevře se kopie tohoto Nastavení se stejnou platností.

Po editaci dat a zadání jména **nového Nastavení** se toto Nastavení uloží do "**Správce nastavení**" pomocí tlačítka "**Přidej**" a lze ho vybírat v "**Seznamu Nastavení výpočtu**".

Uživatelská Nastavení je vhodné vytvářet například:

1) podle zemí a norem

- nastavení pro Boguto
- nastavení pro Borito

- nastavení pro Borito, mostní konstrukce

2) podle investora

- nastavení pro dálnice
- nastavení pro železnice
- nastavení pro občanské stavby

3) podle metod výpočtu

- výpočet podle Mazindraniho
- výpočet podle Coulomba

4) individuálně

- moje nastavení výpočtu
- Petrovo nastavení výpočtu

Cílem je vytvořit "**Seznam Nastavení výpočtu**" tak, aby se uživatel nemusel o zadání způsobů výpočtu a součinitelů již starat. Vytvořená nastavení lze "**Exportovat**" a předat dál v rámci firmy nebo i jiným uživatelům. V případě jejich širší platnosti tato Nastavení firma FINE zaimplementuje do předdefinovaných Nastavení, která jsou dostupná pro všechny uživatele GEO5.

Metodika posouzení

Program umožňuje posoudit konstrukci podle těchto metodik:

- výpočet podle stupně bezpečnosti
- výpočet podle mezních stavů
- výpočet podle EN 1997
- výpočet podle LRFD
- výpočet podle čínských norem
- výpočet podle BS8006 (program **Vyztužené násypy**)
- výpočet podle DIN1054 (program **Stabilita svahu**)
- výpočet podle EA-Pfähle (program **Pilota**)

Vlastní výpočty (např. stanovení tlaků, stanovení únosnosti základové půdy) jsou pro všechny metodiky posouzení stejné - liší se pouze zavedením výpočtových součinitelů, kombinací a způsobem prokázání bezpečnosti konstrukce.

Metodika posouzení se volí v dialogovém okně "**Nastavení výpočtu**".

Nová Nastavení

Název : Posouzení podle EN1997 - Nastavení 1 - Česká republika Platnost : Všechny

Materiály a normy | Výpočet zdí | Výpočet tlaků | Stabilitní výpočty | Sedání | Patky | Piloty | Piloty CPT | Mikropiloty | Skupina pilot

Výpočet pro odvodněné podmínky : standardní postup

Výpočet pro neodvodněné podmínky : standardní postup

Výpočet patky na skalním podloží : standardní postup

Metodika posouzení : výpočet podle EN1997

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Trvalá návrhová situace | Dočasná návrhová situace | Mimořádná návrhová situace | Seismická návrhová situace

– Součinitele redukce zatížení (F) –

	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení : $\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

– Součinitele redukce odporu (R) –

Součinitel redukce svislé únosnosti : $\gamma_{Rvs} =$ 1,40 [-]

Součinitel redukce vodorovné únosnosti : $\gamma_{Rhs} =$ 1,10 [-]

☒ Přidej

☐ Storno

Volba metodiky posouzení

Výpočet podle stupně bezpečnosti

Metodika posouzení bezpečnosti konstrukce podle "**Stupně bezpečnosti**" je historicky nejstarší a stále velice rozšířená. Její hlavní výhodou je jednoduchost a přehlednost.

Bezpečnost je obecně prokázána pomocí stupně bezpečnosti:

$$FS = \frac{X_{pas}}{X_{act}} > FS_{req}$$

kde:	FS	-	spočtený stupeň bezpečnosti
	X_{pas}	-	obecně veličina bránící porušení (síla vzdorující, pevnost, nosnost)
	X_{act}	-	obecně veličina porušující (síla posouvající, napětí)
	FS_{req}	-	požadovaný stupeň bezpečnosti

Při výpočtu podle "**Stupně bezpečnosti**" se ani zatížení, ani parametry zemin neredukují žádnými výpočtovými koeficienty.

Podrobnější popis pro jednotlivé programy a typy konstrukcí lze nalézt v následujících kapitolách ([Zdi a opěrné konstrukce](#), [Stabilita svahu](#), [Patky](#), [Pilota](#), [Skalní svah](#), [Mikropilota](#), [Pilota CPT](#), [Skupina pilot](#)).

Výpočet podle mezních stavů

Metodika posouzení bezpečnosti konstrukce podle "**Mezních stavů**" prokazuje bezpečnost srovnáním veličiny vzdorující (síla vzdorující, pevnost, únosnost) a veličiny porušující (síla posouvající, napětí).

$$X_{pas} > X_{act}$$

kde:	X_{pas}	-	obecně veličina bránící porušení (síla vzdorující, pevnost, nosnost)
	X_{act}	-	obecně veličina porušující (síla posouvající, napětí)

X_{act} je obecně stanovena z výpočtových parametrů zemin a zatížení:

- parametry zemin jsou redukovány příslušnými koeficienty
- zatížení resp. jeho účinky jsou zvětšeny příslušnými koeficienty

X_{pas} je stanovena za těchto předpokladů:

- parametry zemin jsou redukovány příslušnými koeficienty
- spočtený odpor konstrukce je redukován příslušným koeficientem

Obecně se dá říci, že posouzení podle "**Mezních stavů**" je modernější a výstižnější než "**Stupeň bezpečnosti**", je však méně přehledné.

Moderní normy pro posouzení bezpečnosti ([EN 1997](#), [LRFD](#)) vycházejí z konceptu mezních stavů, navíc ale zavádějí různé velikosti dílčích součinitelů pro příznivé a nepříznivé působící zatížení.

Podrobnější popis pro jednotlivé programy a typy konstrukcí lze nalézt v následujících kapitolách ([Zdi a opěrné konstrukce](#), [Stabilita svahu](#), [Patky](#), [Pilota](#), [Skalní svah](#), [Mikropilota](#), [Pilota CPT](#), [Skupina pilot](#)).

Posouzení podle EN 1997

Při návrhu podle EN 1997-1 se postupuje v zásadě podle teorie [mezních stavů](#).

V závislosti na zvoleném "**Návrhovém přístupu**" jsou do výpočtu zavedeny [dílčí součinitele výpočtu](#), které upravují charakteristické hodnoty zatížení, materiálu a odporu.

Dílčí součinitelé jsou jednotné pro všechny výpočty v daném programu, pro jednotlivé fáze lze ale volit "**Návrhovou situaci**".

Programy lze podle přístupu k výpočtu rozdělit do několika kategorií:

- [Výpočet zdí, opěrných konstrukcí](#) (zdi, mostní opěra, hřebíkový svah)
- [Výpočet pažicích konstrukcí](#) (pažení návrh, pažení posudek, zemní tlaky)
- [Výpočet základů](#) (patky, piloty)
- [Výpočet stability svahu](#)

Programy GEO5 podporují **národní přílohy** těchto zemí:

Finsko, Francie, Polsko, Německo, Slovensko, Rakousko, Singapore, Dánsko, Belgie, Holandsko, Velká Británie, Řecko, Maďarsko, Bulharsko, Slovinsko, Itálie, Portugalsko, Norsko, Rumunsko.

Příslušná národní příloha se volí v "[Seznamu nastavení](#)".

Dílčí součinitelé

V dialogovém okně "**Nastavení**" se pro výpočet podle EN 1997 zadávají dílčí součinitelé výpočtu.

V rozbalitelném seznamu "**Návrhový přístup**" lze zvolit jeden ze tří "**Návrhových přístupů**". Podle zvoleného návrhového přístupu se ve spodní části dialogového okna zobrazí **dílčí součinitele zatížení, materiálu, resp. odporu a kombinační součinitele** pro proměnné zatížení.

V sekci dílčích součinitelů redukujících zatížení se zadává také dílčí součinitel upravující **zatížení vodou**.

Správce nastavení a **seznam nastavení** obsahují velké množství předdefinovaných nastavení pro jednotlivé **země EU - nastavení EN 1997** podle **národních příloh** (NP). Ve většině zemí je pak určen pouze jeden Návrhový přístup v závislosti na NADu a programu (typu řešené geotechnické úlohy) - pouze pro některé země je předdefinovaných nastavení více.

Program umožňuje zadávat každou sadu dílčích součinitelů čtyřikrát - pro jednotlivé **návrhové situace**. Program do výpočtu bere součinitele podle zvolené návrhové situace v rámu "**Nastavení fáze**".

Nová Nastavení

Název : Posouzení podle EN1997 - Nastavení 1 - Česká republika Platnost : Všechny

Materiály a normy | Výpočet zdí | Výpočet tlaků | Stabilitní výpočty | Sedání | Patky | Piloty | Piloty CPT | Mikropiloty | Skupina pilot

Výpočet pro odvodněné podmínky : standardní postup

Výpočet pro neodvodněné podmínky : standardní postup

Výpočet patky na skalním podloží : standardní postup

Metodika posouzení : výpočet podle EN1997

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Trvalá návrhová situace | Dočasná návrhová situace | Mimořádná návrhová situace | Seismická návrhová situace

– Součinitele redukce zatížení (F) –

	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G = 1,35$ [-]	$1,00$ [-]

– Součinitele redukce odporu (R) –

Součinitel redukce svislé únosnosti : $\gamma_{Rvs} = 1,40$ [-]

Součinitel redukce vodorovné únosnosti : $\gamma_{Rhs} = 1,10$ [-]

☒ Přidej ☐ Storno

Dialogové okno "Nová Nastavení" - zadání dílčích součinitelů při výpočtu podle EN 1997

Návrhové přístupy

EN 1997-1 zavádí do výpočtu tři **návrhové přístupy**, lišící se aplikací dílčích součinitelů.

Dílčí součinitele se podle EN 1997-1 obecně aplikují na samotná zatížení nebo jejich účinky, na vlastnosti základové půdy **M**, nebo odpory **R** nebo na oboje. Hodnoty dílčích součinitelů se liší nejen podle použitého **návrhového přístupu**, ale také podle typu řešené geotechnické úlohy (opěrné konstrukce, piloty apod.). Hodnoty dílčích součinitelů obecně udává Eurokód v **Příloze A**, národní volbu hodnot dílčích součinitelů uvádí **NP**. Program podle zvoleného návrhového přístupu resp. volby dalších parametrů v **nastavení výpočtu** automaticky zobrazuje potřebné součinitele.

Vzhledem k tomu, že jednotlivé **Návrhové přístupy** uplatňují do výpočtu dílčí součinitele různým způsobem (např. na zatížení konstrukce a výsledný odpor konstrukce nebo na zatížení a parametry zemin) je logické, že se výsledky podle jednotlivých návrhových přístupů mohou značně lišit. Pokud není v **Národní příloze** uveden pro danou geotechnickou úlohu doporučený **Návrhový přístup**, zůstává výběr Návrhové přístupu na projektantovi (a tím i zhodnocení, zda získané výsledky odpovídají řešené situaci).

- Návrhový přístup 1** - Ověření se provádí pro dva soubory součinitelů (**Kombinace 1** a **Kombinace 2**) použitých ve dvou oddělených výpočtech. Součinitele se uplatňují **na zatížení a materiálové charakteristiky**.
- Návrhový přístup 2** - Aplikuje dílčí součinitele **na zatížení** a **na odpor** materiálu (únosnost).
- Návrhový přístup 3** - Návrhový přístup 3 aplikuje dílčí součinitele **na zatížení** a současně **na materiál** (charakteristiky zemin)

Nové nastavení

Název : EN 1997 - NA2 Platnost : Všechny

Materiály a normy Výpočet zdí Výpočet tlaků Stabilitní výpočty Sedání Kotvy Patky Piloty Piloty CPT Mikropiloty Skupina pilot

Výpočet pro odvodněné podmínky : standardní postup

Výpočet pro neodvodněné podmínky : standardní postup

Výpočet patky na skalním podloží : standardní postup

Posouzení tažené patky : standardní postup

Dovolená excentricita : 0,333 [-]

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Trvalá návrhová situace Dočasná návrhová situace Mimořádná návrhová situace Seismická návrhová situace

— Součinitele redukce zatížení (F) —

Stálé zatížení : $\gamma_G =$ [-] [-]

— Součinitele redukce odporu (R) —

Součinitel redukce svislé únosnosti : $\gamma_{Rvs} =$ [-]

Součinitel redukce vodorovné únosnosti : $\gamma_{Rhs} =$ [-]

Součinitel redukce únosnosti tažené patky : $\gamma_{Rts} =$ [-]

Přidej + Zavři

Storno

Dialogové okno "nová Nastavení" výpočet podle EN 1997 - Volba návrhového přístupu

Návrhový přístup 1

Ověření se provádí pro dva soubory součinitelů (**Kombinace 1 a Kombinace 2**) použitých ve dvou oddělených výpočtech. U kombinace 1 se dílčí součinitelé uplatňují **jen na zatížení**, ostatní součinitelé jsou rovny **1,0**. U **kombinace 2** se dílčí součinitelé uplatňují **na materiálové charakteristiky (parametry zemin) a proměnné zatížení**, ostatní součinitelé jsou rovny **1,0**.

U programů pro **výpočet zdí** a **stabilitních výpočtů** je výpočet proveden pro **obě kombinace automaticky** a ve výsledcích jsou zobrazeny **nejméně příznivé výsledky**. Ve výstupním protokolu jsou výpočty obou kombinací popsány podrobně.

U programů "**Pažení posudek**" tento přístup není možný. V **nastavení** je nutné zvolit kombinaci, pro kterou bude výpočet proveden.

U programů "**Patky**" a "**Piloty**" je nutné zadat zatížení užité i pro výpočet únosnosti. S **návrhovým zatížením** se počítá kombinace 1, s **užitným zatížením** kombinace 2.

Metodika posouzení : výpočet podle EN1997

Návrhový přístup : 1 - redukce zatížení a materiálu

Trvalá návrhová situace Dočasná návrhová situace Mimořádná návrhová situace Seismická návrhová situace

— Součinitele redukce zatížení (F) —

	Kombinace 1		Kombinace 2	
	Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení : $\gamma_G =$	<input type="text" value="1,35"/> [-]	<input type="text" value="1,00"/> [-]	<input type="text" value="1,00"/> [-]	<input type="text" value="1,00"/> [-]

— Součinitele redukce materiálu (M) —

	Kombinace 1	Kombinace 2
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření : $\gamma_\phi =$	<input type="text" value="1,00"/> [-]	<input type="text" value="1,25"/> [-]
Součinitel redukce efektivní soudržnosti : $\gamma_c =$	<input type="text" value="1,00"/> [-]	<input type="text" value="1,25"/> [-]
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti : $\gamma_{cu} =$	<input type="text" value="1,00"/> [-]	<input type="text" value="1,40"/> [-]
Součinitel redukce pevnosti horniny : $\gamma_v =$	<input type="text" value="1,00"/> [-]	<input type="text" value="1,40"/> [-]

Zadání dílčích součinitelů pro návrhový přístup 1

Návrhový přístup 2

Návrhový přístup 2 aplikuje dílčí součinitele **na zatížení** a **na odpor** materiálu (únosnost).

Metodika posouzení :	výpočet podle EN1997
Návrhový přístup :	2 - redukce zatížení a odporu

Trvalá návrhová situace	Dočasná návrhová situace	Mimořádná návrhová situace	Seismická návrhová situace
-------------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------

– Součinitele redukce zatížení (F) –

	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G = 1,35$ [-]	$1,00$ [-]

– Součinitele redukce odporu (R) –

Součinitel redukce svislé únosnosti :	$\gamma_{Rvs} = 1,40$ [-]
Součinitel redukce vodorovné únosnosti :	$\gamma_{Rhs} = 1,10$ [-]

Zadání dílčích součinitelů pro návrhový přístup 2

Návrhový přístup 3

Návrhový přístup 3 aplikuje dílčí součinitele **na zatížení** a současně **na materiál** (charakteristiky zemin).

Oproti ostatním návrhovým přístupům rozlišuje tento návrhový přístup **geotechnická zatížení - Stav GEO** (zatížení vyvolaná zeminou - např. zemní tlaky, tlaky od přitížení, působení vody) a **zatížení konstrukcí - Stav STR** (program tak uvažuje vlastní tíhu konstrukce, zadané síly působící na konstrukci, kotvy, geovýtuhy, přesahy sítí). Pro každý typ zatížení je použita jiná sada dílčích součinitelů, která se nastavuje v okně "**Dílčí součinitelé**". Na geotechnická zatížení jsou dílčí součinitelé většinou menší než na zatížení konstrukcí.

Metodika posouzení :	výpočet podle EN1997
Návrhový přístup :	3 - redukce zatížení GEO, STR a materiálu

Trvalá návrhová situace	Dočasná návrhová situace	Mimořádná návrhová situace	Seismická návrhová situace
-------------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------

– Součinitele redukce zatížení (F) –

	Stav STR		Stav GEO	
	Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G = 1,35$ [-]	$1,00$ [-]	$1,00$ [-]	$1,00$ [-]

– Součinitele redukce materiálu (M) –

Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi = 1,25$ [-]
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	$\gamma_c = 1,25$ [-]
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	$\gamma_{cu} = 1,40$ [-]
Součinitel redukce pevnosti horniny :	$\gamma_v = 1,40$ [-]

Zadání dílčích součinitelů pro návrhový přístup 3

Národní příloha (NP)

Národní příloha (NP) uvádí podrobnosti, jak uplatňovat Eurokód na národní úrovni (v jednotlivých členských státech EU) a byl zpravidla vydán společně s ENV dané země.

NP tedy uvádí národní volbu hodnot **dílčích součinitelů** a stanovuje použití **návrhových přístupů** pro jednotlivé geotechnické úlohy. Vzhledem k tomu, že obsah NP v některých členských zůstává otevřen, nejsou v programech zapracovány národní přílohy pro všechny členské státy.

Jednotlivé národní přílohy lze vybrat z předdefinovaných nastavení v **správce nastavení** a **seznam nastavení**.

Nová **nastavení** může uživatel jednoduše **zadat** ze stávajících nastavení a tím i definovat své **vlastní Národní přílohy**.

Dílčí součinitel zatížení vodou

Dílčí součinitel vlivu vody upravuje velikost síly od účinků vody resp. velikost pórového napětí.

Metodika posouzení :

Návrhový přístup :

Trvalá návrhová situace | Dočasná návrhová situace | Mimořádná návrhová situace | Seismická návrhová situace

– Součinitele redukce zatížení (F) –

	Kombinace 1		Kombinace 2	
	Nepříznivé	Příznivé	Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G = 1,35$ [-]	$1,00$ [-]	$1,00$ [-]	$1,00$ [-]
Proměnné zatížení :	$\gamma_Q = 1,50$ [-]	$0,00$ [-]	$1,30$ [-]	$0,00$ [-]
Zatížení vodou :	$\gamma_w = 1,35$ [-]		$1,35$ [-]	

– Součinitele redukce materiálu (M) –

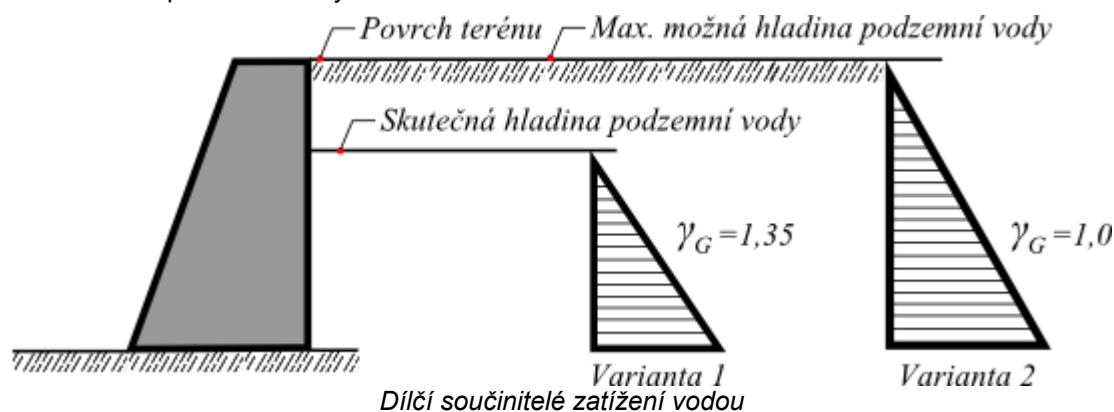
	Kombinace 1	Kombinace 2
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	$\gamma_\phi = 1,00$ [-]	$1,25$ [-]

Dílčí součinitelé zatížení vodou

Dílčí součinitel vody lze zadávat, protože EN 1997 umožňuje několik postupů jak počítat s vlivem vody. Dva základní přístupy jsou:

Varianta 1 - Součinitel vlivu vody je zadán **1,3** resp. **1,35** (některé NP). V tomto případě se zadává skutečná hladina podzemní vody a její účinek je přenásoben zadaným dílčím součinitelem.

Varianta 2 - Součinitel vody je zadán 1.0, neboli vliv vody není ve výpočtu nijak upravován. V tomto případě je nutné zadat maximální možnou hladinu podzemní vody.



Je ponecháno zcela na uživateli, kterou variantu zvolí pro posouzení.

Pokud uživatel využívá obě možnosti, doporučujeme nastavit dvě nastavení do [Správce nastavení](#), které se liší právě velikostí dílčího součinitele γ_w .

Seznam Nastavení výpočtu

Číslo	Název	Platnost
9	Česká republika - EN 1997, předběžný návrh	Všechny
10	Česká republika - EN 1997, předběžný návrh, gama_vody=1.0	Všechny

OK Storno

Seznam Nastavení výpočtu - přednastavení pro obě varianty dílčích součinitelů zatížení vodou

Výpočet zdí (opěrné konstrukce)

Výpočet podle EN 1997 zavádí několik typů **dílčích součinitelů** podle zvoleného **Návrhového přístupu** (NP).

Při návrhu podle EN 1997-1 se postupuje v zásadě podle teorie **mezních stavů**.

Redukce zatížení (NP1, NP2, NP3):

Všechny **návrhové přístupy** počítají s dílčími součiniteli redukujícími zatížení, které přenásobují veškeré síly vstupující do výpočtu. Při vlastním posouzení jednotlivých případů porušení program stanoví, zda **síla resp. tlak působí příznivě či nepříznivě** a přenásobí ji příslušným dílčím součinitelem. Informace o aplikovaných dílčích součinitelích jsou zobrazeny v protokolu o výpočtu.

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F _{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F _{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Koef. překl.	Koef. posun.	Koef. napětí
Tíh.- zeď	0.00	-1.41	97.98	1.64	0.900	0.900	1.250
Odpor na lici	-5.77	-0.22	0.00	0.00	1.000	1.000	1.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-1.73	64.51	2.27	1.000	1.000	1.350
Aktivní tlak	80.83	-1.54	109.04	2.83	1.000	1.500	1.500
Přít.1 - celopl.	19.04	-2.17	25.90	2.58	1.000	1.500	1.500
Přít.2 - pásové	2.31	-1.18	2.62	2.96	0.000	0.000	1.500

Protokol o výpočtu

V rámu výpočet lze zadat "**Vedlejší proměnné zatížení**" - příslušné dílčí součinitelé jsou pak přenásobeny **kombinačními součiniteli** zatížení.

Při výpočtu opěrných konstrukcí je velmi důležité zatížení vodou a tím i stanovení odpovídajícího **dílčího součinitele pro vodu**.

Redukce materiálu (NP1, NP3):

Parametry zemin jsou automaticky redukovány příslušnými dílčími součiniteli.

Redukce odporu (NP2):

Redukují se příslušné velikosti vzdorujících sil, momentů a únosností.

Při výpočtu podle **Návrhového přístupu č.1** jsou všechna posouzení provedena dvakrát pro obě kombinace zatížení. Na obrazovce je zobrazeno největší využití pro příslušný mezní stav.

Výpočet pažících konstrukcí

Výpočet podle EN 1997 zavádí několik typů **dílčích součinitelů** podle zvoleného **Návrhového přístupu** (NP).

Při návrhu podle EN 1997-1 se postupuje v zásadě podle teorie **mezních stavů**.

Redukce zatížení (NP1, NP2, NP3):

Programy počítající s celkovým zemním tlakem (**Zemní tlaky, Pažení návrh, Pažení posudek**) přenásobují dílčím součinitelem jednotlivé složky tlaku působící na konstrukci.

Základním předpokladem výpočtu je, že **aktivní tlak působí jako nepříznivé** zatížení, **pasivní tlak** pak jako zatížení **působící příznivě**. Jednotlivé obrazce tlaku jsou tedy přenásobeny příslušným dílčím součinitelem zatížení.

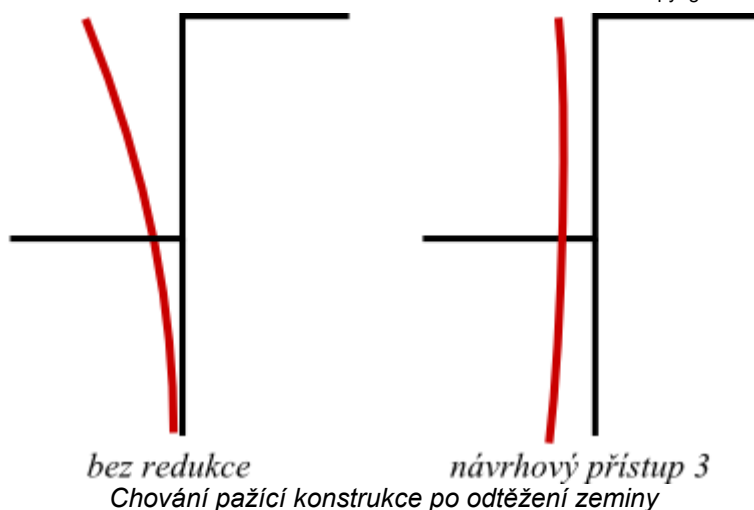
Redukce materiálu (NP1, NP3):

Parametry zemin jsou automaticky redukovány příslušnými dílčími součiniteli.

Redukce odporu (NP2): Dílčí součinitel odporu redukuje velikost pasivního tlaku před konstrukcí.

Zjednodušeně můžeme říci, že NP1 - Kombinace 2, NP2 a NP3 **zvyšují velikost aktivního tlaku a snižují velikost tlaku pasivního**, zatímco NP1 - kombinace 1 **pouze zvyšuje velikost aktivního tlaku**.

Tento postup ale může vést **v některých případech ke změně chování konstrukce** a k **zavádějícím výsledkům**. Je tedy nutné přistupovat k redukci vstupních parametrů velmi obezřetně.



Výpočet základů (patky, piloty)

Výpočet podle EN 1997 zavádí několik typů **dílčích součinitelů** podle zvoleného **Návrhového přístupu** (NP).

Při návrhu podle EN 1997-1 se postupuje v zásadě podle teorie **mezních stavů**.

Redukce zatížení (NP1, NP2, NP3):

Zatížení základů se bere jako výsledek výpočtu horní stavby.

- stanoví se zatěžovací stavy dle pravidel uvedených v EN 1990:2002
- vypočtou se kombinace zatěžovacích stavů podle EN 1991

Výsledky spočtených kombinací jsou pak vstupem do programů "**Patky**" a "**Pilota**".

Zatížení se zadává **návrhové** (výpočet únosnosti, dimenzování základu) resp. **užitné** (výpočet sedání). Pro **Návrhový přístup 1** se výpočet únosnosti provádí jak pro zadaná návrhová zatížení (**kombinace 1**) tak i pro zadaná užitná zatížení (**kombinace 2**).

V programu se dílčími součiniteli zatížení přenásobují pouze **vlastní tíha konstrukce** resp. tíha **zeminy nad patkou**. Zadávané **návrhové zatížení** musí být stanoveno v souladu s **EN 1990 a EN 1991** - jednotlivé složky zatížení musí být **přenášobeny** příslušnými dílčími součiniteli - **program zadané zatížení dále nijak neupravuje**.

Redukce materiálu (NP1, NP3):

Parametry zemin jsou automaticky redukovány příslušnými dílčími součiniteli.

Redukce odporu (NP2), u pilot (NP1, NP2, NP3):

V programu "**Pilota**" jsou dílčí součinitelé odporu závislé na typu piloty (**vrtná, beraněná, CFA**) V okně se zadávají všechny dílčí součinitelé. Do výpočtu pak jsou použity dílčí součinitelé podle typu piloty zvolené v rámu "**Geometrie**". Při posouzení **tažené piloty** se vždy uvažuje vlastní tíha piloty. Při posouzení **tlačené piloty** lze vlastní tíhu piloty zanedbat v závislosti na zadání v rámu "**Zatížení**". **Vlastní posouzení** je provedeno podle teorie mezních stavů.

V programu "**Patky**" se redukuje svislá a vodorovná únosnost základu.

Výpočet stability svahu

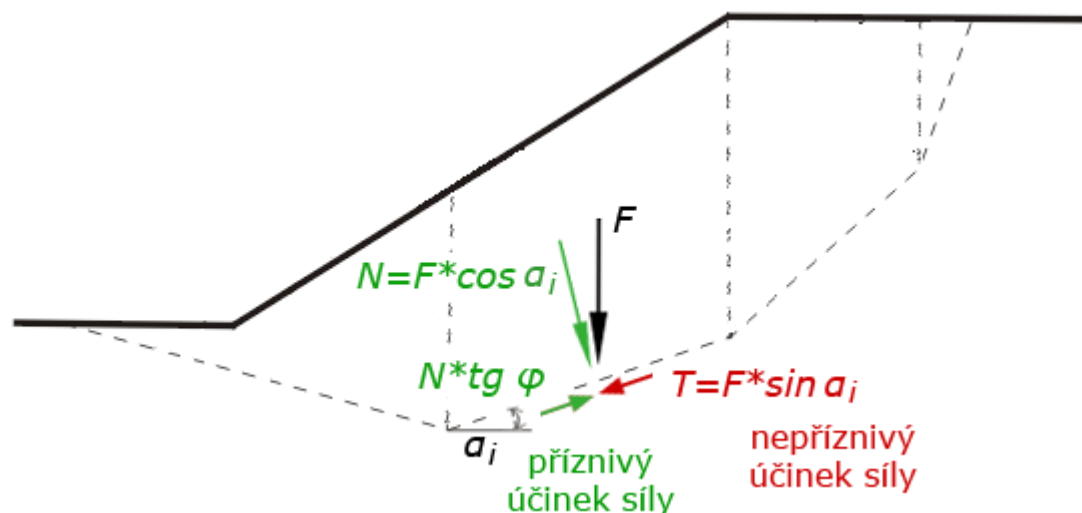
Výpočet podle EN 1997 zavádí několik typů **dílčích součinitelů** podle zvoleného **Návrhového přístupu** (NP).

Při návrhu podle EN 1997-1 se postupuje v zásadě podle teorie **mezních stavů**.

Redukce zatížení (NP1, NP2, NP3):

Síly na proužku jsou ve výpočtu redukovány dílčími součiniteli. V závislosti na sklonu smykové plochy program vyhodnotí, zda **tíhová síla** daného bloku působí příznivě resp. nepříznivě. Je-li příznivý účinek síly větší než nepříznivý, použije se příznivý koeficient. Podle toho je tíha bloku **W** přenásobena dílčím součinitelem pro stálé zatížení.

Vliv vody je redukován **dílčím součinitelem**, který přenásobuje výsledný **pórový tlak** a síly od volné vody nad terénem.



Určení příznivosti resp. nepříznivosti účinků zatížení

U zadaných přitížení je nejprve vyhodnoceno, zda působí příznivě, nebo nepříznivě a **celé přitížení** je přenásobeno příslušným dílčím součinitelem.

Redukce materiálu (NP1, NP3):

Parametry zemin jsou automaticky redukovány příslušnými dílčími součiniteli.

Redukce odporu (NP2):

Je redukován odpor na smykové ploše.

VAROVÁNÍ !!! Při výpočtu dle totálních parametrů dává DA2 a DA1 (komb. 1) nerealné výsledky, které jsou způsobeny rozdílnou redukcí vlastní tíhy masivu (příznivě a nepříznivě). V případě použití zmíněných přístupů **doporučujeme ručně změnit dílčí součinitele** (tj. zvýšit součinitel redukce odporu na smykové ploše a snížit součinitele redukce zatížení).

Kombinace zatížení

Účinek zatížení, která se vyskytují současně, se do výpočtu zavádí pomocí kombinací zatížení, definovaných v EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí. Většina zatížení působí jako zatížení stálá, jako proměnná zatížení lze zadat **přítížení a zadané síly**. Program automaticky stanovuje hodnoty jednotlivých dílčích součinitelů, podle toho zda dané zatížení působí příznivě resp. nepříznivě.

Proměnná zatížení se standardně uvažují jako **hlavní**, ale v rámci "**Posouzení**" a "**Dimenzování**" (programy pro výpočet opěrných konstrukcí) lze zaškrtnout proměnné zatížení jako **vedlejší** - v tomto případě je pak vynásobeno příslušným součinitelem redukujícím jeho velikost. V případě že všechna zatížení jsou v základní kombinaci zadána jako vedlejší, zobrazí program varování a posouzení nevyhovuje.

V rámu "**Nastavení fáze**" lze zadat čtyři typy kombinací:

Trvalá a dočasná návrhová situace:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- kde:
- $G_{k,j}$ - charakteristická hodnota j -tého stálého zatížení
 - $\gamma_{G,j}$ - dílčí součinitel j -tého stálého zatížení
 - $Q_{k,i}$ - charakteristická hodnota vedlejšího i -tého proměnného zatížení
 - $Q_{k,1}$ - charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
 - $\gamma_{Q,i}$ - dílčí součinitel i -tého proměnného zatížení
 - $\psi_{0,i}$ - součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení

Mimořádná a seismická návrhová situace:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_d + \psi_{1,i} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- kde:
- $G_{k,j}$ - charakteristická hodnota j -tého stálého zatížení
 - $Q_{k,1}$ - charakteristická hodnota hlavního proměnného zatížení
 - $\psi_{1,i}$ - součinitel častou hodnotu proměnného zatížení

- $\psi_{2,i}$ - součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení
 A_d - návrhová hodnota mimořádného zatížení

Seismická návrhová situace:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + A_{Ed} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

- kde:
- $G_{k,j}$ - charakteristická hodnota j - tého stálého zatížení
 - $Q_{k,i}$ - charakteristická hodnota vedlejšího i - tého proměnného zatížení
 - $\psi_{2,i}$ - součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení
 - A_{Ed} - návrhová hodnota seismického zatížení

Dílčí součinitele zatížení a kombinační součinitelé se zadávají v dialogovém okně "Dílčí součinitelé".

Posouzení: + - [1] [2]

Číslo	Síla	F_x [kN/m]	F_z [kN/m]	Působíště x [m] z [m]		Vedl. zatíž.
1	Tíh.- zed'	0,00	104,88	1,80	-1,34	<input type="checkbox"/>
2	Odpor na líci	1,22	0,00	0,00	-0,17	<input type="checkbox"/>
3	Tíh.- zemní klín	0,00	99,17	2,44	-2,00	<input type="checkbox"/>
4	Aktivní tlak	-84,30	118,67	3,26	-1,65	<input type="checkbox"/>
5	Síla číslo: 1	-30,00	0,00	1,50	-5,80	<input checked="" type="checkbox"/>

Posouzení

Posouzení
PŘEKLOPENÍ: **VYHOVUJE** (55,1%)
POSUNUTÍ: **VYHOVUJE** (63,0%)

Zadání vedlejších zatížení

Výpočet podle LRFD

Při posouzení konstrukce podle LRFD (**Load Resistance Design Factor**) se postupuje podle **mezních stavů**.

Zavádí se dva typy součinitelů:

- součinitele redukující zatížení (mají minimální a maximální velikost), do výpočtu vstupuje nepříznivější hodnota (**Load factors**)
- součinitele redukující odpor konstrukce (**Resistance factors**)

LRFD je implementováno v programech pro:

- výpočty zdí a opěrných konstrukcí
- výpočet plošných základů
- výpočet stability svahu

LRFD zavádí nové typy **návrhových situací** (Pevnostní I, Provozní I, Extrémní I).

LRFD - Návrhové situace

LRFD zavádí pro výpočet **opěrných konstrukcí (zdí)**, **plošných základů** a **stability svahu** tyto návrhové situace:

- Pevnostní I:** základní návrhová situace redukující odpor konstrukce i velikost zatížení.
- Provozní I:** tato návrhová situace uvažuje pro většinu případů hodnoty dílčích součinitelů (**zatížení, redukce odporu**) rovny 1,0.
- Extrémní I:** tato návrhová situace uvažuje pro většinu případů hodnoty dílčích součinitelů **redukce odporu** rovny 1,0.

Typ návrhové situace se volí v rámu "**Nastavení fáze**". Hodnoty dílčích součinitelů (**zatížení, redukce odporu**) lze měnit v rámu "**Nastavení**".

LRFD - Výběr návrhové situace

Výpočet podle LRFD - zadání dílčích součinitelů

LRFD - Výpočet zdí (opěrné konstrukce)

Výpočet podle LRFD zavádí dva typy výpočtových koeficientů - koeficienty upravující velikost zatížení (**Load factors**) a koeficienty redukcující odpor zeminy (**Resistance factors**).

Součinitele do výpočtu vstupují podle zvolené **návrhové situace**.

Při posouzení jednotlivých případů porušení program stanoví, zda **síla resp. tlak působí příznivě** či **nepříznivě** a přenásobí ji příslušným výpočtovým koeficientem.

Celkový odpor konstrukce proti porušení je při výsledném posouzení přenásoben příslušným koeficientem odporu.

Úprava nastavení pro aktuální úlohu : Úhlová zeď

Materiály a normy Výpočet zdí

Výpočet aktivního tlaku : Coulomb (ČSN 730037)

Výpočet pasivního tlaku : Caquot-Kerisel (ČSN 730037)

Výpočet zemětřesení : Mononobe-Okabe

Tvar zemního klínu : počítat šikmý

Výstupek základu : výstupek uvažovat jako šikmou základovou spáru

Metodika posouzení : výpočet podle LRFD 2012

Upravit nastavení výpočtu pro program :

Stabilita svahu

Patky

Pevnostní I Provozní I Extrémní I

Součinitele zatížení

		Minimální		Maximální
Stálé zatížení - konstrukce :	DC =	0,90	[-]	1,25
Stálé zatížení - zatížení povrchu :	DW =	0,65	[-]	1,50
Stálé zatížení - aktivní zemní tlak :	EH _A =	0,90	[-]	1,50
Stálé zatížení - zemní tlak v klidu :	EH _R =	0,90	[-]	1,35
Stálé zatížení - přetížení :	ES =	0,75	[-]	1,50
Stálé zatížení - zemní klín :	EV =	1,00	[-]	1,35
Proměnné zatížení - přetížení :	LL =	0,00	[-]	1,75
Proměnné zatížení - voda :	WA =	1,00	[-]	1,00

Součinitele redukce odporu

Součinitel redukce odporu na překlopení :	ϕ_o =	0,90	[-]
Součinitel redukce odporu na posunutí :	ϕ_t =	0,80	[-]
Součinitel redukce odporu základové půdy :	ϕ_b =	0,55	[-]
Součinitel redukce pasivního odporu :	ϕ_{VE} =	0,75	[-]

OK

Storno

Výpočet podle LRFD - zadání dílčích součinitelů pro výpočet zdí

U opěrných konstrukcí, resp. zdí jsou informace o aplikovaných výpočtových faktorech zobrazeny v protokolu o výpočtu.

Spočtené síly působící na konstrukci

Název	F _{vod} [kN/m]	Působíště Z [m]	F _{svis} [kN/m]	Působíště X [m]	Koef. překl.	Koef. posun.	Koef. napětí
Tíh.- zeď	0.00	-1.41	97.98	1.64	0.900	0.900	1.250
Odpor na lici	-5.77	-0.22	0.00	0.00	1.000	1.000	1.000
Tíh.- zemní klín	0.00	-1.73	64.51	2.27	1.000	1.000	1.350
Aktivní tlak	80.83	-1.54	109.04	2.83	1.000	1.500	1.500
Přít.1 - celopl.	19.04	-2.17	25.90	2.58	1.000	1.500	1.500
Přít.2 - pásové	2.31	-1.18	2.62	2.96	0.000	0.000	1.500

Protokol o výpočtu

LRFD - Výpočet základů (Patky)

Výpočet podle LRFD zavádí dva typy výpočtových koeficientů - koeficienty upravující velikost zatížení (**Load factors**) a koeficienty redukcující odpor zeminy (**Resistance factors**).

Součinitelé do výpočtu vstupují podle zvolené **návrhové situace**.

Dílčími součiniteli zatížení se přenásobují pouze **vlastní tíha patky** a **tíha zeminy nad patkou (nadloží)**. Jednotlivé složky zatížení musí být **přenásobeny** příslušnými dílčími součiniteli - program zadané zatížení dále nijak neupravuje.

Celkový odpor konstrukce proti porušení je při výsledném posouzení přenásoben příslušným koeficientem odporu.

Výpočet podle LRFD - zadání dílčích součinitelů pro základy

LRFD - Výpočet stability svahu

Výpočet podle LRFD zavádí dva typy výpočtových koeficientů - koeficienty upravující velikost zatížení (**Load factors**) a koeficienty redukcující odpor zeminy (**Resistance factors**).

Součinitelé do výpočtu vstupují podle zvolené **návrhové situace**.

U zadaných přetížení je vyhodnoceno, zda působí příznivě nebo nepříznivě a **hodnota přetížení** je přenásobena příslušným dílčím součinitelem zatížení (**ES**, resp. **LL**).

Redukce odporu (Resistance factors):

Celkový odpor na smykové ploše je redukován dílčím součinitelem ϕ_{SS} . Při prokázání bezpečnosti musí být na smykové ploše splněna následující podmínka rovnováhy:

$$\phi_{SS} F_{pas} \geq F_{act}$$

kde:

- ϕ_{SS} - součinitel redukce stability
- F_{pas} - vzdorující (pasivní) síly na smykové ploše
- F_{act} - sesouvající (aktivní) síly na smykové ploše

Úprava nastavení pro aktuální úlohu : Stabilita svahu

Materiály a normy | Stabilitní výpočty

Výpočet zemětřesení : Standard

Metodika posouzení : výpočet podle LRFD

Metody výpočtu pro polygonální smykovou plochu

Metody výpočtu pro kruhovou smykovou plochu

Upravit nastavení výpočtu pro program :

Stabilizační pilota

Pevnostní | Provozní | Extrémní

Součinitele zatížení

	Minimální	Maximální
Stálé zatížení - přitížení : ES =	0,75 [-]	1,50 [-]
Proměnné zatížení - přitížení : LL =	0,00 [-]	1,75 [-]

Součinitele redukce odporu

Součinitel redukce stability : ϕ_{ss} = 0,65 [-]

OK

Storno

Výpočet podle LRFD - zadání dílčích součinitelů pro stabilitní výpočty

Výpočet podle čínských norem

Programy umožňují výpočty podle metodiky obsažené v čínských normách.

Geotechnické výpočty jsou zde posuzovány podle **stupně bezpečnosti**, spočtené síly ani parametry zemin nejsou redukovány žádnými dílčími součiniteli.

Dimenzování železobetonových a zděných konstrukcí vychází z norem GB 50153-2008 nebo JTS D30-2004. V tomto případě je každá síla vstupující do kombinace přenásobena příslušným koeficientem.

Další součinitel ovlivňující dimenzování je tzv. **Koeficient důležitost budovy** (GB 50153-2008, 8.2.2-1), který se zadává při posouzení konstrukce podle GB 50010-2010 v rámu "Nastavení". Tento součinitel zvyšuje namáhání průřezu.

V případě **výpočtu zemětřesení** a seismické kombinace u výpočtu podle GB 50010-2010 se dále uplatní tzv. **Seismické součinitele pevnosti** (GB 50011-2010), které zvyšují spočtenou únosnost průřezu. Tyto součinitele se zadávají v rámu "Nastavení" v záložce "Materiály a normy".

Statický výpočet **pažících konstrukcí** vychází z normy JGJ 120-2012 (Technical specification for retaining and protection of building foundation excavations). Jedná se např. o **stanovení modulu reakce podloží** nebo **posouzení dna**.

Výpočet podle BS8006

Při návrhu podle BS8006-1 se postupuje v zásadě podle teorie **mezních stavů**.

V závislosti na zvoleném **typu konstrukce** jsou do výpočtu zavedeny dílčí součinitele výpočtu, které upravují charakteristické hodnoty zatížení, materiálu a odporu.

Typ konstrukce se volí v rámu "Nastavení fáze":

- Zed'
- Svah

Součinitele pro zed'

Výpočet se provádí pro dva soubory zatížení:

- **Kombinace A** - generuje nejvyšší hodnotu napětí pod konstrukcí
- **Kombinace B** - generuje nejhorší stav pro posunutí konstrukce

Program aplikuje následující součinitele:

Součinitele parametrů zemin:		
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření	f_{ms}	1,00
Součinitel redukce efektivní soudržnosti	f_{ms}	1,60
Součinitel redukce neodvodněné smykové pevnosti	f_{ms}	1,00

Součinitele redukce odporu:		
Součinitel redukce odporu na posunutí	f_s	1,20

Součinitel redukce odporu základové půdy	f_{ms}	1,35
Součinitel redukce na vytržení geovýztuhy	f_p	1,30
Součinitel redukce na posunutí po geovýztuze	f_s	1,30

Součinitele zatížení		Kombinace A	Kombinace B
Stálé zatížení - konstrukce	f_{fs}	1,50	1,00
Stálé zatížení - aktivní zemní tlak	f_{fs}	1,50	1,50
Stálé zatížení - na povrchu bloku	f_s	1,50	1,00
Stálé zatížení - za blokem	f_s	1,50	1,50
Proměnné zatížení - na povrchu bloku	f_q	1,50	0,00
Proměnné zatížení - za blokem	f_q	1,50	1,50
Zatížení působící příznivě	f	1,00	1,00

Součinitele pro svah

Výpočet aplikuje následující součinitele:

Součinitele parametrů zemin:		
Součinitel redukce úhlu vnitřního tření :	f_{ms}	1,00
Součinitel redukce efektivní soudržnosti :	f_{ms}	1,60
Součinitel redukce neodv. smykové pevnosti :	f_{ms}	1,00

Součinitele redukce odporu:		
Součinitel redukce odporu na posunutí :	f_s	1,20
Součinitel redukce na vytržení geovýztuhy :	f_p	1,30
Součinitel redukce na posunutí po geovýztuze :	f_s	1,30

Součinitele zatížení:		
Stálé zatížení - konstrukce :	f_{fs}	1,50
Stálé zatížení - přetížení :	f_f	1,20
Proměnné zatížení - přetížení :	f_q	1,30
Zatížení působící příznivě	f	1,00

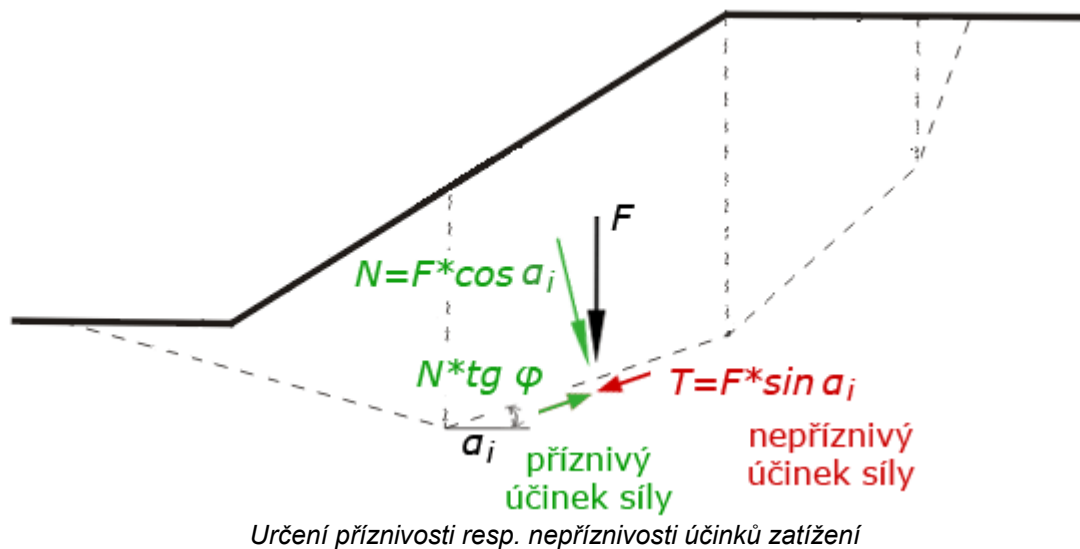
Výpočet podle DIN1054

Při návrhu podle DIN1054 se postupuje v zásadě podle teorie **mezních stavů**.

Redukce zatížení:

Síly na proužku jsou ve výpočtu redukovány dílčími součiniteli. V závislosti na sklonu smykové plochy program vyhodnotí, zda **tíhová síla** daného bloku působí příznivě resp. nepříznivě. Je-li příznivý účinek síly větší než nepříznivý, použije se příznivý koeficient. Podle toho je tíha bloku W přenásobena dílčím součinitelem pro stálé zatížení.

Vliv vody je redukován **dílčím součinitelem**, který přenásobuje výsledný **pórový tlak** a síly od volné vody nad terénem.



U zadaných přitížení je nejprve vyhodnoceno, zda působí příznivě, nebo nepříznivě a **celé přitížení** je přenásobeno příslušným dílčím součinitelem.

Redukce materiálu:

Parametry zemin jsou automaticky redukovány příslušnými dílčími součiniteli.

Návrhové situace

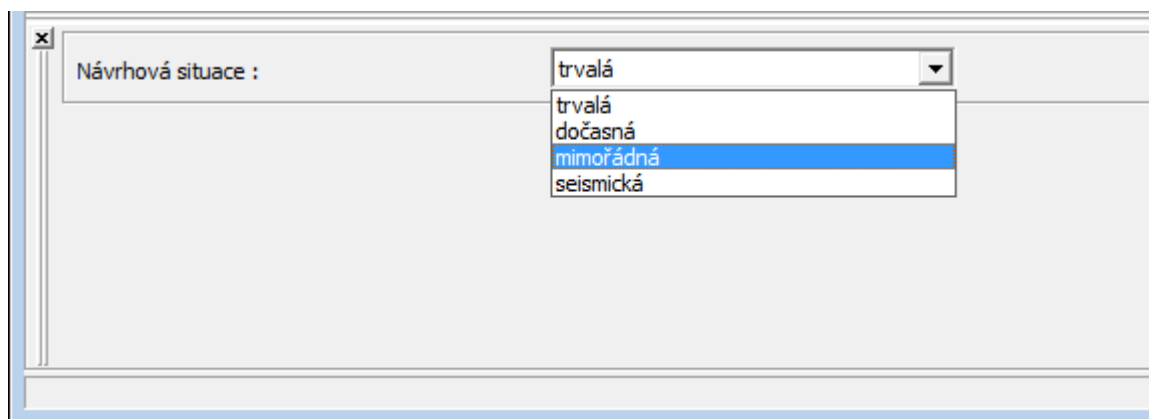
Programy zavádí čtyři návrhové situace, které se mohou lišit jinými součiniteli výpočtu. Jsou to:

- **Trvalá návrhová situace** - nejběžnější stav a posouzení, kdy prokazujeme bezpečné navržení konstrukce po celou dobu její životnosti.
- **Dočasná návrhová situace** - lze použít pro konstrukce provizorní resp. stavební stavy. Obvykle je vyžadována menší bezpečnost než u trvalé návrhové situace.
- **Mimořádná návrhová situace** - používá se při mimořádných zatíženích, jako povodně, havárie, požár apod. Hodnoty redukčních součinitelů jsou většinou rovny jedné.
- **Seismická návrhová situace** - je určena pro výpočet zemětřesení. Filosoficky je sice podobná mimořádné návrhové situaci, ale pro zemětřesení je většinou vyžadována větší bezpečnost, v některých zemích dokonce stejná jako u trvalé návrhové situace.

LRFD zavádí nové typy **návrhových situací** (**Pevnostní I, Provozní I, Extrémní I**).

Součinitele bezpečnosti a redukční koeficienty se zadávají v **nastavení**.

Příslušná návrhová situace pro fázi budování konstrukce se volí v rámu **"Nastavení fáze"**.



Výběr návrhové situace

Jednotlivé programy

Tato kapitola obsahuje základní popis jednotlivých režimů zadávání dat do programů:

- Zemní tlaky
- Úhlová zeď
- Tížná zeď
- Prefabrikovaná zeď

- Vyztužená zeď
- Gabion
- Opěra
- Hřebíkový svah
- Redi-Rock zeď
- Pažení návrh
- Pažení posudek
- Stabilizační pilota
- Šachta
- Stabilita svahu
- Skalní svah
- Vyztužené náspy
- Patky
- Patky CPT
- Pilota
- Pilota CPT
- Skupina pilot
- Mikropilota
- Deska
- Nosník
- Sedání
- Výrub
- Stratigrafie (a moduly Dokumentace, Řezy a Zemní práce)
- MKP (a moduly Konsolidace, Proudění, Tunel, Zemětřesení)

Program Zemní tlaky

Program počítá základní zemní tlaky (aktivní, pasivní, tlak v klidu) na konstrukci.

Nápověda k programu "Zemní tlaky" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Geometrie	Profil	Zeminy	Přiřazení
Terén	Voda	Přetížení	Zemětřesení	Nastavení fáze	Výpočet

- Normy a metody výpočtu
- Teorie k výpočtům v programu **"Zemní tlaky"**:

Napětí v zemině	Zemní tlaky
--------------------	-------------
- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám **"Projekt"** je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Výpočet tlaků**".

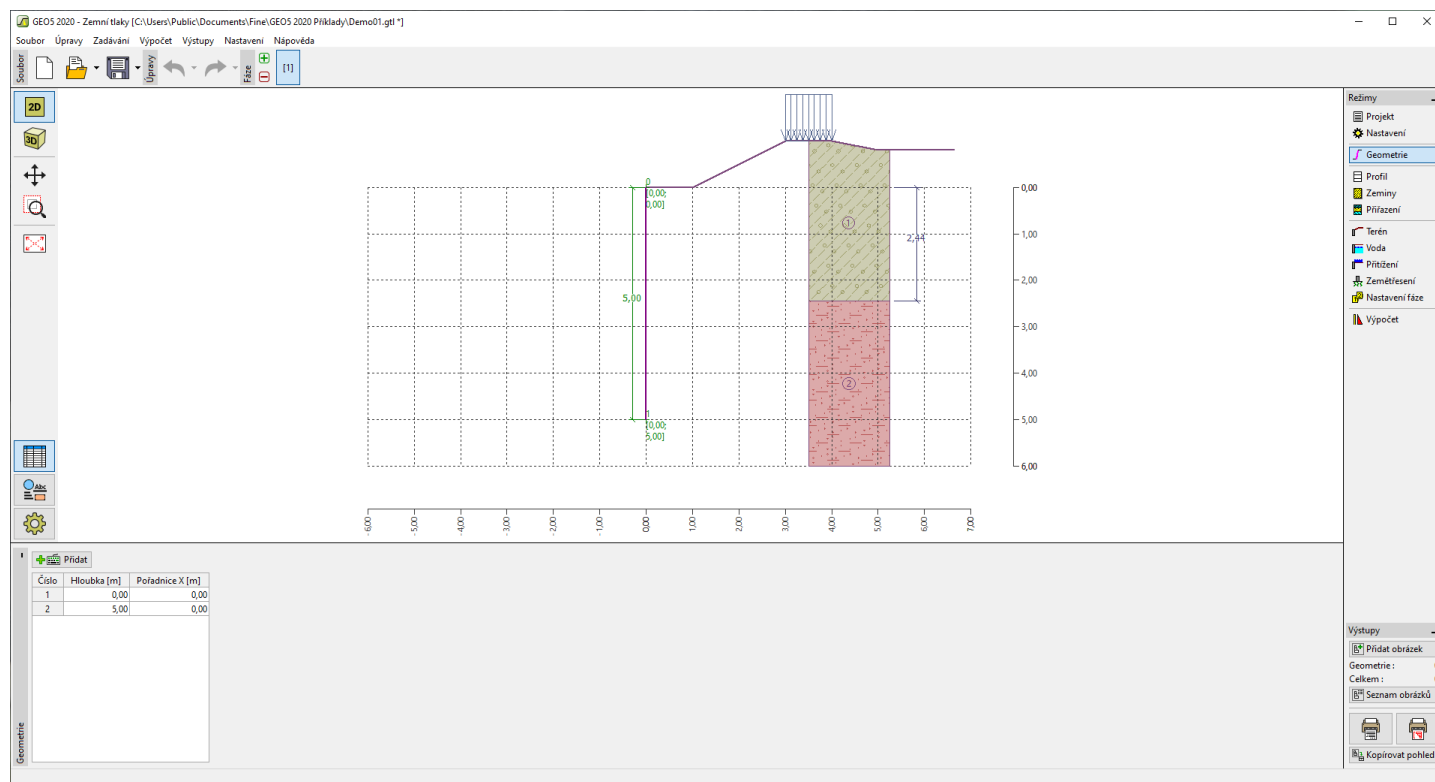
Rám "Nastavení"

Geometrie

Rám "Geometrie" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných bodů konstrukce. **Přidání** bodů se provádí v **dialogovém okně "Nový bod"**.

Zadané body lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů** - poklepáním (double-click) na bod otevřeme dialogové okno s příslušným bodem.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie konstrukce"

Profil

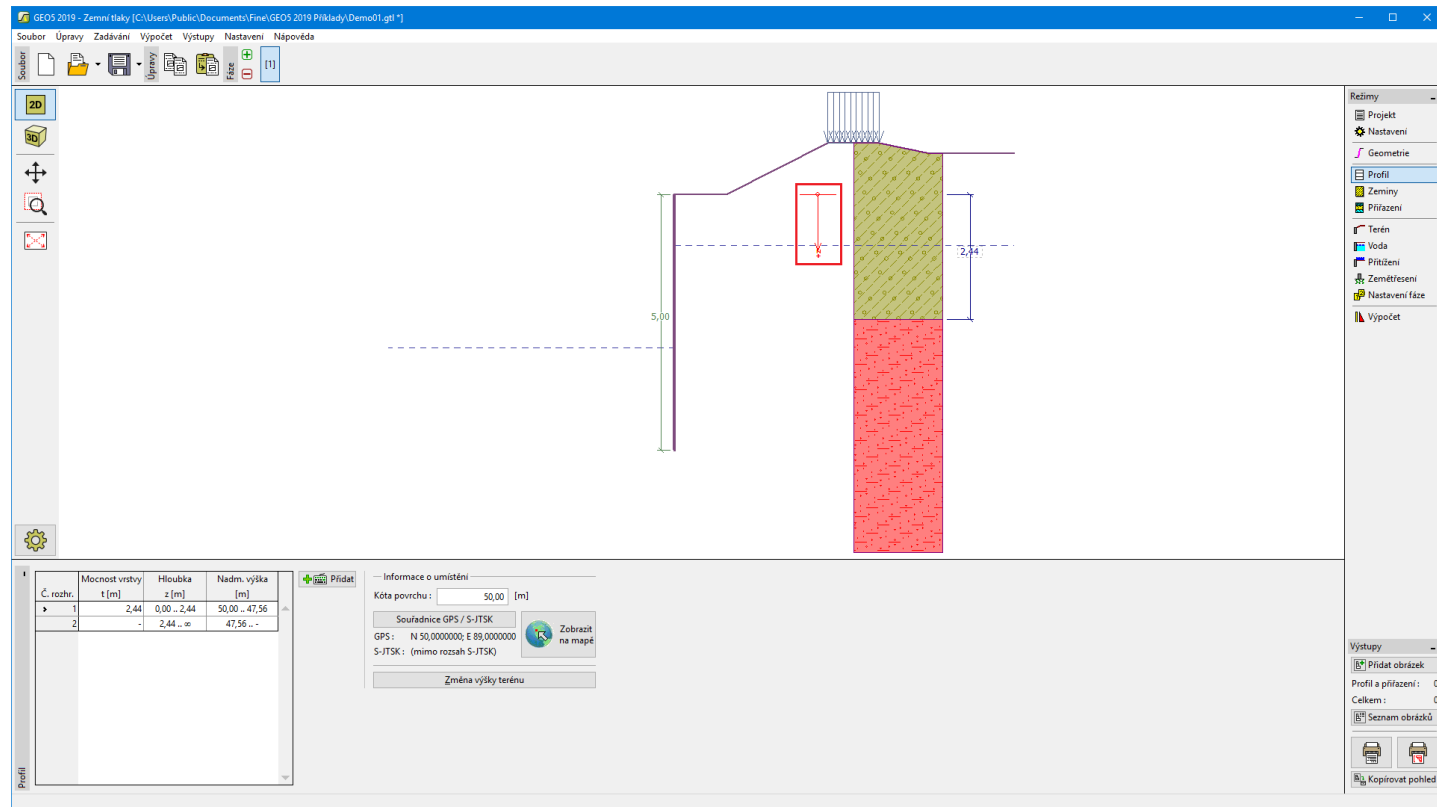
Rám "**Profil**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -tová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrstvy (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

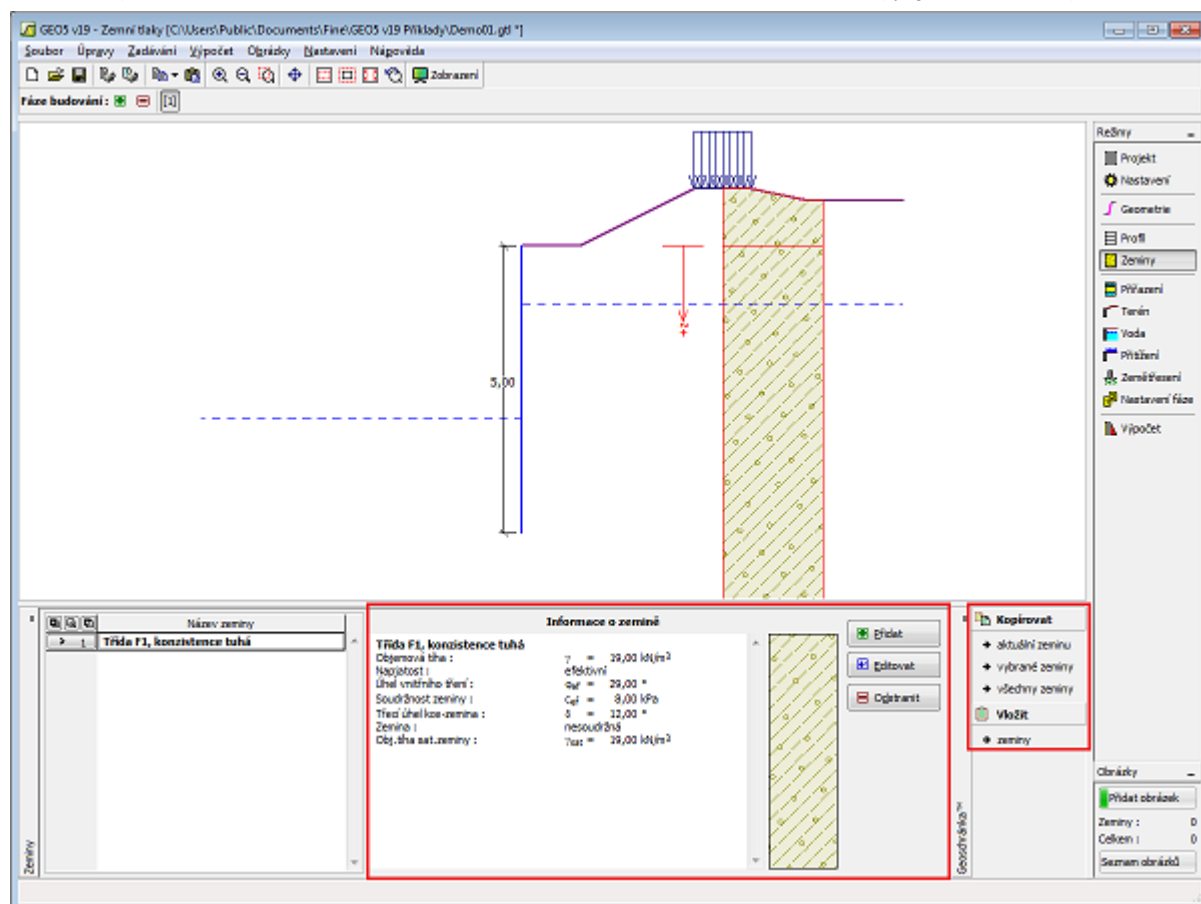
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v dialogovém okně "Přidání nových zemín".

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "Základní data", "Tlak v klidu" a "Vztlak".

Data zadáných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemín**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemín. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní, resp. totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu **"Napjatost"**. To zda počítat v **efektivní, resp. totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí**, který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce α** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole **"Zemní tlaky"**.

Přidání nových zemin

Identifikace

Název : Třída F1, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Napjatost :

Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} =$ [°] 26-32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa] 4-12

Třecí úhel ke-zemina : $\delta =$ [°]

Tlak v klidu

Zemina :

Vztlak

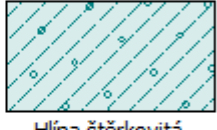
Způsob výp.vztaku :

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Barva :

Kategorie vzorků :

Vzorek : 
 Hlína štěrkovitá

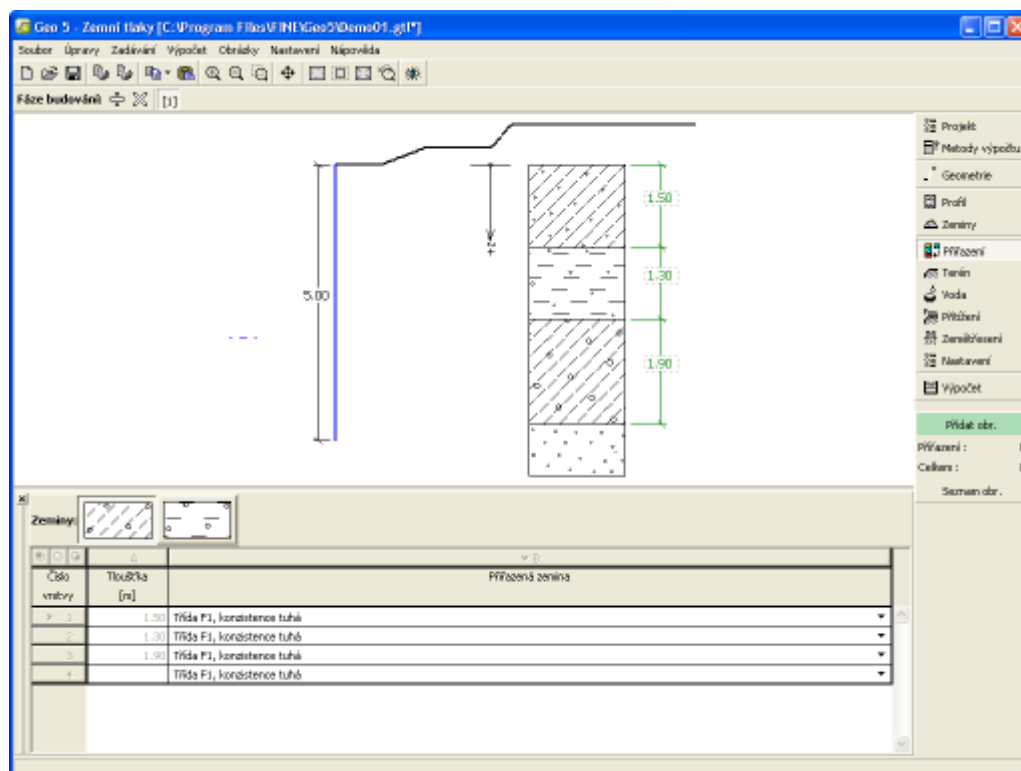
Zatřídění

Dialogové okno "Přidání nových zemin"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



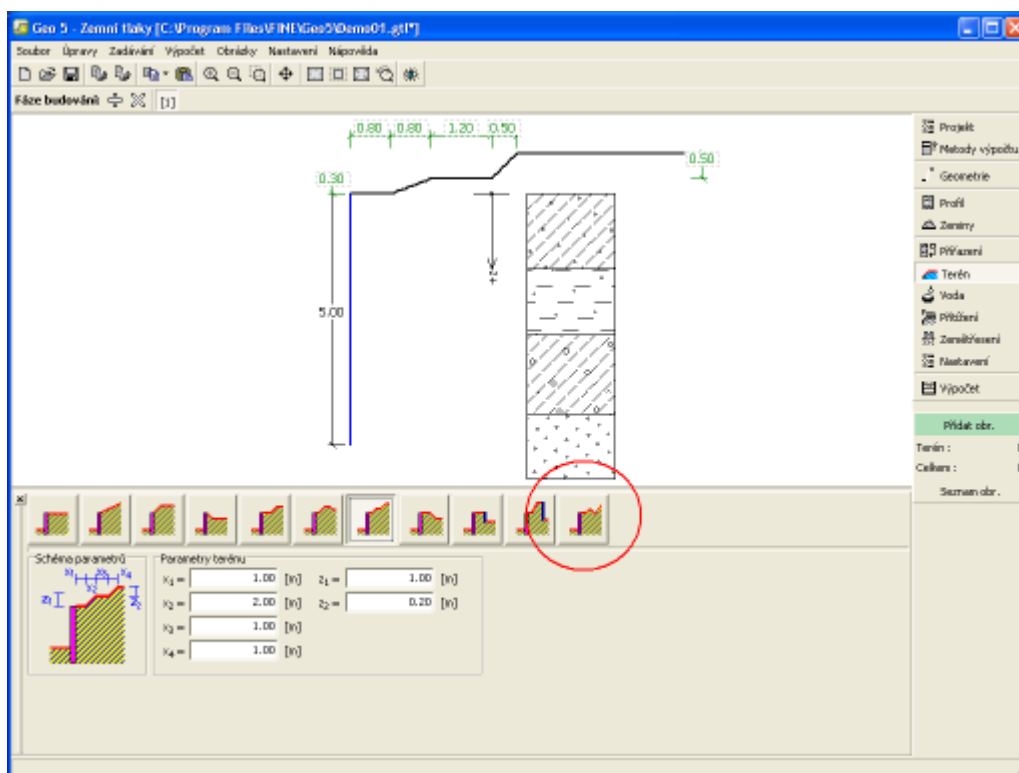
Rám "Přiřazení"

Terén

V rámu "Terén" se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí [0; 0] leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".



Rám "Terén"

Voda

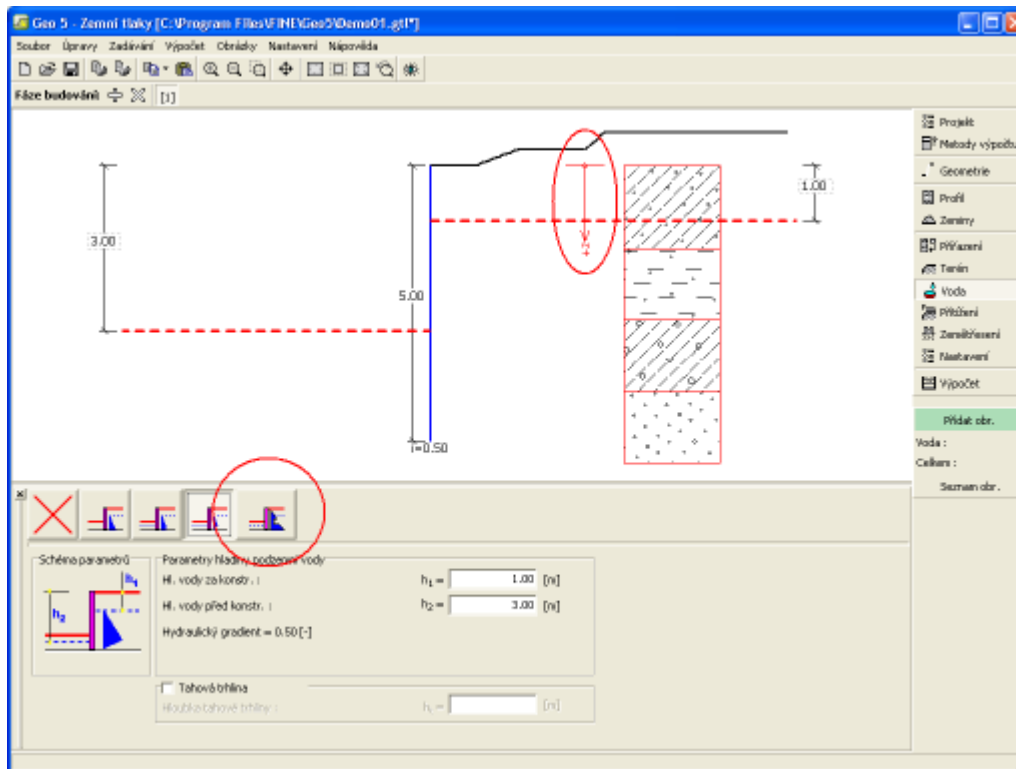
V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 ...) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou je ruční zadání pórového tlaku před i za konstrukcí. V rámu se zobrazí dvě záložky "**Před konstrukcí**" a "**Za konstrukcí**" s **tabulkami**. Do tabulek se zadávají hodnoty pórového tlaku před, nebo za konstrukcí v hloubce "z" (viz osa z)

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlin** vyplněných vodou.



Rám "Voda"

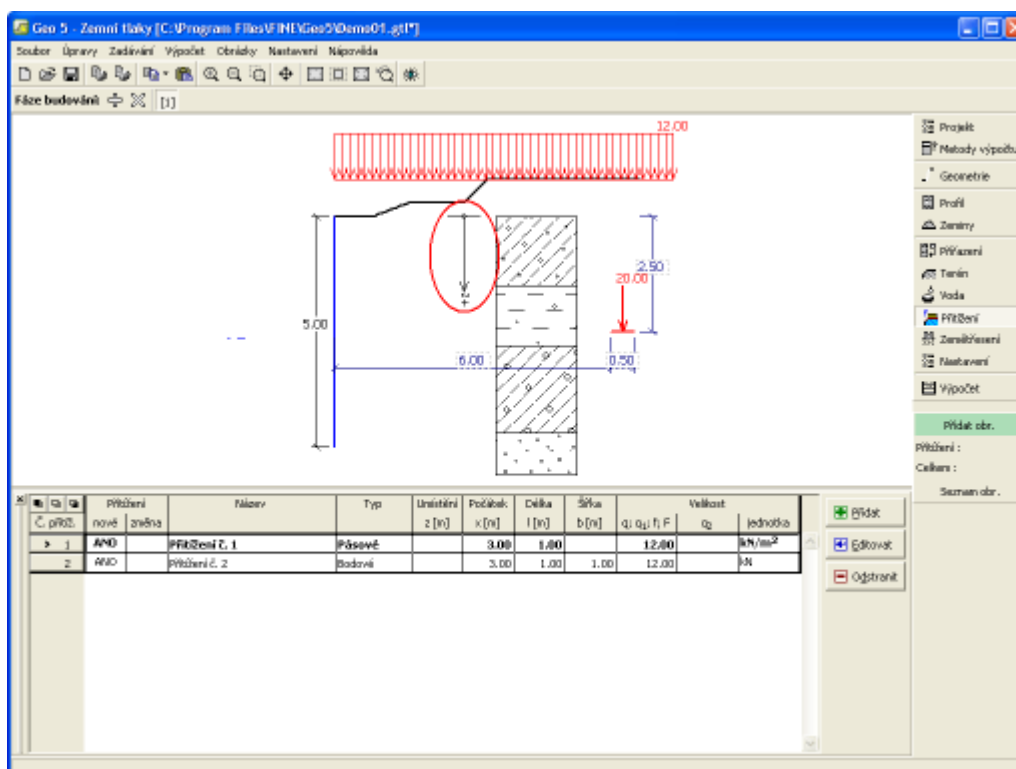
Přetížení

Rám "Přítiznění" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přítiznění. Přidání přítiznění se provádí v dialogovém okně "Nové přítiznění". Zadaná přítiznění lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Při zadání přetížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přetížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přetížení je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv přetížení**".



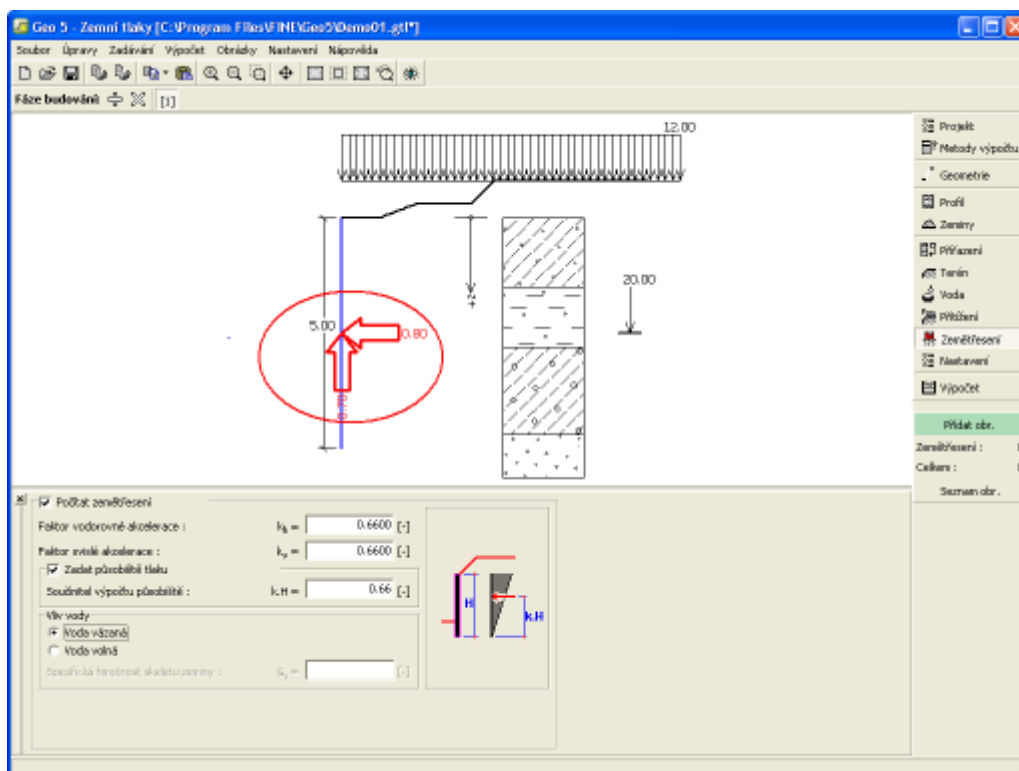
Rám "Přetížení"

Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv zemětřesení".



Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

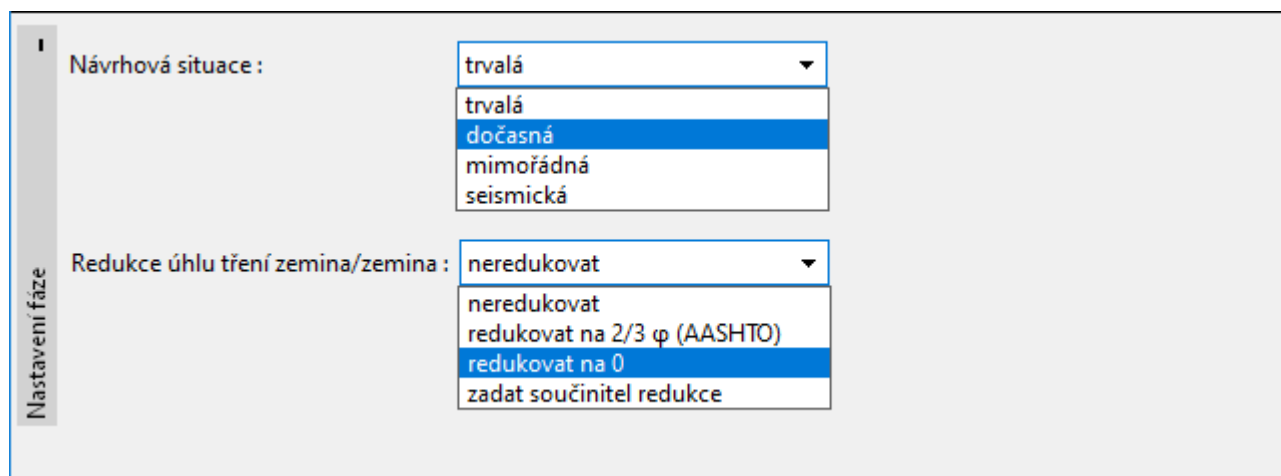
V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.

Redukci **úhlu tření zemina/zemina** lze uvažovat jednou z následujících možností:

- **neredukovat**
- **redukovat na $2/3\phi$ (AASHTO)**
- **redukovat na 0**
- **zadat součinitel redukce**



Rám "Nastavení fáze"

Výpočet

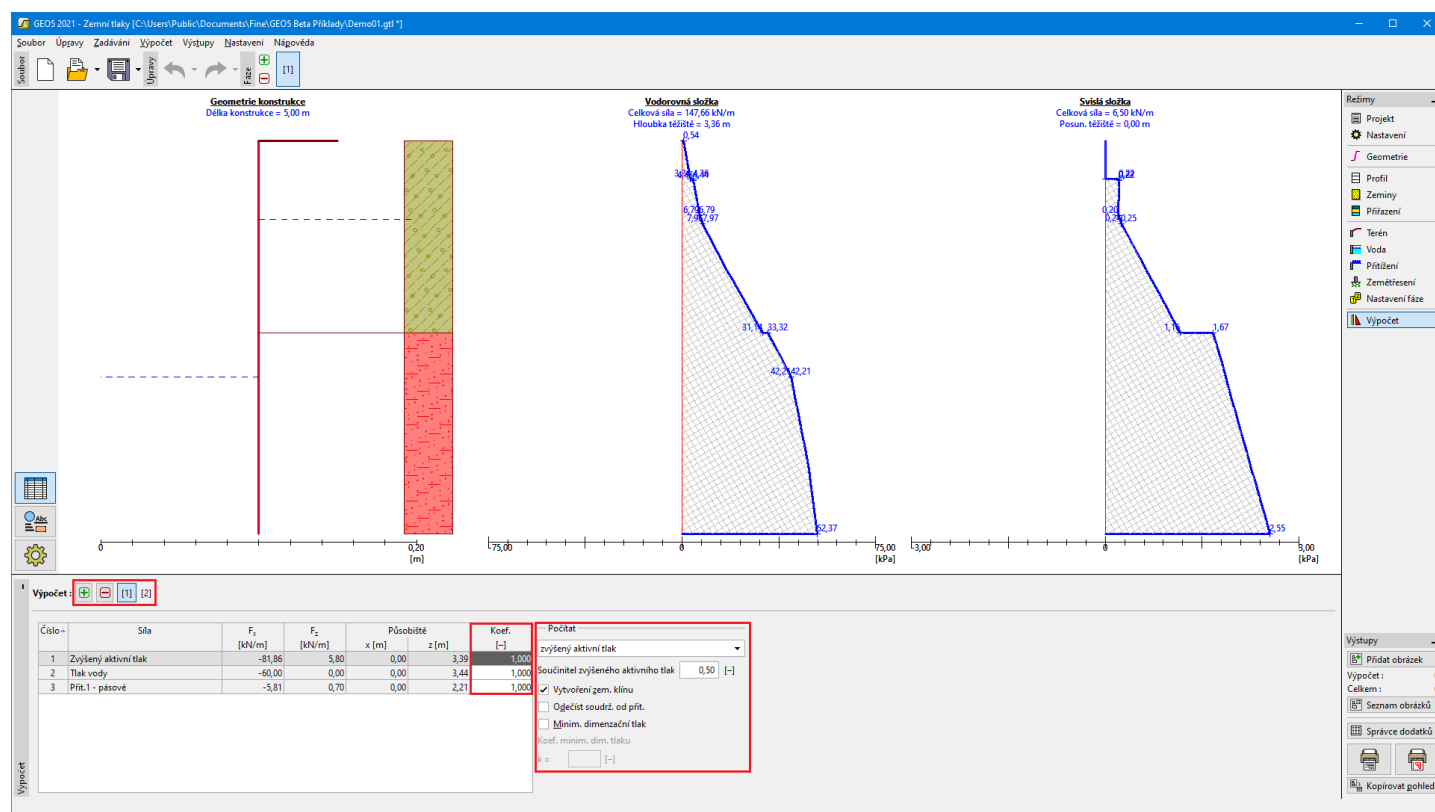
V rámu "Výpočet" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, nebo **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**". Je-li výpočet proveden podle "**Návrhového přístupu 1**", je nutné v pravé části okna zadat číslo kombinace.
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

V rámu se dále volí typ zemního tlaku, který počítáme (**aktivní tlak**, **tlak v klidu**, **pasivní tlak**, **zvýšený aktivní tlak**). Při výpočtu aktivního zemního tlaku lze zaškrtnout volby "**Vytvoření zemního klínu**" a "**Minimální dimenzační tlak**".

Výsledky výpočtu jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Výpočet"

Program Úhlová zed'

Program je určen k návrhu a posouzení železobetonových úhlových zdí.

Nápověda k programu "Úhlová zed'" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Geometrie	Materiál	Profil	Zeminy	Přiznání
Založení	Zásyp	Terén	Voda	Přítížení	Odpor na líci	Zadané síly
Zeměměření	Kotvení základu	Nastavení fáze	Posouzení	Únosnost	Dimenzování	Stabilita

- Normy a metody výpočtu
- Teorie k výpočtům v programu "Úhlová zed'":

Napětí v
zemíně

Zemní tlaky

Výpočty zdí

Výpočet
únosnosti
základu

Dimenzování železobetonových konstrukcí

- Informace k **výstupům**
- Obecné informace pro práci v **uživatelském prostředí** programů GEO5
- **Společné zadávání** pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

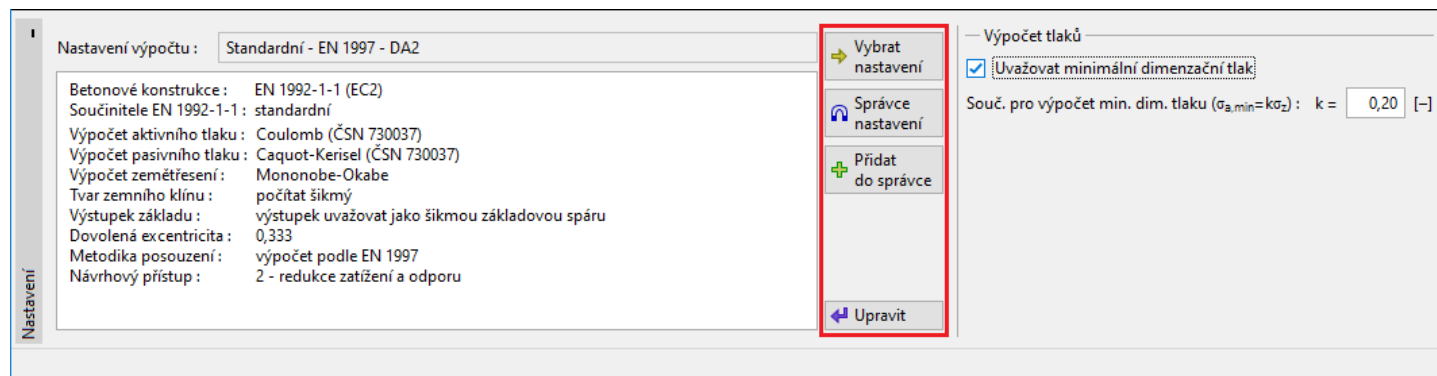
Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádějí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Program umožňuje zadat hodnotu **minimálního dimenzačního tlaku** (zaškrtnutím volby "**Uvažovat minimální dimenzační tlak**").

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Výpočet zdí**".



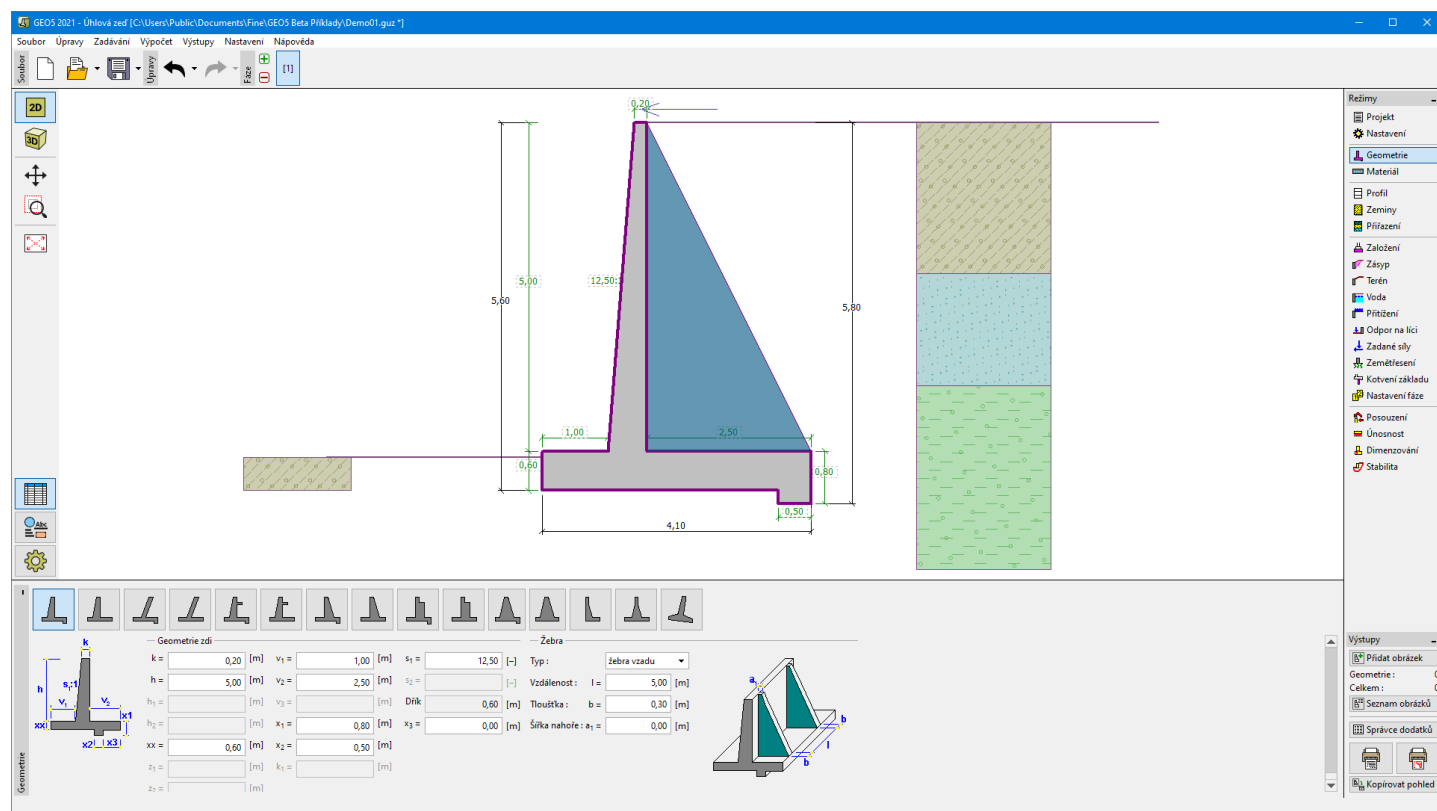
Rám "Nastavení"

Geometrie

V **rámu "Geometrie"** se stiskem tlačítka volí tvar úhlové zdi. U některých tvarů zdi je možné uvažovat **žebra** v přední nebo zadní části konstrukce. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar zdi lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

V případě šikmých tvarů konstrukce se zadává poměr stran šikmé části **1:x**. **Zadání rovné konstrukce** se provede zadáním hodnoty nula.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie"

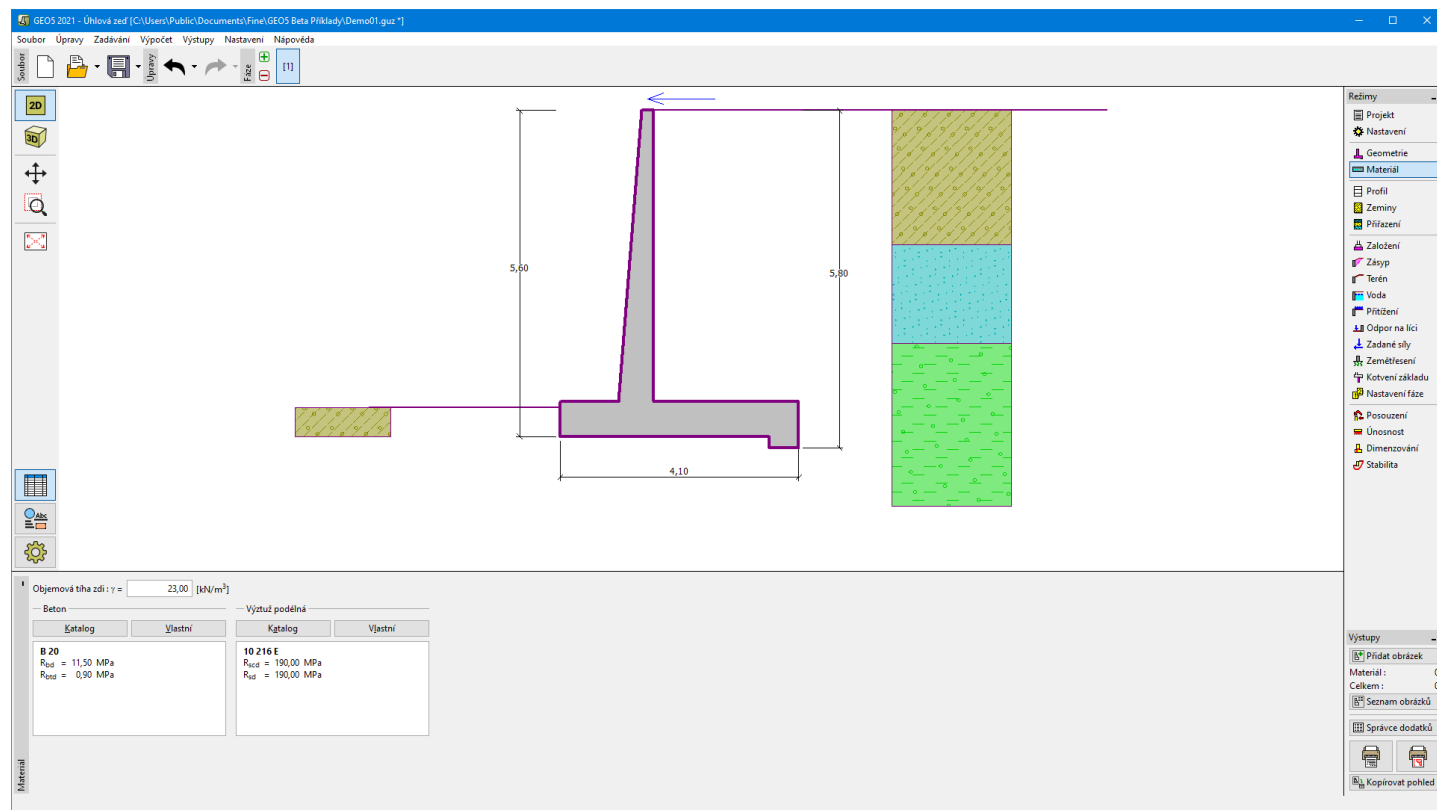
Materiál

V **rámu "Materiál"** se zadávají materiálové charakteristiky. V zadávacím poli v horní části rámu se zadává **objemová tíha konstrukce**.

Pro nastavení parametrů materiálu lze použít dvě možnosti:

- tlačítkem **"Katalog"** otevřeme dialogové okno **"Katalog materiálů"** a ze seznamu vybereme požadovaný materiál
- tlačítkem **"Vlastní"** otevřeme dialogové okno **"Editor materiálu"** a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy pro navrhování **betonových** konstrukcí v záložce **"Materiály a normy"**.



Rám "Materiál"

Profil

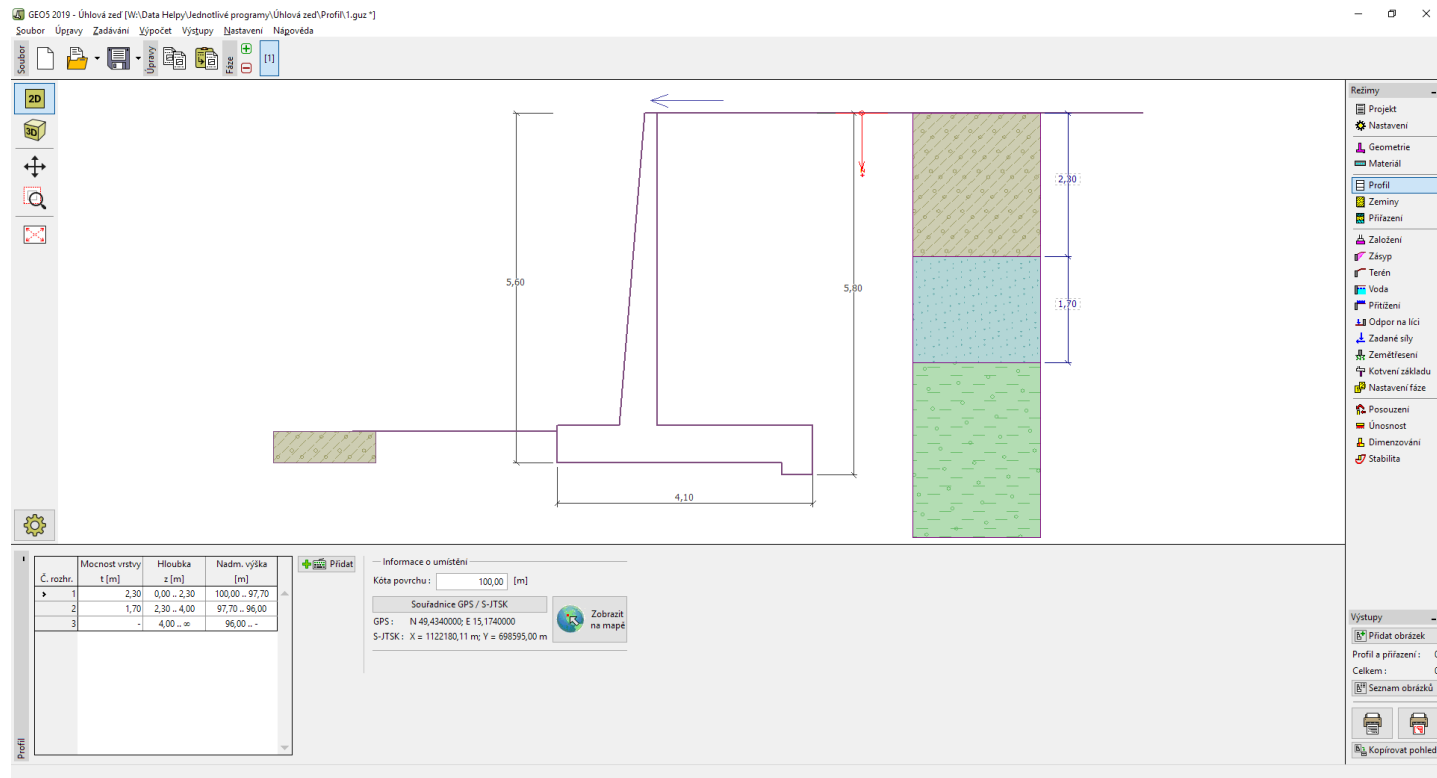
Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrty (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

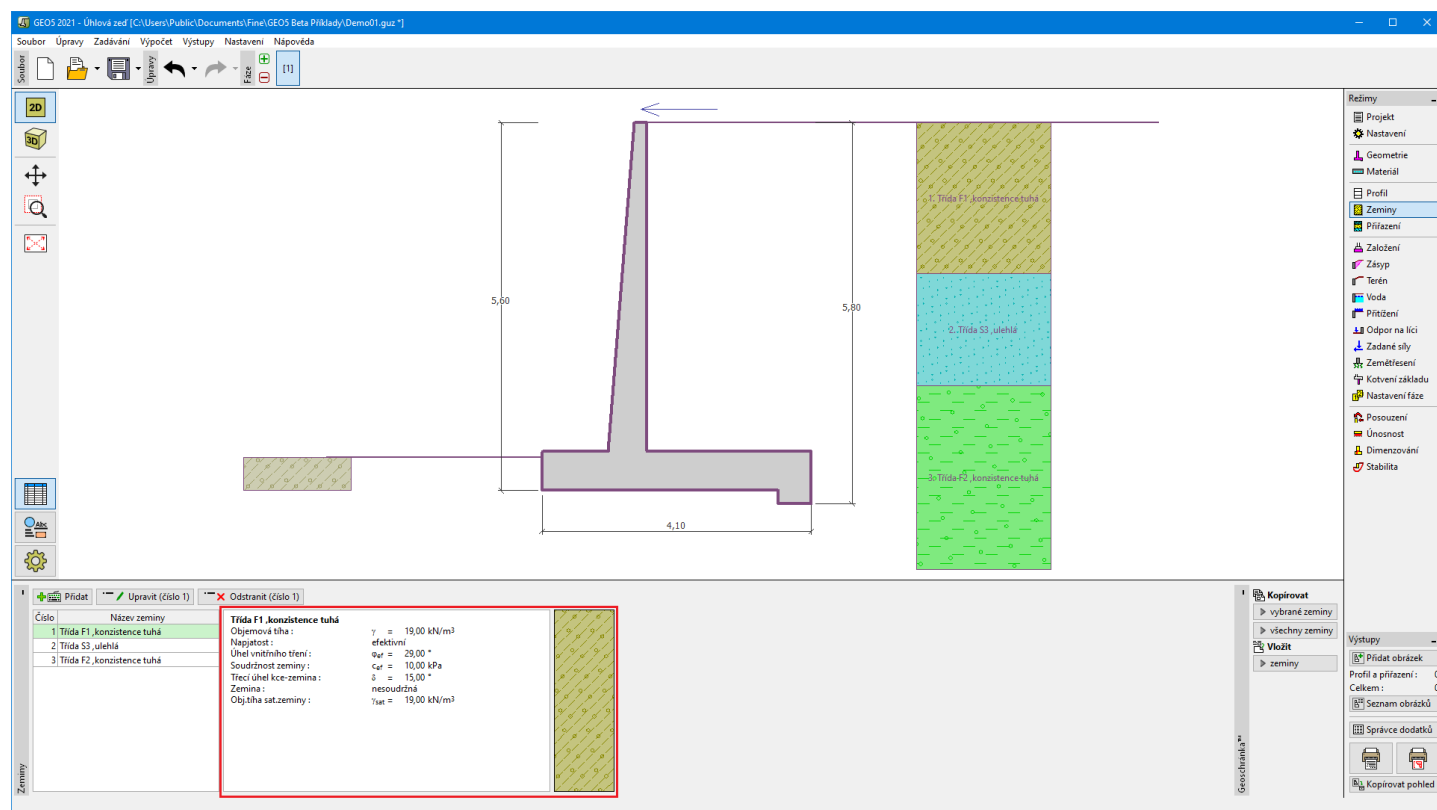
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v dialogovém okně "Přidání nových zemín".

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "Základní data", "Tlak v klidu" a "Vztlak".

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemin**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemin. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní, resp. totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu "**Napjatost**". To zda počítat v **efektivní, resp. totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí**, který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce** a .

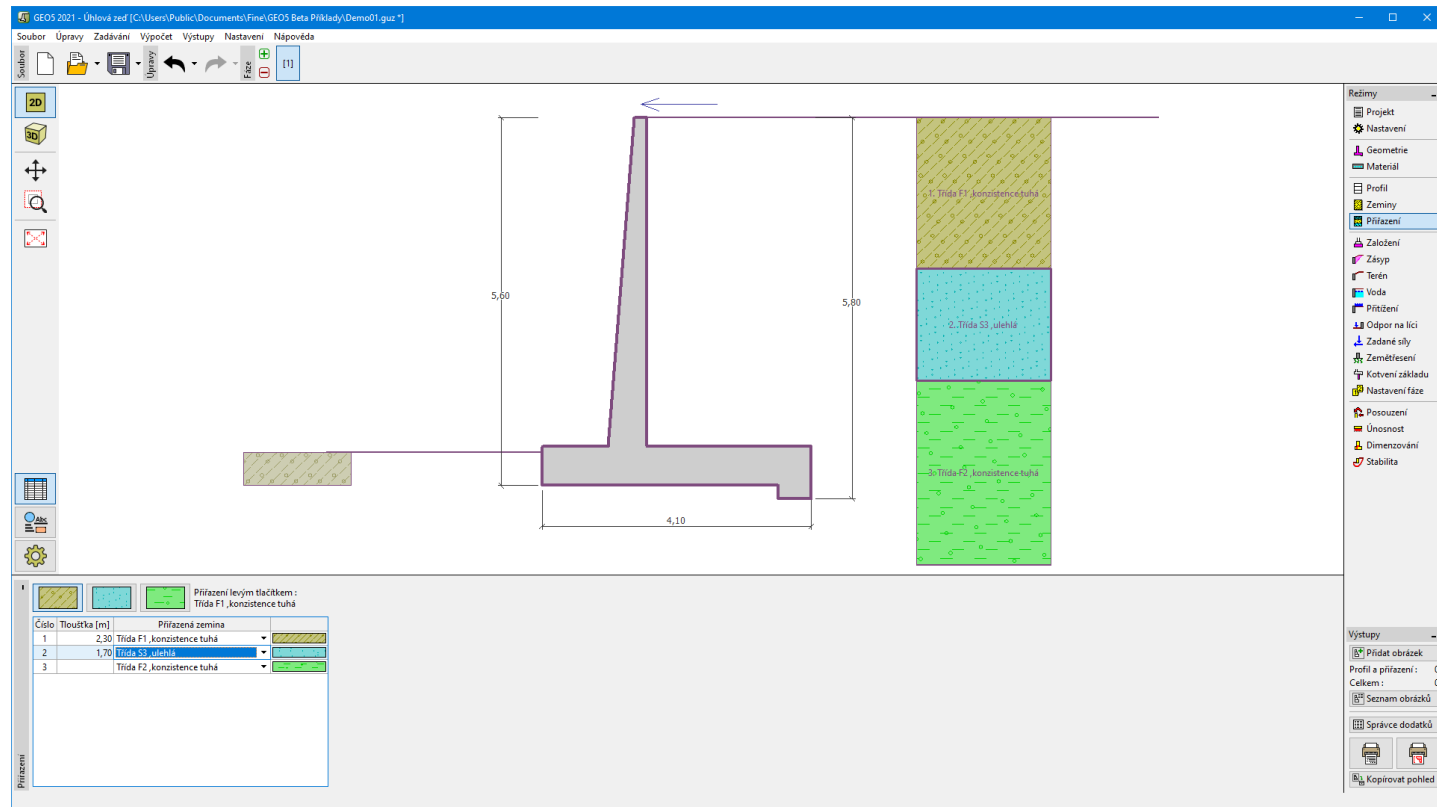
Související teorie je podrobně popsána v kapitole "**Zemní tlaky**".

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



Rám "Přirazení"

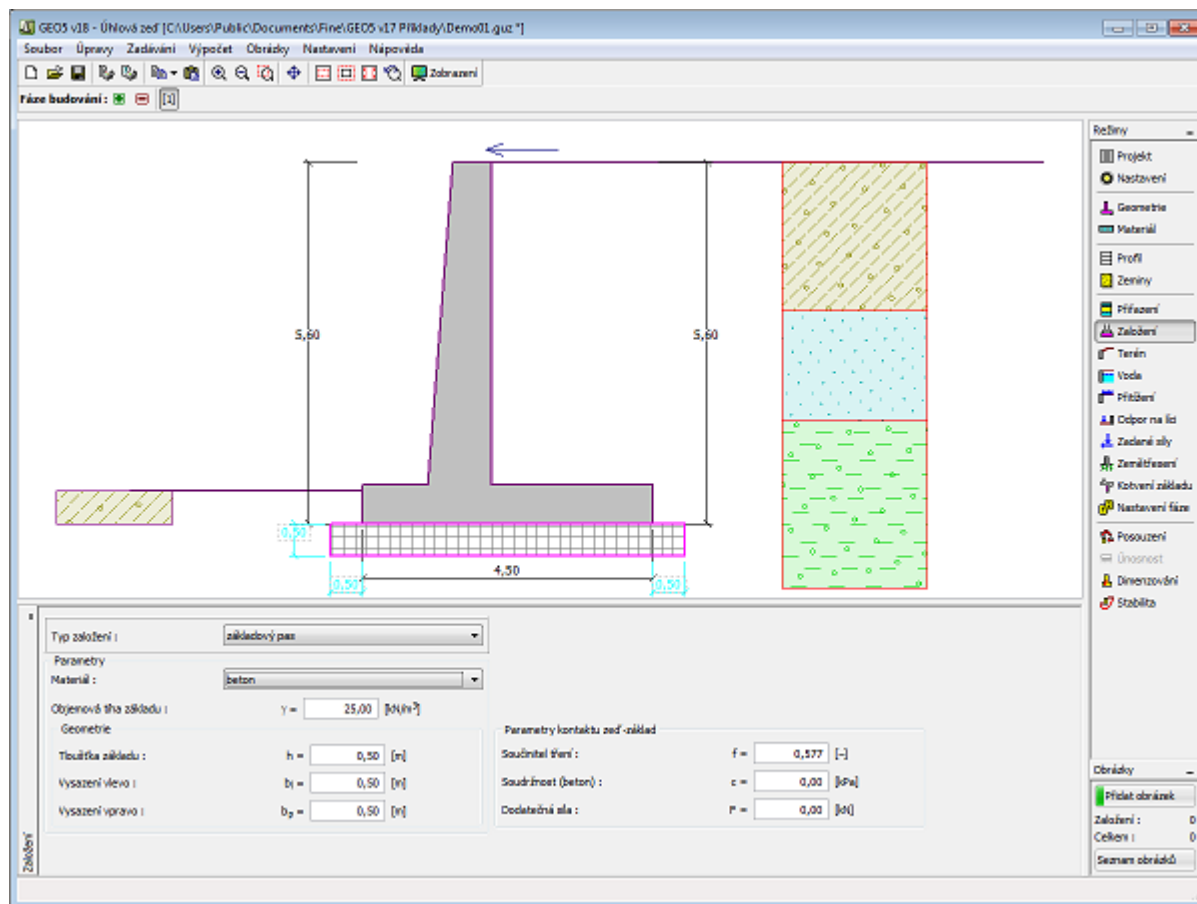
Založení

V rámu "Založení" se zadává typ založení zdi. Program umožňuje zadat následující typy založení zdi:

- zemina - geologický profil** - zeď je založená na zemině **přirazené** z geologického profilu, který se zadává v rámu "Profil"
- zemina - zadat parametry kontaktu** - zadávají se parametry kontaktu mezi základovou spárou konstrukce zdi a zeminou. Pro volbu "zadávat úhel tření základ-zemina" se v programu zadává úhel tření mezi základem a zeminou ψ [°]. Pro volbu "zadávat součinitel tření" se v programu zadává součinitel tření μ [-]. Pro obě možnosti se zadává soudržnost mezi základem a zeminou a [kPa].
- základový pas** - materiál základového pasu tvoří **zemina** (zadaná v rámu "Zeminy") nebo **beton** - zadává se **objemová tíha materiálu základu** γ a **parametry kontaktu zeď-základ** (součinitel tření f , soudržnost c , dodatečný odpor F)
- pilotový základ** - zeď lze založit na jedné řadě pilot resp. na dvou řadách pilot

Základový pas a **pilotový základ** lze pro založení zdi použít pouze v případě, že je v rámu "Geometrie" zvolen typ zdi s **rovnou základovou spárou bez výstupku**. Geometrii založení zdi (**základový pas**, **pilotový základ**) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Vstupní data zadaná v tomto rámu ovlivňují samotný **výpočet zdí** (posouzení na posunutí) a dále **únosnost základové půdy**.

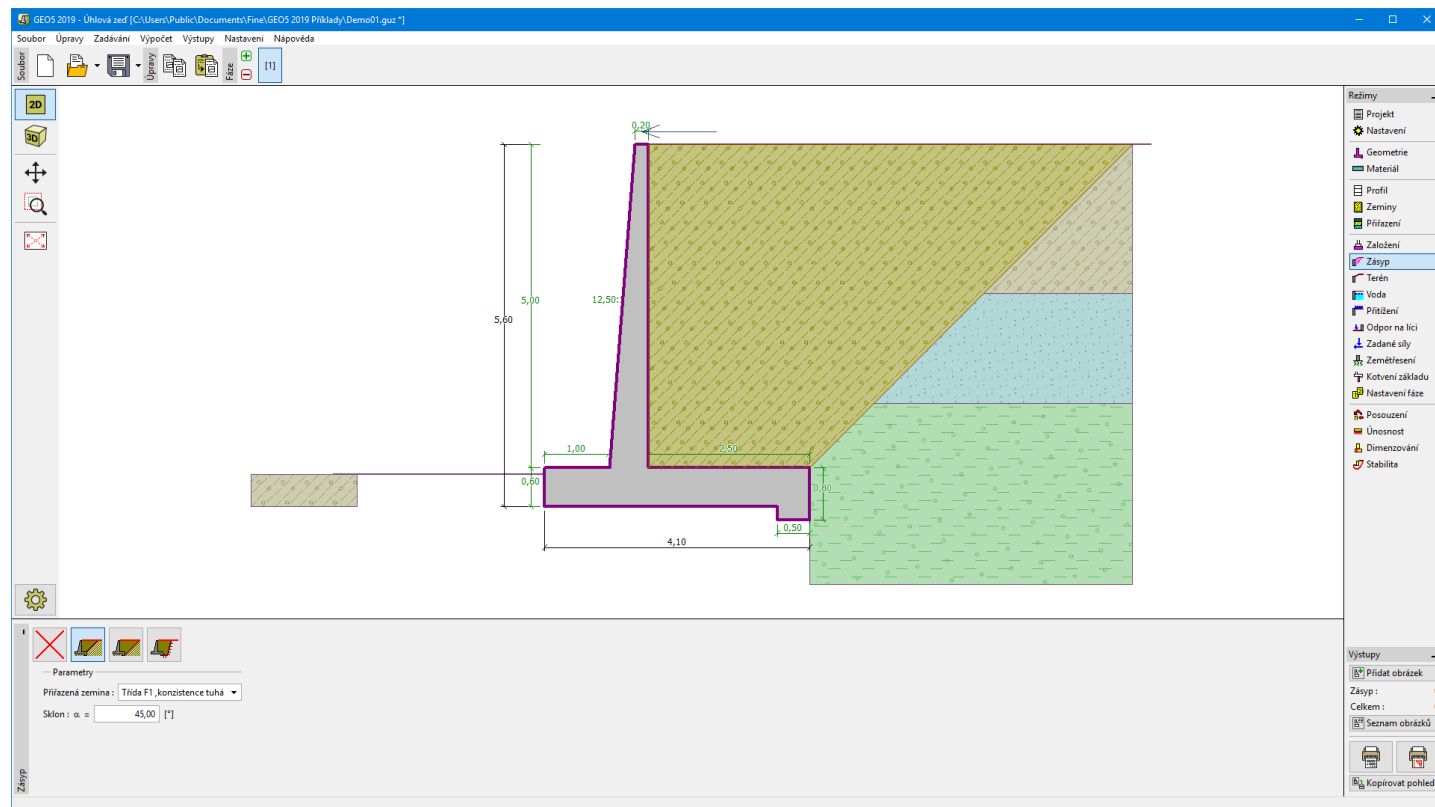


Rám "Založení"

Zásyp

V rámu "Zásyp" se stiskem tlačítka volí typ zásypu.

Jednotlivé typy jsou popsány v teoretické části nápovědy "Vliv zásypu".



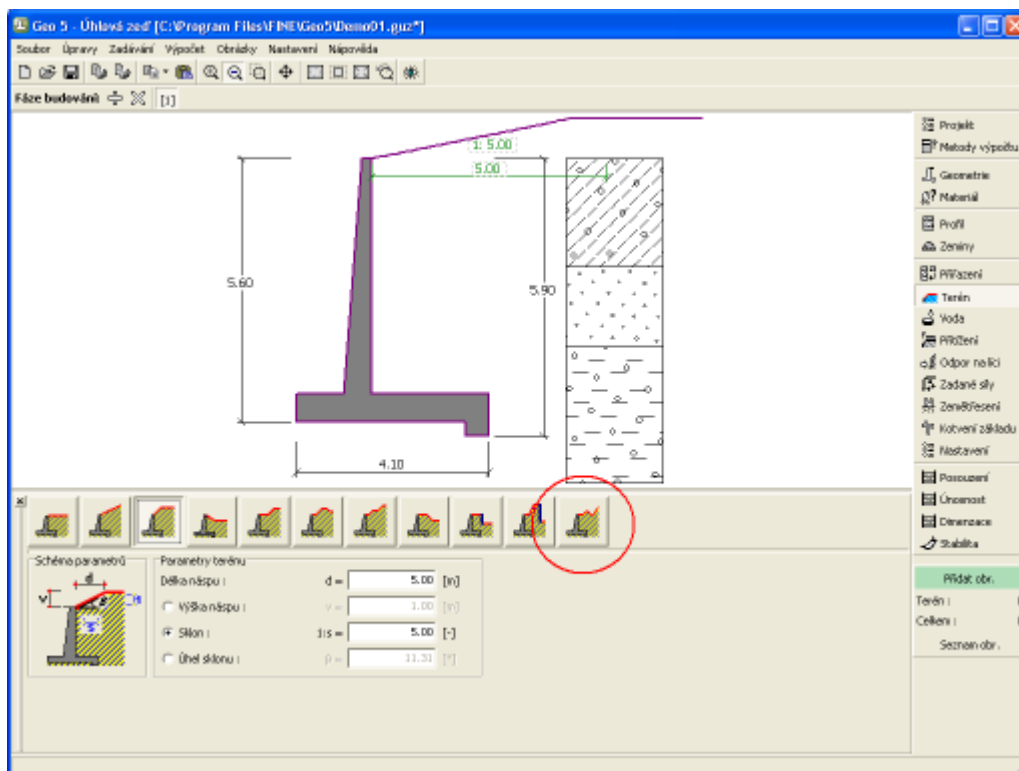
Rám "Zásyp"

Terén

V rámu "Terén" se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí [0; 0] leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".



Rám "Terén"

Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 ...) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

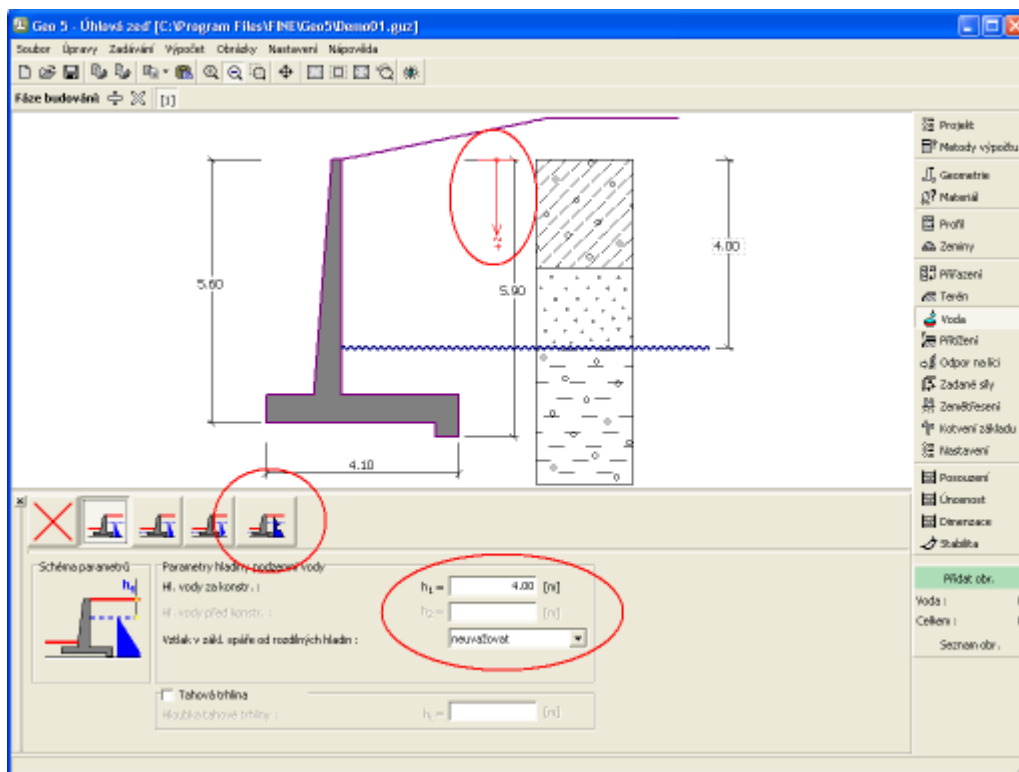
V rozbalitelném seznamu se zadává, zda se předpokládá působení vztlaku vody od rozdílných hladin v základové spáře. Vztlak může být **lineární**, **parabolický** nebo není vůbec uvažován. Vztlak v základové spáře od rozdílných hladin je v posouzení zdi zaveden zvláštní silou.

Poslední volbou je ruční zadání pórového tlaku před i za konstrukcí. V rámu se zobrazí dvě záložky "**Před konstrukcí**" a "**Za konstrukcí**" s **tabulkami**. Do tabulek se zadávají hodnoty pórového tlaku před, nebo za konstrukcí v hloubce "z" (viz osa z)

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlin** vyplněných vodou.



Rám "Voda"

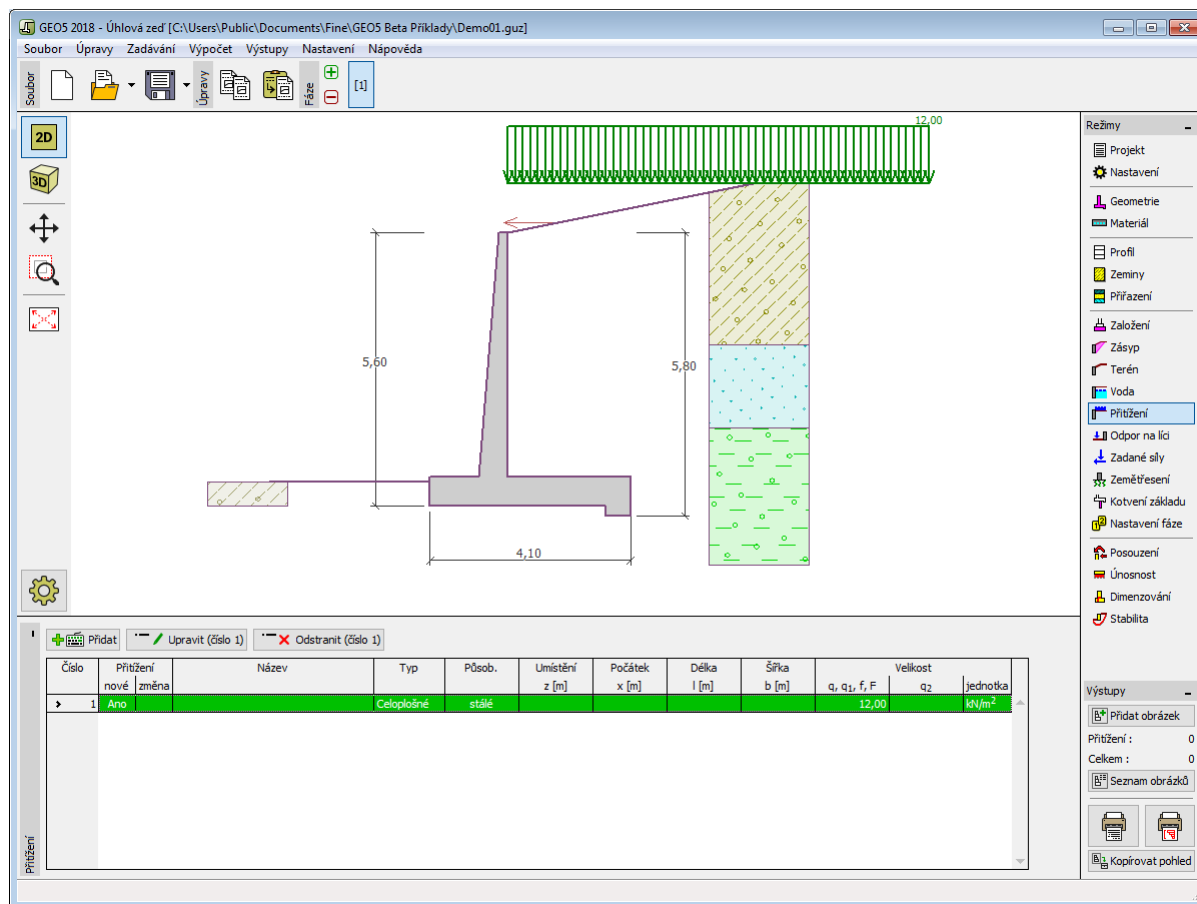
Přetížení

Rám "Přetížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přetížení. Přidání (editace) přetížení se provádí v dialogovém okně "Nové přetížení". Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Při zadání přetížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přetížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přetížení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv přetížení".



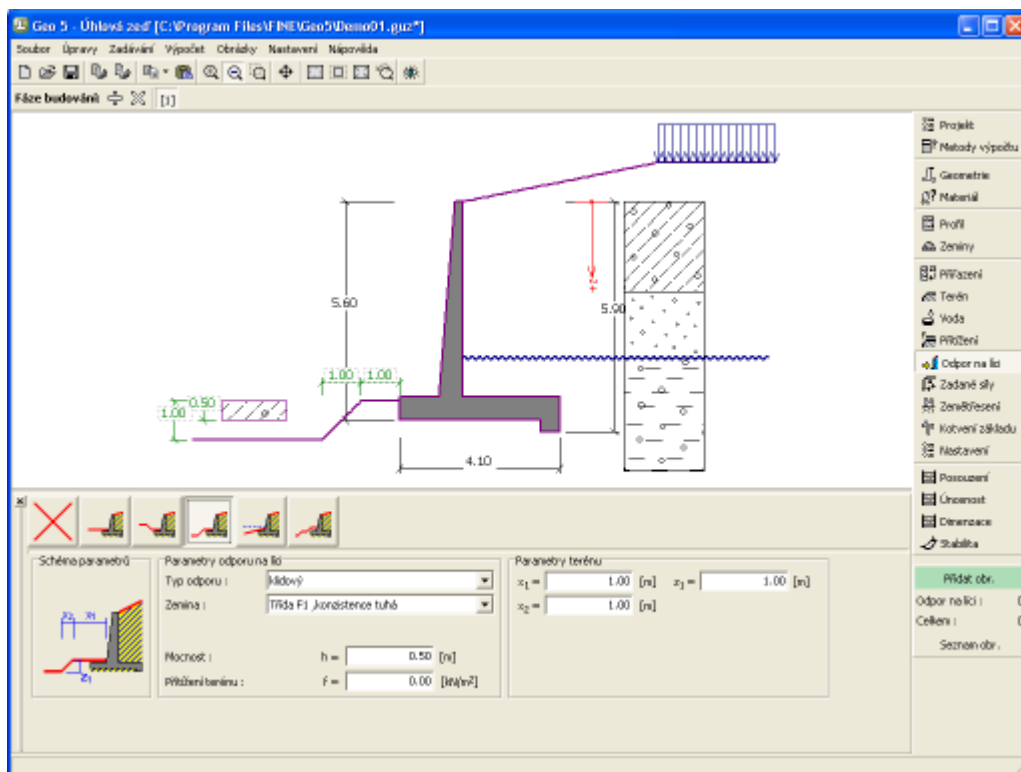
Rám "Přítížení"

Odpor na líci

V rámu "Odpor na líci" se stiskem tlačítka volí tvar terénu a parametry odporu na líci zdi. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

V rámu lze v rozbalitelných seznamech vybrat typ odporu a zeminu (rozbalitelný seznam obsahuje zeminy zadane v režimu "Zeminy"). V rámu lze také zadat velikost přitížení terénu před zdí, popř. mocnost zeminy nad nejnižším bodem konstrukce zdi.

Odpor na líci konstrukce může být zadán jako **klidový tlak**, **pasivní tlak** nebo **snížený pasivní tlak**. Výsledná síla od sníženého pasivního tlaku se počítá jako výslednice sil od tlaku v klidu a pasivního tlaku vynásobených příslušným součinitelem podle zadání typu sníženého pasivního tlaku.



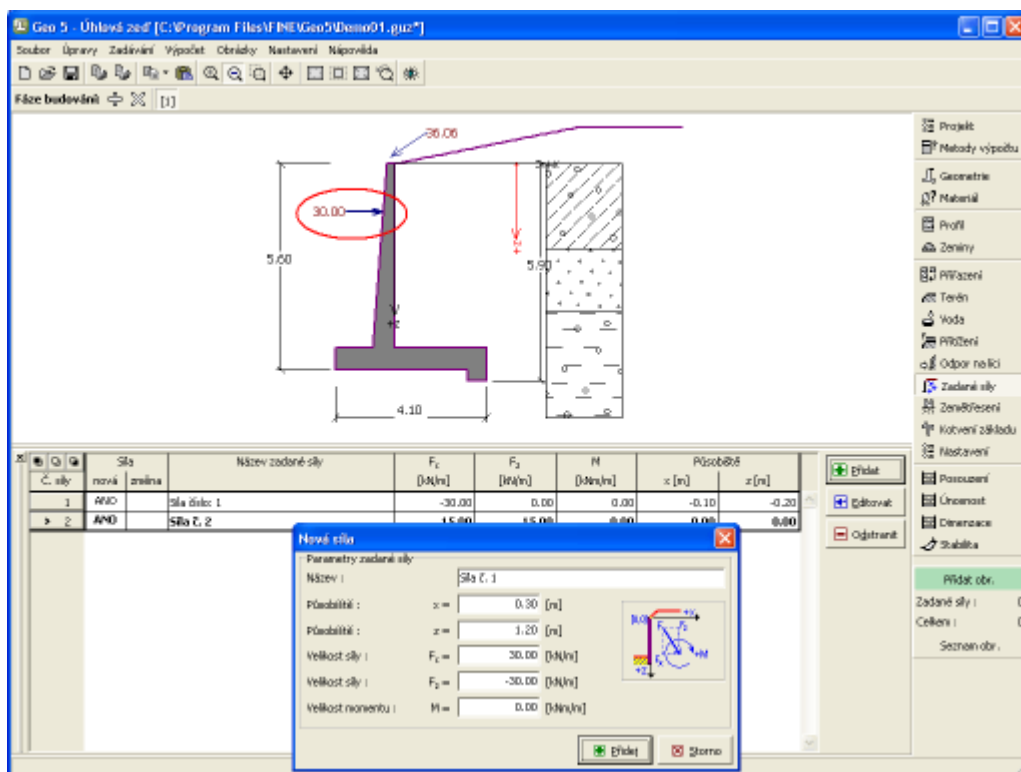
Rám "Odpor na lici"

Zadané síly

Rám "Zadané síly" obsahuje tabulku se seznamem zadaných sil působících na konstrukci. Přidání sil se provádí v dialogovém okně "Nová síla". Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadané síly představují přídavné zatížení působící na konstrukci zdi, pažení, respektive vyztuženého náspu. Můžeme jimi modelovat například ukotvení svodidel, náraz vozidla, zatížení od billboardů a reklamních ploch atp. Program takto zadané síly do výpočtu dále nijak neupravuje, s výjimkou přenásobení příslušným koeficientem dle zadaného typu zatížení (EN1997, LRFD).

Vnější zatížení působící na zeminu, resp. na povrch terénu je nutné modelovat jako přitížení.



Rám "Zadané síly"

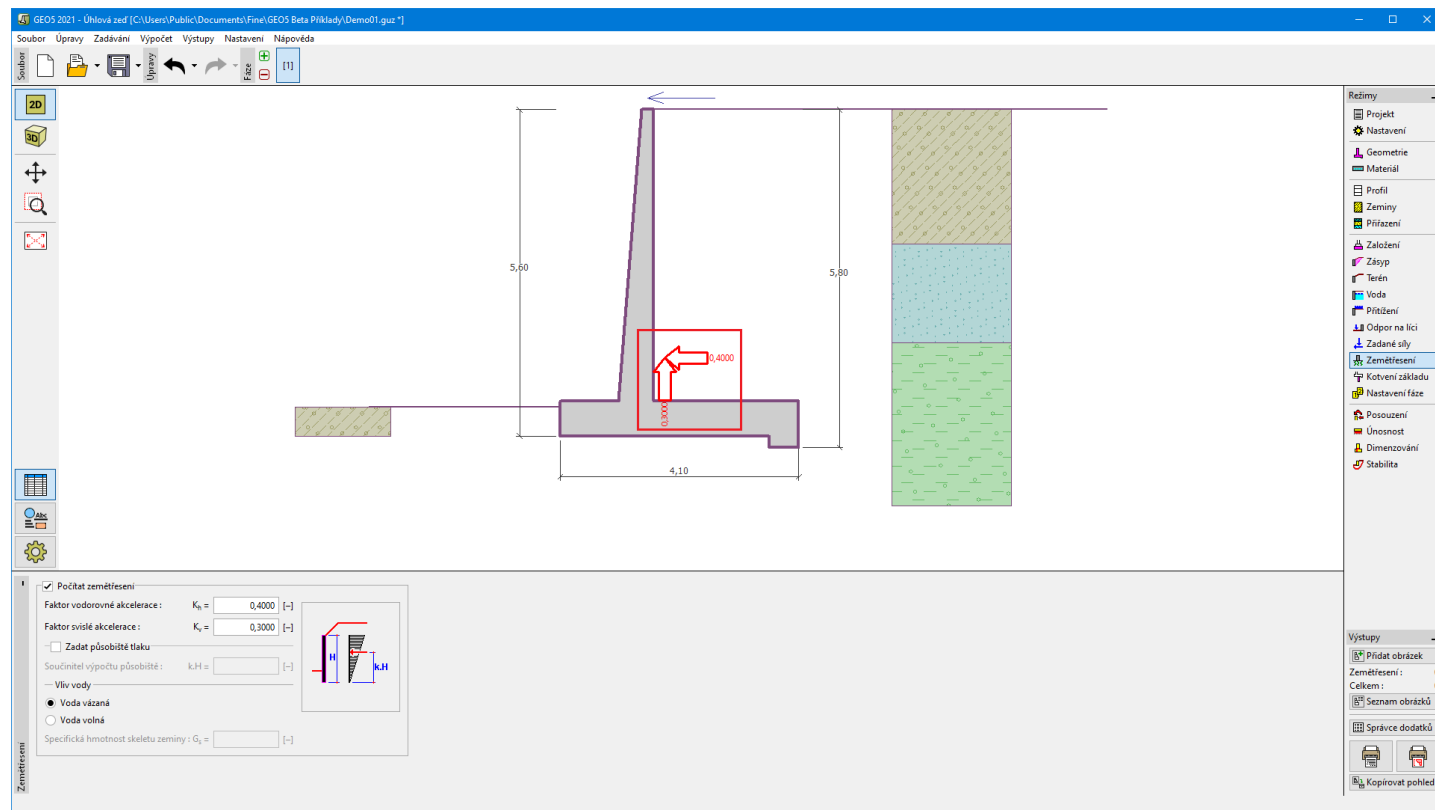
Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv zemětřesení".

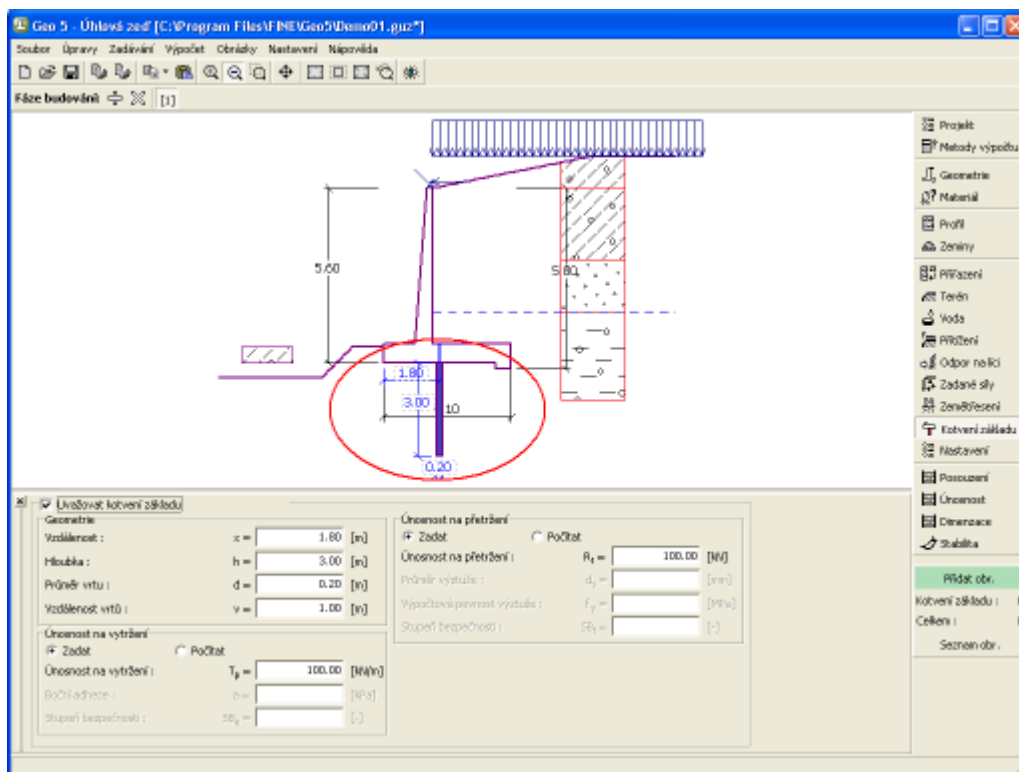
Při zvolené metodice posouzení LRFD lze také definovat součinitele pro seismické kombinace dle AASHTO.



Rám "Zemětřesení"

Kotvení základu

V rámu "Kotvení základu" se zadávají parametry (geometrie kotvení, únosnost na vytržení a únosnost na přetržení) kotvení základu zdi. Geometrii kotvení základu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**. Hodnoty únosnosti na vytržení a přetržení lze zadat nebo je **program dopočte** ze zadaných parametrů.



Rám "Kotvení základu"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.

Dále se zde volí typ tlaku působících na zeď podle dovolené deformace zdi. Jestliže se zeď může přemístit, pak se počítá posouzení zdi na zatížení **aktivním tlakem**, v opačném případě **tlakem v klidu**. Třetí volba umožňuje zatížit konstrukci zdi **zvýšeným aktivním tlakem**.

Redukci **úhlu tření zemina/zemina** lze uvažovat jednou z následujících možností:

- **neredukovat**
- **redukovat na 2/3φ (AASHTO)**
- **redukovat na 0**
- **zadat součinitel redukce**

Na dřík zdi působí **tlak v klidu**, nebo stejný tlak jako na zeď.

Nastavení fáze	Návrhová situace :	<div>trvalá</div> <div>trvalá</div> <div>dočasná</div> <div>mimořádná</div> <div>seismická</div>
	Tlak působící na zeď :	<div>zeď se může přemístit (aktivní tlak)</div> <div>zeď se může přemístit (aktivní tlak)</div> <div>zeď se nemůže přemístit (tlak v klidu)</div> <div>zvýšený aktivní tlak</div>
	Redukce úhlu tření zemina/zemina :	<div>neredukovat</div> <div>neredukovat</div> <div>redukovat na 2/3 φ (AASHTO)</div> <div>redukovat na 0</div> <div>zadat součinitel redukce</div>
	Tlak působící na dřík :	<div>tlak v klidu</div> <div>tlak v klidu</div> <div>tlak stejný jako na zeď</div>

Rám "Nastavení fáze"

Posouzení

V rámu "Posouzení" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

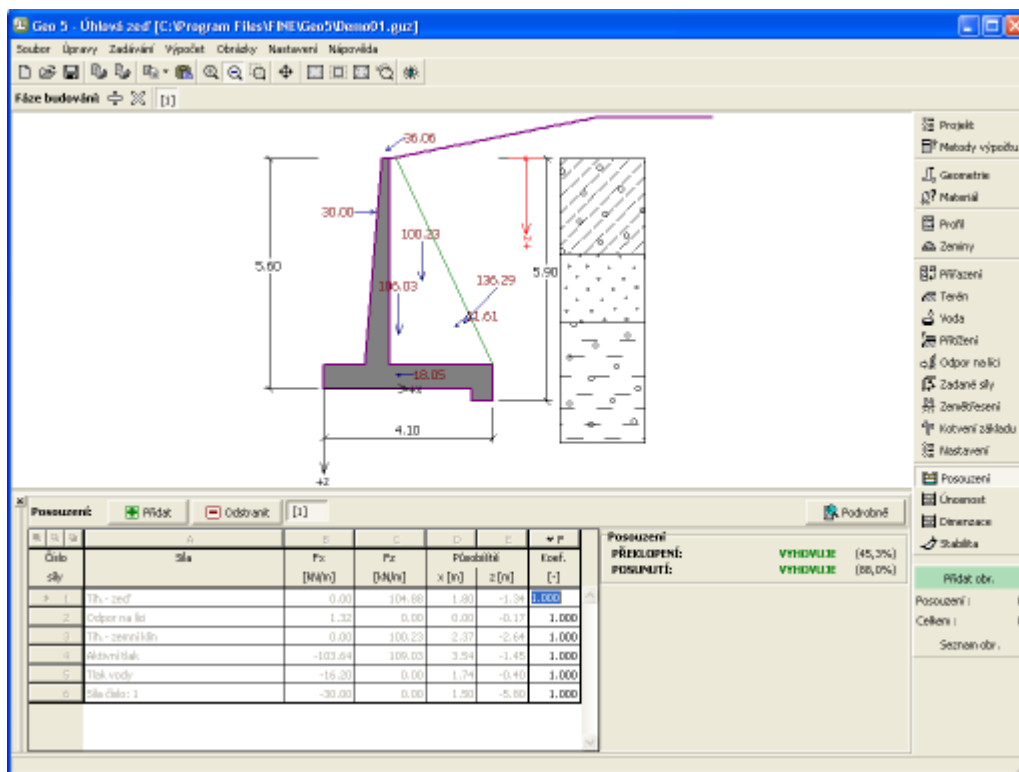
- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Zeď je zatížena buď **aktivním tlakem**, nebo **tlakem v klidu** v závislosti na zadání v rámu "Nastavení fáze".

Postup **vlastního posouzení zdi** je popsán v teoretické části nápovědy.

V pravé části rámu se zobrazuje výsledek posouzení zdi na **překlopení a posunutí**. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Posouzení"

Únosnost

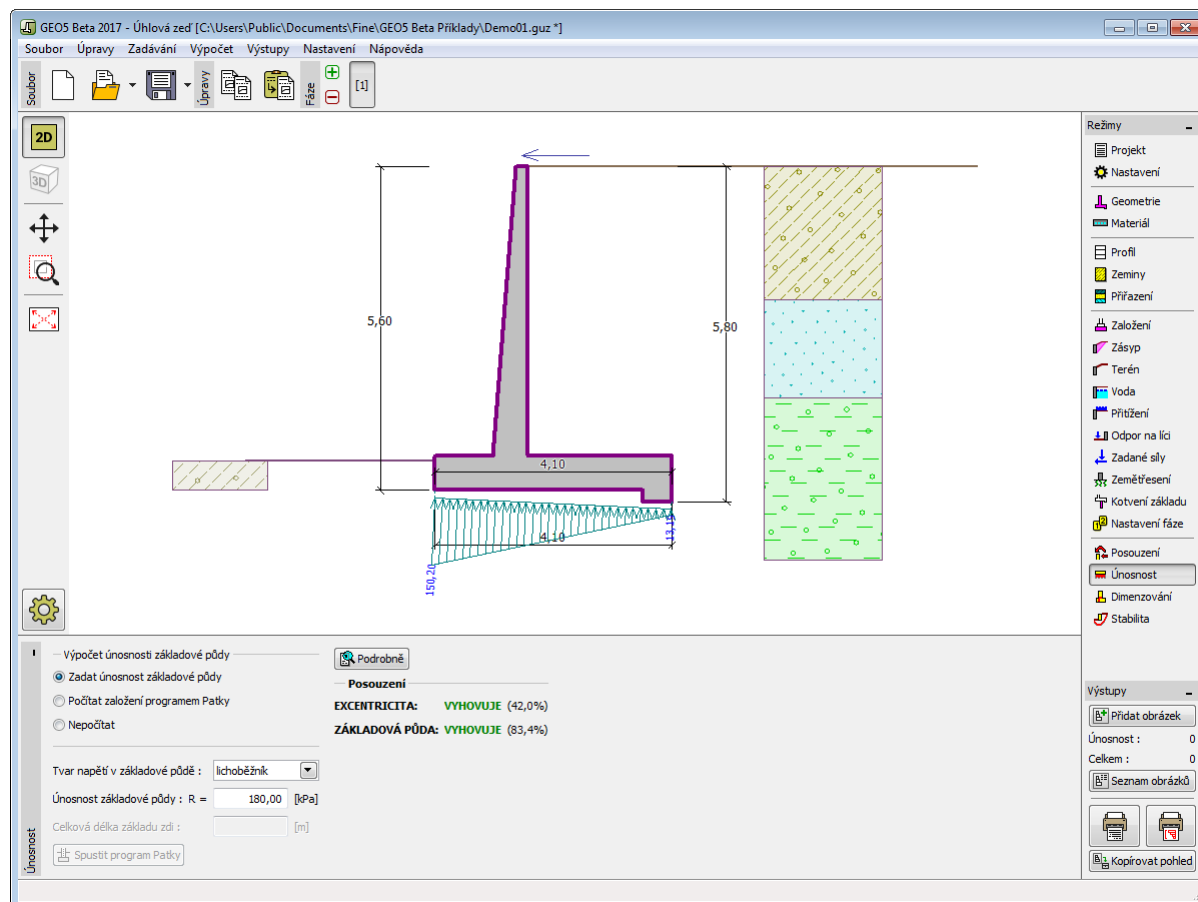
V rámu "Únosnost" jsou zobrazeny výsledky výpočtu únosnosti základové půdy. Napětí v základové spáře je spočteno ze všech posouzení provedených v rámu "Posouzení". Do programů "Patky", "Patky CPT", "Pilota" a "Skupina pilot" se jednotlivá posouzení převezmou jako zatěžovací stavy. Do programu "Pilota CPT" se předává pouze normálové zatížení.

Rám obsahuje následující volby výpočtu:

- Zadat únosnost základové půdy**
 V zadávacím poli se zadává únosnost základové půdy. Výsledky posouzení zdi na **excentricitu** a **únosnost základové půdy** se zobrazují v pravé části rámu. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení únosnosti základové půdy.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky"**
 Pomocí tlačítka "Spustit program Patky" se **spustí program "Patky"**, ve kterém lze spočítat únosnost základové půdy, popř. sednutí a natočení základu. Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "OK" - výsledky resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu o výpočtu v programu "Úhlová zed". Pokud není program "Patky" nainstalován, není tlačítko dostupné. Zadává se celková délka základu zdi.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky CPT"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Patky".
- Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Pilota"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Patky". Tlačítko "Spustit program Pilota" je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám "Založení"). Zadává se podélný rozestup pilot s .
- Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Pilota CPT"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Pilota".
- Počítat svislou únosnost skupiny pilot programem "Skupina pilot"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu patky. Tlačítko "Spustit program Skupina pilot" je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám "Založení"). Zadává se podélný rozestup pilot s , celkový počet řad pilot n a zatěžovací délka l .
- Nepočítat (základ na pilotách)**
 Únosnost základové půdy se nepočítá.

Program umožňuje zadat **tvar napětí v základové půdě**.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Únosnost"

Dimenzování

V rámu "Dimenzování" lze navrhnout a posoudit vyztužení průřezů zdi - dimenzovaný průřez se volí se seznamu v levé části obrazovky.

- Posouzení dříku zdi - přední výztuž
- Posouzení dříku zdi - zadní výztuž
- Posouzení výstupku zdi
- Posouzení paty zdi
- Posouzení odlehčovací desky

Pro případ dimenzování zdi se žebrem se posuzují následující průřezy:

- Posouzení dříku zdi - přední výztuž svislá a vodorovná
- Posouzení dříku zdi - zadní výztuž svislá a vodorovná
- Posouzení výstupku zdi - horní a dolní výztuž
- Posouzení paty zdi - horní a dolní výztuž
- **Posouzení žebra**

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Výpočet sil a jejich působení na vyšetřovaný průřez jsou popsány [zde](#).

Dřík zdi resp. pracovní spára jsou zatíženy vždy **tlakem v klidu**. Při posouzení předního výstupku je zeď zatížena buď **aktivním tlakem**, nebo **tlakem v klidu** v závislosti na zadání v rámu "**Nastavení fáze**".

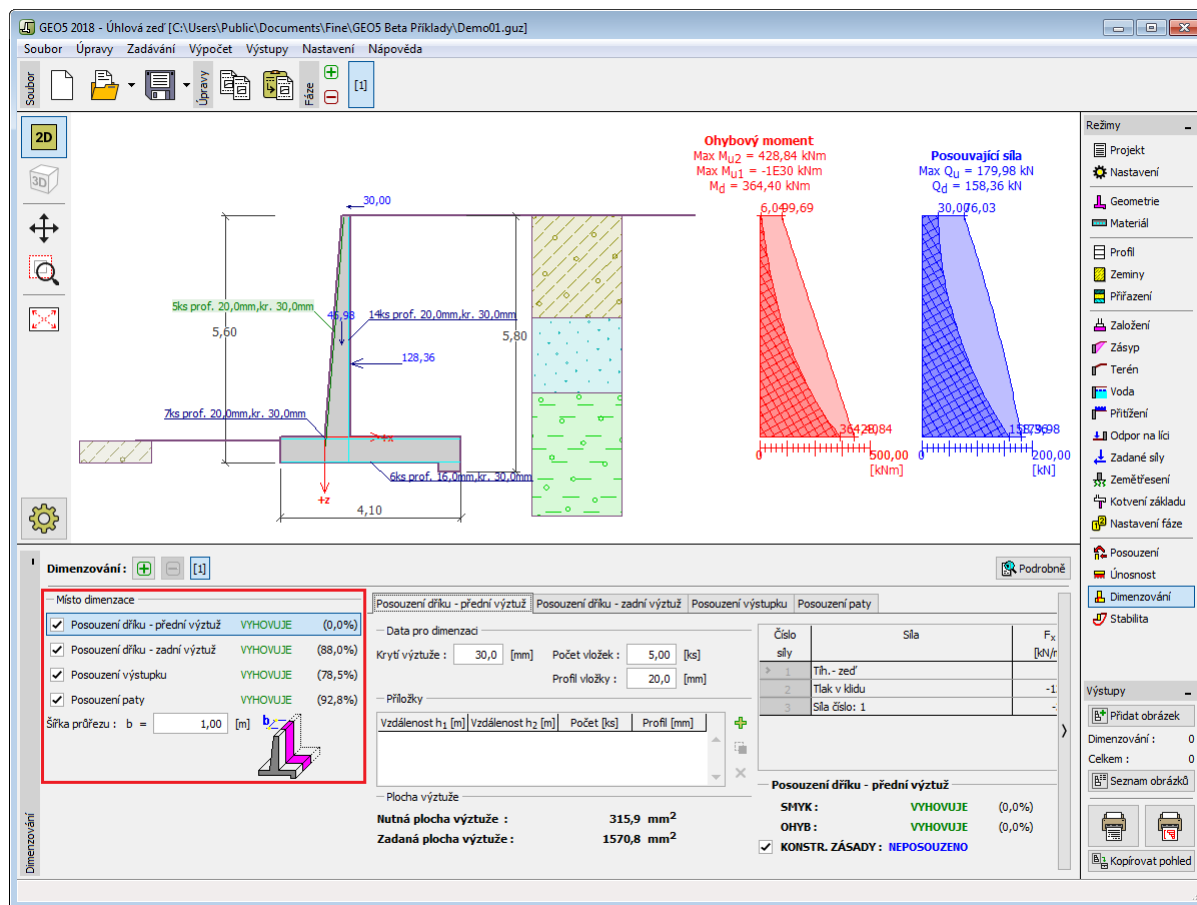
Postup stanovení vnitřních sil v jednotlivých průřezích je popsán v teoretické části nápovědy. Při uvažování zemětřesení se navíc **vypočte dodatečná síla** od zemního tlaku v klidu.

Dimenzování železobetonové konstrukce se provádí podle normy zadané v záložce "**Materiály a normy**".

V případě dimenzování zdi podle EN 1992 lze ověřit i šířku trhlín.

V rámu lze provést více výpočtů pro různé varianty vyztužení. Lze zadat i různé výpočtové koeficienty jednotlivých sil. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".

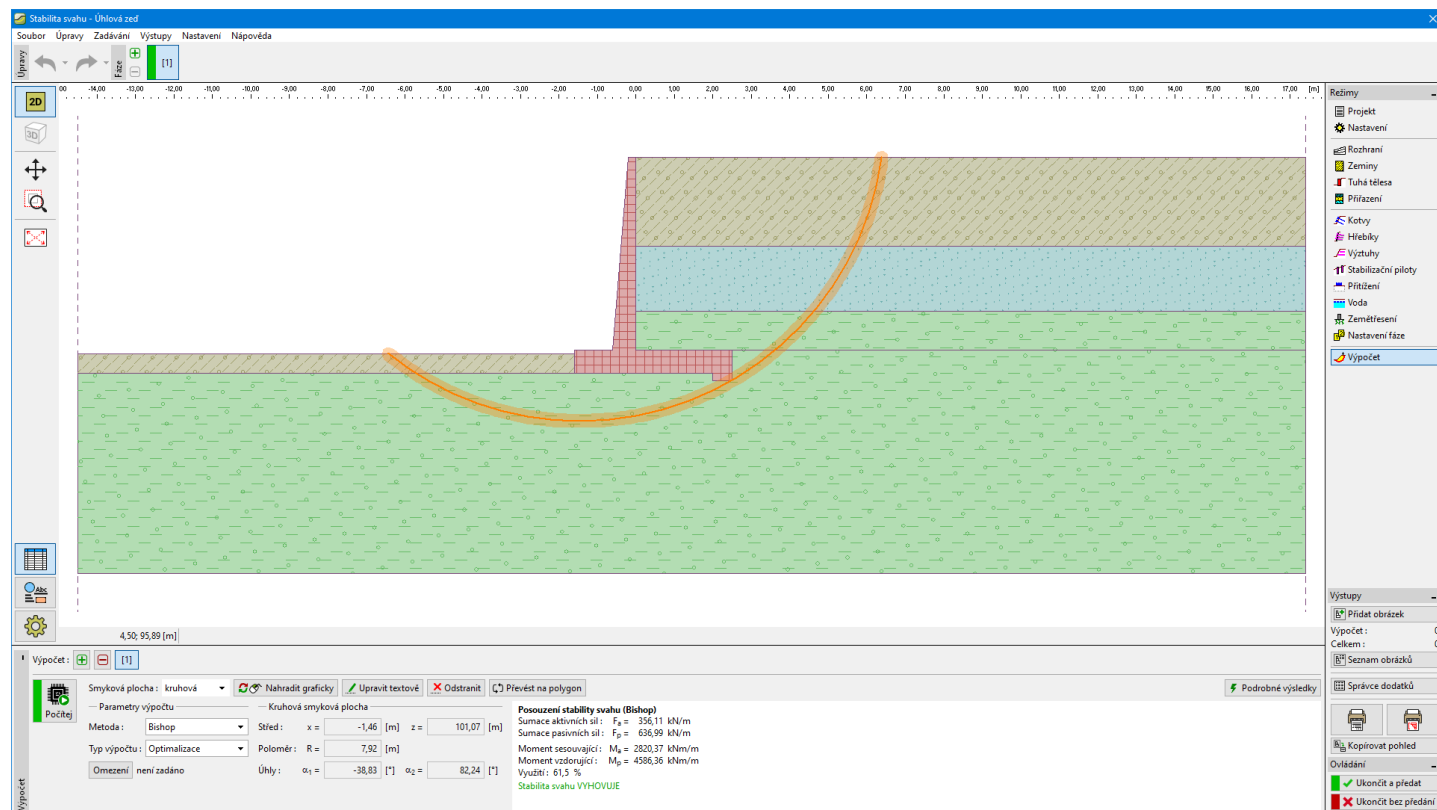


Rám "Dimenzování"

Stabilita

Při stisknutí tlačítka "Stabilita" se spustí program "Stabilita svahu" a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu stabilita svahu pak můžeme posoudit celkovou stabilitu konstrukce zdi. Pokud program "Stabilita svahu" není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "Ukončit a předat" - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu v programu "Úhlová zed".



Rám "Stabilita"

Program Tízná zed'

Program je určen k návrhu a posouzení betonových a kamenných tížných zdí.

Nápověda k programu "Tízná zed'" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadáání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Geometrie	Materiál	Profil	Zeminy	Přiřazení
Založení	Zásyp	Terén	Voda	Přítížení	Odpor na líci	Zadané síly
Kotvy	Zeměťesení	Nastavení fáze	Posouzení	Únosnost	Dimenzování	Stabilita

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "Tízná zed'":

Napětí v zemině	Zemní tlaky	Výpočty zdí	Výpočet únosnosti základu	Dimenzování železobetonových konstrukcí	Dimenzování zděných konstrukcí
-----------------	-------------	-------------	---------------------------	---	--------------------------------

- Informace k výstupům

- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5

- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při textových a grafických výstupech.

V rámu lze také přepínat jednotky (metrické / imperiální). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat** a **importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Program umožňuje zadat hodnotu **minimálního dimenzačního tlaku** (zaškrtnutím volby "**Uvažovat minimální dimenzační tlak**").

Při výpočtu únosnosti kotvy na vytržení ze zeminy lze zadat **plášťové tření** jako parametr zeminy.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Výpočet zdí**".

Rám "Nastavení"

Geometrie

V rámu "**Geometrie**" se stiskem tlačítka volí tvar tížné zdi. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar zdi lze editovat buď v rámu vložení hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu

pomocí **aktivních kót**.

V případě šikmých tvarů konstrukce se zadává poměr stran šikmé části $1:x$. **Zadání rovné konstrukce** se provede zadáním hodnoty nula.



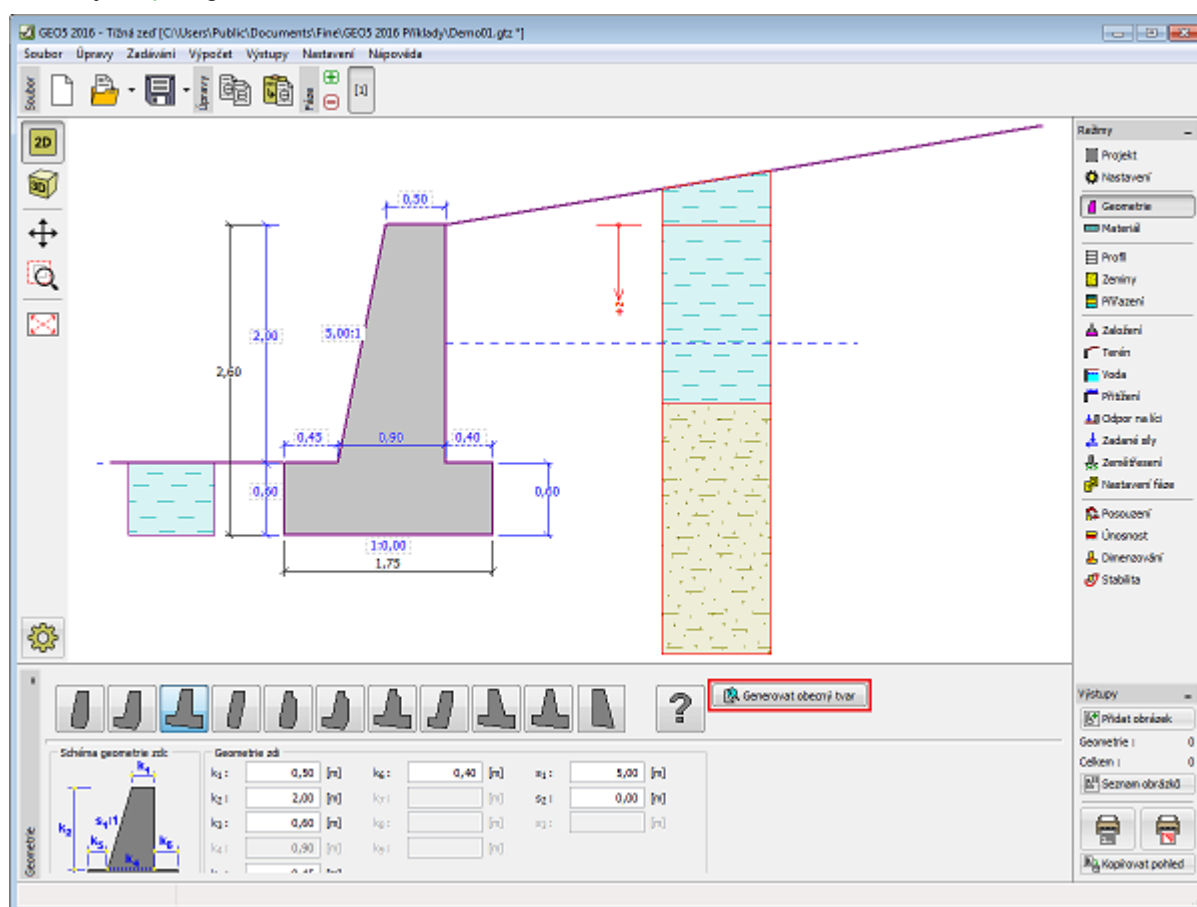
Tvary zdi přednastavené v programu

V případě, že zadání geometrie zdi nevyhovuje některý z výše přednastavených tvarů, program uživateli umožňuje zadat **obecný tvar zdi**. Obecný tvar zdi se zadává pomocí souřadnic bodů, je ale také možné stisknutím tlačítka **"Generovat obecný tvar"** převzít konstrukci zadanou pomocí kót a dále ji upravovat.

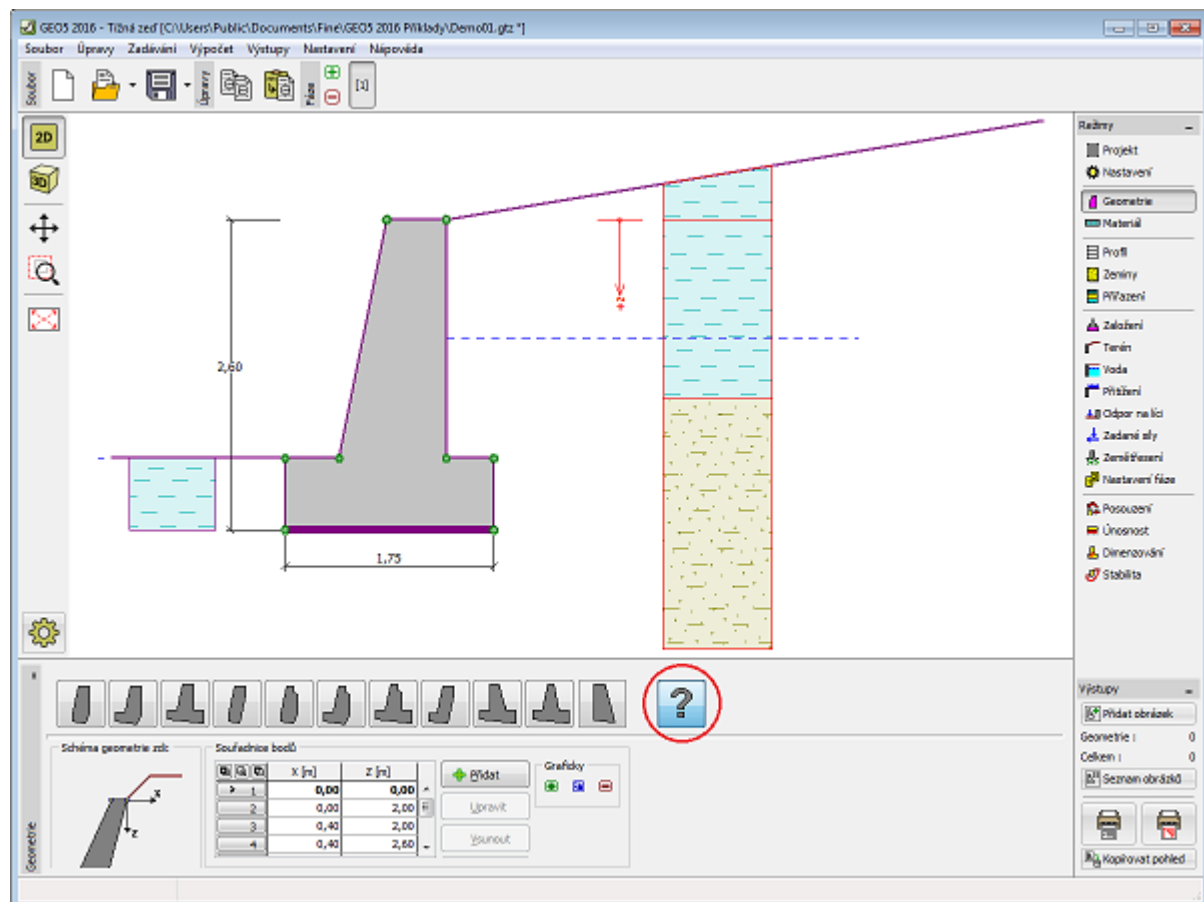


Zadání obecného tvaru zdi

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie"



Rám "Geometrie" - obecný tvar zdi

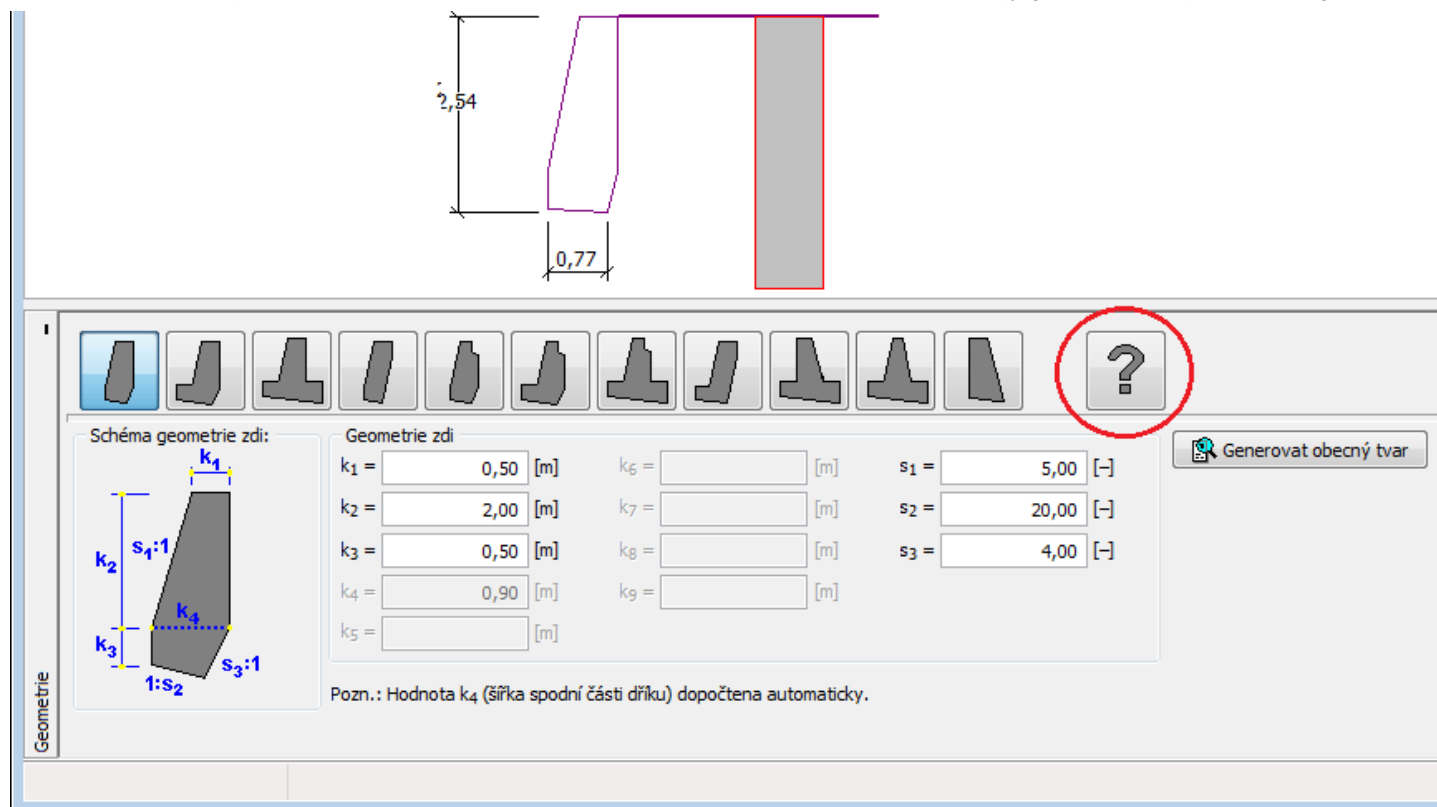
Obecný tvar zdi

Zadání obecného tvaru zdi v nové úloze

Program umožňuje zadat obecný tvar zdi dvěma způsoby:

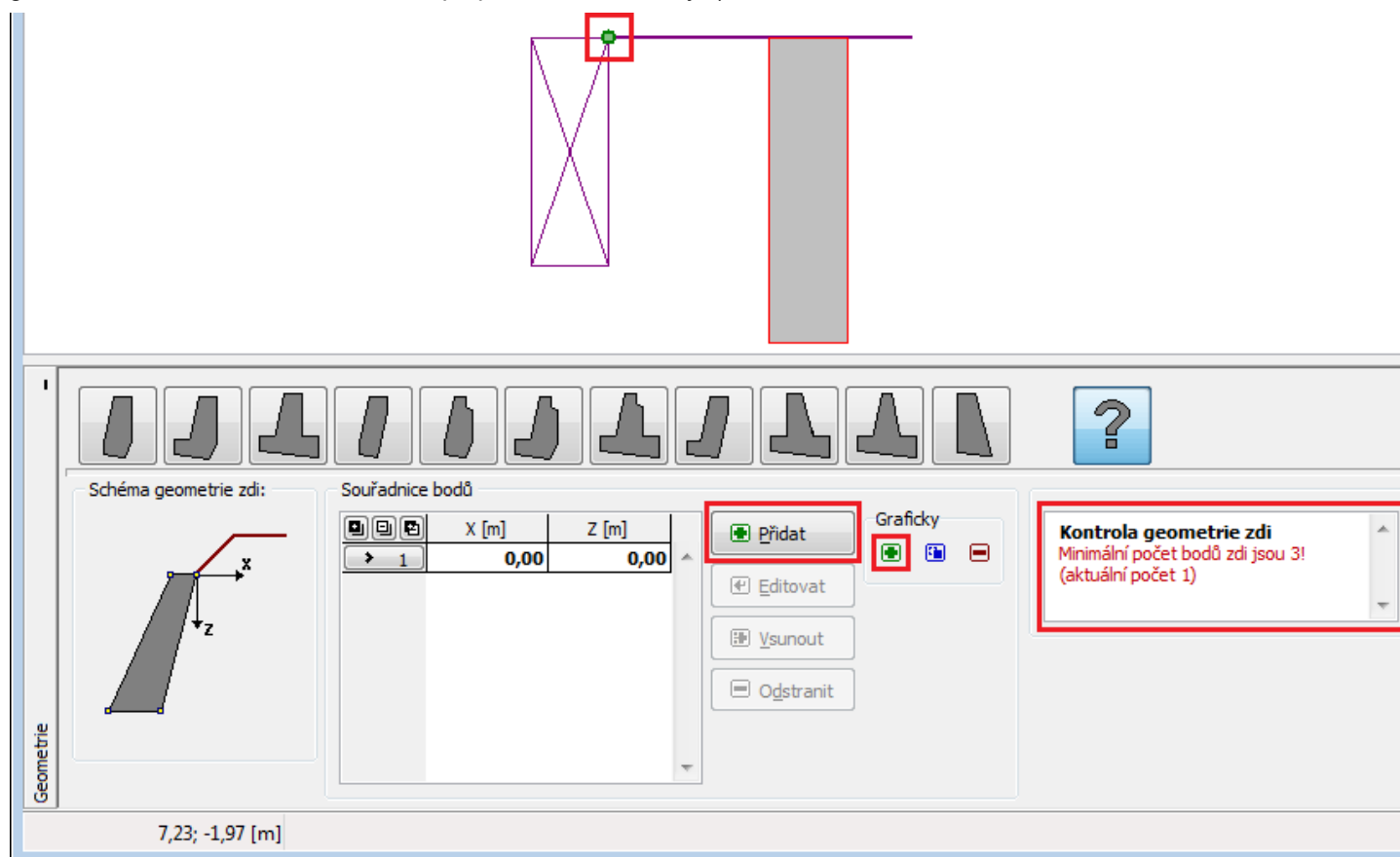
1. Zadání obecného tvaru zdi pomocí bodů

Stisknutí ikony s otazníkem na vodorovné liště "Schéma geometrie zdi", program vytvoří pouze obdélníkové schéma a založí první bod konstrukce [0,0]. Minimální počet zadáných bodů tříže jsou 3 (v případě zadání menšího počtu bodů se v rámu objeví chybové hlášení).




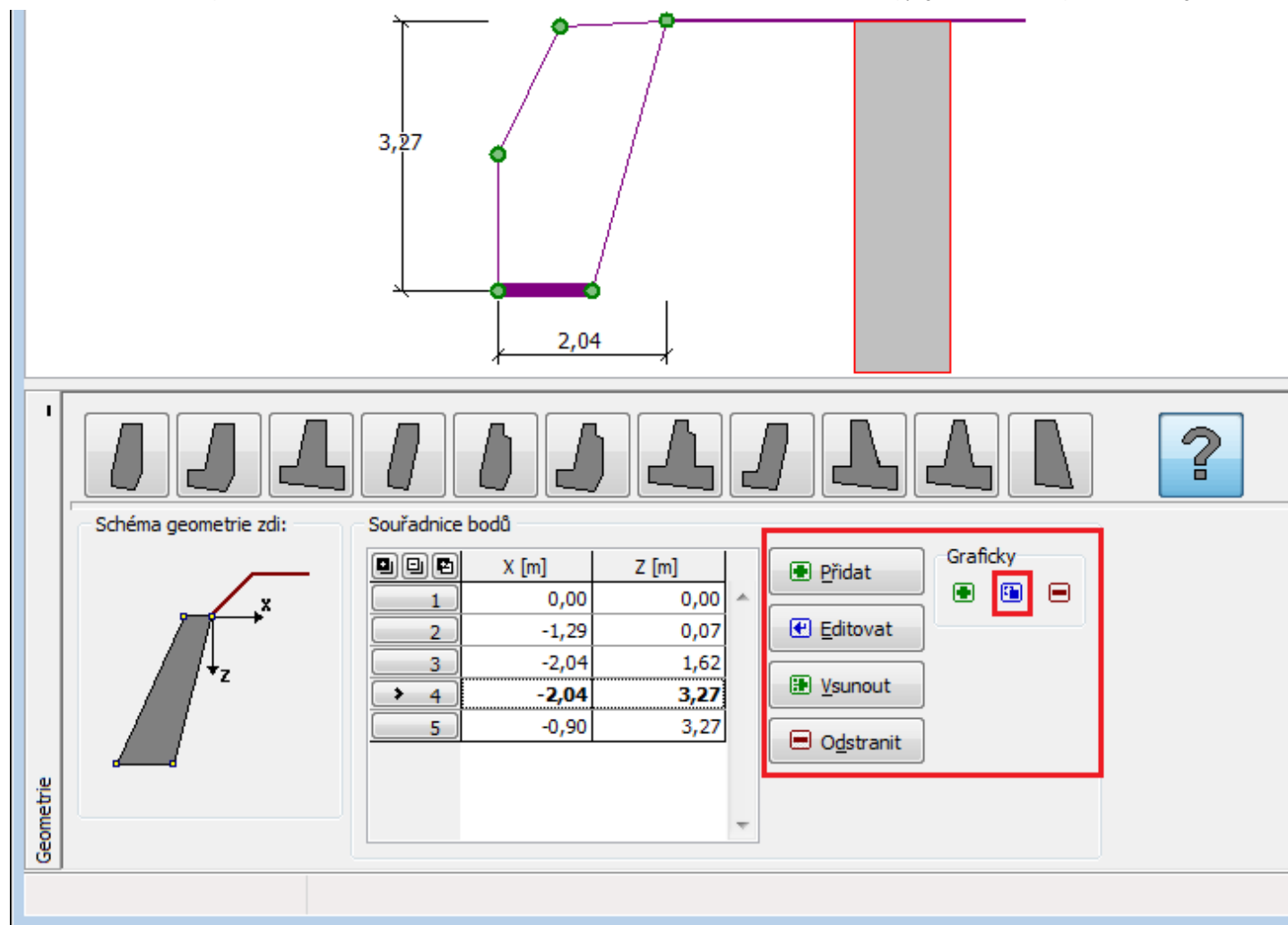
Rám "Geometrie" - nová úloha

Pomocí tlačítka "**Přidat**", které otevírá dialogové okno "**Nový bod**" se pak zadávají další body konstrukce (lze použít grafické zadávání kliknutím na desktopu pomocí kurzoru myši).



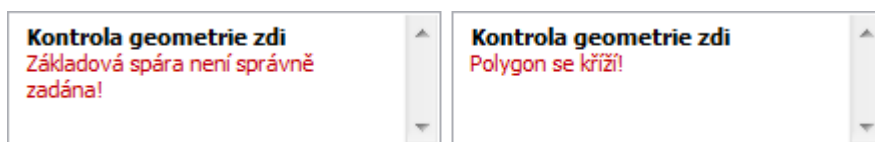
Rám "Geometrie" - zadání obecného tvaru zdi pomocí bodů

Zadané body se zapisují do tabulky a lze je dále editovat, vsouvat a mazat pomocí tlačítek "**Editovat**", "**Vsunout**" a "**Odstranit**", nebo opět přímo kliknutím na desktopu pomocí kurzoru myši. Jednotlivé body lze posouvat přímo na desktopu pomocí kurzoru myši po kliknutí na speciální ikonu .



Rám "Geometrie" - editace bodů

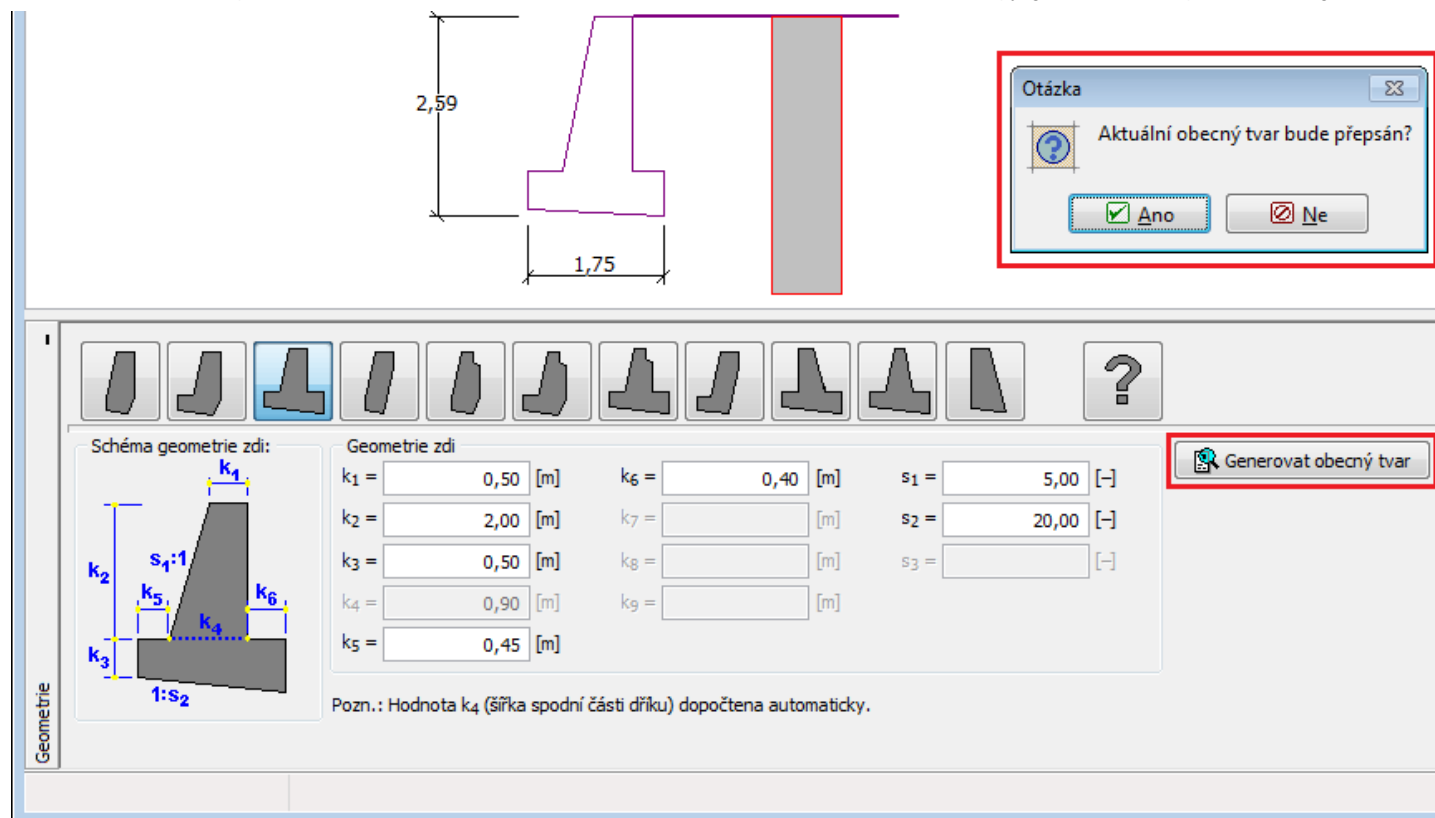
Maximální sklon základové spáry se uvažuje 45° . V případě nesprávného zadání sklonu základové spáry, resp. křížení polygonu program kontroluje geometrii obecného tvaru zdi a upozorní uživatele na chybu. V takovém případě je nutné upravit geometrii zdi.



Rám "Geometrie" - chybová hlášení při zadávání bodů

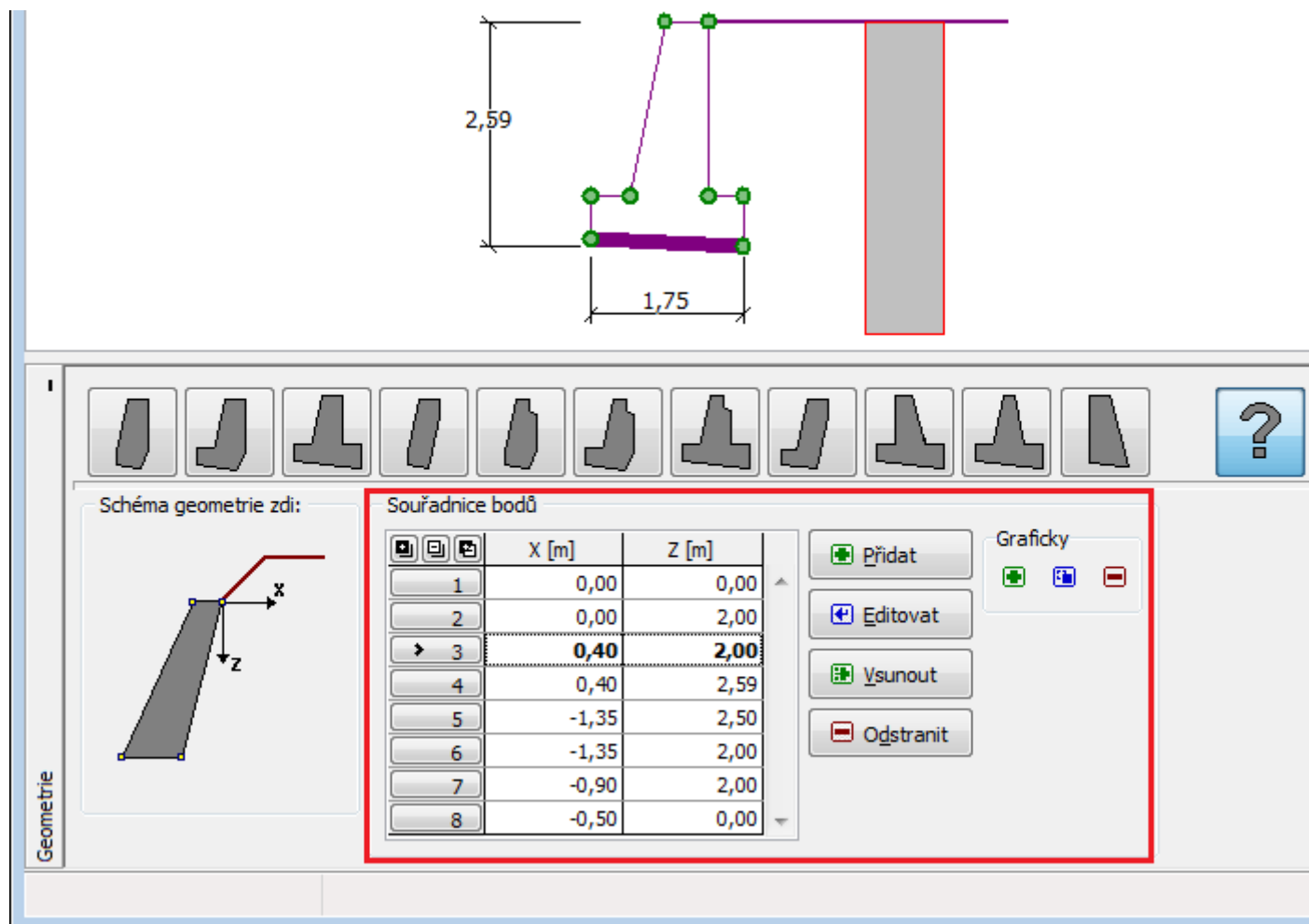
2. Zadání obecného tvaru zdi pomocí generátoru obecného tvaru

Konstrukci zadanou pomocí schématu konstrukce a rozměrů konstrukce lze stisknutím tlačítka "**Generovat obecný tvar**" převzít do zadávání obecného tvaru zdi. S nově vygenerovanými body lze poté dále pracovat a vygenerovaný tvar zdi upravit.



Rám "Geometrie" - zadání obecného tvaru zdi pomocí generátoru obecného tvaru

Vzhled rámu se poté změní jako v prvním případě zadání obecného tvaru konstrukce. Dále lze tedy s kresbou tvaru konstrukce pracovat úplně stejně, jak bylo již výše popsáno.



Rám "Geometrie" - vzhled rámu po generování obecného tvaru

Materiál

V rámu "Materiál" se volí typ materiálu, ze kterého bude zeď provedena (beton, kamenné zdivo). V zadávacím poli v horní části rámu se vždy zadává objemová tíha zdi.

Jestliže je zeď provedena z betonu, program nabízí dvě možnosti:

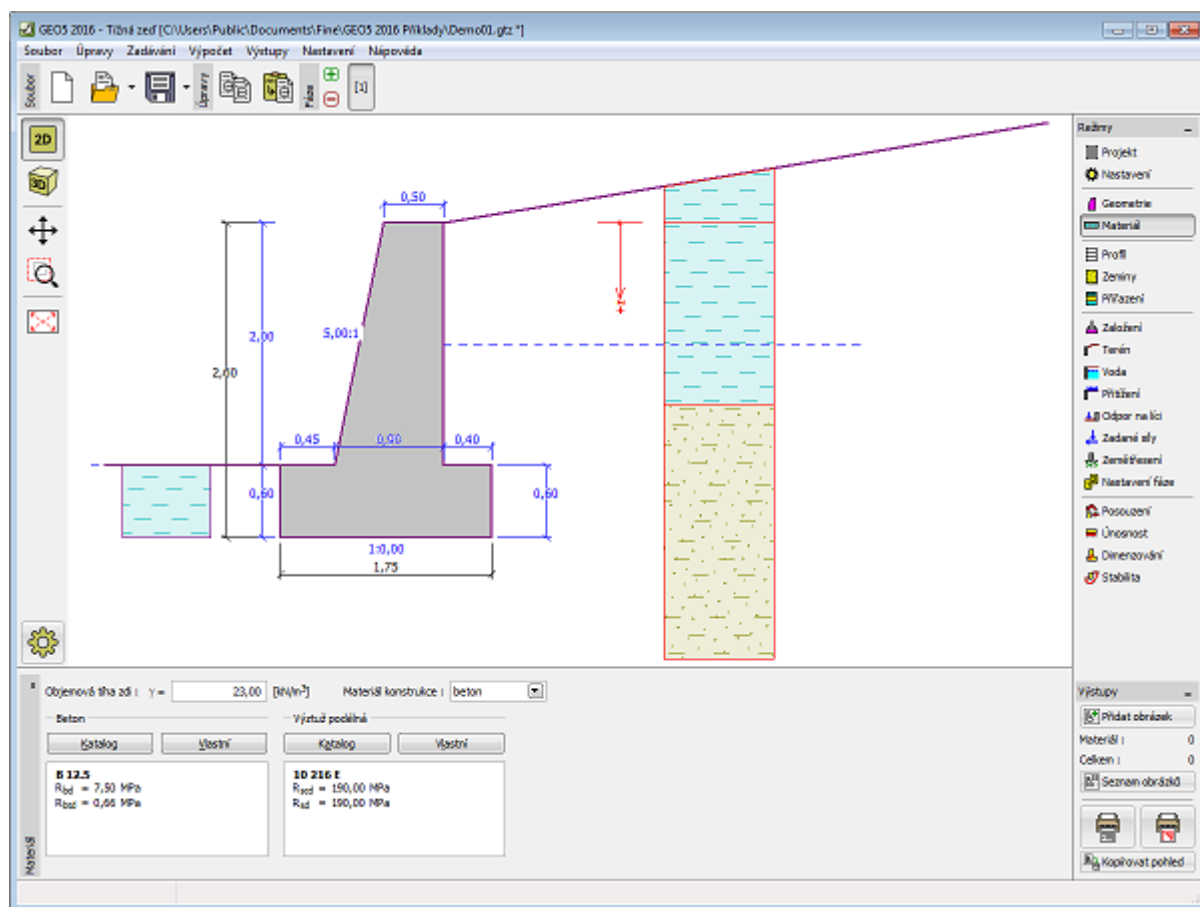
- tlačítkem "Katalog" otevřeme dialogové okno "Katalog materiálů" a ze seznamu vybereme požadovaný materiál
- tlačítkem "Vlastní" otevřeme dialogové okno "Editor materiálu" a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy pro navrhování betonových a ocelových konstrukcí v záložce "Materiály a normy".

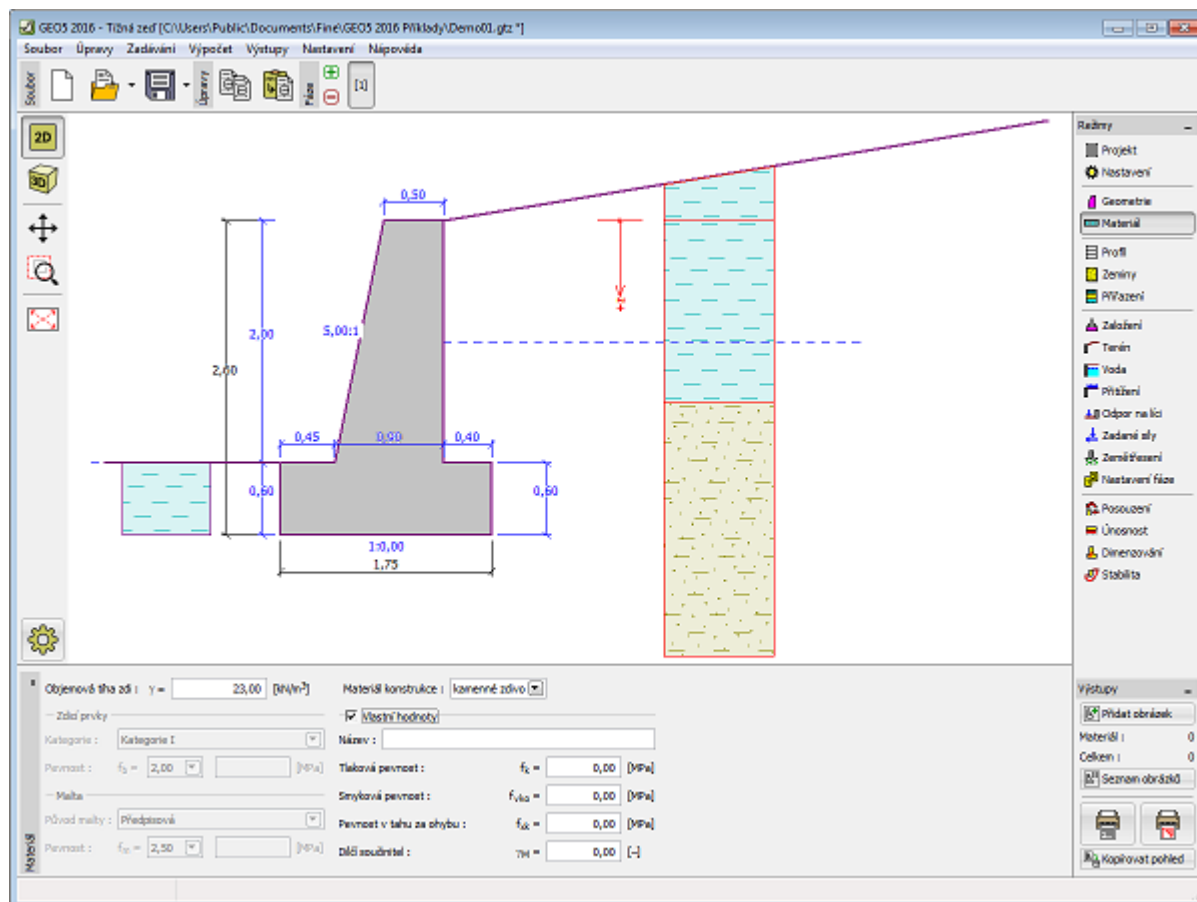
Pokud je zeď provedena z kamenného zdiva, zadávají se materiálové charakteristiky zdících prvků podle zvolené normy v záložce "Materiály a normy":

- EN 1996-1-1 - kategorie a pevnost f_b zdících prvků, původ malty a její pevnost f_m
- GB 50003-2011 - druh zdících prvků, třída pevnosti kamene, třída pevnosti malty

Při zaškrtnutí tlačítka "Vlastní hodnoty", program umožňuje zadat vlastní materiálové charakteristiky zdiva.



Rám "Materiál" - beton



Rám "Materiál" - kamenné zdivo

Profil

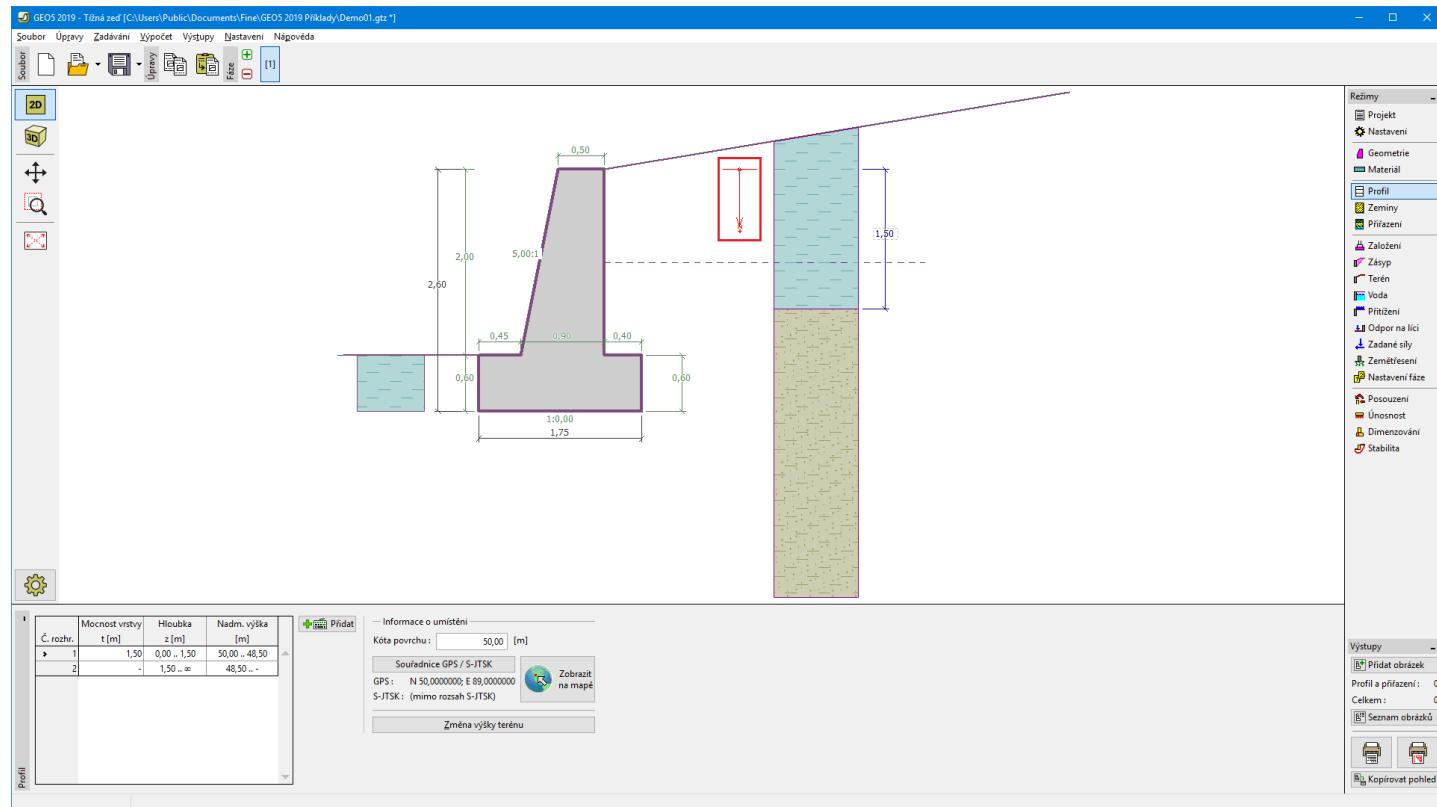
Rám "Profil" obsahuje tabulku se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v dialogovém okně "Nové rozhraní". Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrty (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "Zobrazit na mapě" zobrazit umístění konstrukce v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "Změna výšky terénu" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "Terén" nebo "Stratigrafie".



Rám "Profil"

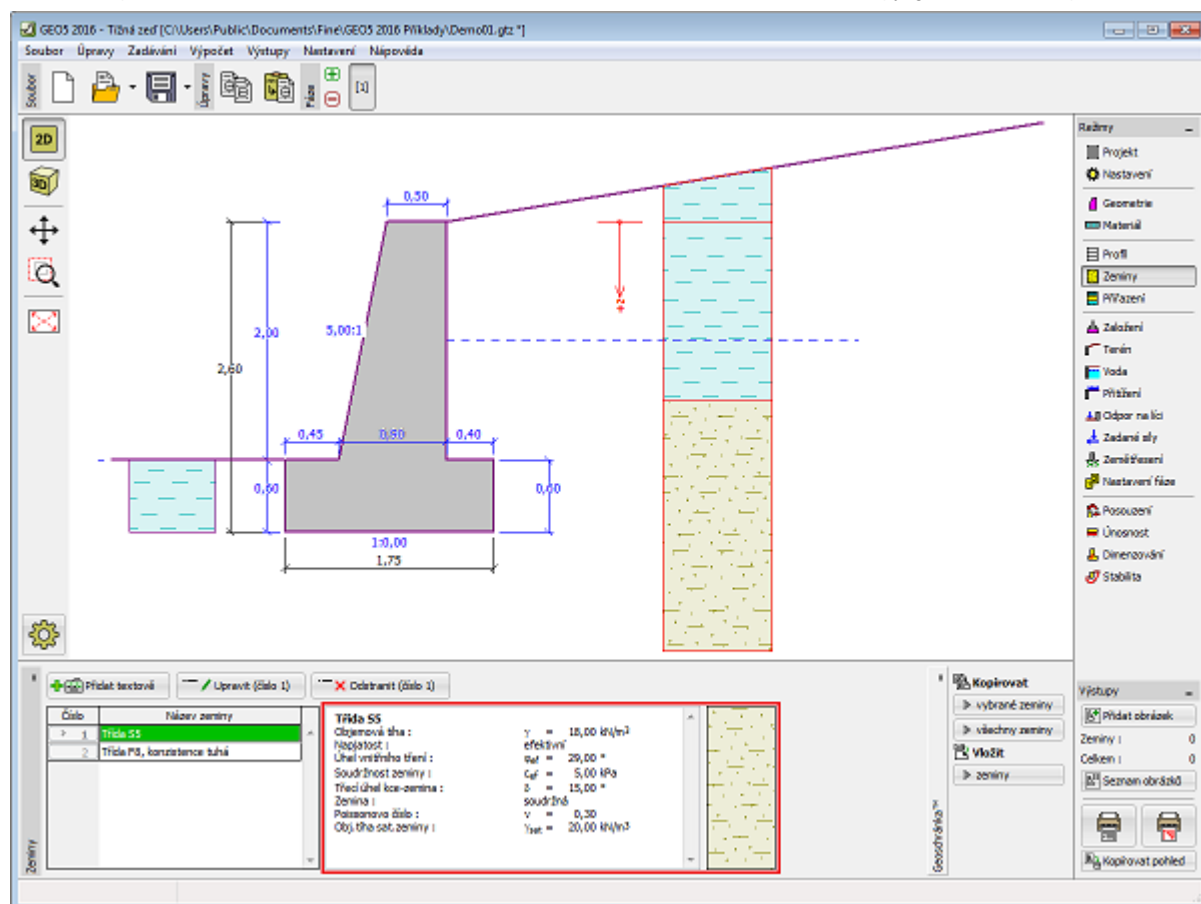
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v dialogovém okně "Přidání nových zemín".

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "Základní data", "Tlak v klidu" a "Vztlak".

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemín**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemín. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní, resp. totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu "**Napjatost**". To zda počítat v **efektivní, resp. totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí**, který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce α** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "**Zemní tlaky**".

Přidání nových zemin

Identifikace
 Název : Třída F1, konzistence tuhá

Základní data ?

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Napjatost :

Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} =$ [°] 26-32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa] 4-12

Třecí úhel kce-zemina : $\delta =$ [°]

Tlak v klidu ?

Zemina :

Vztlak ?

Způsob výp.vztlaku :

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Barva

Kategorie vzorků

Vzorek

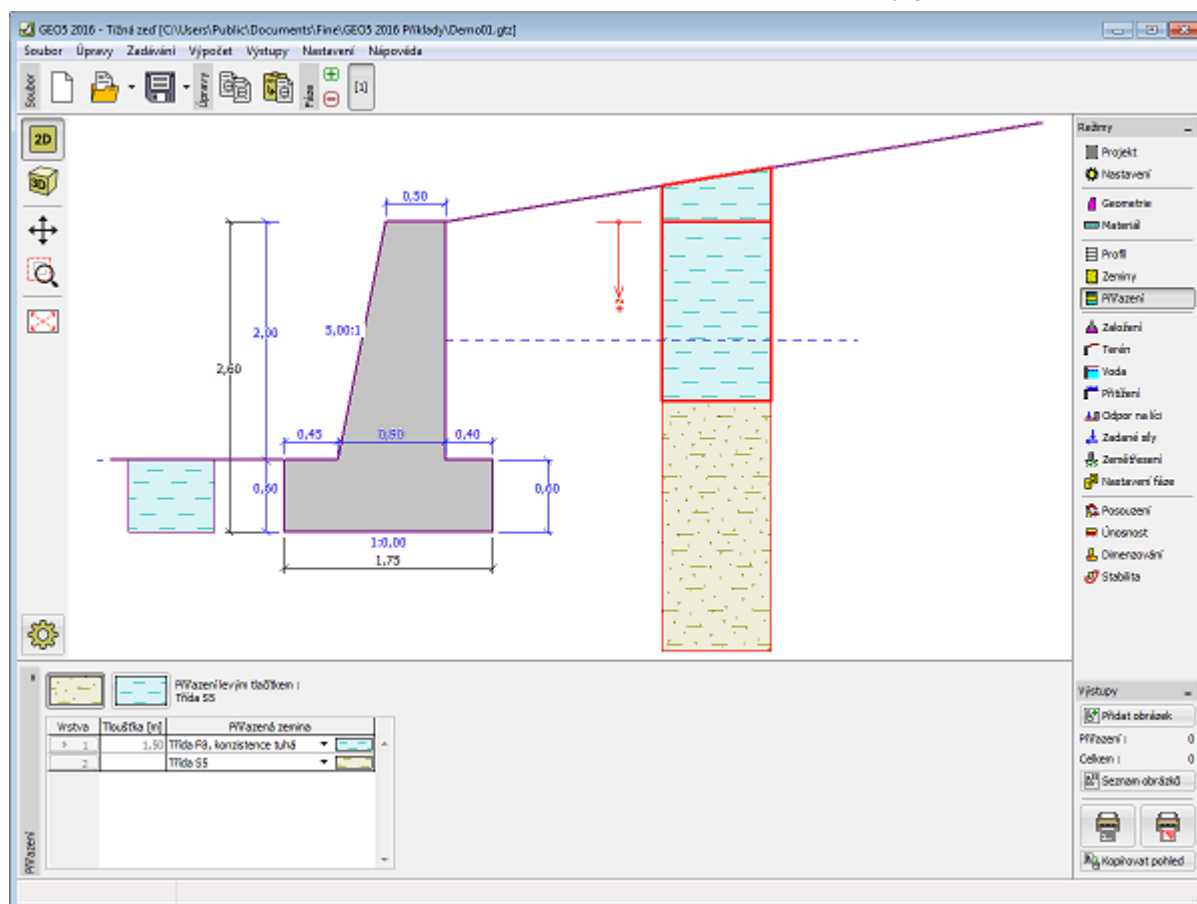
Zatřídění

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



Rám "Přirazení"

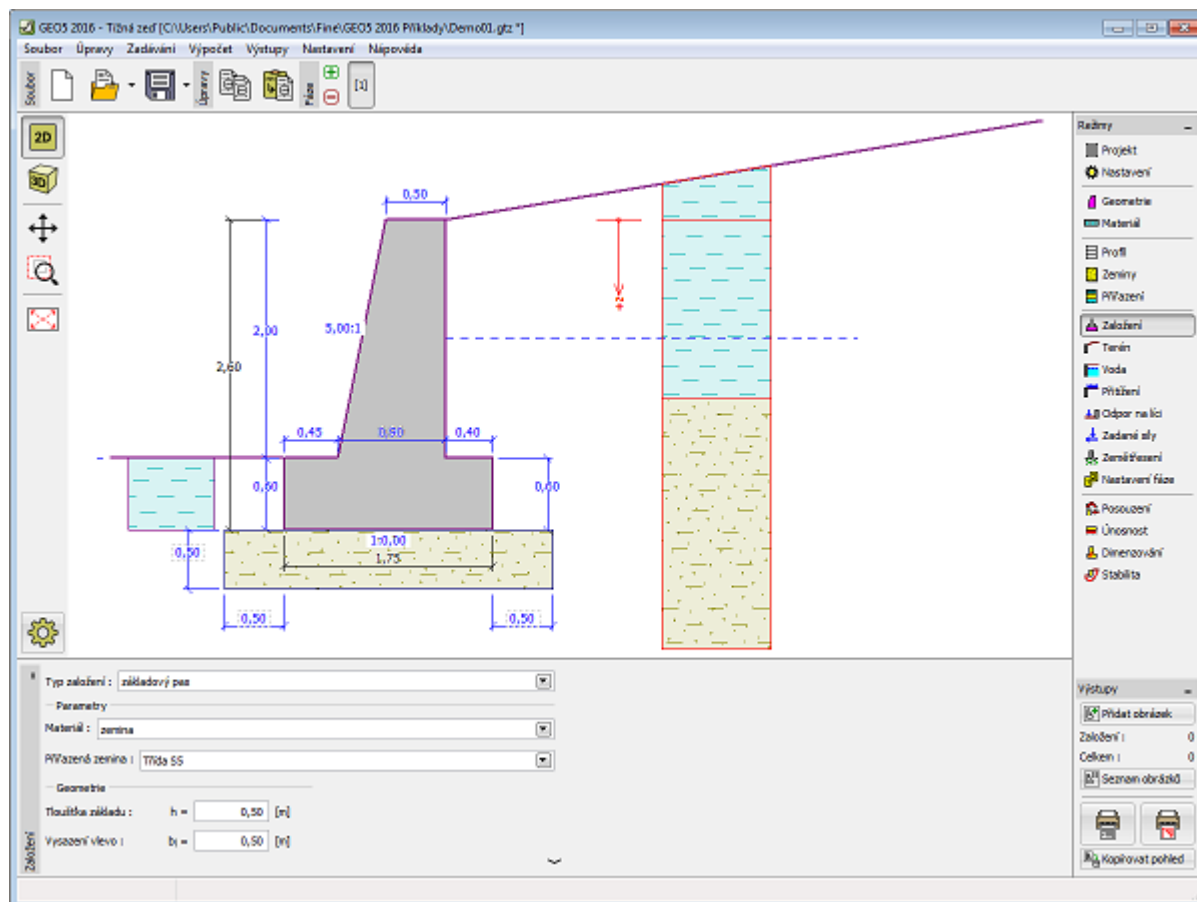
Založení

V rámu "Založení" se zadává typ založení zdi. Program umožňuje zadat následující typy založení zdi:

- zemina - geologický profil** - zeď je založená na zemině **přirazené** z geologického profilu, který se zadává v rámu "Profil"
- zemina - zadat parametry kontaktu** - zadávají se parametry kontaktu mezi základovou spárou konstrukce zdi a zeminou. Pro volbu "zadávat úhel tření základ-zemina" se v programu zadává úhel tření mezi základem a zeminou ψ [°]. Pro volbu "zadávat součinitel tření" se v programu zadává součinitel tření μ [-]. Pro obě možnosti se zadává soudržnost mezi základem a zeminou a [kPa].
- základový pas** - materiál základového pasu tvoří **zemina** (zadaná v rámu "Zeminy") nebo **beton** - zadává se **objemová tíha materiálu základu** γ a **parametry kontaktu zeď-základ** (součinitel tření f , soudržnost c , dodatečný odpor F)
- pilotový základ** - zeď lze založit na jedné řadě pilot resp. na dvou řadách pilot

Základový pas a **pilotový základ** lze pro založení zdi použít pouze v případě, že je v rámu "Geometrie" zvolen typ zdi s **rovnou základovou spárou bez výstupku**. Geometrii založení zdi (**základový pas**, **pilotový základ**) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Vstupní data zadaná v tomto rámu ovlivňují samotný **výpočet zdi** (posouzení na posunutí) a dále **únosnost základové půdy**.

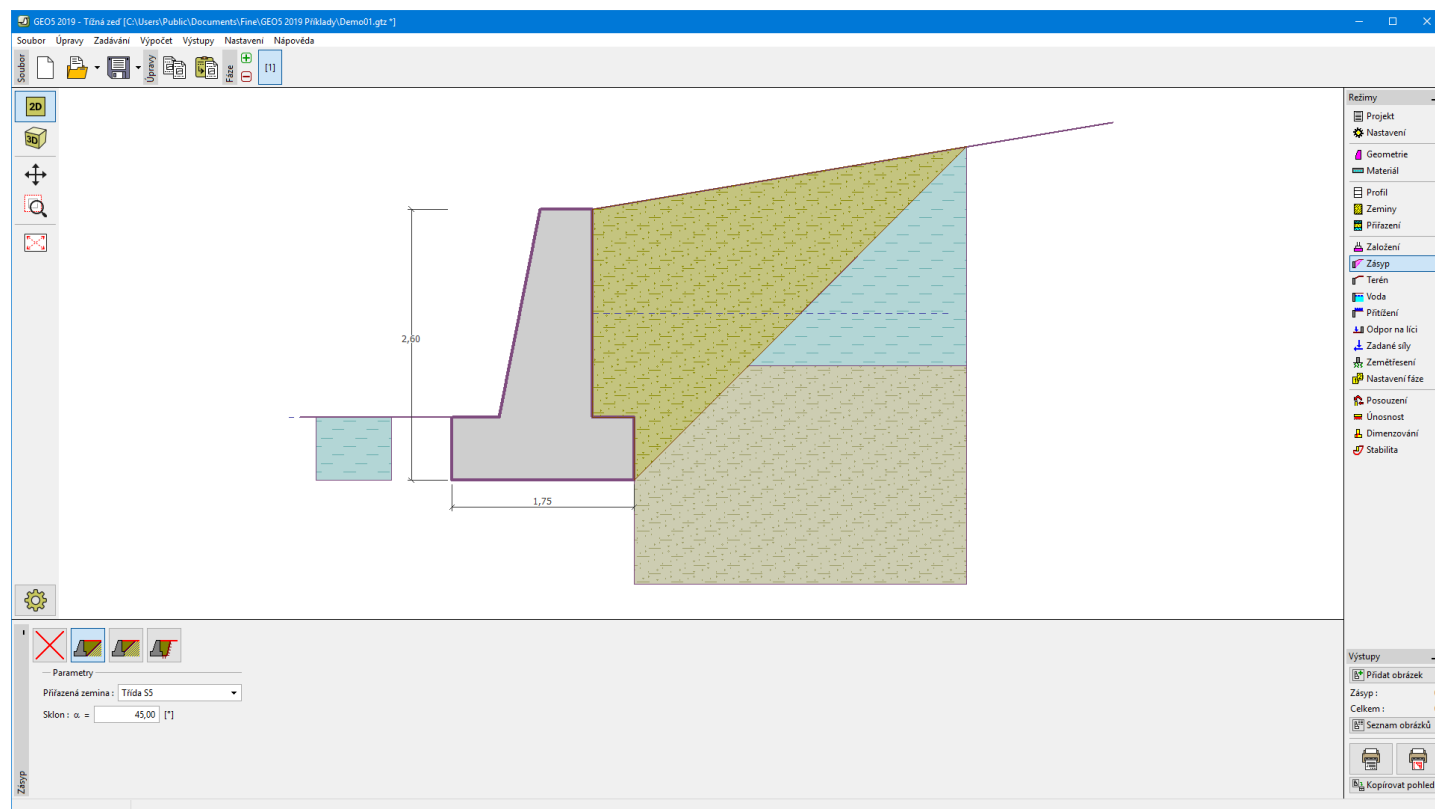


Rám "Založení"

Zásyp

V rámu "Zásyp" se stiskem tlačítka volí typ zásypu.

Jednotlivé typy jsou popsány v teoretické části nápovědy "Vliv zásypu".



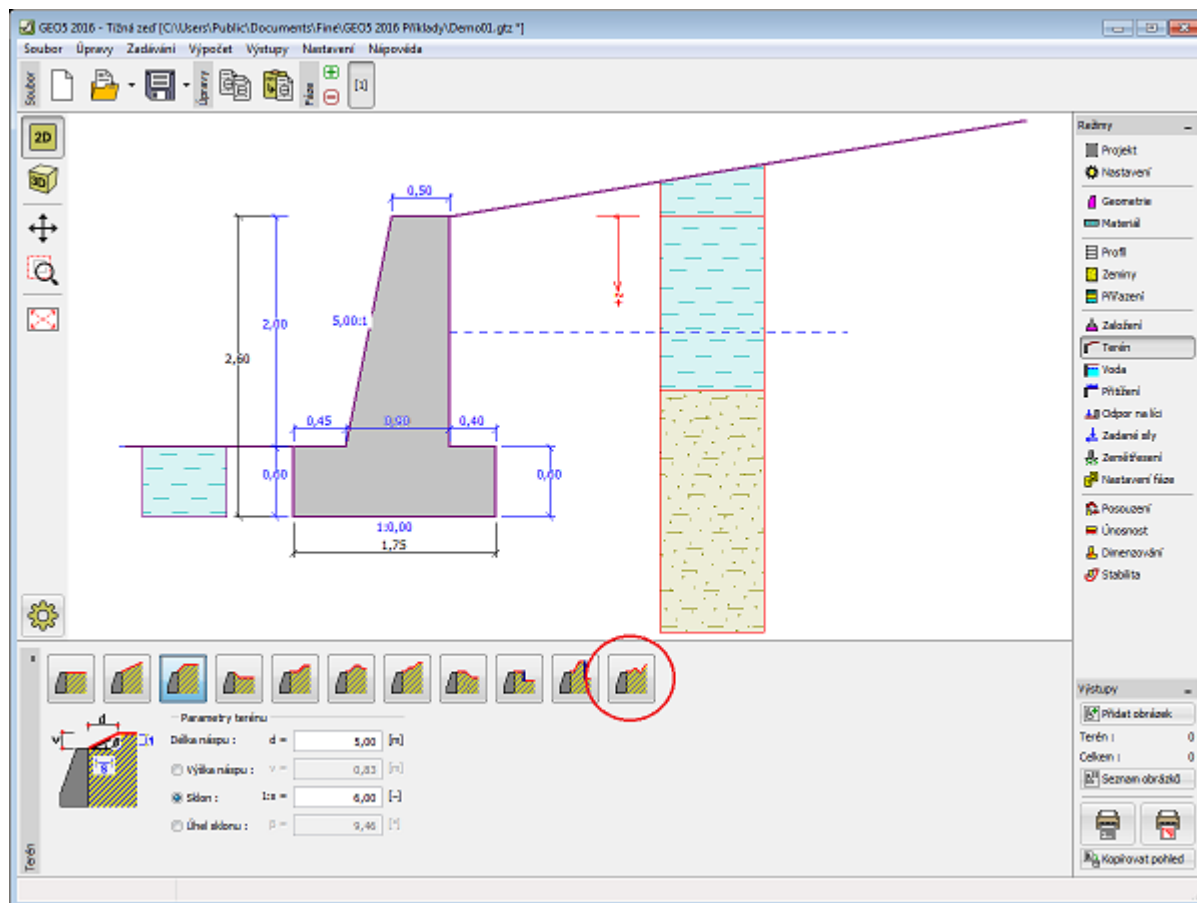
Rám "Zásyp"

Terén

V rámu "Terén" se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí [0; 0] leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".



Rám "Terén"

Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 ...) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

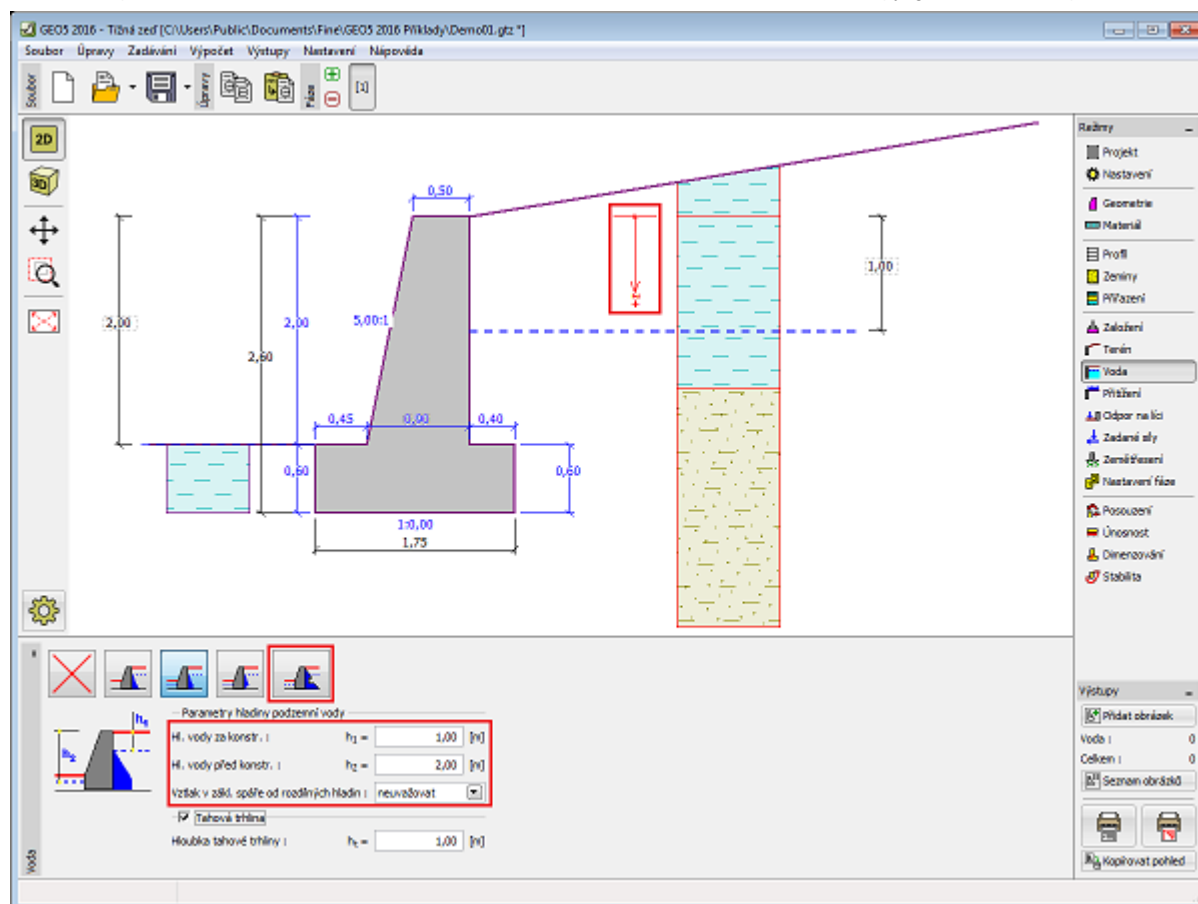
V rozbalitelném seznamu se zadává, zda se předpokládá působení vztaku vody od rozdílných hladin v základové spáře. Vztlak může být **lineární**, **parabolický** nebo není vůbec uvažován. Vztlak v základové spáře od rozdílných hladin je v posouzení zdi zaveden zvláštní silou.

Poslední volbou je ruční zadání pórového tlaku před i za konstrukcí. V rámu se zobrazí dvě záložky "**Před konstrukcí**" a "**Za konstrukcí**" s **tabulkami**. Do tabulek se zadávají hodnoty pórového tlaku před, nebo za konstrukcí v hloubce "z" (viz osa z)

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlin** vyplněných vodou.



Rám "Voda"

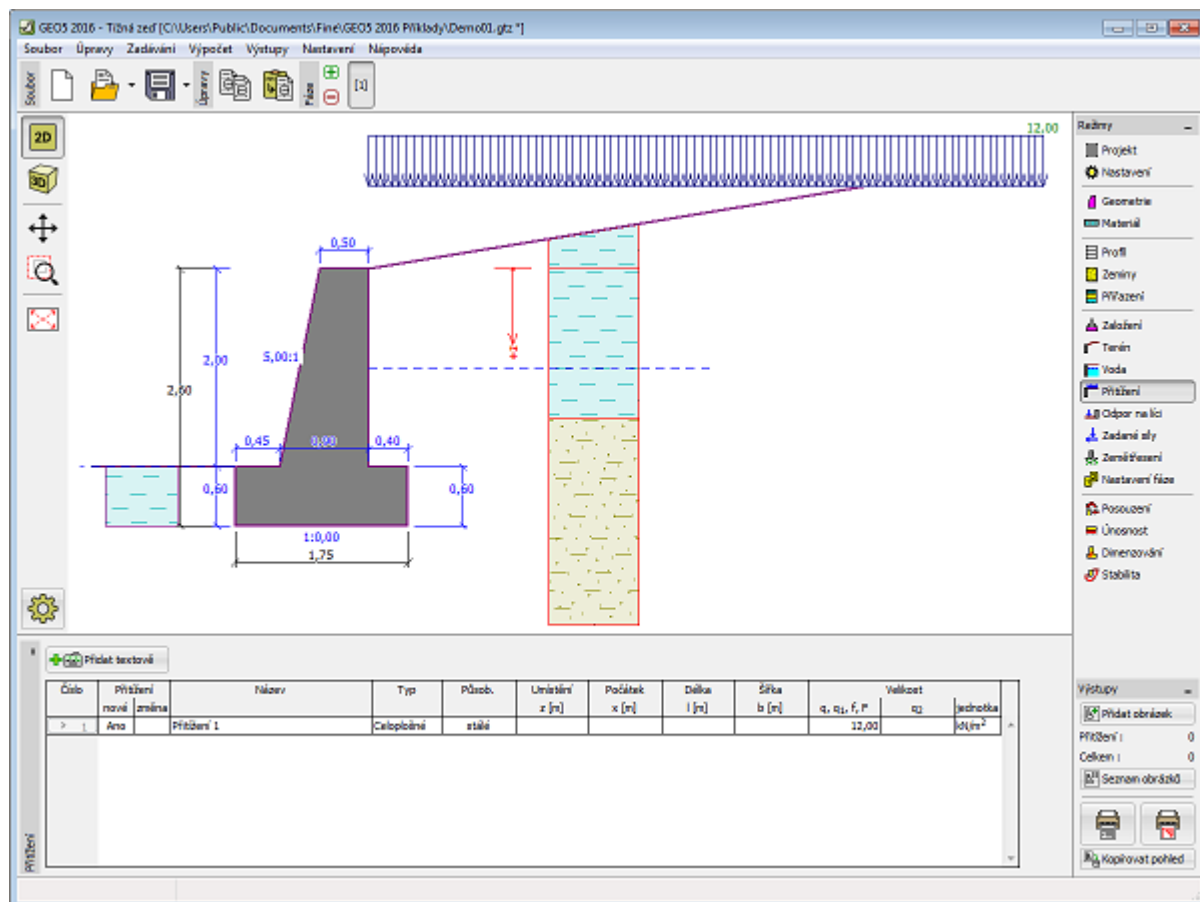
Přetížení

Rám "Přetížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přetížení. Přidání přetížení se provádí v dialogovém okně "Nové přetížení". Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Při zadání přetížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přetížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přetížení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv přetížení".



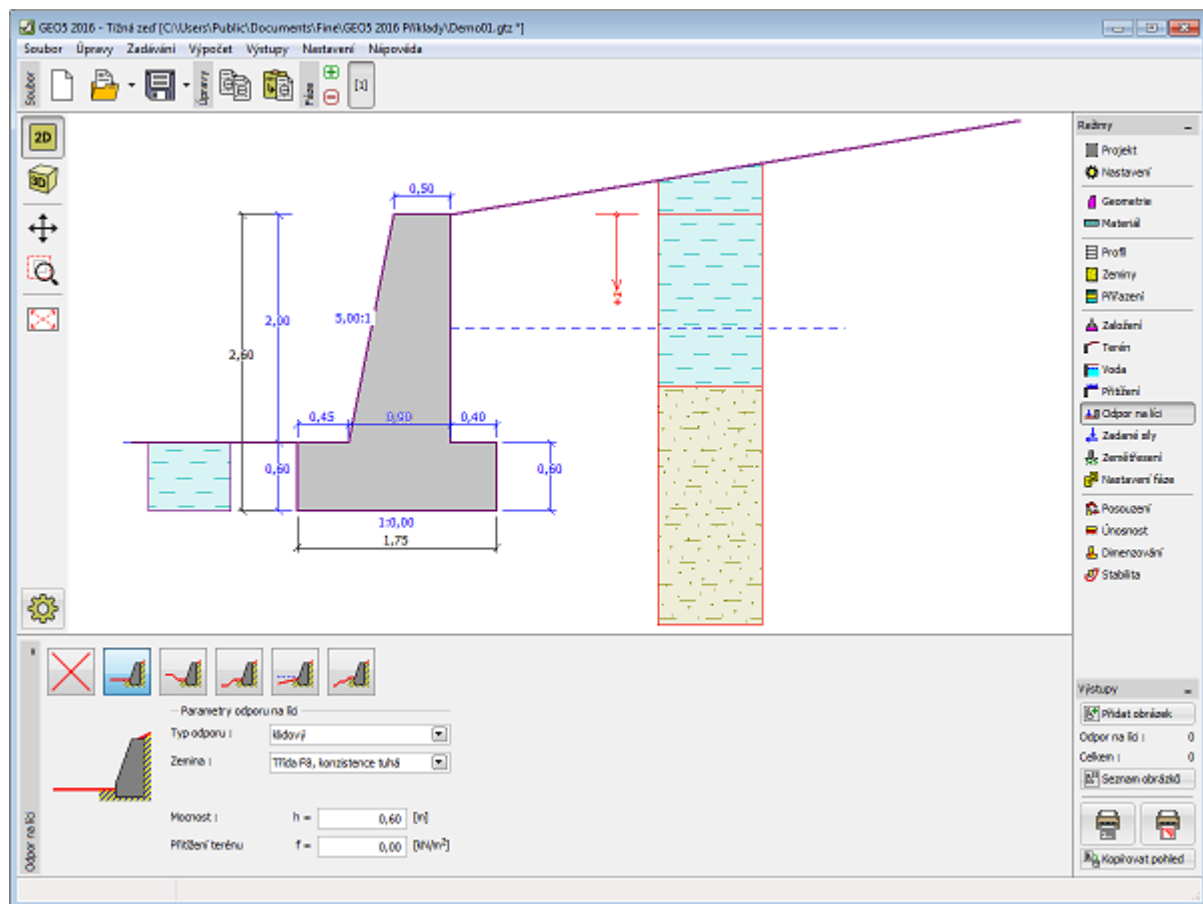
Rám "Přítěžení"

Odpor na líci

V rámu "Odpor na líci" se stiskem tlačítka volí tvar terénu a parametry odporu na líci zdi. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

V rámu lze v rozbalitelných seznamech vybrat typ odporu a zeminu (rozbalitelný seznam obsahuje zeminy zadané v režimu "Zeminy"). V rámu lze také zadat velikost přítěžení terénu před zdí, popř. mocnost zeminy nad nejnižším bodem konstrukce zdi.

Odpor na líci konstrukce může být zadán jako **klidový tlak**, **pasivní tlak** nebo **snížený pasivní tlak**. Výsledná síla od sníženého pasivního tlaku se počítá jako výslednice sil od tlaku v klidu a pasivního tlaku vynásobených příslušným součinitelem podle zadání typu sníženého pasivního tlaku.



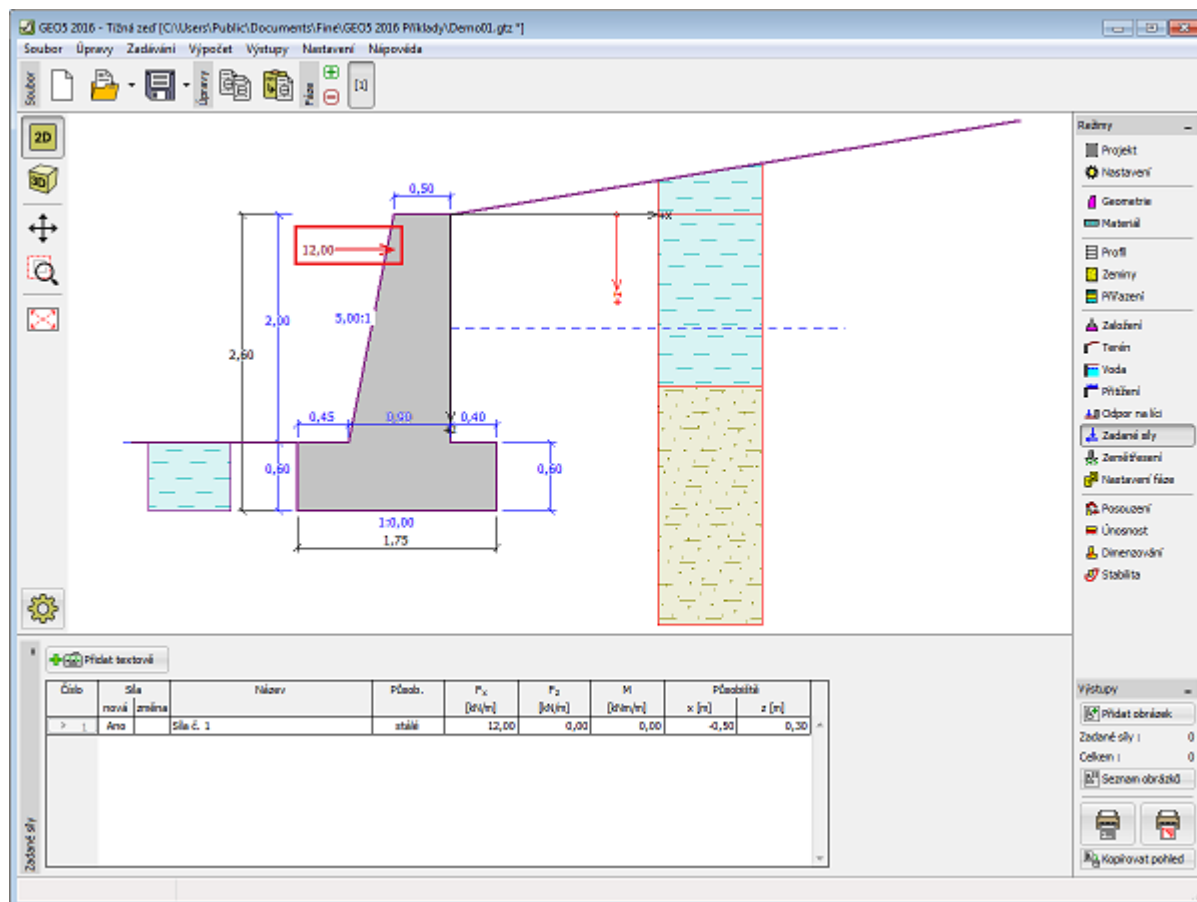
Rám "Odpor na lici"

Zadané síly

Rám "Zadané síly" obsahuje tabulku se seznamem zadaných sil působících na konstrukci. Přidání sil se provádí v dialogovém okně "Nová síla". Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadané síly představují přídatné zatížení působící na konstrukci zdi, pažení, respektive vyztuženého náspu. Můžeme jimi modelovat například ukotvení svodidel, náraz vozidla, zatížení od billboardů a reklamních ploch atp. Program takto zadané síly do výpočtu dále nijak neupravuje, s výjimkou přenásobení příslušným koeficientem dle zadaného typu zatížení (EN1997, LRFD).

Vnější zatížení působící na zeminu, resp. na povrch terénu je nutné modelovat jako **přítížení**.



Rám "Zadané síly"

Kotvy

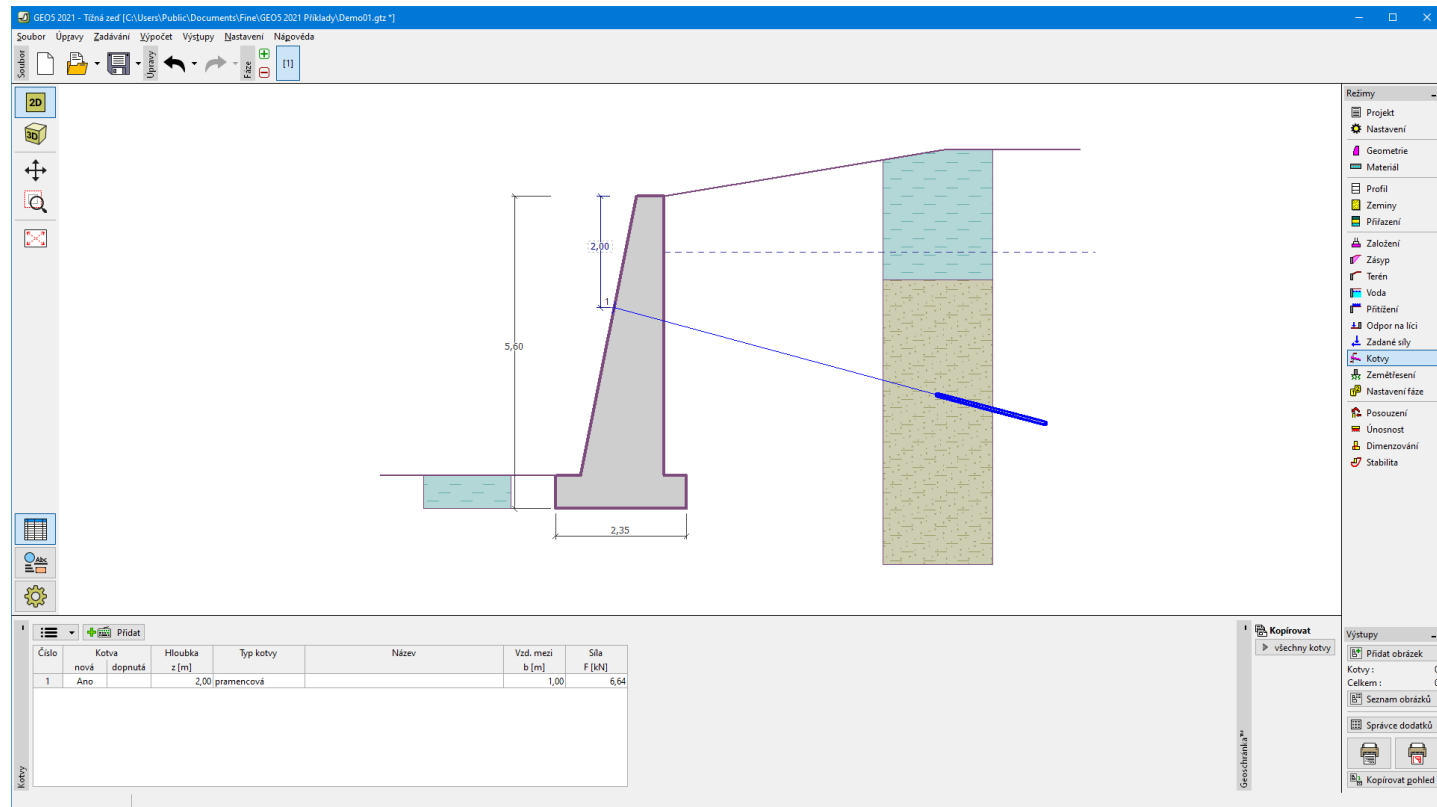
Rám "Kotvy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kotev. Přidání (editace) kotev se provádí v dialogovém okně "Nová kotva". Zadané kotvy lze editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

Kotvy lze zadat jako předpjaté (**nedefinováno**, **tyčové předpínací**, **pramencové**) i nepředpjaté (**Helix**, **tyčové nepředpínací**, **kotevní táhla**).

Pro kotvu typu **nedefinováno** se síla v kotvě zadává přímo. V ostatních případech je síla automaticky doložena z **únosnosti na přetržení**, **únosnosti na vytržení ze země** a **únosnosti na vytržení ze záhlavky**.

Spočtené **únosnosti kotev jsou redukovány** příslušným stupněm bezpečnosti nebo koeficientem redukce, který se zadává v rámu "Nastavení", záložka "Kotvy".

V **následujících fázích** již nejde kotvy editovat.



Rám "Kotvy"

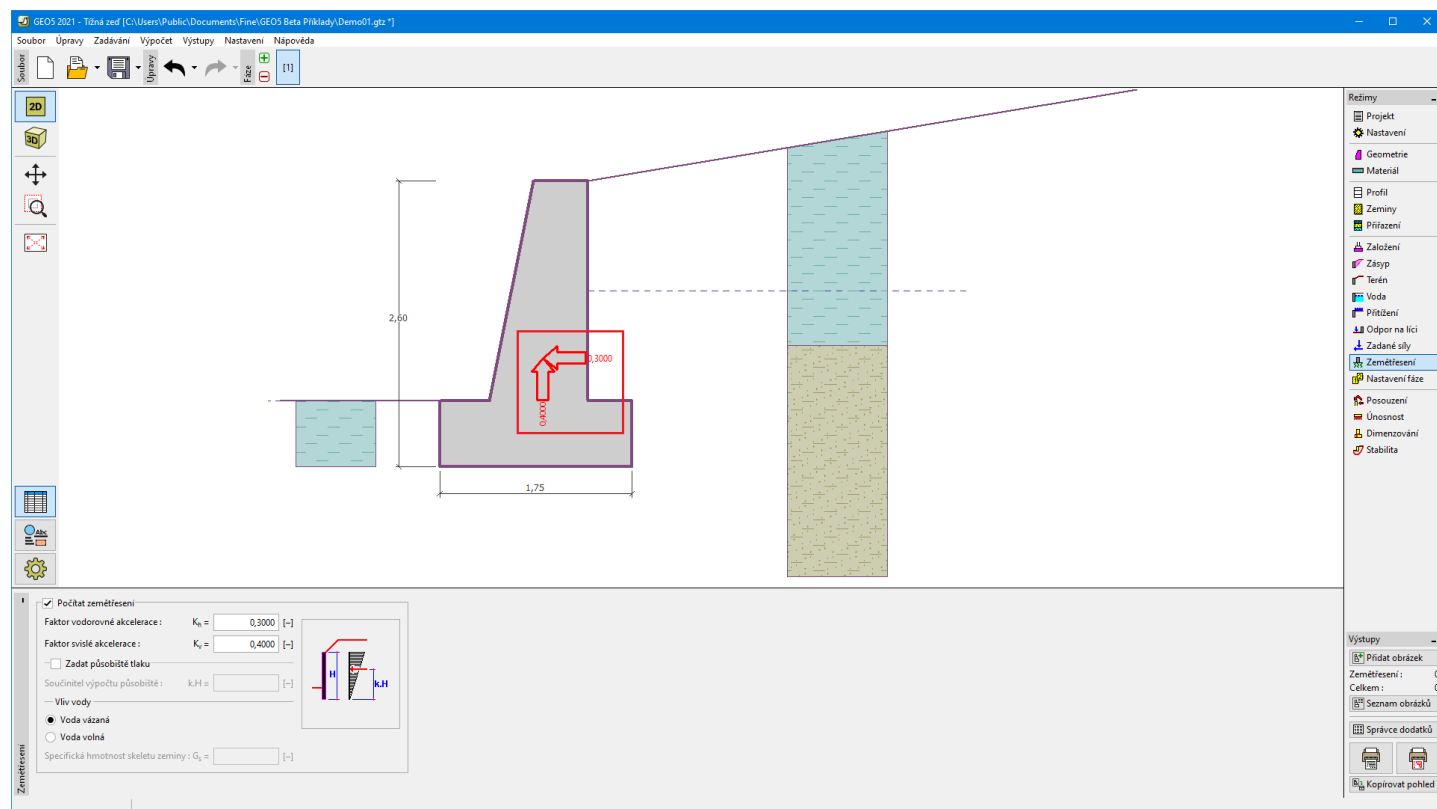
Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv zemětřesení".

Při zvolené metodice posouzení LRFD lze také definovat součinitele pro seismické kombinace dle AASHTO.



Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.

Dále se zde volí typ tlaku působících na zeď podle dovolené deformace zdi. Jestliže se zeď může přemístit, pak se počítá posouzení zdi na zatížení **aktivním tlakem**, v opačném případě **tlakem v klidu**. Třetí volba umožňuje zatížit konstrukci zdi **zvýšeným aktivním tlakem**.

Redukci **úhlu tření zemina/zemina** lze uvažovat jednou z následujících možností:

- **neredukovat**
- **redukovat na $2/3\phi$ (AASHTO)**
- **redukovat na 0**
- **zadat součinitel redukce**

Nastavení fáze	Návrhová situace :	<div>trvalá</div> <div>trvalá</div> <div>dočasná</div> <div>mimořádná</div> <div>seismická</div>
	Tlak působící na zeď :	<div>zeď se může přemístit (aktivní tlak)</div> <div>zeď se může přemístit (aktivní tlak)</div> <div>zeď se nemůže přemístit (tlak v klidu)</div> <div>zvýšený aktivní tlak</div>
	Redukce úhlu tření zemina/zemina :	<div>neredukovat</div> <div>neredukovat</div> <div>redukovat na $2/3 \phi$ (AASHTO)</div> <div>redukovat na 0</div> <div>zadat součinitel redukce</div>

Rám "Nastavení fáze"

Posouzení

V rámu "Posouzení" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

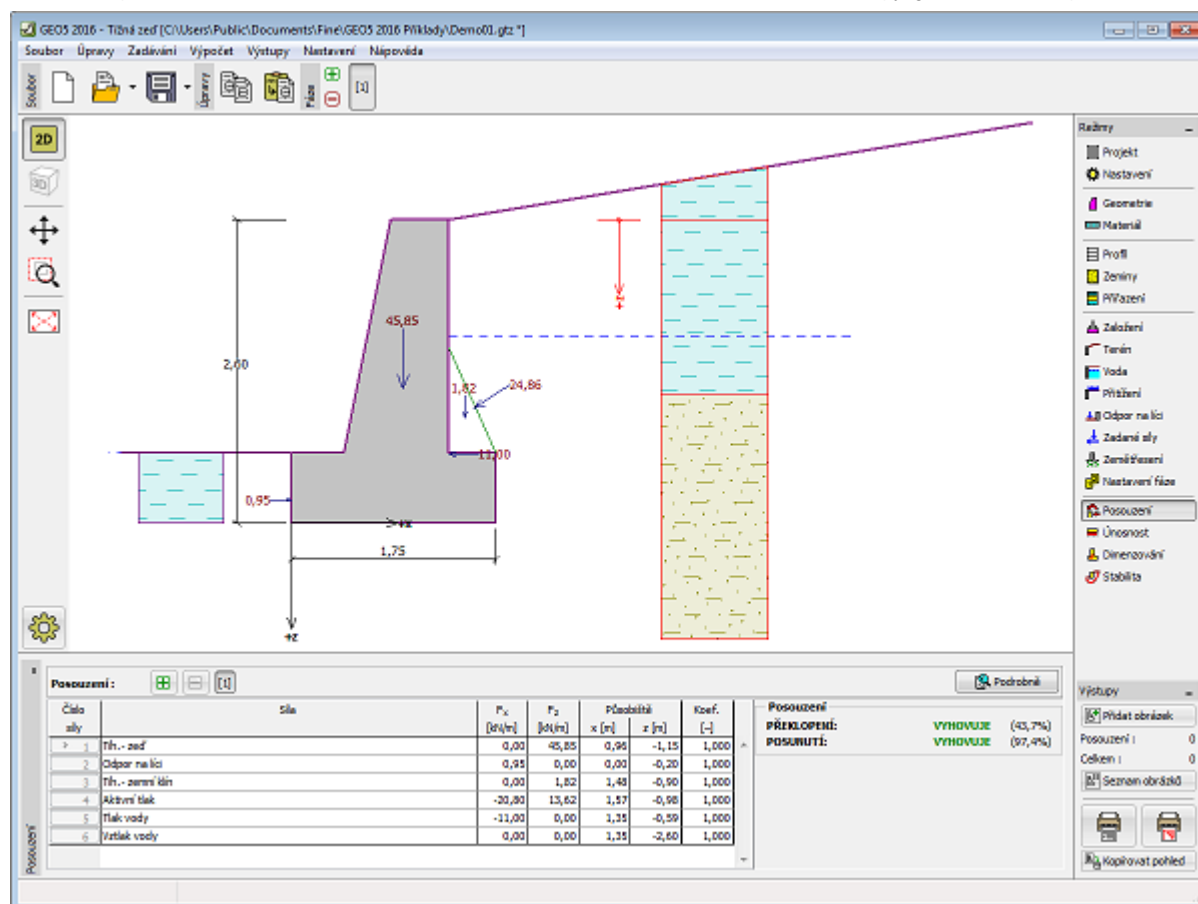
Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Postup **vlastního posouzení zdi** je popsán v teoretické části nápovědy.

Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. V pravé části rámu se zobrazuje výsledek posouzení zdi na **překlopení a posunutí**. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Posouzení"

Únosnost

V rámu "Únosnost" jsou zobrazeny výsledky výpočtu únosnosti základové půdy. Napětí v základové spáře (předpokládá se konstantní) je spočteno ze všech posouzení provedených v rámu "Posouzení". Do programů "Patky", "Patky CPT", "Pilota" a "Skupina pilot" se jednotlivá posouzení převezmou jako zatěžovací stavy. Do programu "Pilota CPT" se předává pouze normálové zatížení.

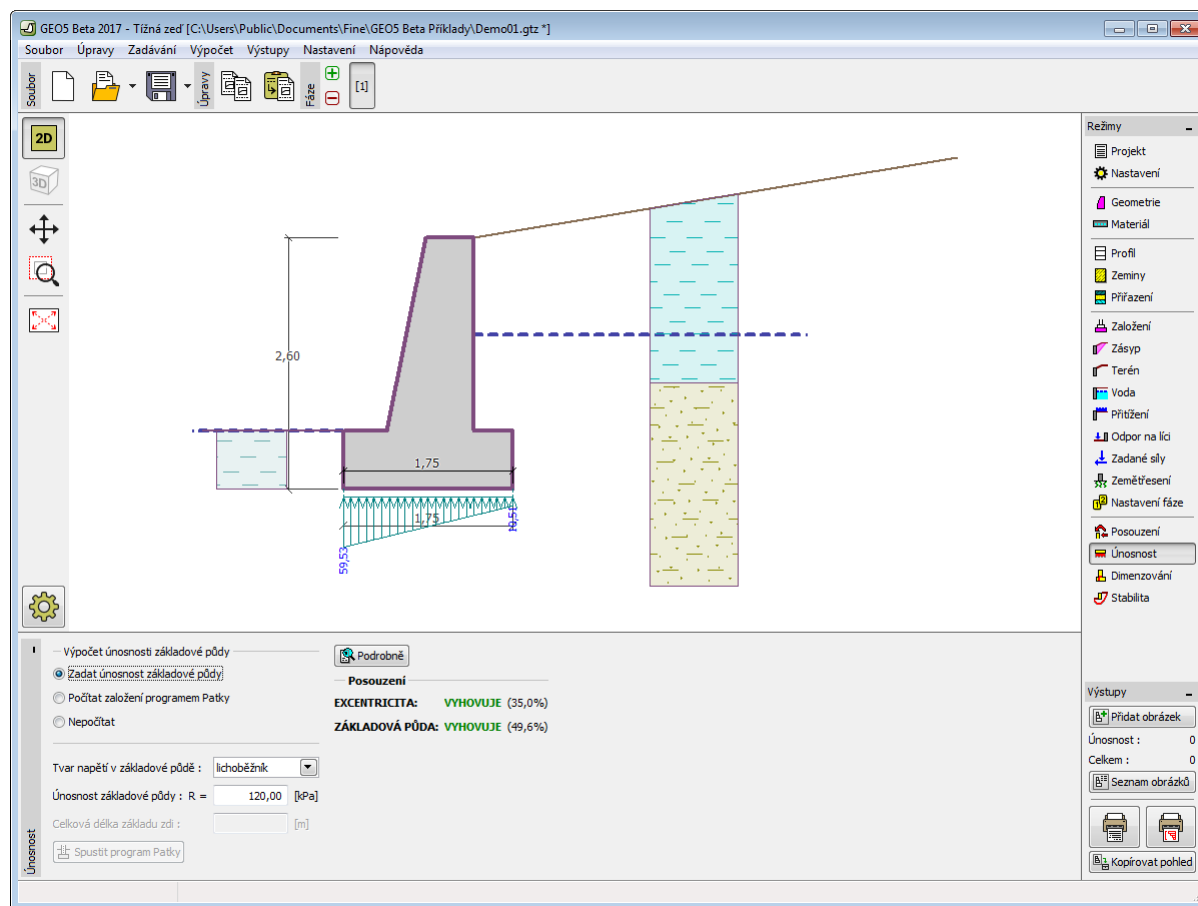
Rám obsahuje následující volby výpočtu:

- Zadat únosnost základové půdy**
 V zadávacím poli se zadává únosnost základové půdy. Výsledky posouzení zdi na **excentricitu** a **únosnost základové půdy** se zobrazují v pravé části rámu. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení únosnosti základové půdy.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky"**
 Pomocí tlačítka "Spustit program Patky" se **spustí program "Patky"**, ve kterém lze spočítat únosnost základové půdy, popř. sednutí a natočení základu. Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "OK" - výsledky resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu o výpočtu v programu "Tížná zď". Pokud není program "Patky" nainstalován, není tlačítko dostupné. Zadává se celková délka základu zdi.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky CPT"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Patky".
- Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Pilota"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Patky". Tlačítko "Spustit program Pilota" je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám "Založení"). Zadává se podélný rozestup pilot s .
- Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Pilota CPT"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Pilota".
- Počítat svislou únosnost skupiny pilot programem "Skupina pilot"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Patky". Tlačítko "Spustit program Skupina pilot" je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám "Založení"). Zadává se podélný rozestup pilot s , celkový počet řad pilot n a zatěžovací délka l .

- **Nepočítat (základ na pilotách)** Únosnost základové půdy se nepočítá.

Program umožňuje zadat **tvar napětí v základové půdě**.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Únosnost"

Dimenzování

V rámu "Dimenzování" můžeme navrhnout a posoudit vyztužení průřezů zdi - dimenzovaný průřez volíme v rozbalitelném seznamu.

- **Posouzení dříku zdi**
- **Posouzení v pracovní spáře** - zadává se **hloubka** pracovní spáry od horního kraje konstrukce
- **Posouzení výstupku zdi**

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

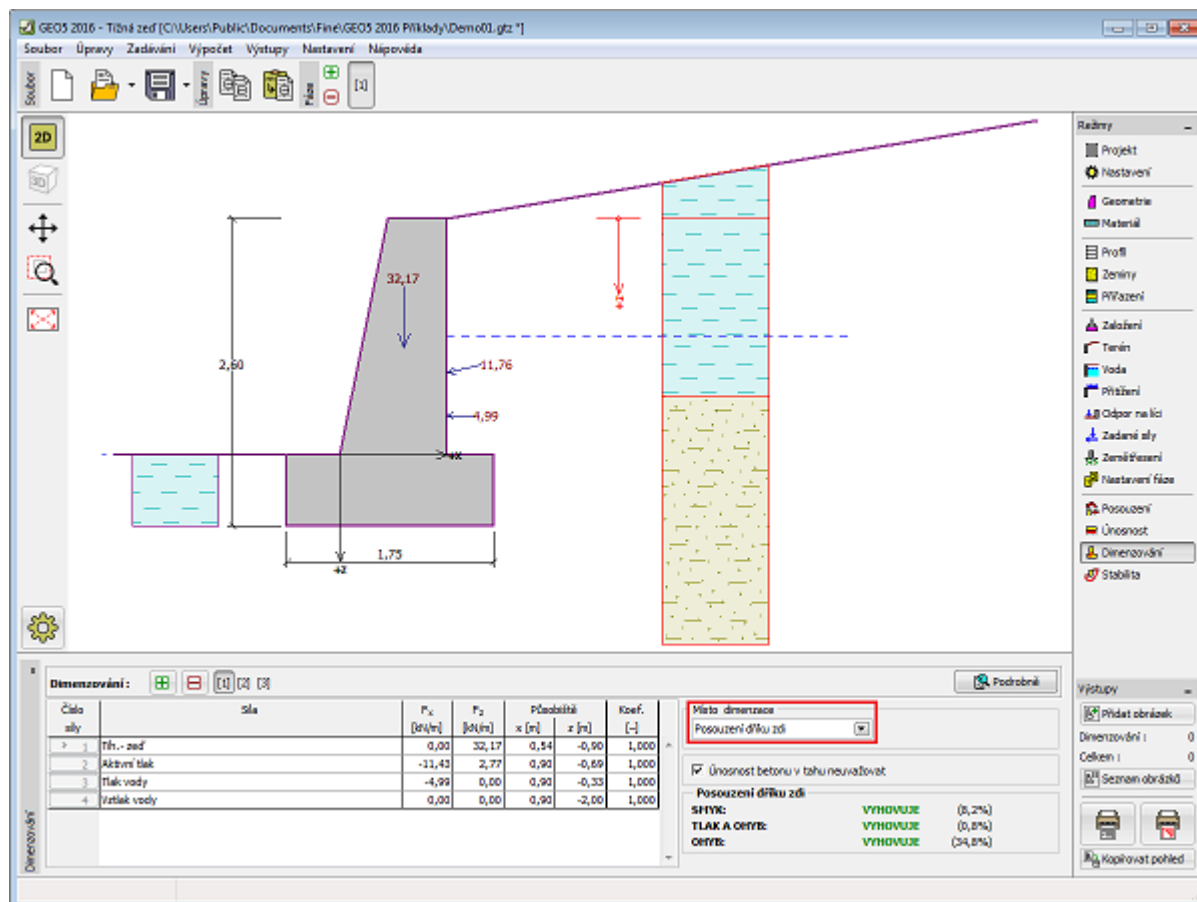
Výpočet sil a jejich působení na vyšetřovaný průřez jsou popsány **zde**. Dřík zdi resp. pracovní spára jsou zatíženy vždy **tlakem v klidu**.

Postup stanovení vnitřních sil v jednotlivých průřezích je popsán v teoretické části nápovědy.

Dimenzování železobetonové konstrukce se provádí podle normy zadané v záložce "**Materiály a normy**".

V rámu lze provést **více výpočtů** pro různé průřezy. Lze zadat i různé **výpočtové koeficienty** jednotlivých sil. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".

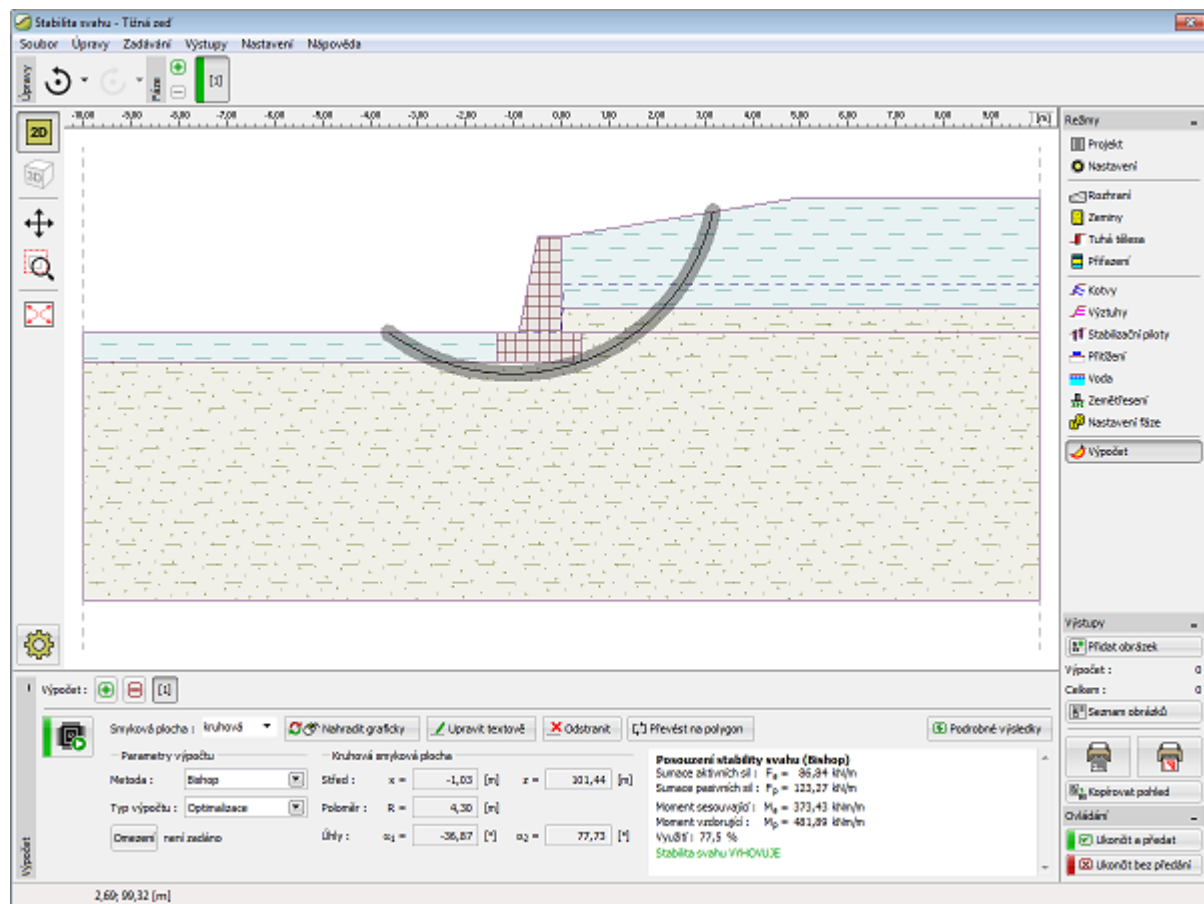


Rám "Dimenzování"

Stabilita

Při stisknutí tlačítka **"Stabilita"** se spustí program **"Stabilita svahu"** a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu **stabilita svahu** pak můžeme posoudit celkovou stabilitu konstrukce zdi. Pokud program **"Stabilita svahu"** není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem **"OK"** - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu v programu **"Tízná zed"**.



Rám "Stabilita"

Program Prefabrikovaná zeď

Program je určen k návrhu a posouzení zdí tvořených prefabrikovanými bloky.

Nápověda k programu "Prefabrikovaná zeď" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávací dat v jednotlivých rámcích:

Projekt	Nastavení	Geometrie	Profil	Zeminy	Přirazení	Založení
Zásyp	Terén	Voda	Přetížení	Odpor na lici	Zadané síly	Zeměřesení
Nastavení fáze	Posouzení	Únosnost	Dimenzování	Posunutí po výztuze	Stabilita	

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "Prefabrikovaná zeď":

Napětí v zemině	Zemní tlaky	Výpočty zdí	Výpočet únosnosti základu
-----------------	-------------	-------------	---------------------------

- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádějí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "Správce nastavení" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Program umožňuje zadat hodnotu **minimálního dimenzačního tlaku** (zaškrtnutím volby "**Uvažovat minimální dimenzační tlak**").

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Výpočet zdí**".

Rám "Nastavení"

Geometrie

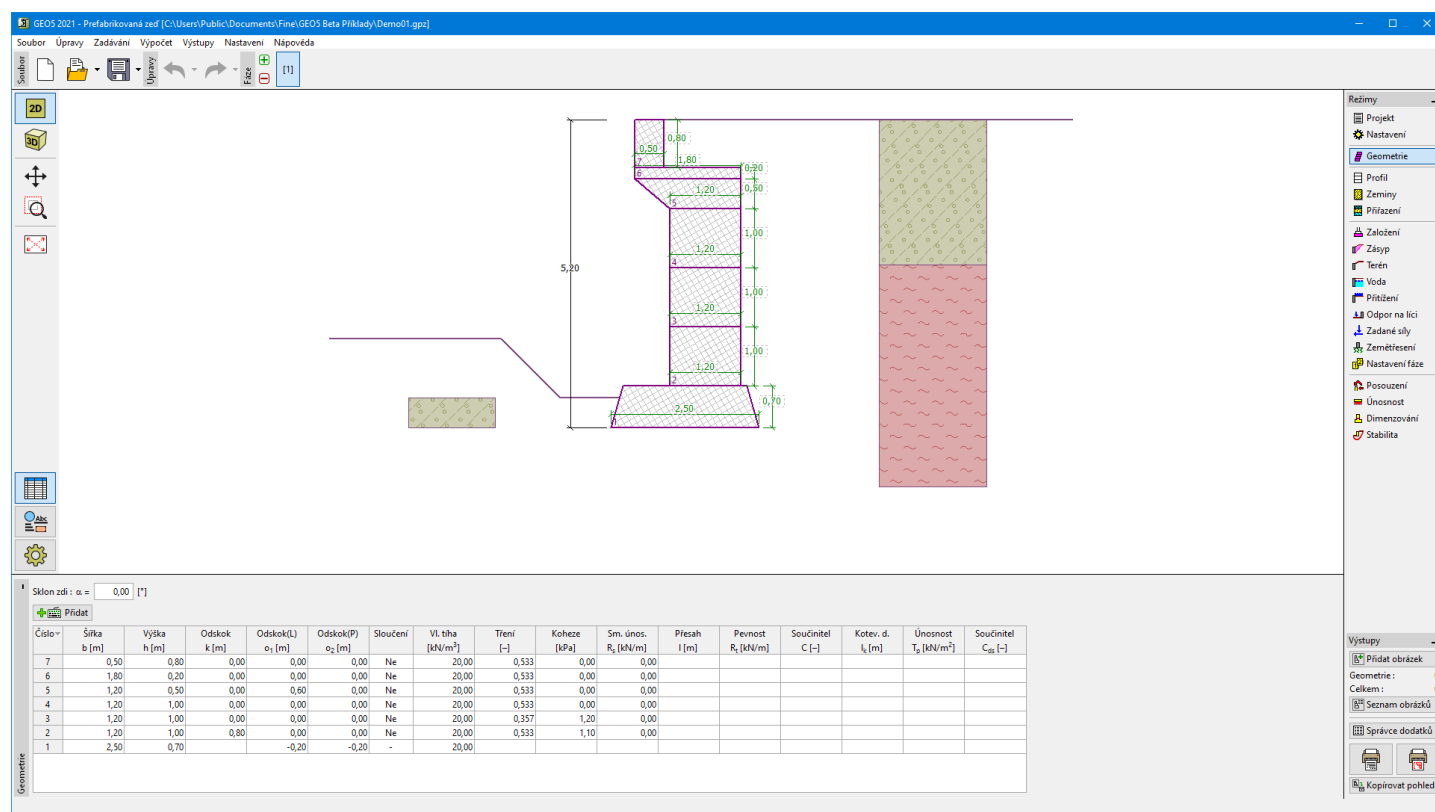
Rám "Geometrie" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných konstrukčních prefabrikátů (bloků) zdi (nejnižší blok je označen č.1). **Přidání** bloků se provádí v **dialogovém okně "Nový blok"**.

V dialogovém okně se zadává **geometrie bloku**, **parametry výztuhy** (délka přesahu, únosnost na vytržení a pevnost výztuhy) a **charakteristiky materiálu** (vlastní tíha, tření mezi bloky, koheze). Možnost **sloučení bloků** slouží pro detailnější modelování geometrie bloku.

Program umožňuje vložit (vsunout) další blok mezi již stávající zadané bloky konstrukce. Vložení bloku se provádí v dialogovém okně **"Vsunutý blok"**, které je totožné s dialogovým oknem **"Nový blok"**.

Zadané bloky lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních kót**, nebo **aktivních objektů** - poklepáním (double-click) na konstrukci otevřeme dialogové okno s příslušným blokem. **Režim aktivních objektů funguje pouze v případě, že je vypnuto zobrazování podrobných kót v dialogovém okně "Nastavení stylu zobrazení"**.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie"

Profil

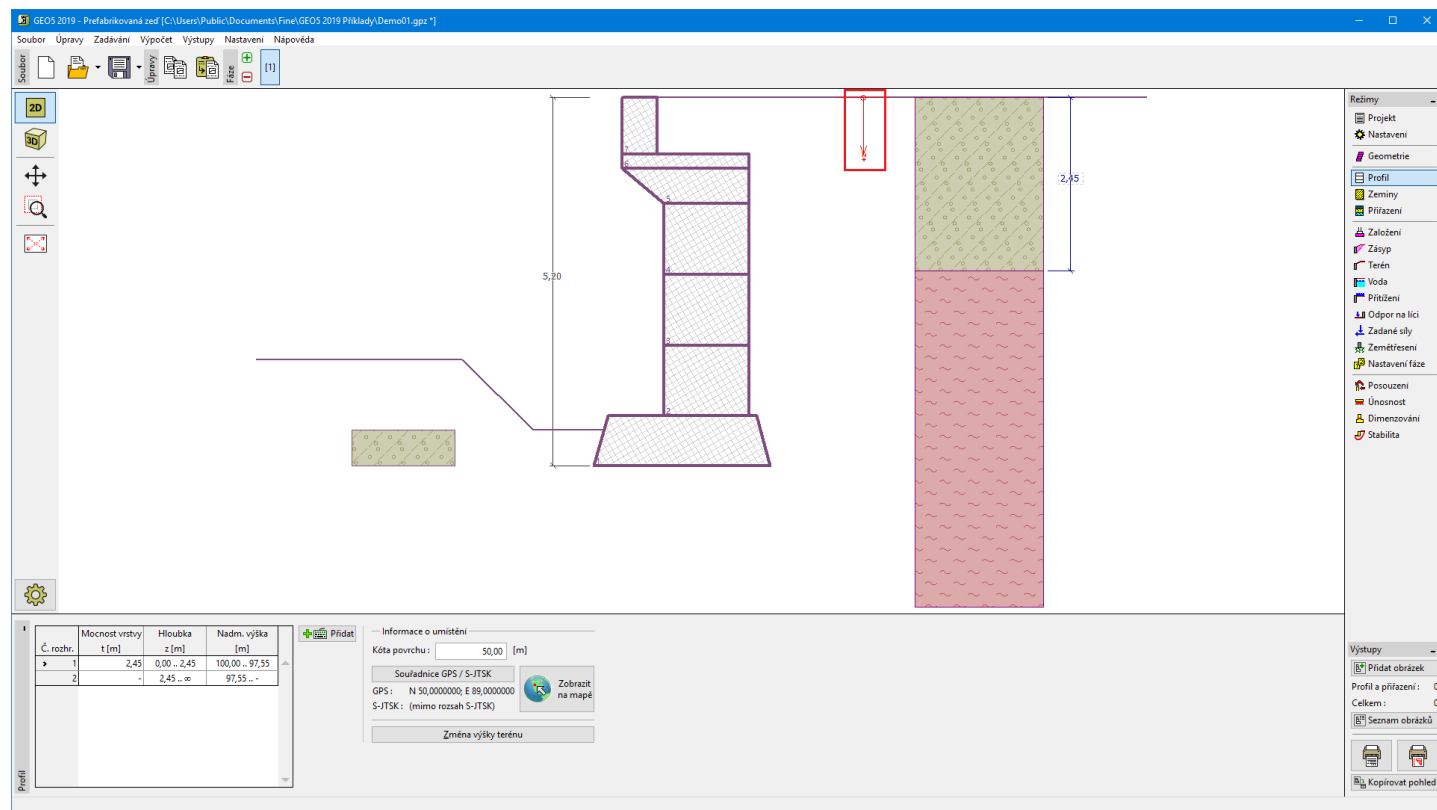
Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se **z-ová** souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (*z*) nebo mocnost vrtvy (*t*).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem **"Zobrazit na mapě"** **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně **"Změna výšky terénu"** a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu **"Terén"** nebo **"Stratigrafie"**.



Rám "Profil"

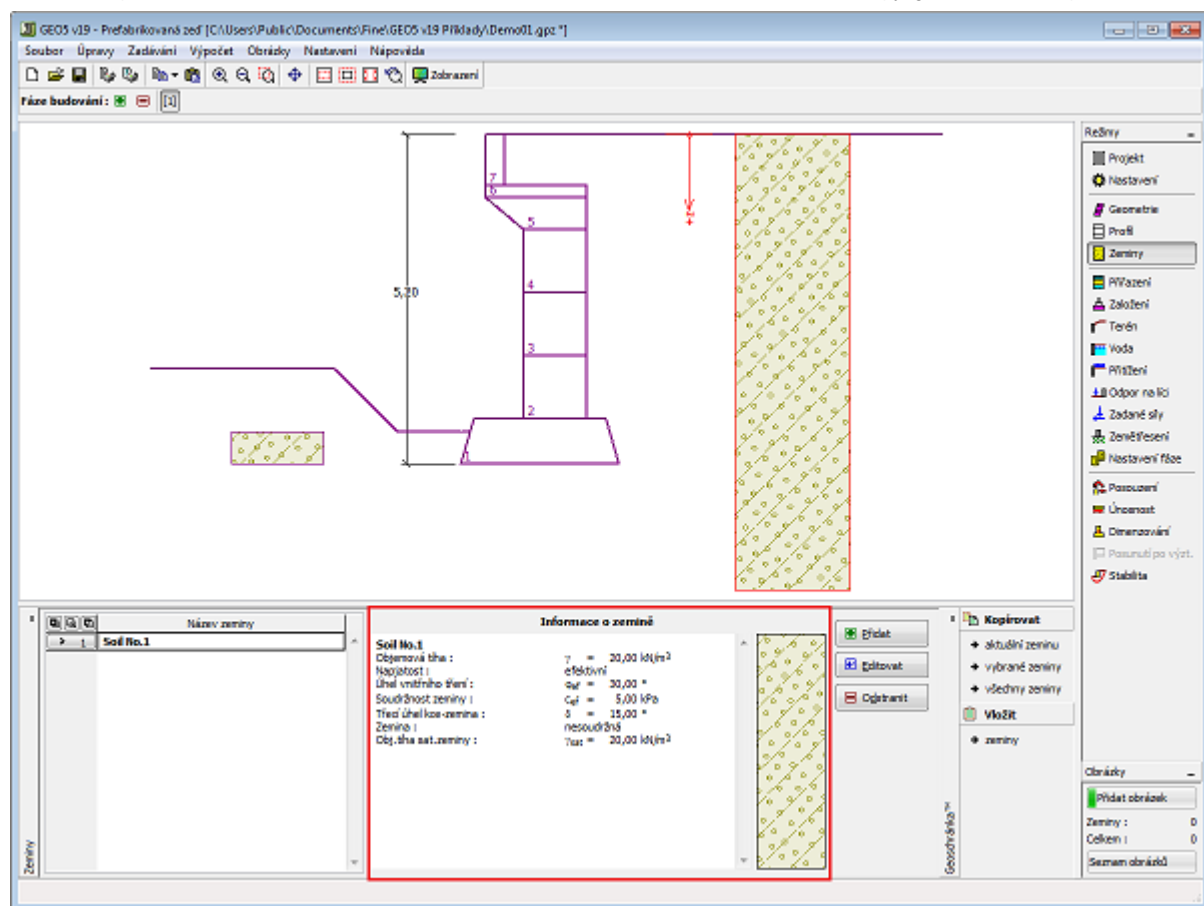
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "**Základní data**", "**Tlak v klidu**" a "**Vztlak**".

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemín**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemín. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní, resp. totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu **"Napjatost"**. To zda počítat v **efektivní, resp. totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí**, který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce α** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole **"Zemní tlaky"**.

Přidání nových zemin

Identifikace
Název : Třída F1, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ [kN/m³] 19,0

Napjatost : efektivní

Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 29,00$ [°] 26-32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00$ [kPa] 4-12

Třecí úhel kce-zemina : $\delta =$ [°]

Tlak v klidu

Zemina : nesoudržná

Vztlak

Způsob výp.vztaku : standardní

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Barva

Kategorie vzorků
GEO

Vzorek
Hlína štěrkovitá

Zatřídění

Zatříd' Vymaž

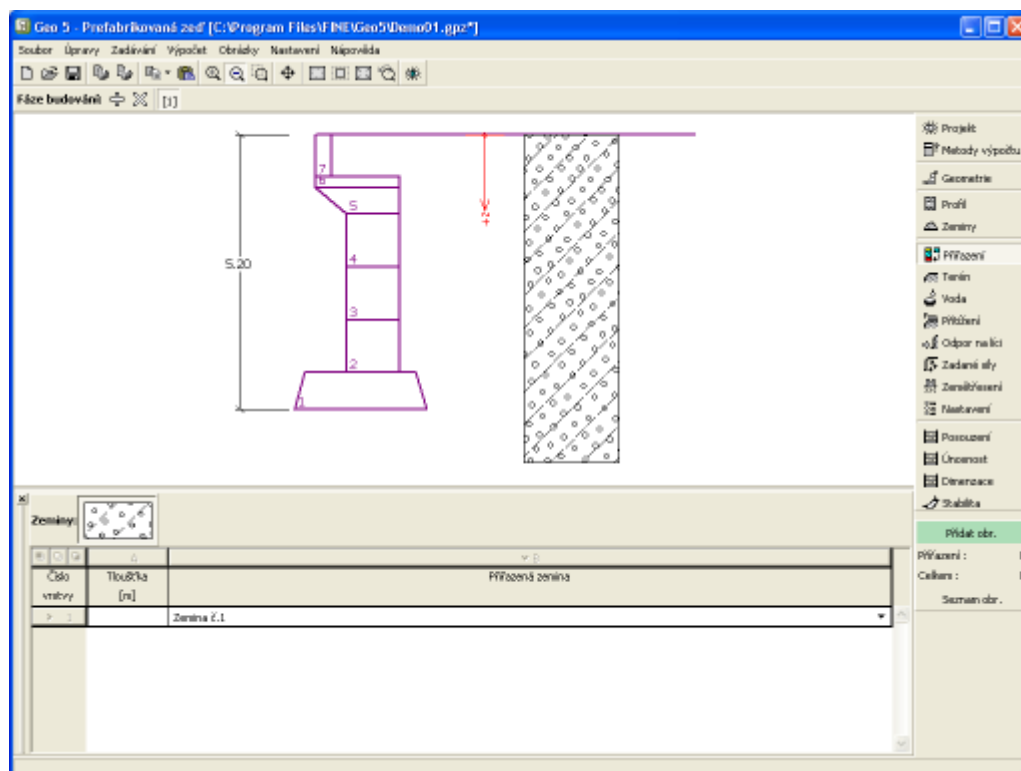
Přidej Storno

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



Rám "Přiřazení"

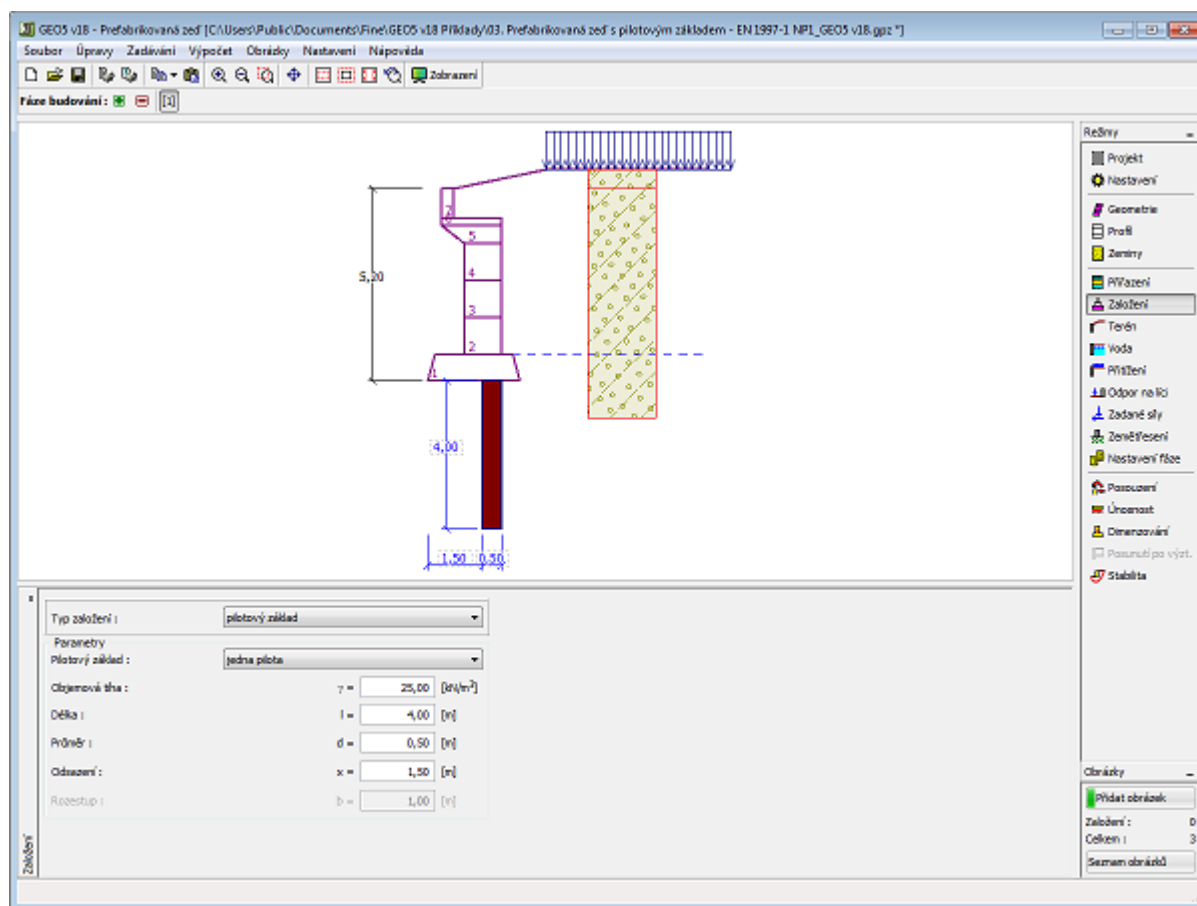
Založení

V rámu "Založení" se zadává typ založení zdi. Program umožňuje zadat následující typy založení zdi:

- **zemina - geologický profil** - zeď je založená na zemině **přřazené** z geologického profilu, který se zadává v rámu "Profil"
- **zemina - zadat parametry kontaktu** - zadávají se parametry kontaktu mezi základovou spárou konstrukce zdi a zeminou. Pro volbu "zadávat úhel tření základ-zemina" se v programu zadává úhel tření mezi základem a zeminou ψ [°]. Pro volbu "zadávat součinitel tření" se v programu zadává součinitel tření μ [-]. Pro obě možnosti se zadává soudržnost mezi základem a zeminou a [kPa].
- **základový pas** - materiál základového pasu tvoří **zemina** (zadaná v rámu "Zeminy") nebo **beton** - zadává se **objemová tíha materiálu základu** γ a **parametry kontaktu zeď-základ** (součinitel tření f , soudržnost c , dodatečný odpor F)
- **pilotový základ** - zeď lze založit na jedné řadě pilot resp. na dvou řadách pilot

Základový pas a **pilotový základ** lze pro založení zdi použít pouze v případě, že je v rámu "Geometrie" zvolen typ zdi s **rovnou základovou spárou bez výstupku**. Geometrii založení zdi (**základový pas**, **pilotový základ**) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Vstupní data zadaná v tomto rámu ovlivňují samotný **výpočet zdi** (posouzení na posunutí) a dále **únosnost základové půdy**.

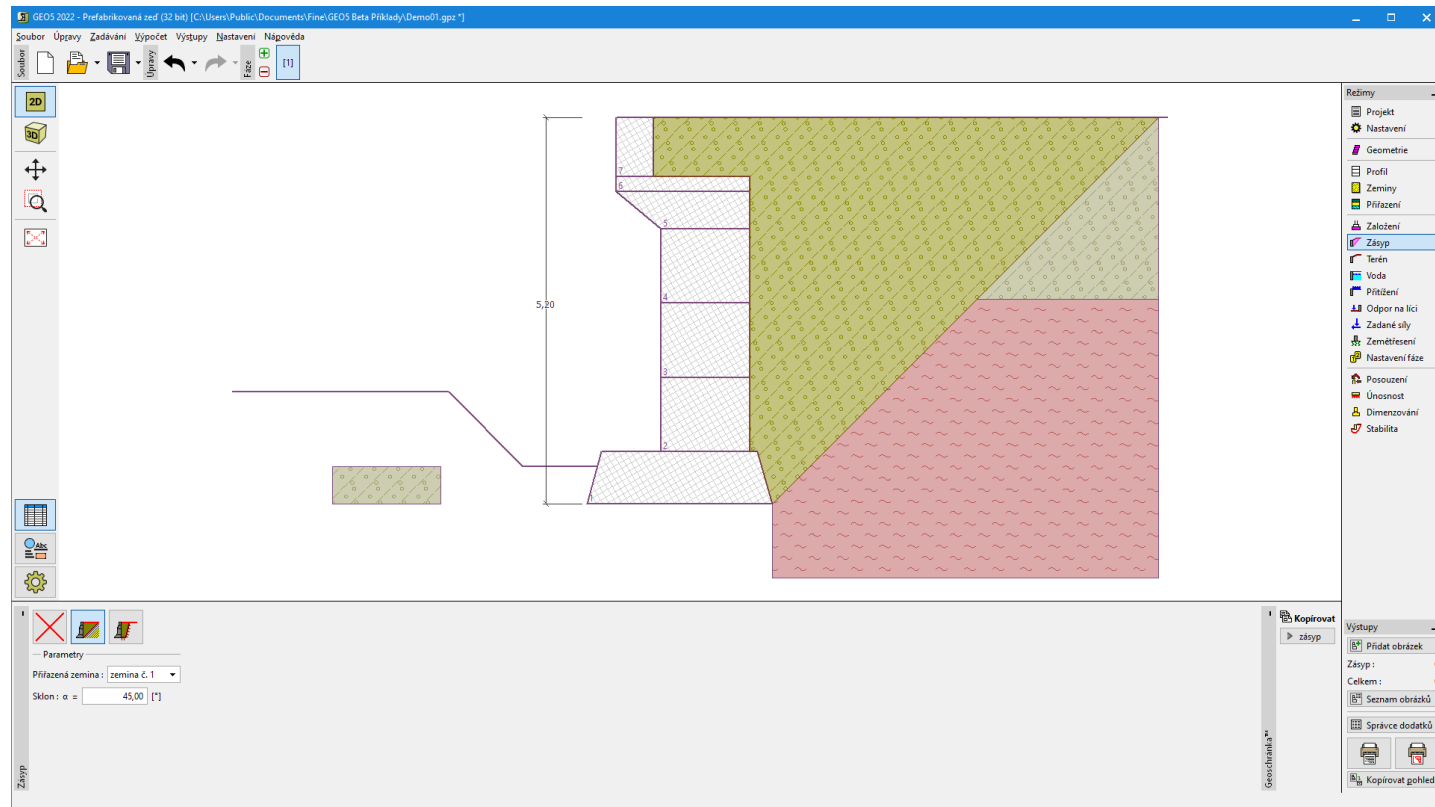


Rám "Založení"

Zásyp

V rámu "Zásyp" se stiskem tlačítka volí typ zásypu.

Jednotlivé typy jsou popsány v teoretické části nápovědy "Vliv zásypu".



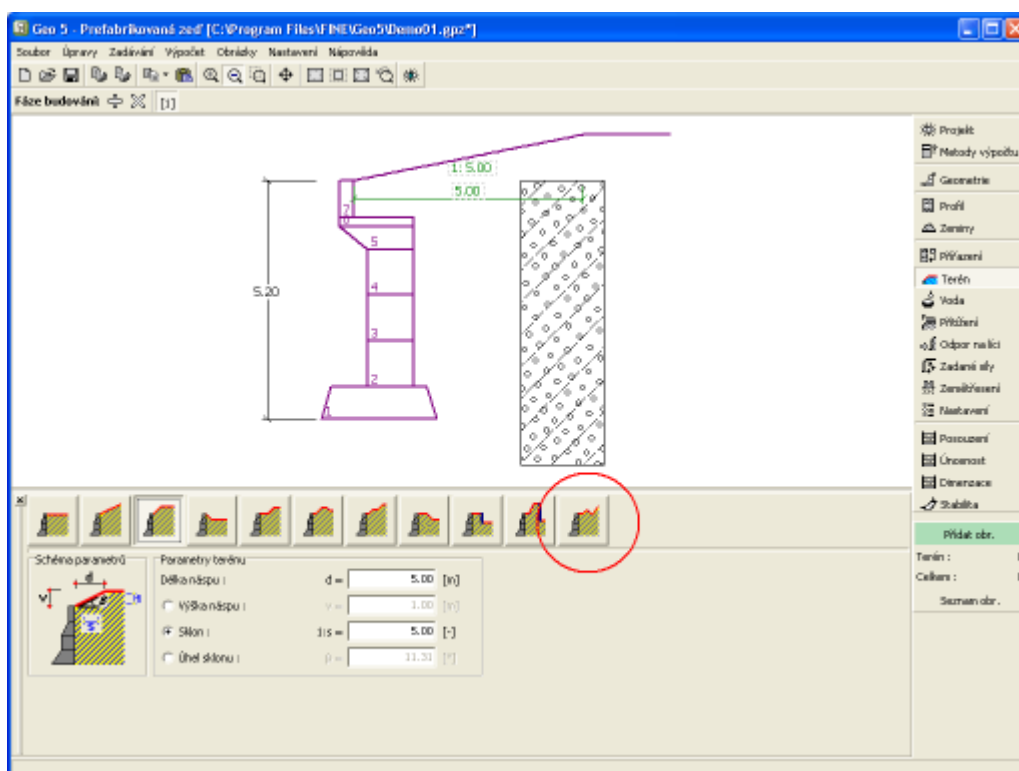
Rám "Zásyp"

Terén

V **rámu "Terén"** se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí [0; 0] leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "[Průběh zemních tlaků při členitém terénu](#)".



Rám "Terén"

Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 ...) lze editovat buď v rámu vložení hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

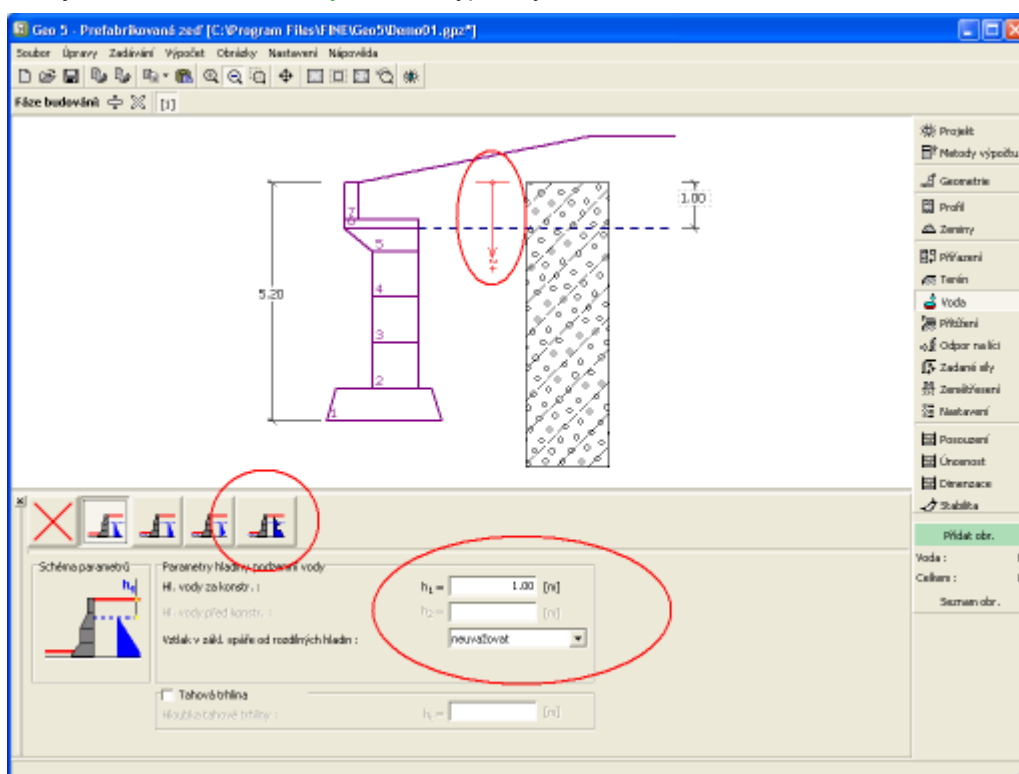
V rozbalitelném seznamu se zadává, zda se předpokládá působení vzlaku vody od rozdílných hladin v základové spáře. Vztlak může být **lineární**, **parabolický** nebo není vůbec uvažován. Vztlak v základové spáře od rozdílných hladin je v posouzení zdi zaveden zvláštní silou.

Poslední volbou je ruční zadání pórového tlaku před i za konstrukcí. V rámu se zobrazí dvě záložky "**Před konstrukcí**" a "**Za konstrukcí**" s **tabulkami**. Do tabulek se zadávají hodnoty pórového tlaku před, nebo za konstrukcí v hloubce "z" (viz osa z)

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlín** vyplněných vodou.



Rám "Voda"

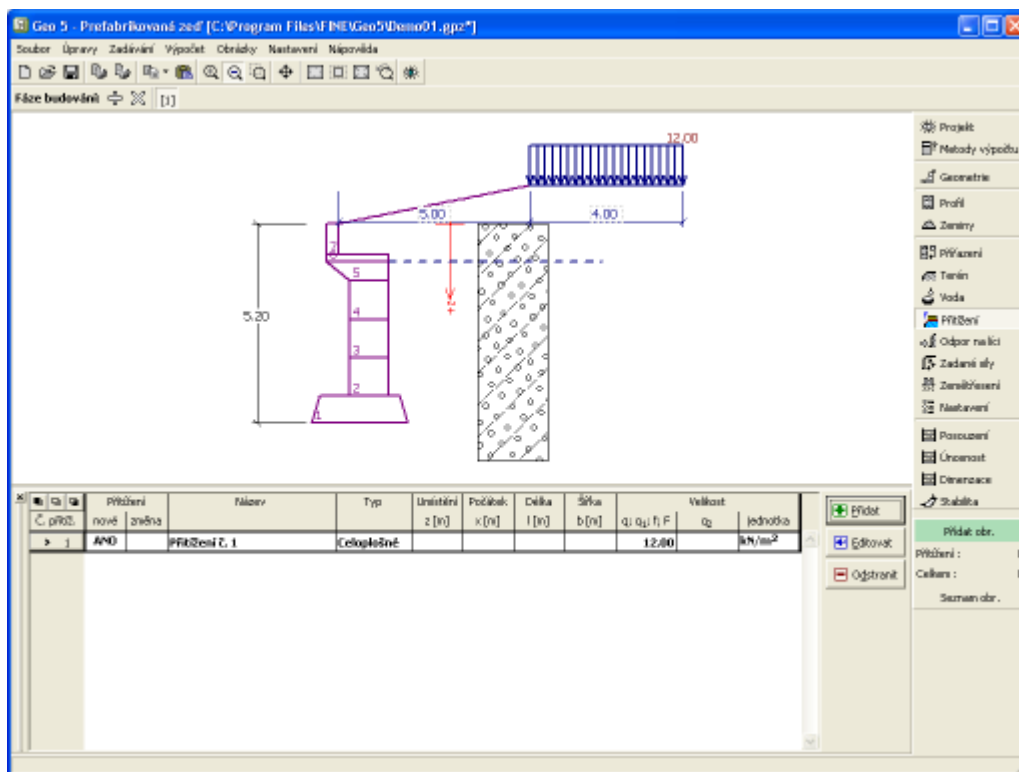
Přetížení

Rám "**Přetížení**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadanych přetížení. **Přidání** přetížení se provádí v **dialogovém okně "Nové přetížení"**. Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních kót**, resp. **aktivních objektů**.

Při zadání přetížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přetížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přetížení je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv přetížení**".



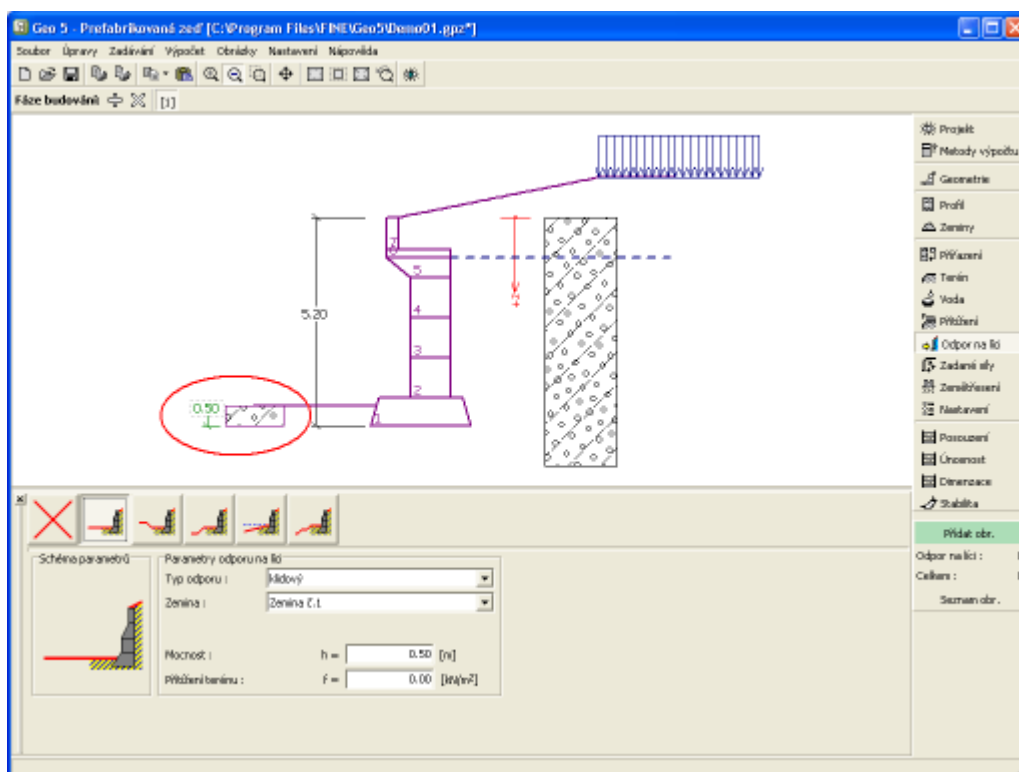
Rám "Přítěžení"

Odpor na líci

V rámu "Odpor na líci" se stiskem tlačítka volí tvar terénu a parametry odporu na líci zdi. Zvolený tvar s grafickou nápodobou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

V rámu lze v rozbalitelných seznamech vybrat typ odporu a zeminu (rozbalitelný seznam obsahuje zeminy zadané v režimu "Zeminy"). V rámu lze také zadat velikost přítěžení terénu před zdí, popř. mocnost zeminy nad nejnižším bodem konstrukce zdi.

Odpor na líci konstrukce může být zadán jako **klidový tlak**, **pasivní tlak** nebo **snížený pasivní tlak**. Výsledná síla od sníženého pasivního tlaku se počítá jako výslednice sil od tlaku v klidu a pasivního tlaku vynásobených příslušným součinitelem podle zadání typu sníženého pasivního tlaku.



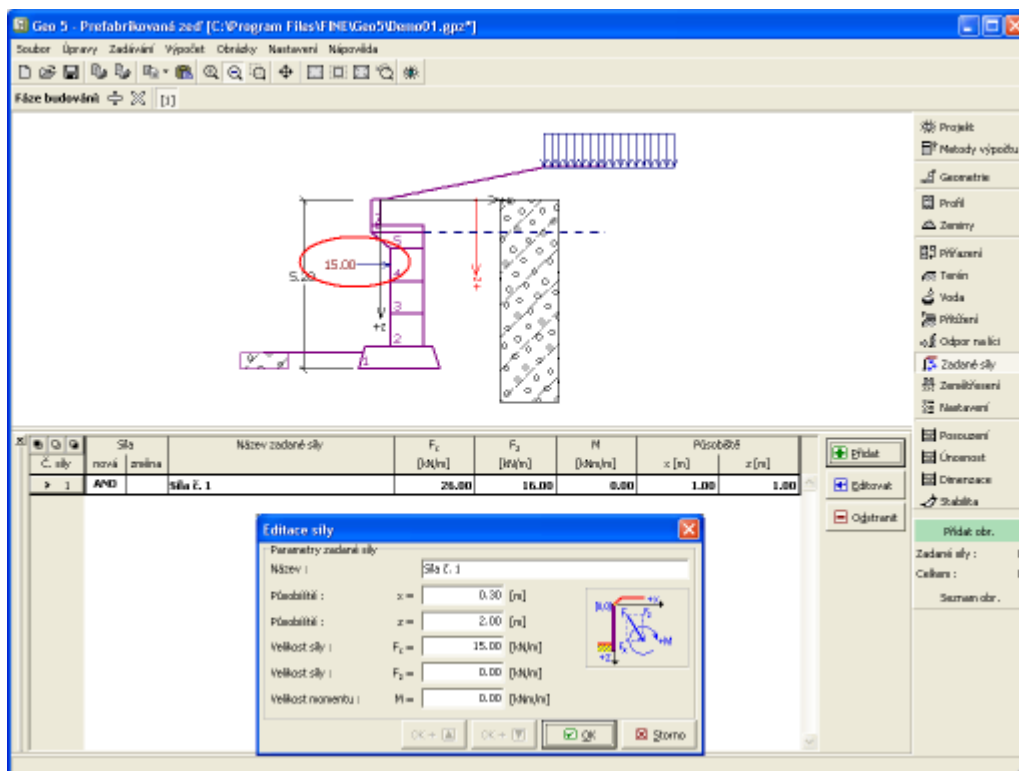
Rám "Odpor na líci"

Zadané síly

Rám "Zadané síly" obsahuje tabulku se seznamem zadaných sil působících na konstrukci. Přidání sil se provádí v dialogovém okně "Nová síla". Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadané síly představují přídavné zatížení působící na konstrukci zdi, pažení, respektive vyztuženého náspu. Můžeme jimi modelovat například ukotvení svodidel, náraz vozidla, zatížení od billboardů a reklamních ploch atp. Program takto zadané síly do výpočtu dále nijak neupravuje, s výjimkou přenásobení příslušným koeficientem dle zadaného typu zatížení (EN1997, LRFD).

Vnější zatížení působící na zeminu, resp. na povrch terénu je nutné modelovat jako **přítížení**.



Rám "Zadané síly"

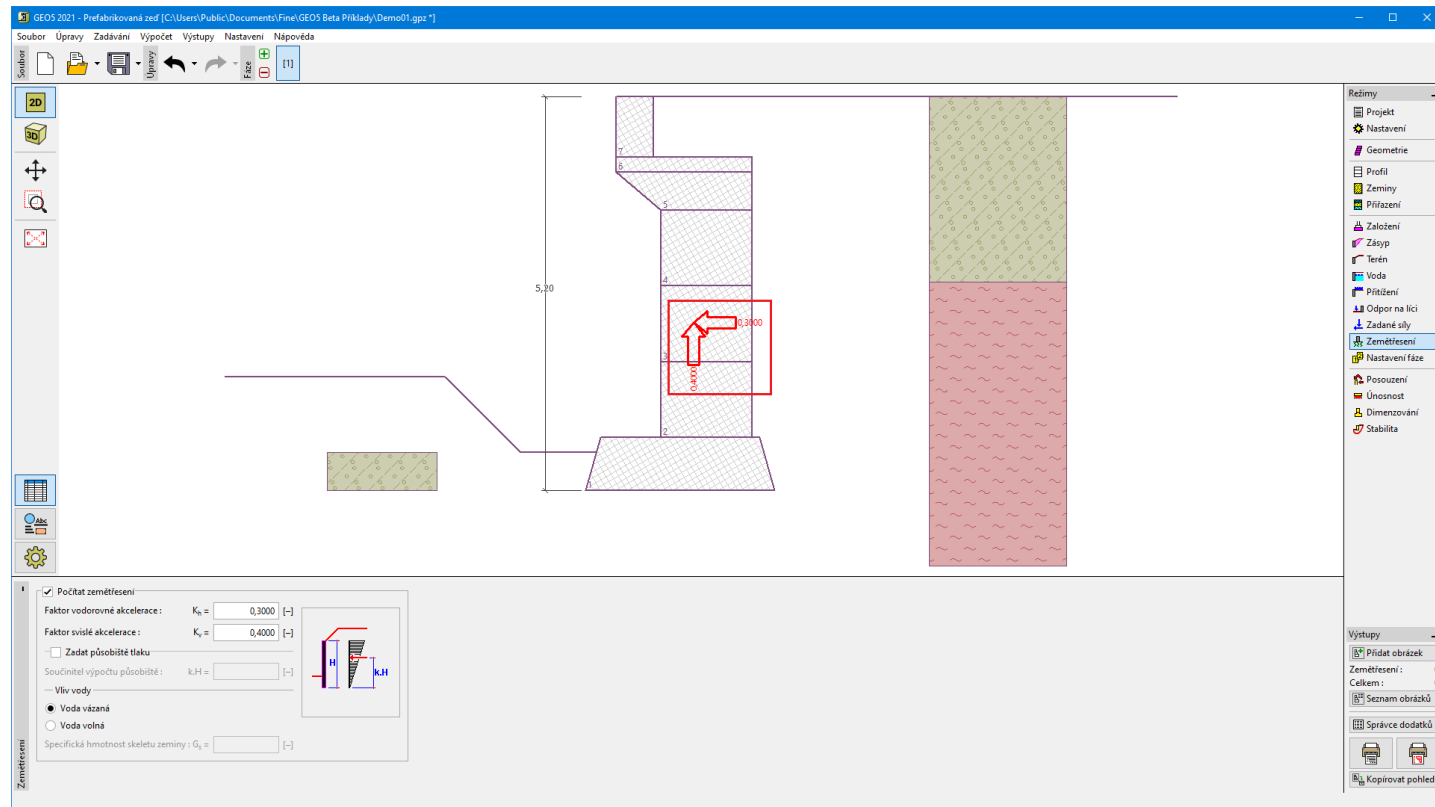
Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv zemětřesení".

Při zvolené metodice posouzení LRFD lze také definovat součinitele pro seismické kombinace dle AASHTO.



Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.

V tomto rámu je také možné zvolit, zda tlak za zdí působí na zjednodušený **rovný rub zdi**.

Redukci **úhlu tření zemina/zemina** lze uvažovat jednou z následujících možností:

- **neredukovat**
- **redukovat na 2/3φ (AASHTO)**
- **redukovat na 0**
- **zadat součinitel redukce**

Nastavení fáze	Návrhová situace :	trvalá trvalá dočasná mimořádná seismická
	Výpočet tlaku na rubu zdi :	standardní postup standardní postup rovný rub zdi (AASHTO)
	Tlak působící na zeď :	zeď se může přemístit (aktivní tlak) zeď se může přemístit (aktivní tlak) zeď se nemůže přemístit (tlak v klidu) zvýšený aktivní tlak
	Redukce úhlu tření zemina/zemina :	neredukovat neredukovat redukovat na 2/3 φ (AASHTO) redukovat na 0 zadat součinitel redukce

Rám "Nastavení fáze"

Posouzení

V rámu "Posouzení" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

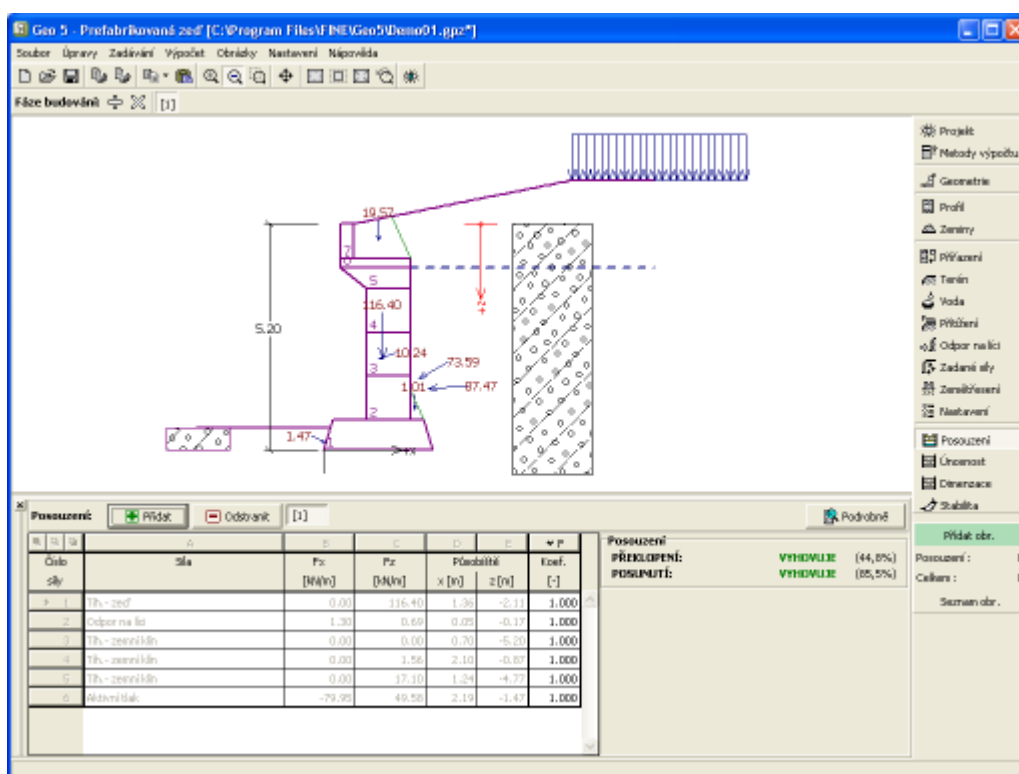
Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Postup **vlastního posouzení zdi** je popsán v teoretické části nápovědy.

Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. V pravé části rámu se zobrazuje výsledek posouzení zdi na **překlopení a posunutí**. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Posouzení"

Únosnost

V rámu "**Únosnost**" jsou zobrazeny výsledky výpočtu únosnosti základové půdy. Napětí v základové spáře (předpokládá se konstantní) je spočteno ze všech posouzení provedených v rámu "**Posouzení**". Do programů "**Patky**", "**Patky CPT**", "**Pilota**" a "**Skupina pilot**" se jednotlivá posouzení převezmou jako zatěžovací stavy. Do programu "**Pilota CPT**" se předává pouze normálové zatížení.

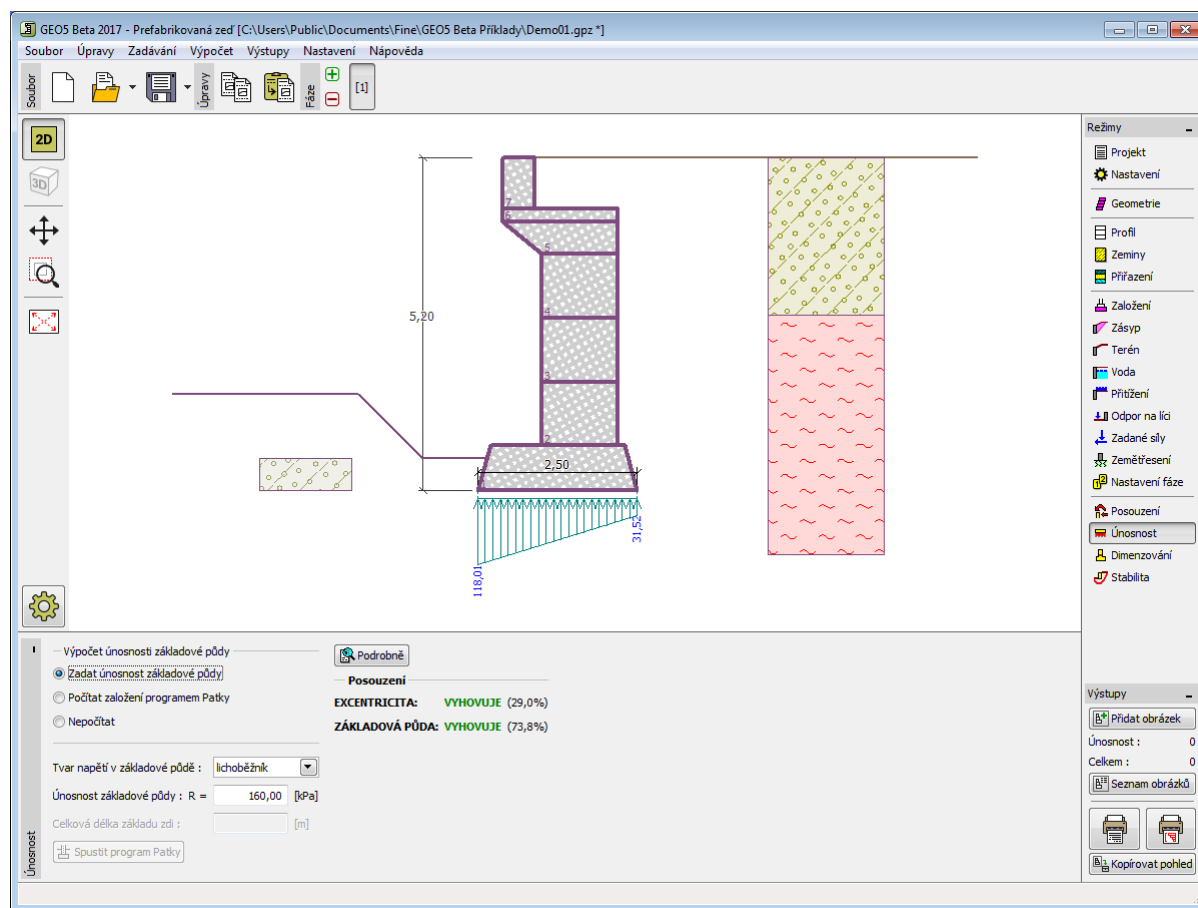
Rám obsahuje následující volby výpočtu:

- **Zadat únosnost základové půdy** V zadávacím poli se zadává únosnost základové půdy. Výsledky posouzení zdi na **excentricitu** a **únosnost základové půdy** se zobrazují v pravé části rámu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení únosnosti základové půdy.
- **Počítat únosnost základové půdy programem "Patky"** Pomocí tlačítka "**Spustit program Patky**" se **spustí program "Patky"**, ve kterém lze spočítat únosnost základové půdy, popř. sednutí a natočení základu. Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "**OK**" - výsledky resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu o výpočtu v programu "**Prefabrikovaná zed**". Pokud není program "**Patky**" nainstalován, není tlačítko dostupné. Zadává se celková délka základu zdi.

- **Počítat únosnost základové půdy programem "Patky CPT"**
Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Patky".
- **Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Piloty"**
Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu Patky. Tlačítko "**Spustit program Pilota**" je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám "**Založení**"). Zadává se podélný rozestup pilot s .
- **Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Pilota CPT"**
Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Pilota".
- **Počítat svislou únosnost skupiny pilot programem "Skupina pilot"**
Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu patky. Tlačítko "**Spustit program Skupina pilot**" je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám "**Založení**"). Zadává se podélný rozestup pilot s , celkový počet řad pilot n a zatěžovací délka l .
- **Nepočítat (základ na pilotách)**
Únosnost základové půdy se nepočítá.

Program umožňuje zadat **tvár napětí v základové půdě**.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Únosnost"

Dimenzování

V rámu "**Dimenzování**" můžeme posoudit spáry mezi jednotlivými bloky zdi. V poli "**Spára nad blokem číslo**" vybereme příslušnou spáru a program provede výpočet posouzení. Posouzení se provádí na **překlopení** a **posunutí** stejným způsobem jako v **posouzení celé zdi** - tření mezi bloky a soudržnost materiálu bloků se zadává v rámu "**Geometrie**".

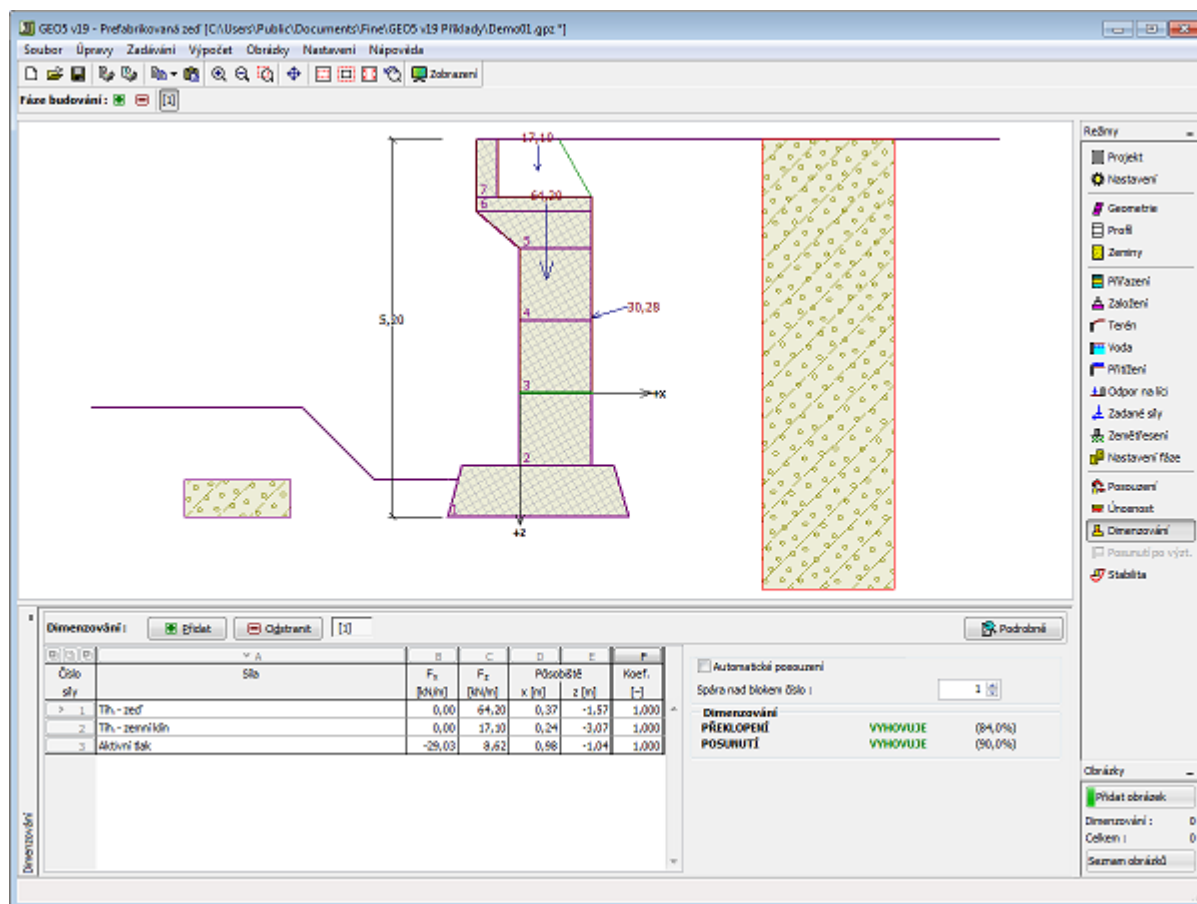
Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".

- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

V rámu lze provést **více výpočtů** pro jednotlivé spáry nad bloky zdi. Lze zadat i různé **výpočtové koeficienty** jednotlivých sil. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. Tlačítko **"Podrobně"** otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu **"Nastavení kreslení"**.



Rám "Dimenzování"

Posunutí po výztuze

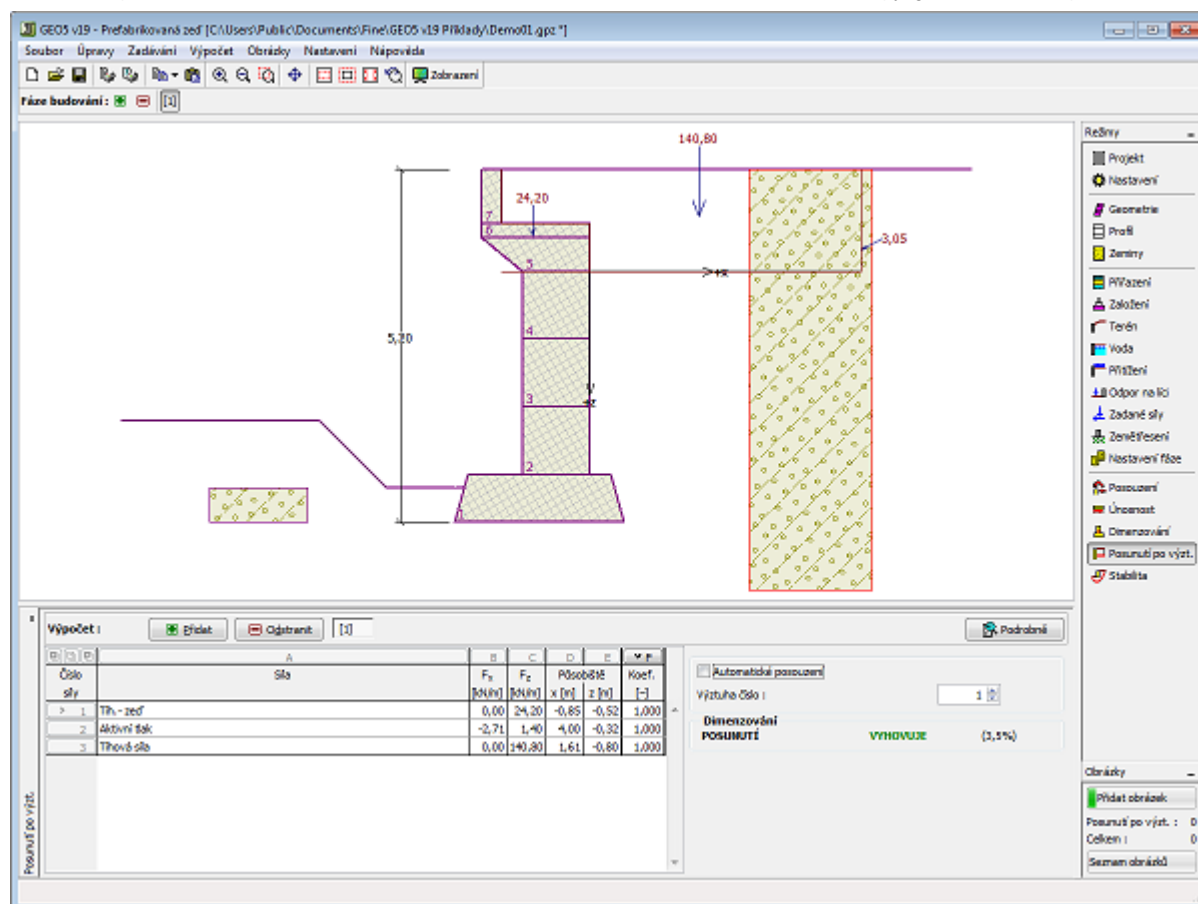
V rámu se posuzuje mezní stav posunutí po geovýztuze - rám je tedy dostupný pouze ve **fázích**, ve kterých jsou geovýztuhy zadány.

V okně se zadává číslo vyšetřované geovýztuhy - na desktopu jsou pak zobrazeny síly vstupující do posouzení a tvar posunujícího se bloku. Spočtené síly jsou v znázorněny v **tabulce**.

V rámu lze provést **více výpočtů** pro různé výztuhy. Lze zadat i různé **výpočtové koeficienty** jednotlivých sil. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. Tlačítko **"Podrobně"** otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Posouzení může být provedeno v závislosti na nastavení v záložce **"Výpočty zdi"** podle **stupňů bezpečnosti** nebo **teorie mezních stavů**. Postup výpočtu je popsán **zde**.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu **"Nastavení kreslení"**.

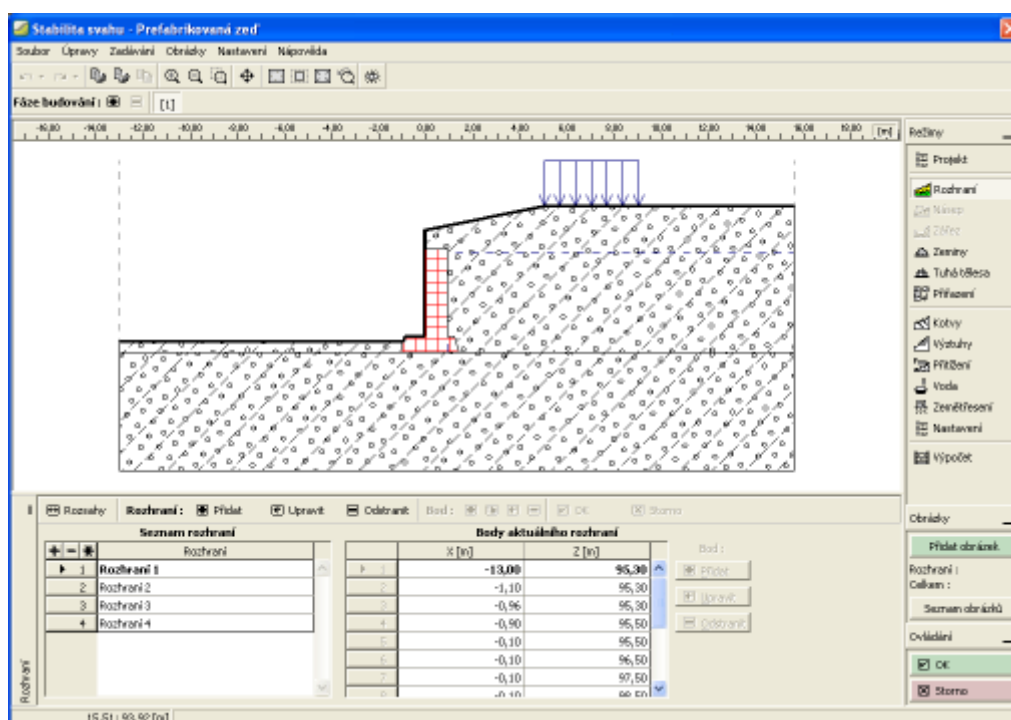


Rám "Posunutí po výztuže"

Stabilita

Při stisknutí tlačítka **"Stabilita"** se spustí program **"Stabilita svahu"** a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu **stabilita svahu** pak můžeme posoudit celkovou stabilitu konstrukce zdi. Pokud program **"Stabilita svahu"** není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem **"OK"** - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu v programu **"Prefabrikovaná zeď"**.



Rám "Stabilita"

Program Vyztužená zed'

Program je určen k návrhu a posouzení vyztužených zděných zdí podle Eurokódu EN 1996 (EC 6), resp. EN 1992 (EC 2).

Nápověda k programu "Vyztužená zed'" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Geometrie	Typy tvárnic	Materiál	Profil	Zeminy
Přířazení	Založení	Zásyp	Terén	Voda	Přetížení	Odpor na líci
Zadané síly	Zemětřesení	Kotvení	Nastavení fáze	Posouzení	Únosnost	Dimenzování
Stabilita						

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "**Vyztužená zed'**":

Napětí v zemině	Zemní tlaky	Výpočty zdí	Výpočet únosnosti základu	Dimenzování železobetonových konstrukcí	Dimenzování zděných konstrukcí
-----------------	-------------	-------------	---------------------------	---	--------------------------------

- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "**Projekt**" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "**Nastavení**" je určen k zadání základních "**Nastavení**" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko **"Vybrat"** slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze **"Seznamu nastavení"**.

Tlačítko **"Správce nastavení"** otevře dialogové okno **"Správce nastavení"**, ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat** a **importovat**.

Tlačítko **"Přidat do správce"** umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko **"Upravit"** umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na **"Zadané pro aktuální úlohu"**. Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do **"Správce nastavení"** tlačítkem **"Přidat do správce"**.

Nastavení **"Zadané pro aktuální úlohu"** se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Program umožňuje zadat hodnotu **minimálního dimenzačního tlaku** (zaškrtnutím volby **"Uvažovat minimální dimenzační tlak"**).

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách **"Materiály a normy"** a **"Výpočet zdí"**.

Nastavení výpočtu: (zadané pro aktuální úlohu)

Betonové konstrukce: EN 1992-1-1 (EC2)
 Součinitele EN 1992-1-1: standardní
 Vyztužené zdivo: EN 1996-1-1 (EC6)
 Výpočet aktivního tlaku: Coulomb (ČSN 730037)
 Výpočet pasivního tlaku: Caquot-Kerisel (ČSN 730037)
 Výpočet zemětřesení: Mononobe-Okabe
 Tvar zemního klínu: počítat šikmý
 Výstupek základu: výstupek uvažovat jako šikmou základovou spáru
 Dovolená excentricita: 0,333
 Metodika posouzení: výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup: 2 - redukce zatížení a odporu

Výpočet tlaků

☒ Uvažovat minimální dimenzační tlak

Souč. pro výpočet min. dim. tlaku ($\sigma_{a,min}=k\sigma_z$): $k = 0,20$ [-]

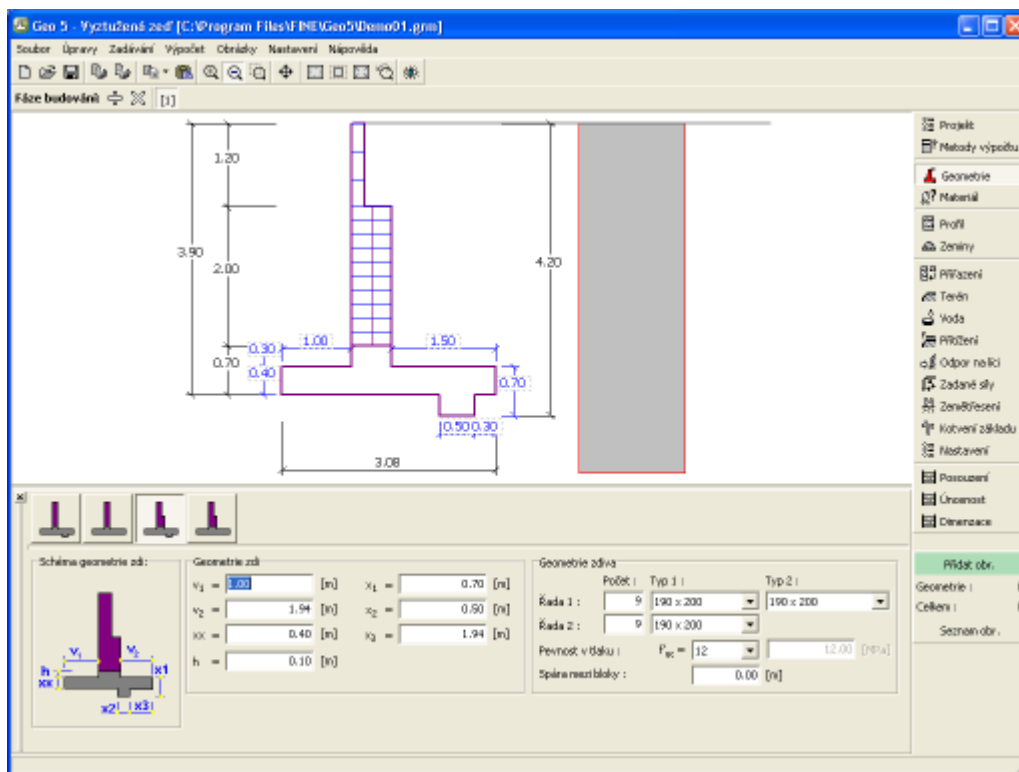
Rám "Nastavení"

Geometrie

V **rámu "Geometrie"** se stiskem tlačítka volí tvar vyztužené zdi. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar základu zdi lze editovat buď v rámu vložení hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Podle zvoleného tvaru zdi, se v části rámu **"Geometrie zdiva"** zadává počet a rozměry tvárnic v jednotlivých řadách, popřípadě tloušťka svislé spáry mezi tvárnicemi. Dále se zde zadává normová pevnosti zdiva v tlaku, která je základním vstupním datem pro posouzení únosnosti vyztuženého zdiva (podle **EN 1996-1-1** nebo **AS 3700**).

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.

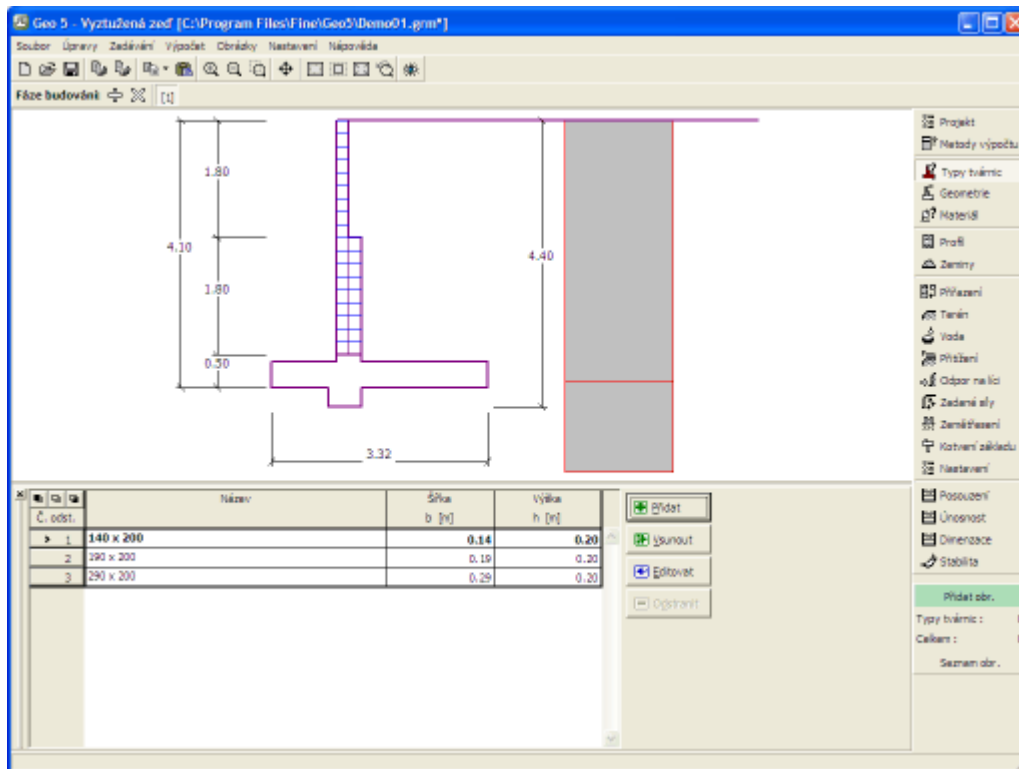


Rám "Geometrie"

Typy tvárnic

Rám "Typy tvárnic" obsahuje tabulku se seznamem zadaných typů tvárnic. Přidání (editace) bloků se provádí v dialogovém okně "Nový typ tvárnice (Editace typu tvárnice)".

V dialogovém okně se zadává geometrie tvárnice (výška a šířka).



Rám "Typy tvárnic"

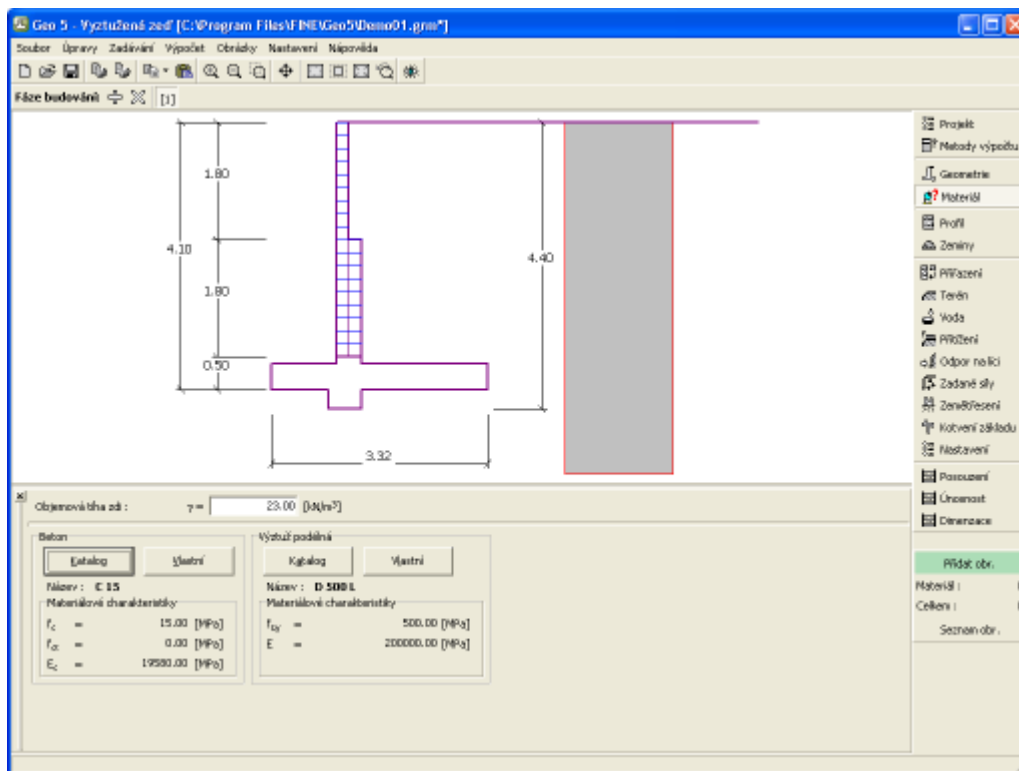
Materiál

V rámu "Materiál" se volí materiálové charakteristiky použitého betonu a podélné ocelové výztuže. V zadávacím poli v horní části rámu se zadává **objemová tíha zdi**.

Pro nastavení parametrů materiálu lze použít dvě možnosti:

- tlačítkem **"Katalog"** otevřeme dialogové okno **"Katalog materiálů"** a ze seznamu vybereme požadovaný materiál
- tlačítkem **"Vlastní"** otevřeme dialogové okno **"Editor materiálu"** a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy na navrhování **betonových konstrukcí** v záložce **"Materiály a normy"**.



Rám "Materiál"

Profil

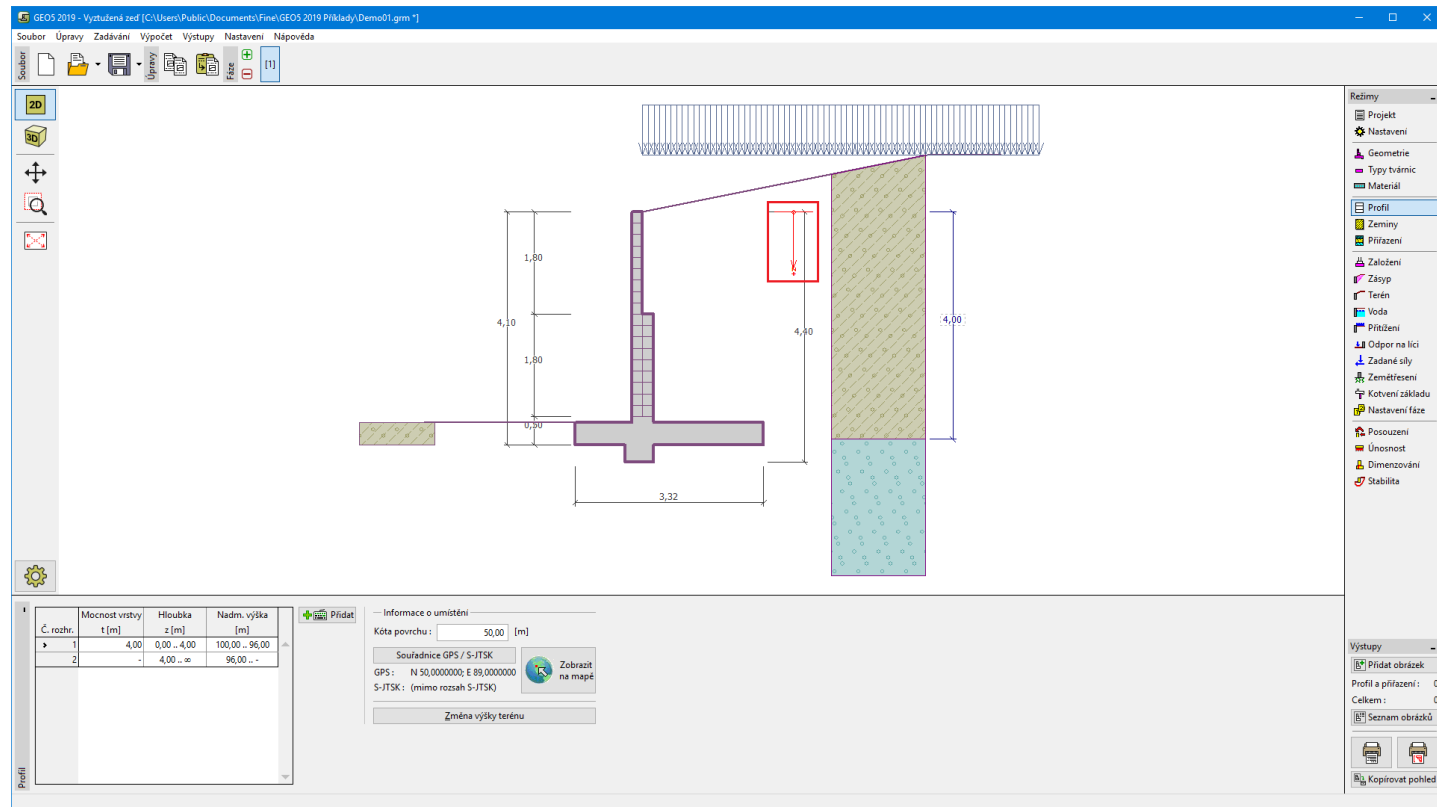
Rám **"Profil"** obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrstvy (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem **"Zobrazit na mapě"** **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně **"Změna výšky terénu"** a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu **"Terén"** nebo **"Stratigrafie"**.



Rám "Profil"

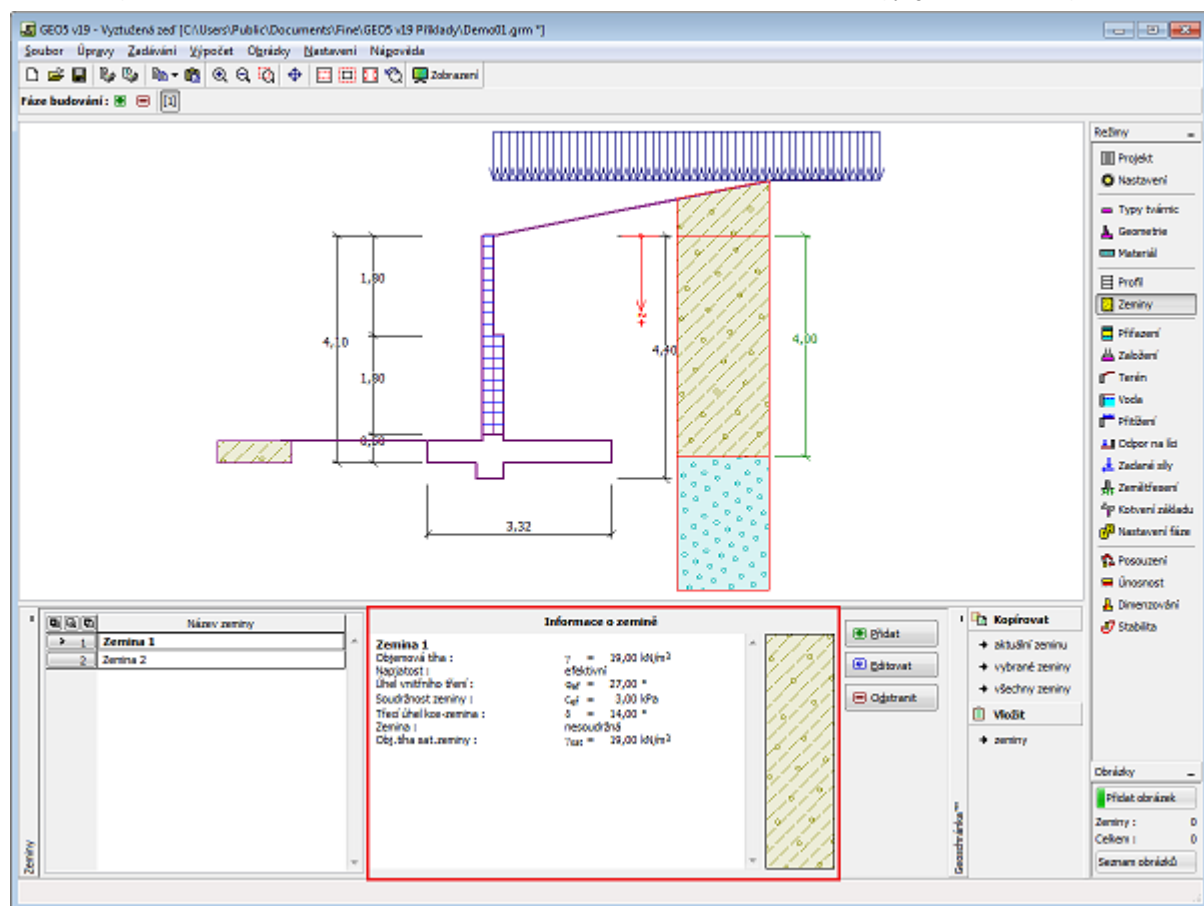
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "**Základní data**", "**Tlak v klidu**" a "**Vztlak**".

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemin**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemin. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní**, resp. **totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu **"Napjatost"**. To zda počítat v **efektivní**, resp. **totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí**, který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce α** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole **"Zemní tlaky"**.

Přidání nových zemin

Identifikace
Název : Třída F1, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ [kN/m³] 19,0

Napjatost : efektivní

Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 29,00$ [°] 26-32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00$ [kPa] 4-12

Třecí úhel ke-zemina : $\delta =$ [°]

Tlak v klidu

Zemina : nesoudržná

Vztlak

Způsob výp.vztaku : standardní

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení
Barva
Kategorie vzorků GEO
Vzorek
Hlína štěrkovitá

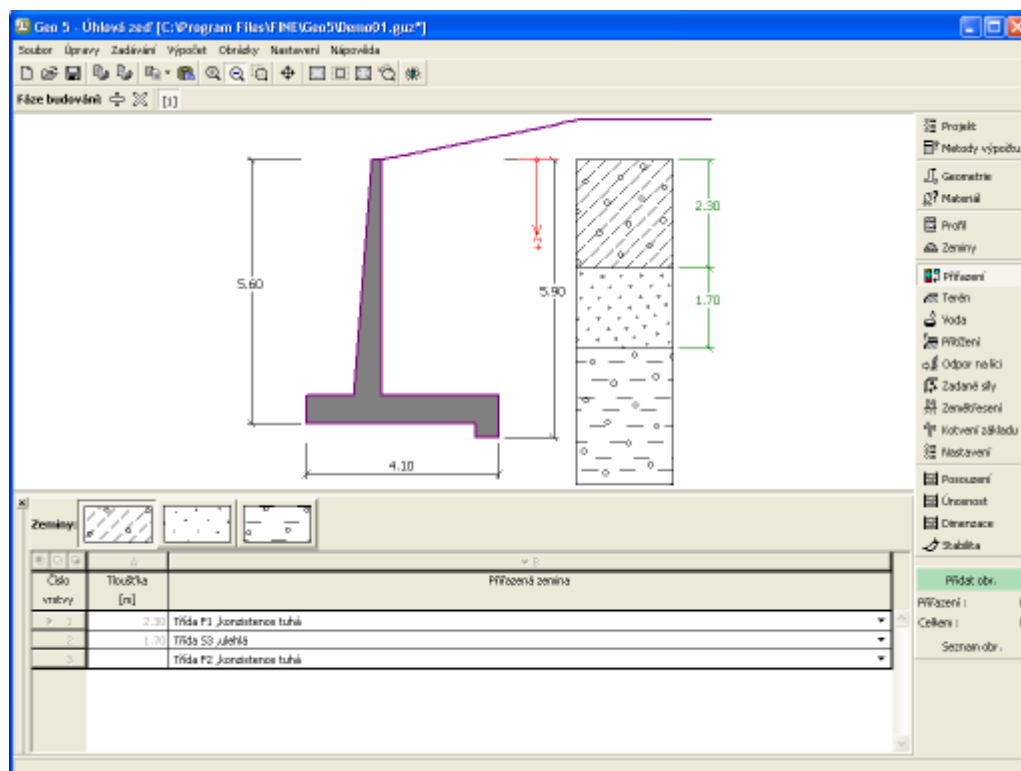
Zatřídění
Zatříd' Vymaž
Přidej Storno

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



Rám "Přiřazení"

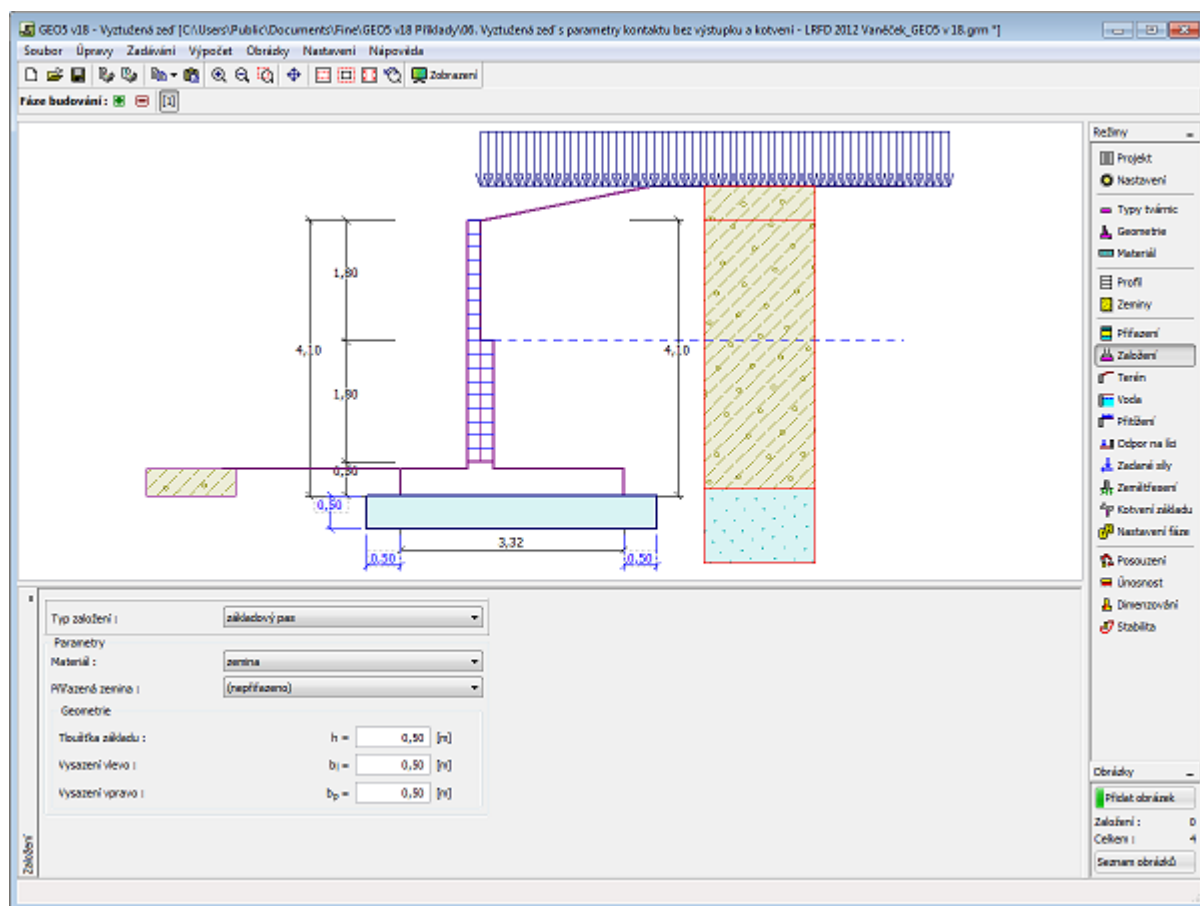
Založení

V rámu "Založení" se zadává typ založení zdi. Program umožňuje zadat následující typy založení zdi:

- **zemina - geologický profil** - zeď je založená na zemině **přiřazené** z geologického profilu, který se zadává v rámu "Profil"
- **zemina - zadat parametry kontaktu** - zadávají se parametry kontaktu mezi základovou spárou konstrukce zdi a zeminou. Pro volbu "zadávat úhel tření základ-zemina" se v programu zadává úhel tření mezi základem a zeminou ψ [°]. Pro volbu "zadávat součinitel tření" se v programu zadává součinitel tření μ [-]. Pro obě možnosti se zadává soudržnost mezi základem a zeminou a [kPa].
- **základový pas** - materiál základového pasu tvoří **zemina** (zadaná v rámu "Zeminy") nebo **beton** - zadává se **objemová tíha materiálu základu** γ a **parametry kontaktu zeď-základ** (součinitel tření f , soudržnost c , dodatečný odpor F)
- **pilotový základ** - zeď lze založit na jedné řadě pilot resp. na dvou řadách pilot

Základový pas a pilotový základ lze pro založení zdi použít pouze v případě, že je v rámu "Geometrie" zvolen typ zdi s **rovnou základovou spárou bez výstupku**. Geometrii založení zdi (**základový pas**, **pilotový základ**) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Vstupní data zadaná v tomto rámu ovlivňují samotný **výpočet zdí** (posouzení na posunutí) a dále **únosnost základové půdy**.

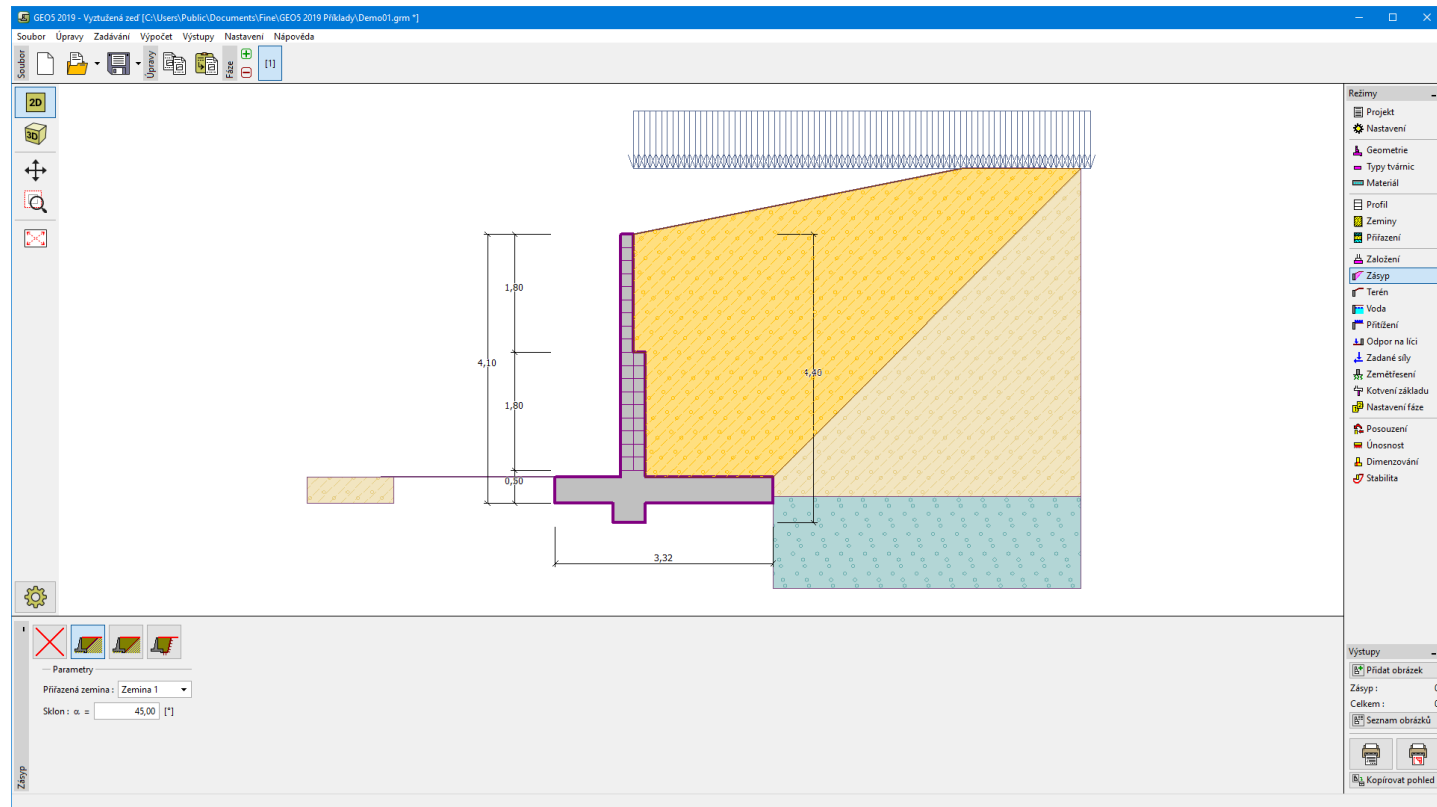


Rám "Založení"

Zásyp

V rámu "Zásyp" se stiskem tlačítka volí typ zásypu.

Jednotlivé typy jsou popsány v teoretické části nápovědy "**Vliv zásypu**".



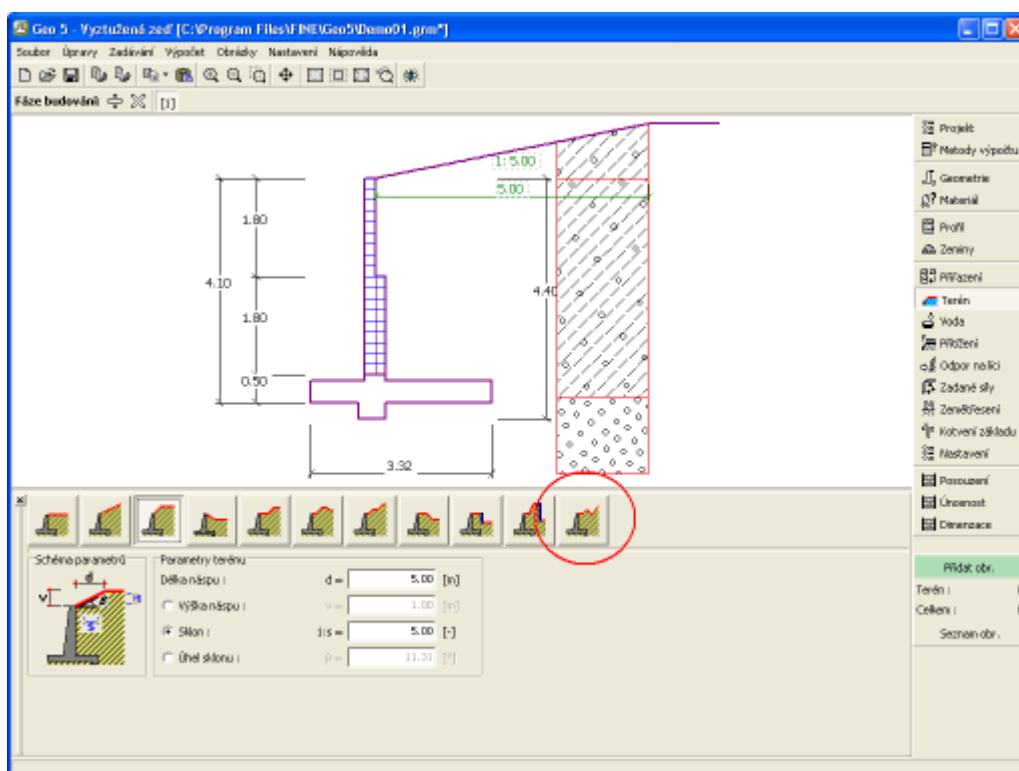
Rám "Zásyp"

Terén

V rámu "Terén" se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí [0, 0] leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".



Rám "Terén"

Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 ...) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

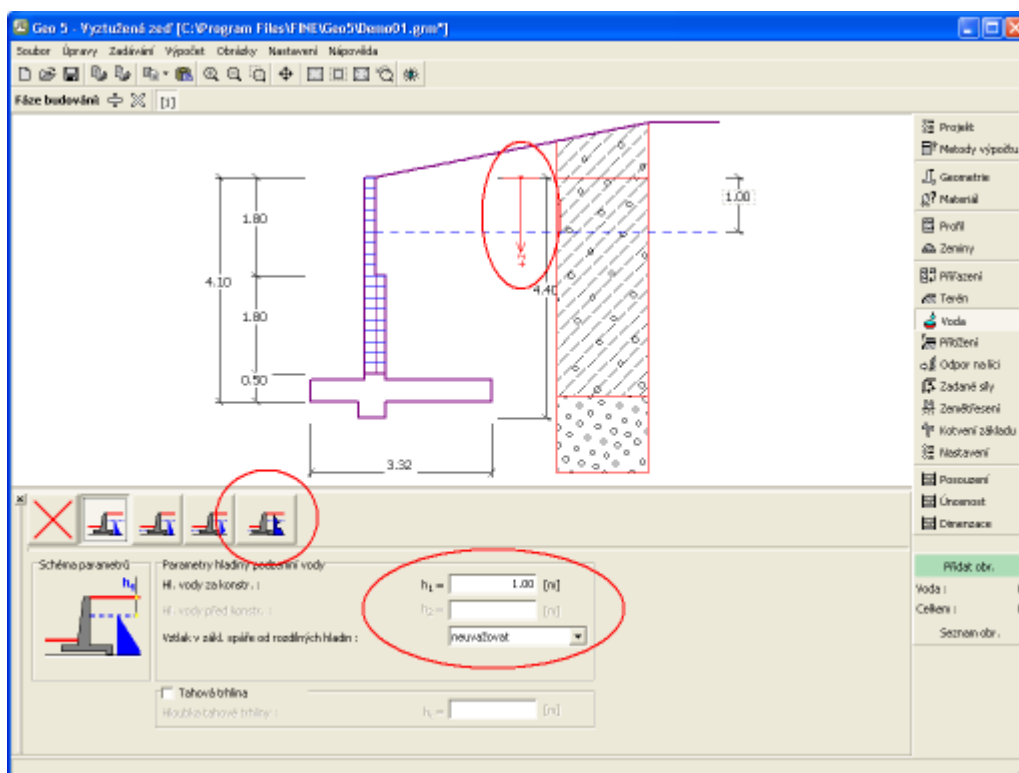
V rozbalitelném seznamu se zadává, zda se předpokládá působení vztlaku vody od rozdílných hladin v základové spáře. Vztlak může být **lineární**, **parabolický** nebo není vůbec uvažován. Vztlak v základové spáře od rozdílných hladin je v posouzení zdi zaveden zvláštní silou.

Poslední volbou je ruční zadání pórového tlaku před i za konstrukcí. V rámu se zobrazí dvě záložky "**Před konstrukcí**" a "**Za konstrukcí**" s **tabulkami**. Do tabulek se zadávají hodnoty pórového tlaku před, nebo za konstrukcí v hloubce " z " (viz osa z)

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlin** vyplněných vodou.



Rám "Voda"

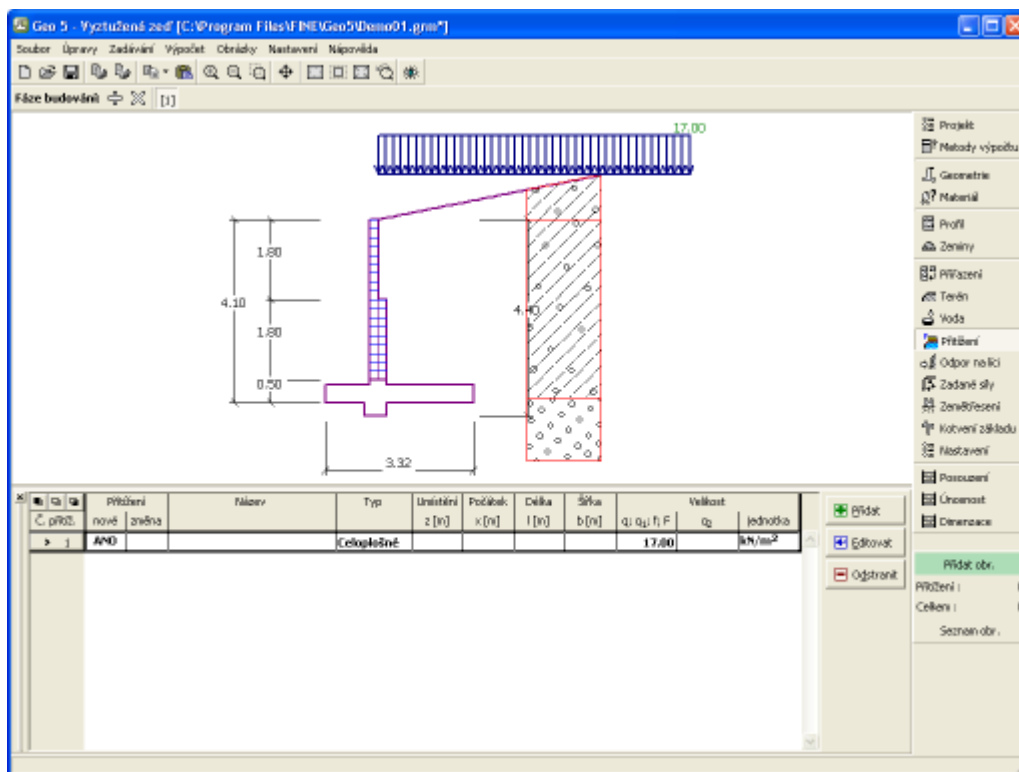
Přetížení

Rám "**Přetížení**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných přetížení. **Přidání** přetížení se provádí v **dialogovém okně "Nové přetížení"**. Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních kót**, resp. **aktivních objektů**.

Při zadání přetížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přetížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přetížení je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv přetížení**".



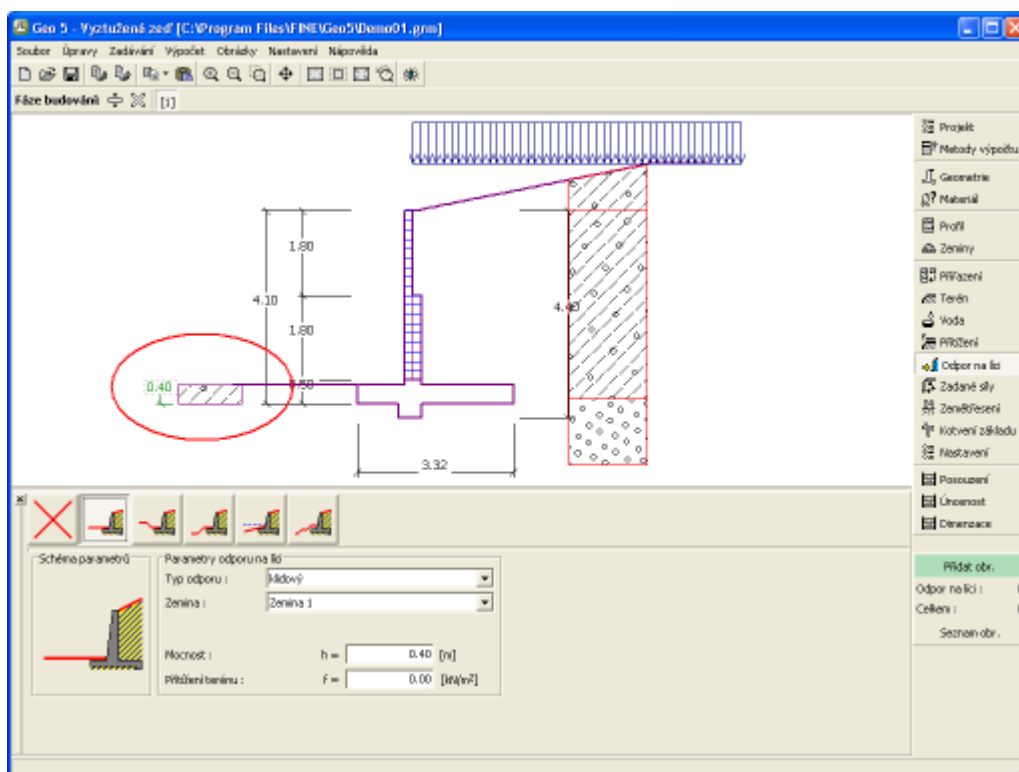
Rám "Přítěžení"

Odpor na líci

V rámu "Odpor na líci" se stiskem tlačítka volí tvar terénu a parametry odporu na líci zdi. Zvolený tvar s grafickou nápodobou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

V rámu lze v rozbalitelných seznamech vybrat typ odporu a zeminy (rozbalitelný seznam obsahuje zeminy zadané v režimu "Zeminy"). V rámu lze také zadat velikost přítěžení terénu před zdí, popř. mocnost zeminy nad nejnižším bodem konstrukce zdi.

Odpor na líci konstrukce může být zadán jako **klidový tlak**, **pasivní tlak** nebo **snížený pasivní tlak**. Výsledná síla od sníženého pasivního tlaku se počítá jako výslednice sil od tlaku v klidu a pasivního tlaku vynásobených příslušným součinitelem podle zadání typu sníženého pasivního tlaku.



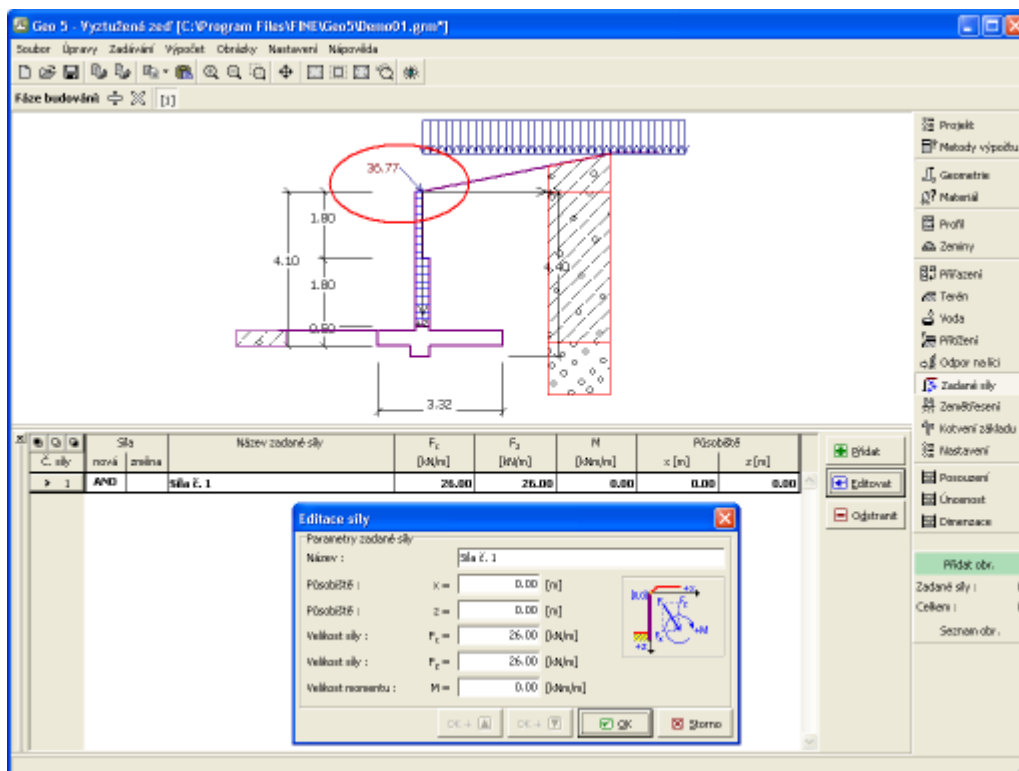
Rám "Odpor na líci"

Zadané síly

Rám "Zadané síly" obsahuje tabulku se seznamem zadaných sil působících na konstrukci. Přidání sil se provádí v dialogovém okně "Nová síla". Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadané síly představují přídavné zatížení působící na konstrukci zdi, pažení, respektive vyztuženého náspu. Můžeme jimi modelovat například ukotvení svodidel, náraz vozidla, zatížení od billboardů a reklamních ploch atp. Program takto zadané síly do výpočtu dále nijak neupravuje, s výjimkou přenásobení příslušným koeficientem dle zadaného typu zatížení (EN1997, LRFD).

Vnější zatížení působící na zeminu, resp. na povrch terénu je nutné modelovat jako **přítížení**.



Rám "Zadané síly"

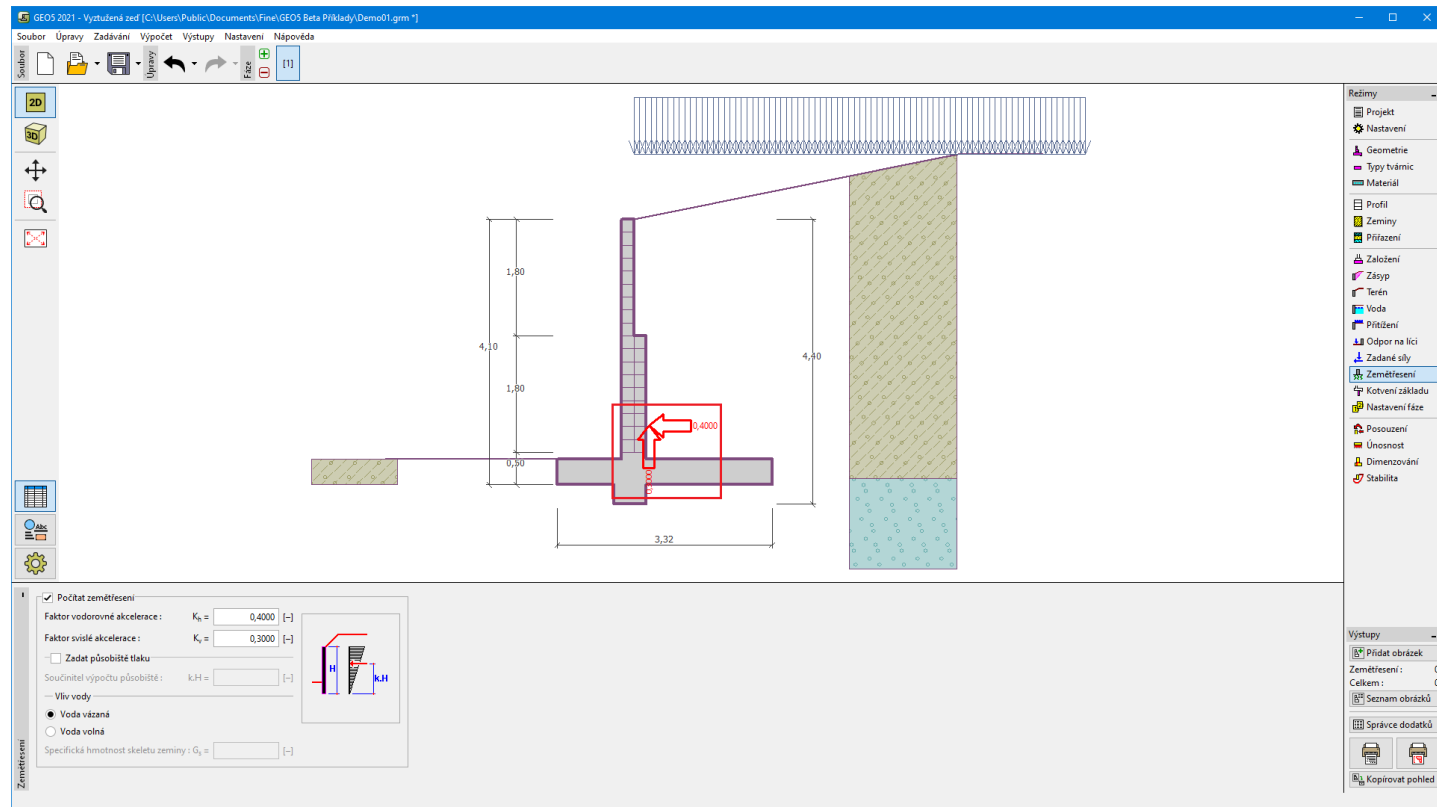
Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv zemětřesení".

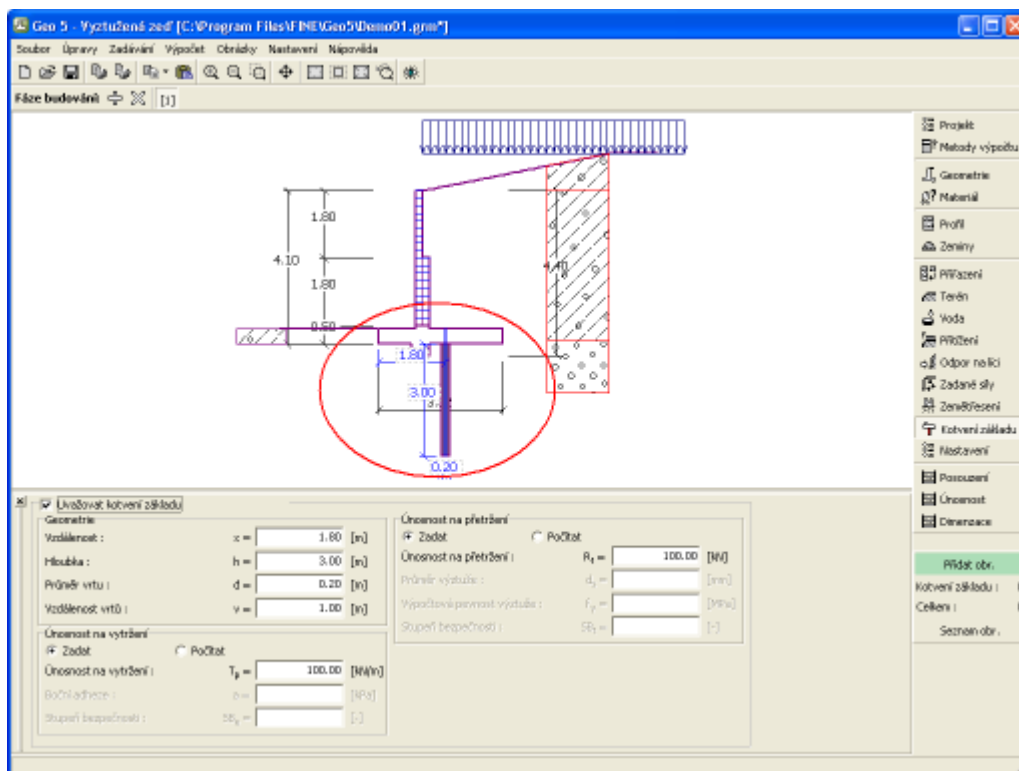
Při zvolené metodice posouzení LRFD lze také definovat součinitele pro seismické kombinace dle AASHTO.



Rám "Zemětřesení"

Kotvení základu

V rámu "Kotvení základu" se zadávají parametry (geometrie kotvení, únosnost na vytržení a únosnost na přetržení) kotvení základu zdi. Geometrii kotvení základu lze editovat buď v rámu vložím hodnoty do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**. Hodnoty únosnosti na vytržení a přetržení lze zadat nebo je **program dopočte** ze zadaných parametrů.



Rám "Kotvení základu"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.

Dále se zde volí typ tlaku působících na zeď podle dovolené deformace zdi. Jestliže se zeď může přemístit, pak se počítá posouzení zdi na zatížení **aktivním tlakem**, v opačném případě **tlakem v klidu**. Třetí volba umožňuje zatížit konstrukci zdi **zvýšeným aktivním tlakem**.

Redukci **úhlu tření zemina/zemina** lze uvažovat jednou z následujících možností:

- **neredukovat**
- **redukovat na $2/3\phi$ (AASHTO)**
- **redukovat na 0**
- **zadat součinitel redukce**

Nastavení fáze	Návrhová situace :	<div>trvalá</div> <div>trvalá</div> <div>dočasná</div> <div>mimořádná</div> <div>seismická</div>
	Tlak působící na zeď :	<div>zeď se může přemístit (aktivní tlak)</div> <div>zeď se může přemístit (aktivní tlak)</div> <div>zeď se nemůže přemístit (tlak v klidu)</div> <div>zvýšený aktivní tlak</div>
	Redukce úhlu tření zemina/zemina :	<div>neredukovat</div> <div>neredukovat</div> <div>redukovat na $2/3 \phi$ (AASHTO)</div> <div>redukovat na 0</div> <div>zadat součinitel redukce</div>

Rám "Nastavení fáze"

Posouzení

V rámu **"Posouzení"** jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

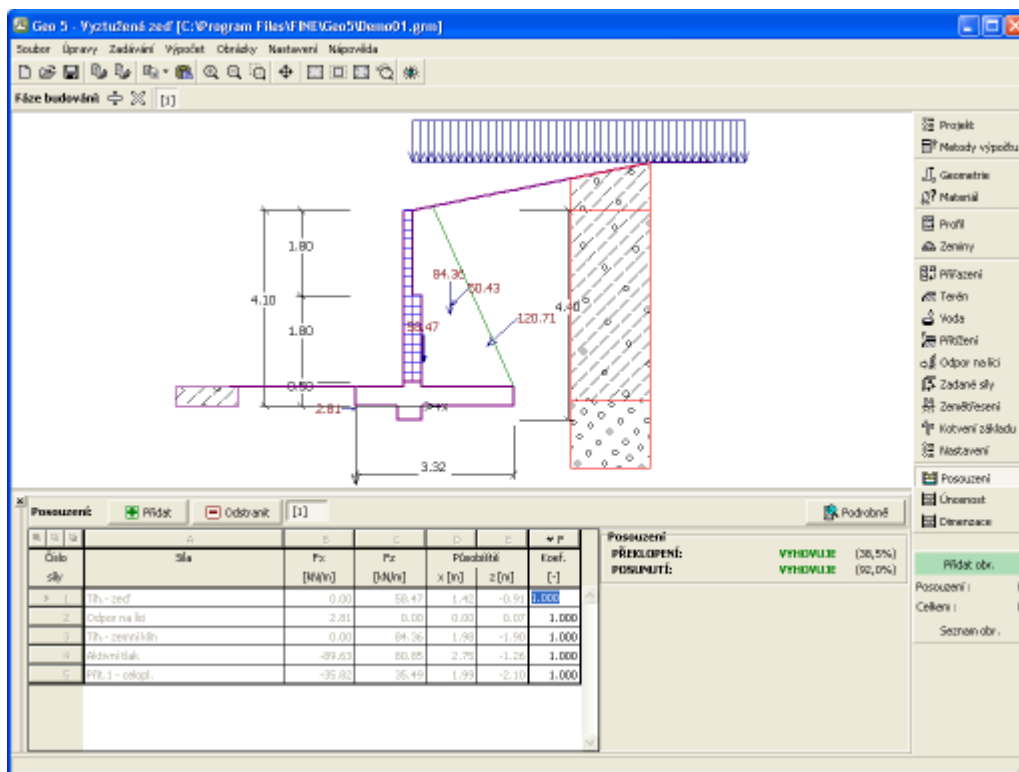
- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci **"Kombinace zatížení"**.
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Zeď je zatížena buď **aktivním tlakem**, nebo **tlakem v klidu** v závislosti na zadání v rámu **nastavení fáze**.

Postup **vlastního posouzení zdi** je popsán v teoretické části nápovědy.

Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. V pravé části rámu se zobrazuje výsledek posouzení zdi na **překlopení a posunutí**. Tlačítko **"Podrobně"** otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu **"Nastavení kreslení"**.



Rám "Posouzení"

Únosnost

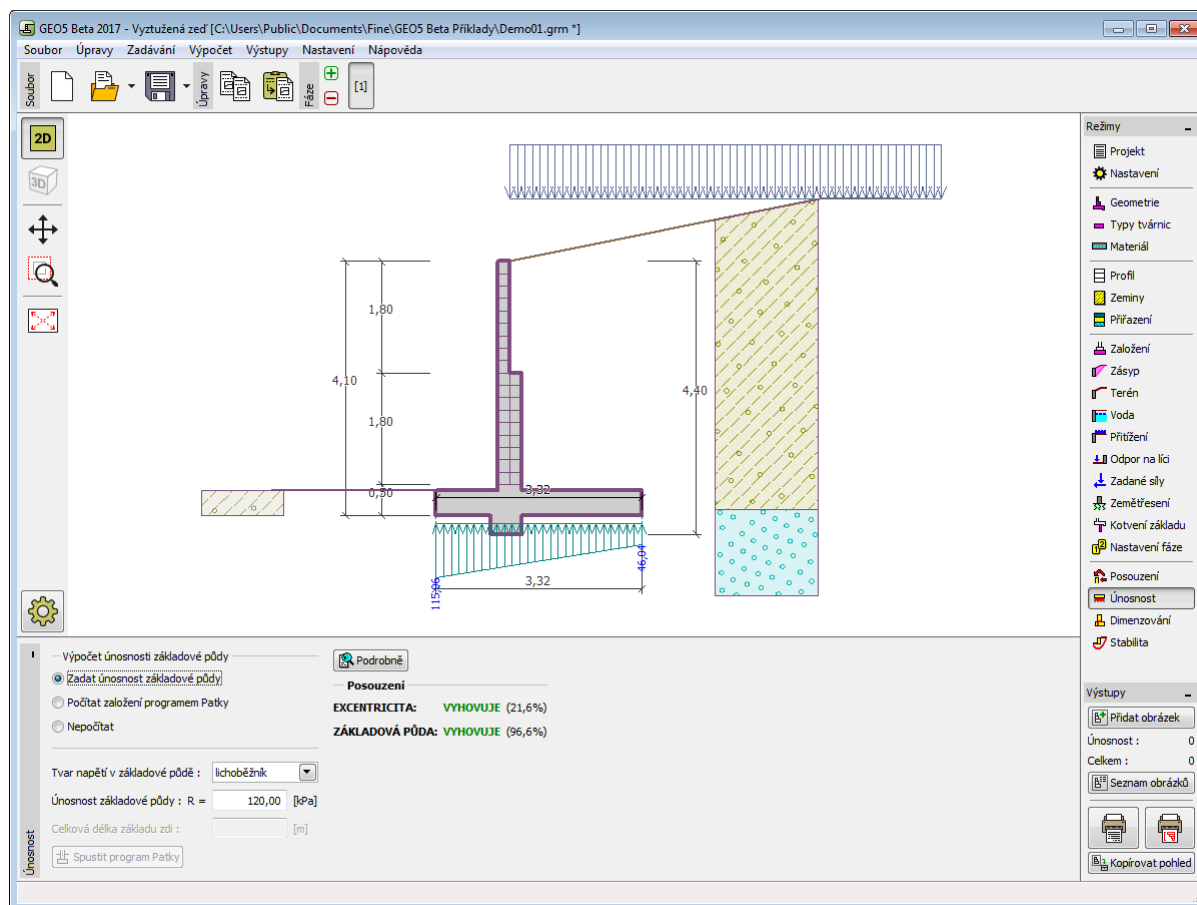
V rámu "Únosnost" jsou zobrazeny výsledky výpočtu únosnosti základové půdy. Napětí v základové spáře (předpokládá se konstantní) je spočteno ze všech posouzení provedených v rámu "Posouzení". Do programů "Patky", "Patky CPT", "Pilota" a "Skupina pilot" se jednotlivá posouzení převezmou jako zatěžovací stavy. Do programu "Pilota CPT" se předává pouze normálové zatížení.

Rám obsahuje následující volby výpočtu:

- Zadat únosnost základové půdy**
 V zadávacím poli se zadává únosnost základové půdy. Výsledky posouzení zdi na excentricitu a únosnost základové půdy se zobrazují v pravé části rámu. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení únosnosti základové půdy.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky"**
 Pomocí tlačítka "Spustit program Patky" se spustí program "Patky", ve kterém lze spočítat únosnost základové půdy, popř. sednutí a natočení základu. Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "OK" - výsledky resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu o výpočtu v programu "Vyztužená zed". Pokud není program "Patky" nainstalován, není tlačítko dostupné. Zadává se celková délka základu zdi.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky CPT"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Patky".
- Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Pilota"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu Patky. Tlačítko "Spustit program Pilota" je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám "Založení"). Zadává se podélný rozestup pilot s .
- Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Pilota CPT"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Pilota".
- Počítat svislou únosnost skupiny pilot programem "Skupina pilot"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu patky. Tlačítko "Spustit program Skupina pilot" je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám "Založení"). Zadává se podélný rozestup pilot s , celkový počet řad pilot n a zatěžovací délka l .
- Nepočítat (základ na pilotách)**
 Únosnost základové půdy se nepočítá.

Program umožňuje zadat tvar napětí v základové půdě.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Únosnost"

Dimenzování

V rámu "Dimenzování" můžeme navrhnout a posoudit vyztužení průřezů zdi - dimenzovaný průřez volíme v rozbalitelném seznamu v pravé části rámu.

- **Posouzení v pracovní spáře** - zadává se číslo spáry mezi tvárnicemi
- **Posouzení výstupku zdi**
- **Posouzení paty zdi**

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Výpočet sil a jejich působení na vyšetřovaný průřez jsou popsány **zde**.

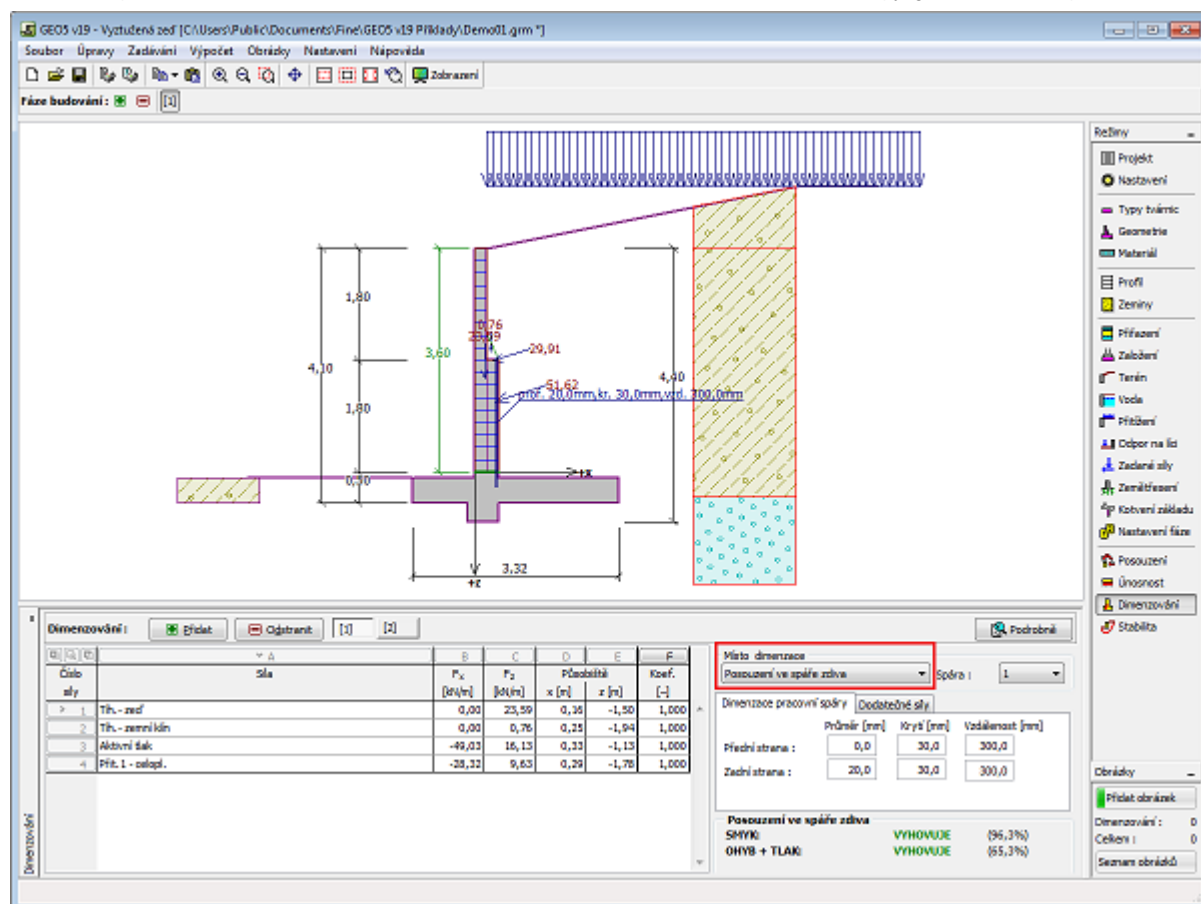
Zeď je zatížena aktivním zemním tlakem resp. tlakem v klidu v závislosti na zadání v rámu "**Nastavení fáze**". **Postup stanovení vnitřních sil** v jednotlivých průřezích je popsán v teoretické části nápovědy. Při uvažování zemětřesení se navíc vypočte dodatečná síla od **zemního tlaku v klidu**.

Spáry mezi tvárnicemi se posuzují podle normy **AS 3700**, nebo **EN 1996-1-1** v závislosti na nastavení v záložce "**Materiály a normy**". Program posuzuje únosnost na ohyb, smyk a kombinaci tlak a ohyb. Vyztuž lze zadat na přední i zadní stranu konstrukce. Lze také zadat dodatečné zatížení průřezu (ohybový moment, tlakovou normálovou sílu a smykovou sílu). Tyto dodatečné síly se přičtou ke spočteným silám.

Dimenzování železobetonové konstrukce se provádí podle normy zadané v záložce "**Materiály a normy**".

V rámu lze provést **více výpočtů** pro různé průřezy. Lze zadat i různé **výpočtové koeficienty** jednotlivých sil. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".

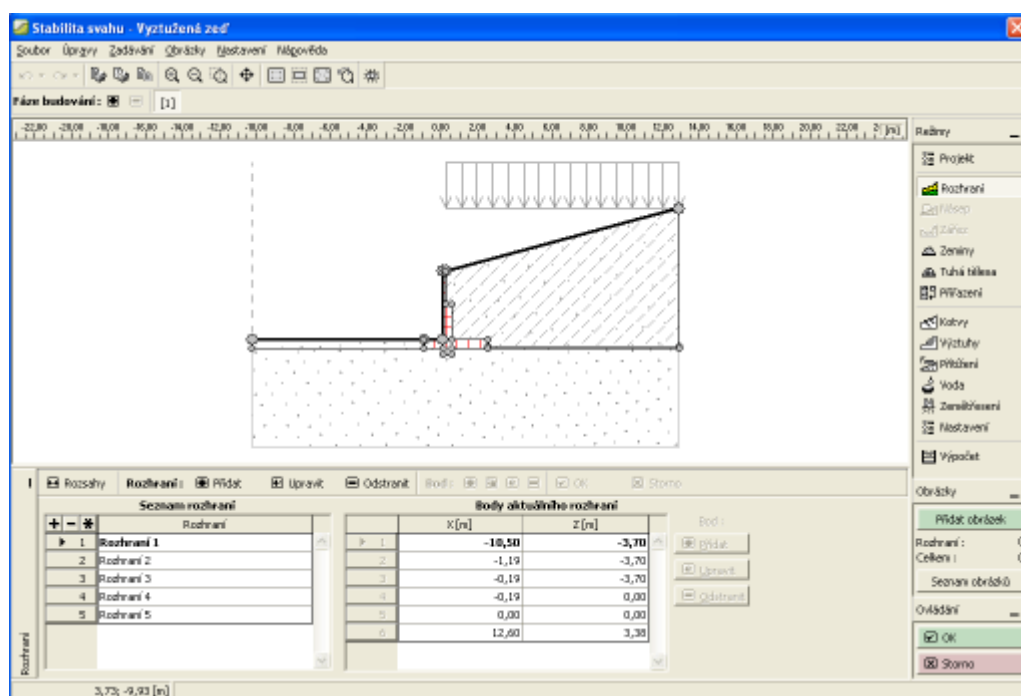


Rám "Dimenzování"

Stabilita

Při stisknutí tlačítka **"Stabilita"** se spustí program **"Stabilita svahu"** a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu **stabilita svahu** pak můžeme posoudit celkovou stabilitu konstrukce zdi. Pokud program **"Stabilita svahu"** není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem **"OK"** - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu v programu **"Vyztužená zed'**.



Rám "Stabilita"

Program Gabion

Program je určen k návrhu a posouzení gabionových konstrukcí. Umožňuje počítat obecné tvary konstrukce i s přesahy (kotvením) sítí.

Nápověda k programu "Gabion" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávat dat v jednotlivých rámech:

Projekt Založení	Nastavení Zásyp	Materiál Terén	Geometrie Voda	Profil Přetížení	Zeminy Odpor na líci	Přiřazení Zadané síly
Zemětřesení	Nastavení fáze	Posouzení	Únosnost	Dimenzování	Stabilita	

- Normy a metody výpočtu
- Teorie k výpočtům v programu **"Gabion"**:
Napětí v zemině Zemní tlaky Výpočty zdí Výpočet únosnosti základu
- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám **"Projekt"** je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám **"Nastavení"** je určen k zadání základních **"Nastavení"** programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko **"Vybrat"** slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze **"Seznamu nastavení"**.

Tlačítko **"Správce nastavení"** otevře dialogové okno **"Správce nastavení"**, ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

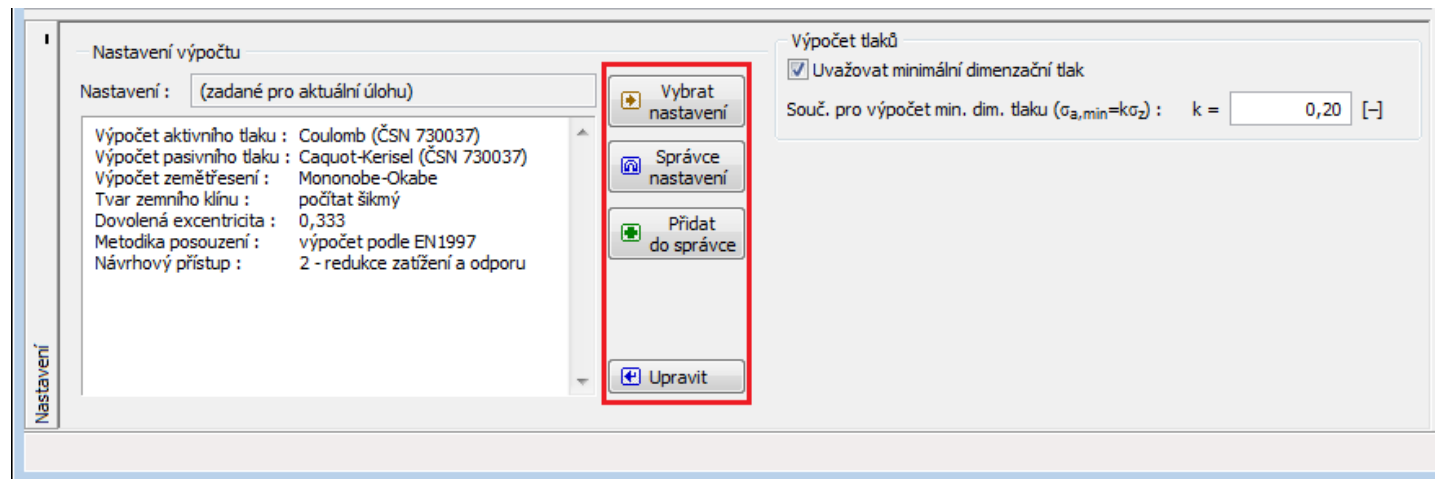
Tlačítko **"Přidat do správce"** umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko **"Upravit"** umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se i název Nastavení na **"Zadané pro aktuální úlohu"**. Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do **"Správce nastavení"** tlačítkem **"Přidat do správce"**.

Nastavení **"Zadané pro aktuální úlohu"** se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Program umožňuje zadat hodnotu **minimálního dimenzačního tlaku** (zaškrtnutím volby **"Uvažovat minimální dimenzační tlak"**).

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách **"Materiály a normy"** a **"Výpočet zdí"**.



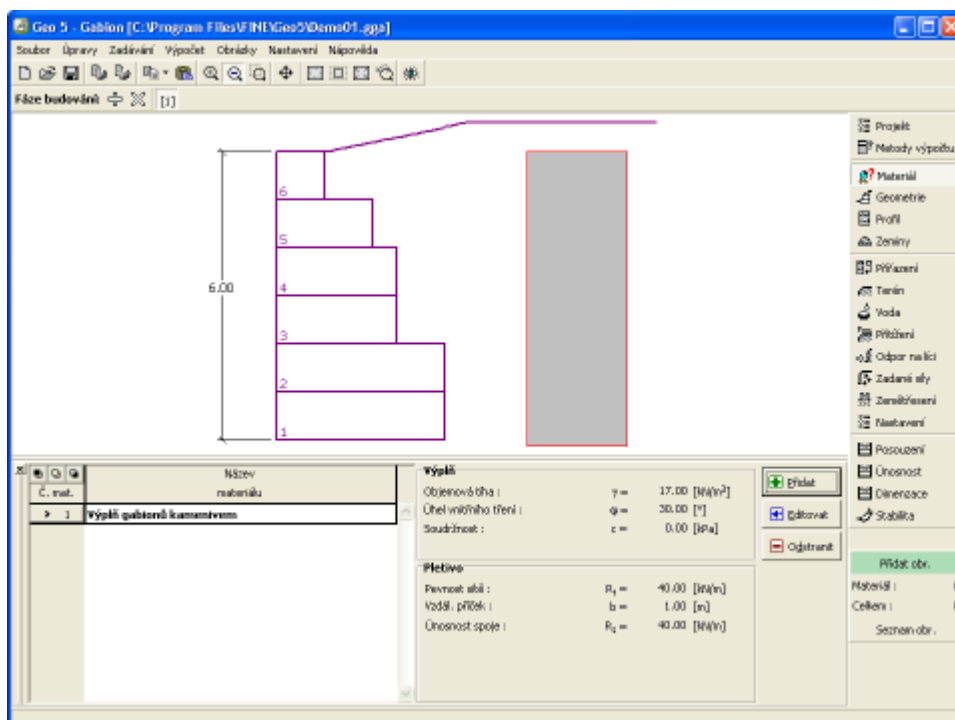
Rám "Nastavení"

Materiál

Rám **"Materiál"** obsahuje **tabulku** se seznamem zadané výplně (kameniva) a materiálových charakteristik použitého pletiva gabionu. **Přidání** materiálu a pletiva se provádí v **dialogovém okně "Nový materiál"**.

V pravé části rámu se zobrazují zadané charakteristiky výplně a pletiva aktuálně vybraného bloku gabionu.

Orientační hodnota úhlu vnitřního tření materiálu výplně gabionu je pro dobře zrněný štěrk v rozmezí 35 až 40 stupňů, u kamenné rovnániny může být vyšší.



Rám "Materiál"

Geometrie

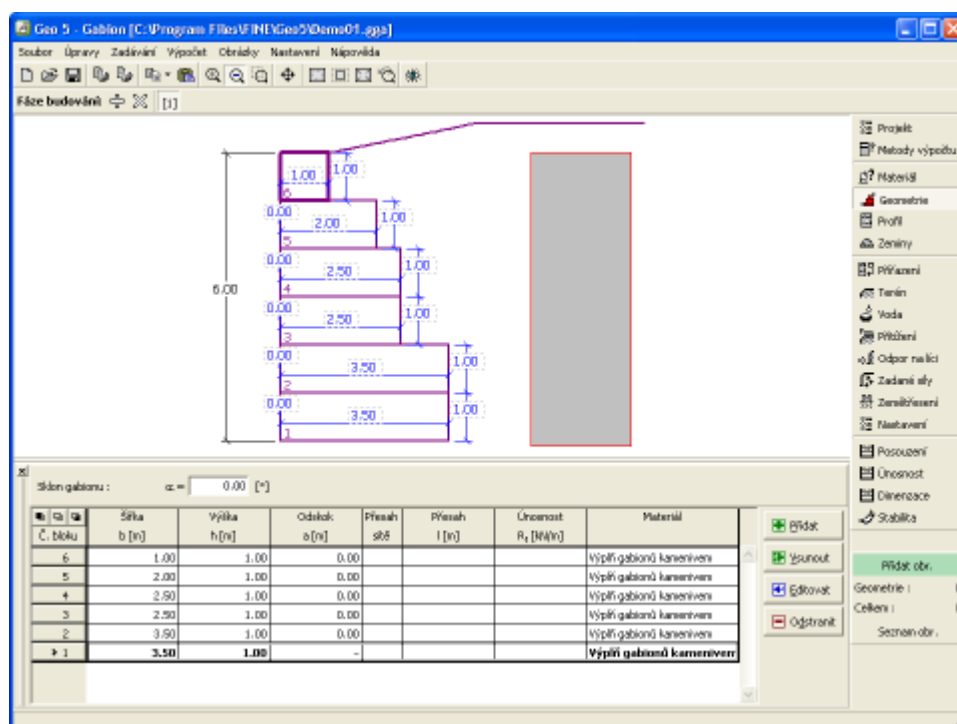
Rám "Geometrie" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných konstrukčních bloků gabionu (nejnižší blok je označen č.1). Přidání bloků se provádí v **dialogovém okně "Nový blok"**.

V dialogovém okně se zadává **geometrie bloku** a **parametry přesahu sítě** (délka přesahu, délka kotvení, únosnost na vytržení).

Program umožňuje vložit (vsunout) další blok mezi již stávající zadané bloky konstrukce. Vložení bloku se provádí v dialogovém okně "**Vsunutý blok**", které je totožné s dialogovým oknem "**Nový blok**". Blok, který je nově vložen (vsunut), se řadí **pod** aktuálně vybraný blok konstrukce.

Zadané bloky lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních kót**, nebo **aktivních objektů** - poklepáním (double-click) na konstrukci otevřeme dialogové okno s příslušným blokem. **Režim aktivních objektů funguje pouze v případě, že je vypnuto zobrazování podrobných kót v rámu "Nastavení kreslení"**.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie"

Profil

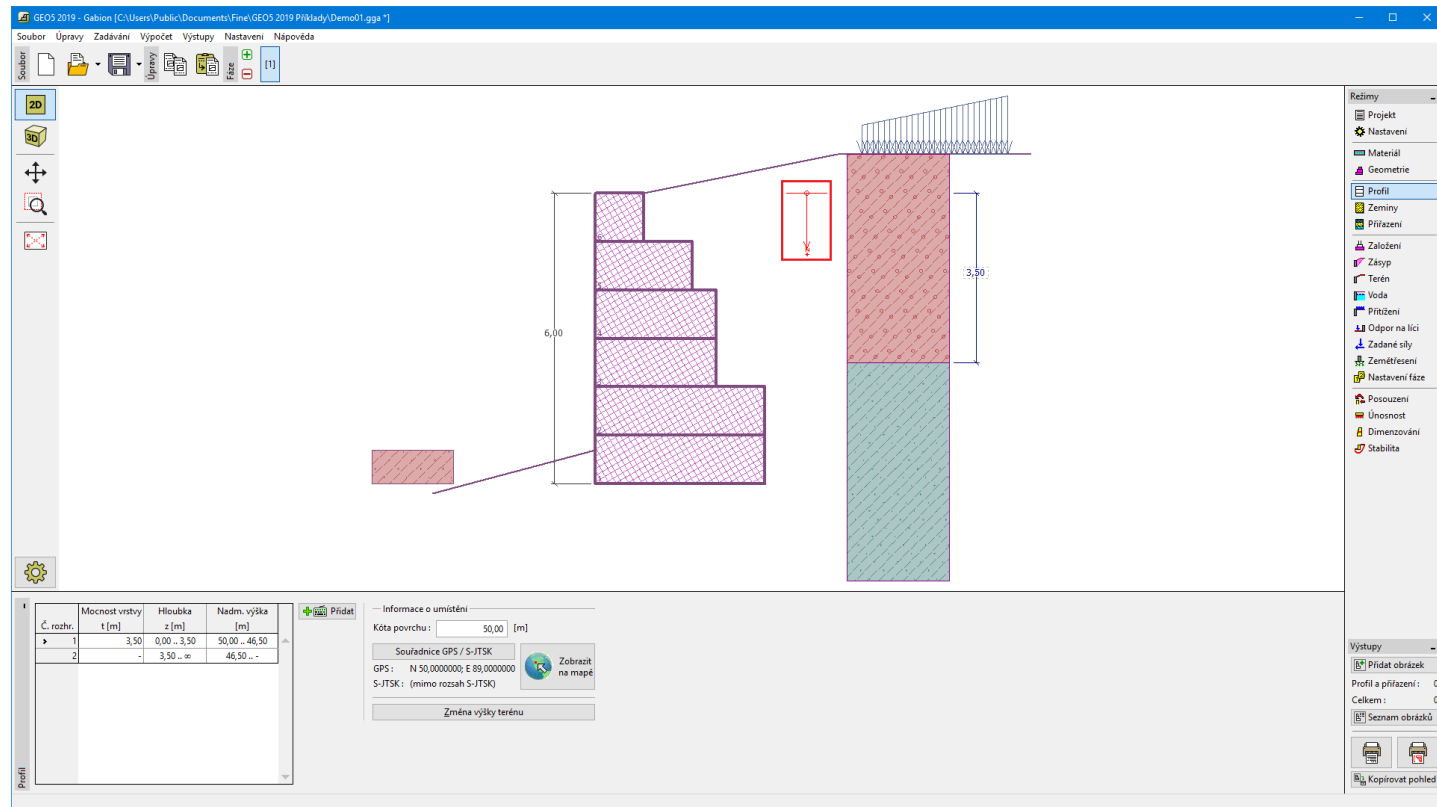
Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrstvy (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

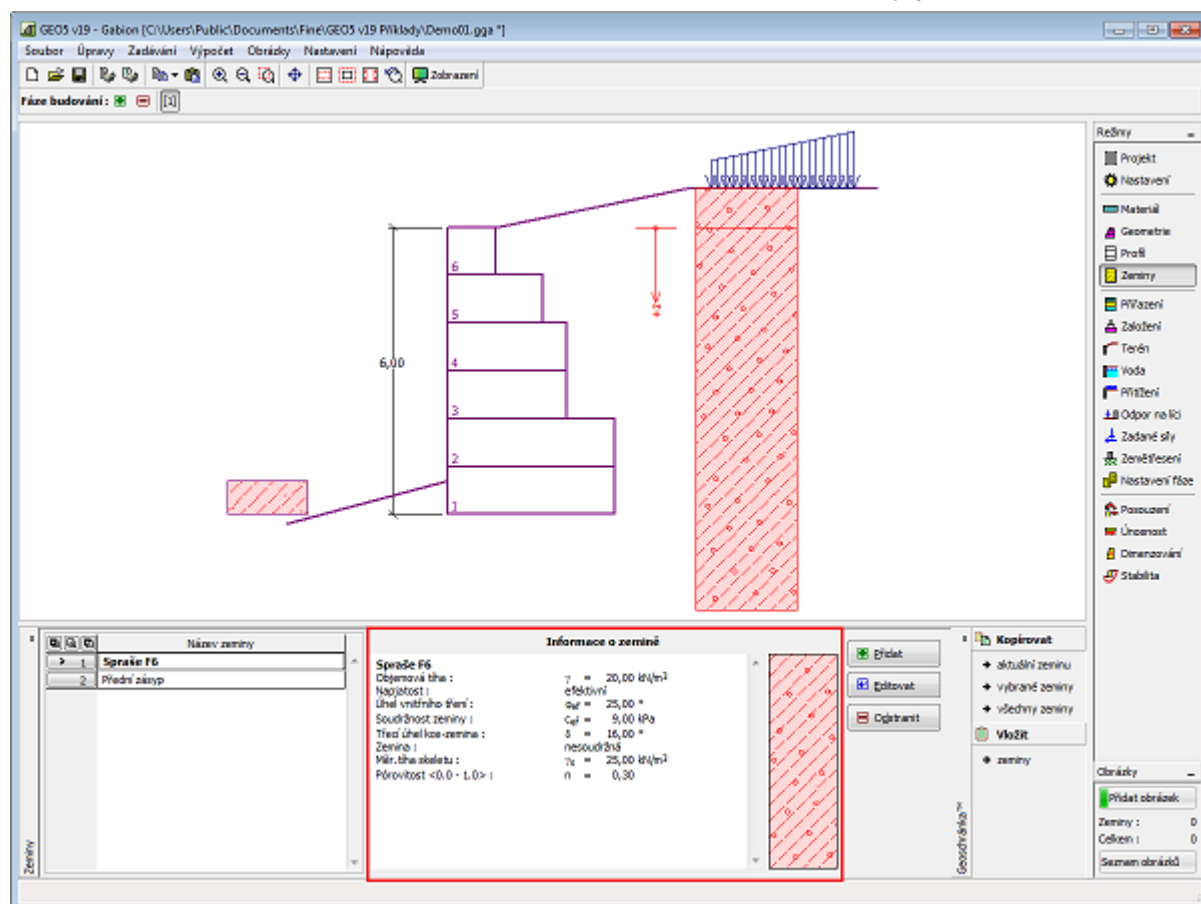
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: **"Základní data"**, **"Tlak v klidu"** a **"Vztlak"**.

Data zadáných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemin**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemin. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní, resp. totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu **"Napjatost"**. To zda počítat v **efektivní, resp. totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí**, který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce a** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole **"Zemní tlaky"**.

Přidání nových zemin

Identifikace
Název : Třída F1, konzistence tuhá
Třída F1, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ [kN/m³] 19,0

Napjatost : efektivní

Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 29,00$ [°] 26-32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00$ [kPa] 4-12

Třecí úhel ke-zemina : $\delta =$ [°]

Tlak v klidu

Zemina : nesoudržná

Vztlak

Způsob výp.vztaku : standardní

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení
Barva
Kategorie vzorků GEO
Vzorek
Hlína štěrkovitá

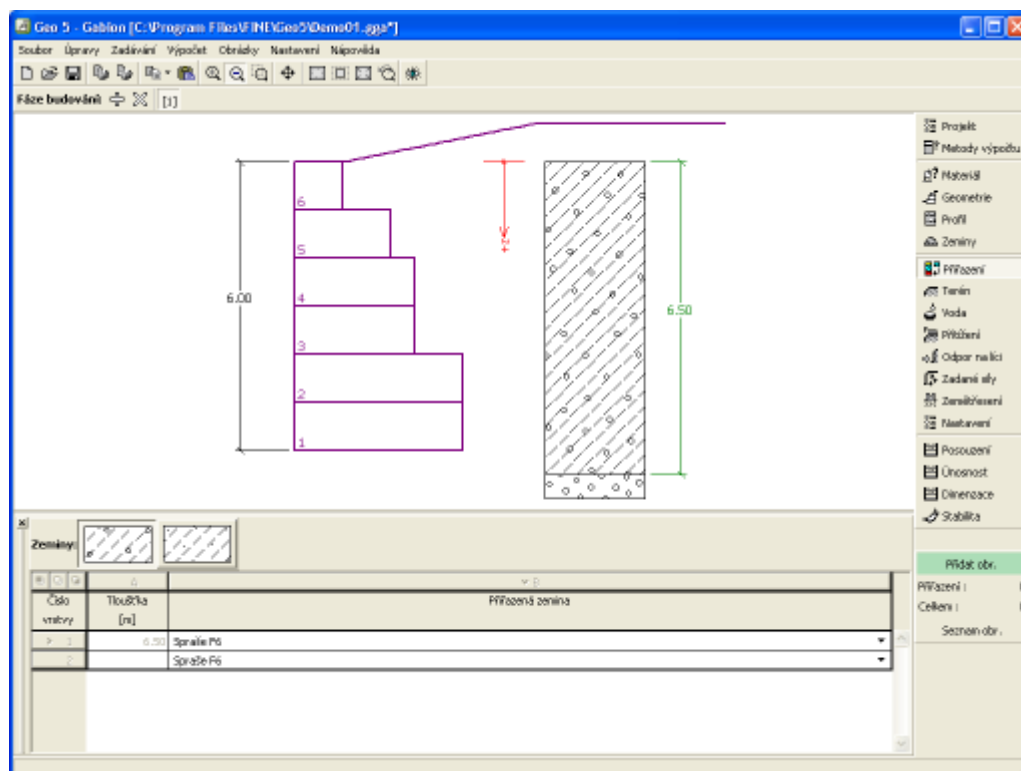
Zatřídění
Zatříd' Vymaž
Přidej Storno

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



Rám "Přiřazení"

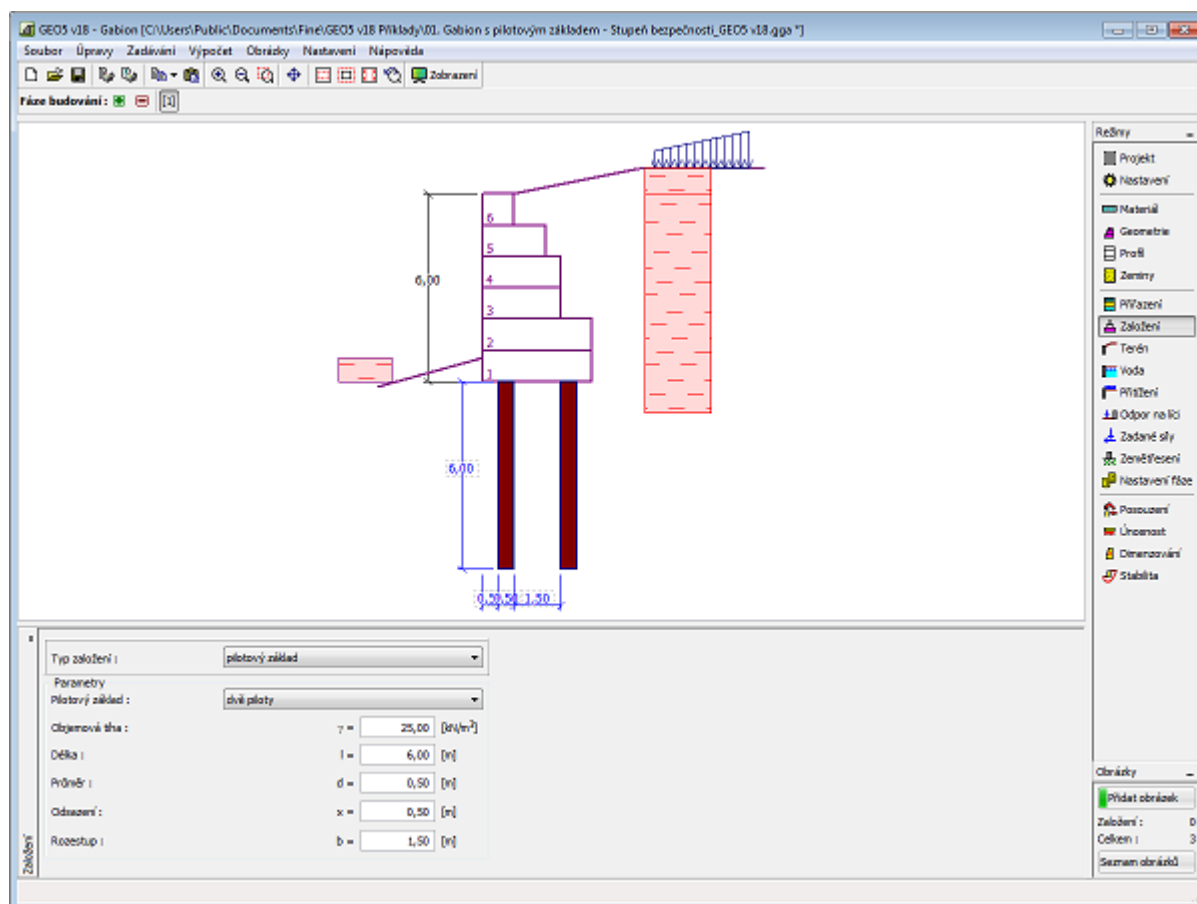
Založení

V rámu "Založení" se zadává typ založení zdi. Program umožňuje zadat následující typy založení zdi:

- **zemina - geologický profil** - zeď je založená na zemině **přiřazené** z geologického profilu, který se zadává v rámu "Profil"
- **zemina - zadat parametry kontaktu** - zadávají se parametry kontaktu mezi základovou spárou konstrukce zdi a zeminou. Pro volbu "zadávat úhel tření základ-zemina" se v programu zadává úhel tření mezi základem a zeminou ψ [°]. Pro volbu "zadávat součinitel tření" se v programu zadává součinitel tření μ [-]. Pro obě možnosti se zadává soudržnost mezi základem a zeminou a [kPa].
- **základový pas** - materiál základového pasu tvoří **zemina** (zadaná v rámu "Zeminy") nebo **beton** - zadává se **objemová tíha materiálu základu** γ a **parametry kontaktu zeď-základ** (součinitel tření f , soudržnost c , dodatečný odpor F)
- **pilotový základ** - zeď lze založit na jedné řadě pilot resp. na dvou řadách pilot

Základový pas a **pilotový základ** lze pro založení zdi použít pouze v případě, že je v rámu "Geometrie" zvolen typ zdi s **rovnou základovou spárou bez výstupku**. Geometrii založení zdi (**základový pas**, **pilotový základ**) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Vstupní data zadaná v tomto rámu ovlivňují samotný **výpočet zdi** (posouzení na posunutí) a dále **únosnost základové půdy**.

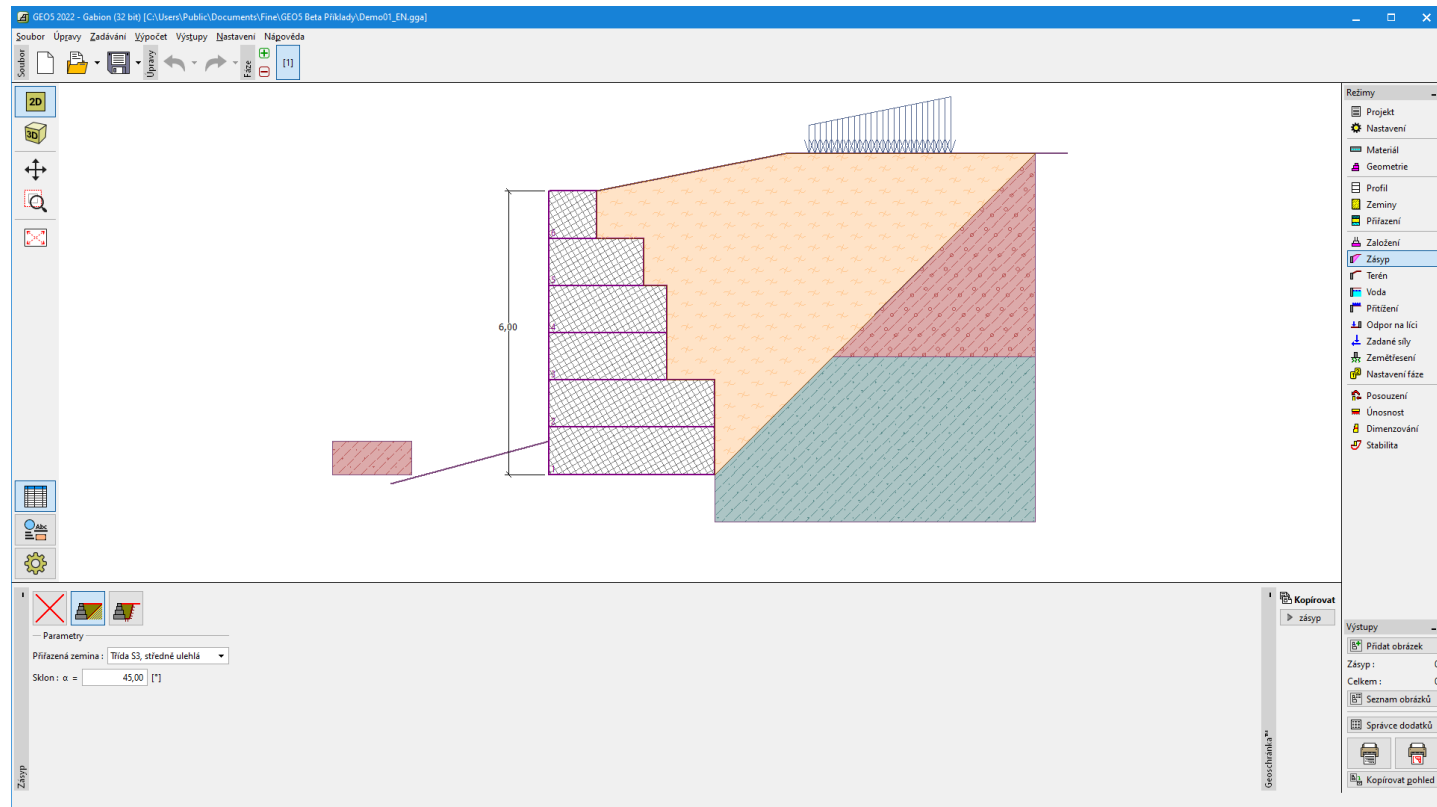


Rám "Založení"

Zásyp

V rámu "Zásyp" se stiskem tlačítka volí typ zásypu.

Jednotlivé typy jsou popsány v teoretické části nápovědy "Vliv zásypu".



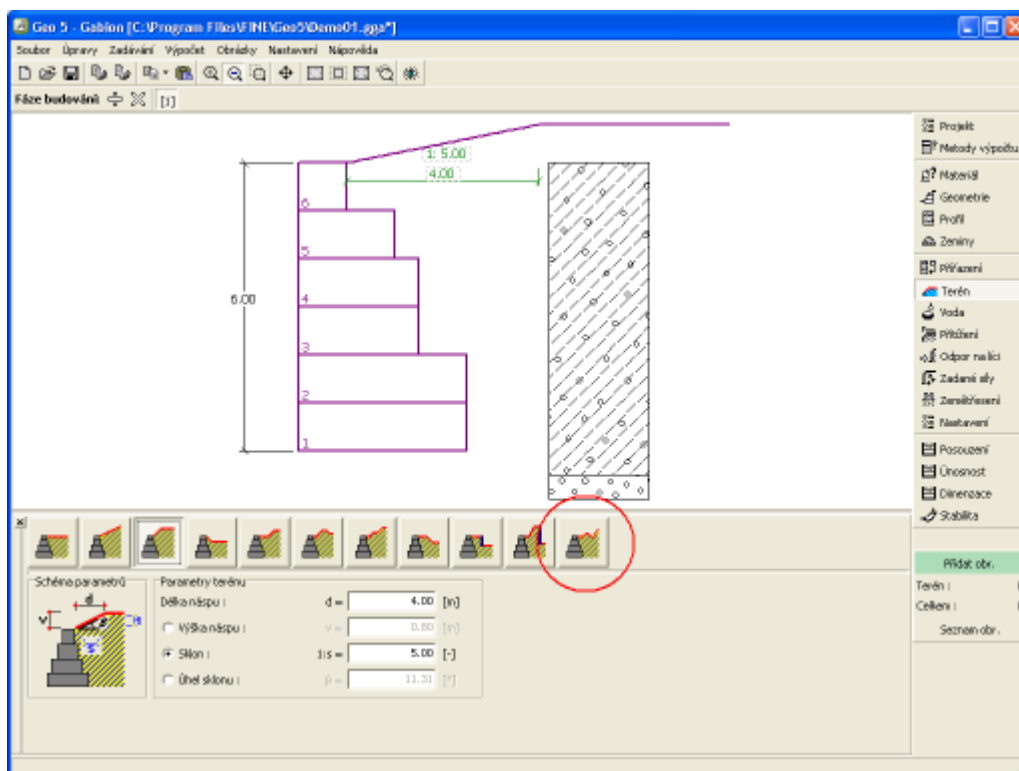
Rám "Zásyp"

Terén

V rámu "Terén" se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí [0; 0] leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".



Rám "Terén"

Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 ...) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

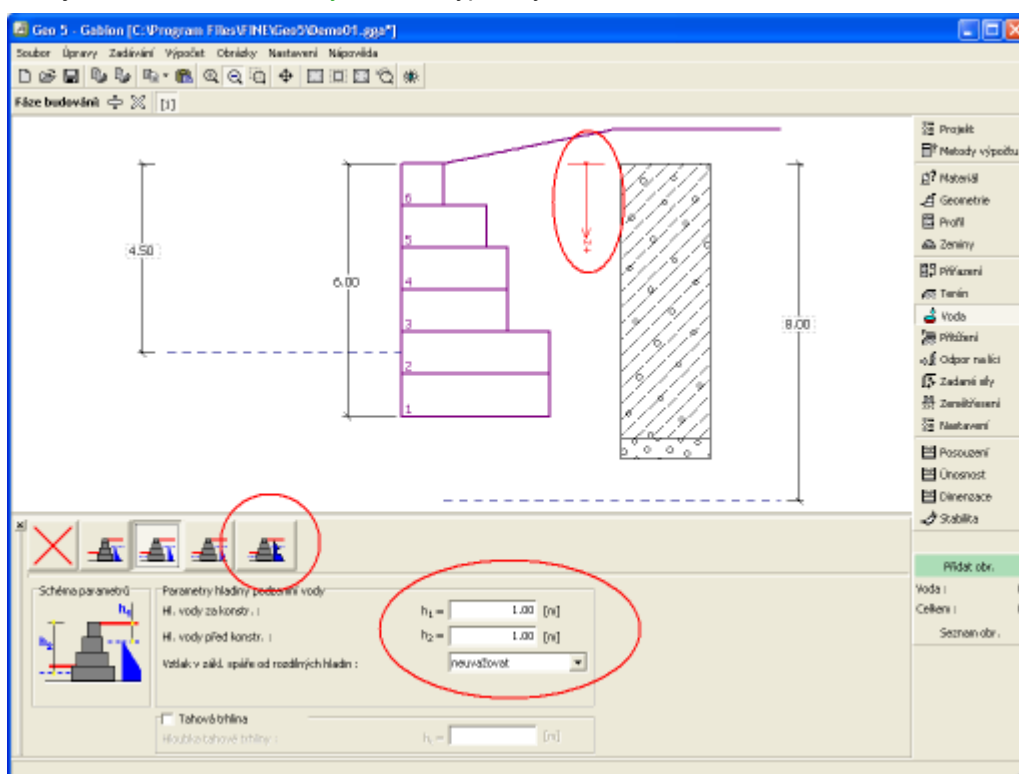
V rozbalitelném seznamu se zadává, zda se předpokládá působení vztaku vody od rozdílných hladin v základové spáře. Vztlak může být **lineární**, **parabolický** nebo není vůbec uvažován. Vztlak v základové spáře od rozdílných hladin je v posouzení zdi zaveden zvláštní silou.

Poslední volbou je ruční zadání pórového tlaku před i za konstrukcí. V rámu se zobrazí dvě záložky "Před konstrukcí" a "Za konstrukcí" s **tabulkami**. Do tabulek se zadávají hodnoty pórového tlaku před, nebo za konstrukcí v hloubce "z" (viz osa z)

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv vody".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlín** vyplněných vodou.



Rám "Voda"

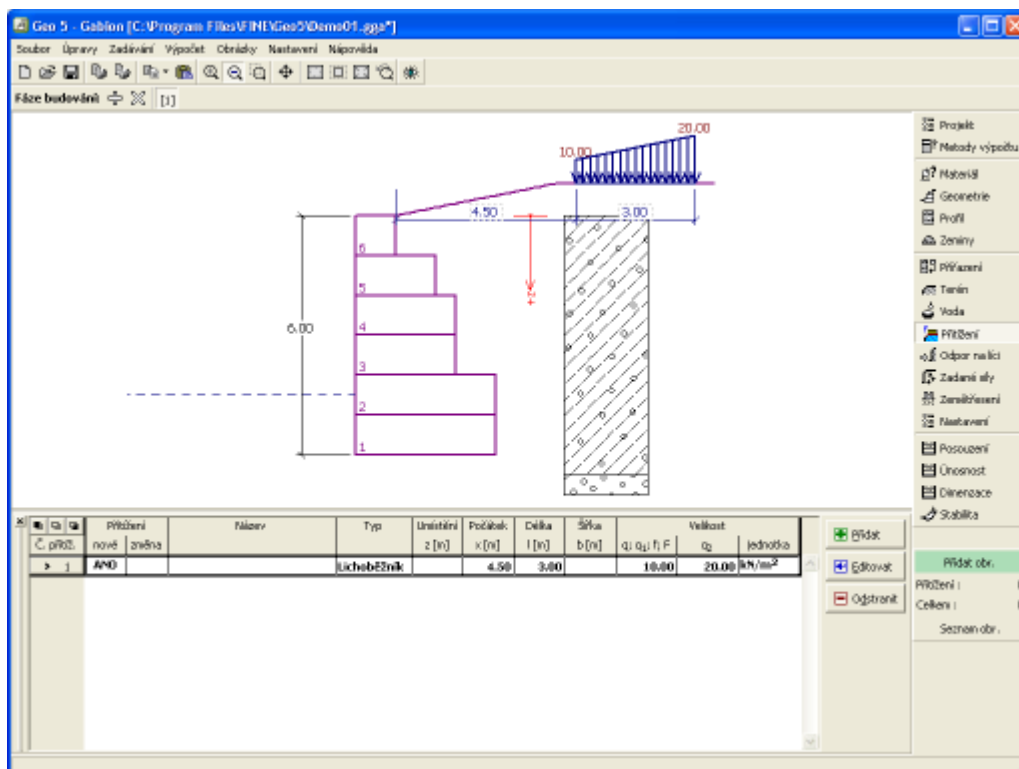
Přetížení

Rám "Přetížení" obsahuje **tabulku** se seznamem zadanych přetížení. **Přidání** přetížení se provádí v **dialogovém okně "Nové přetížení"**. Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních kót**, resp. **aktivních objektů**.

Při zadání přetížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přetížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přetížení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv přetížení".



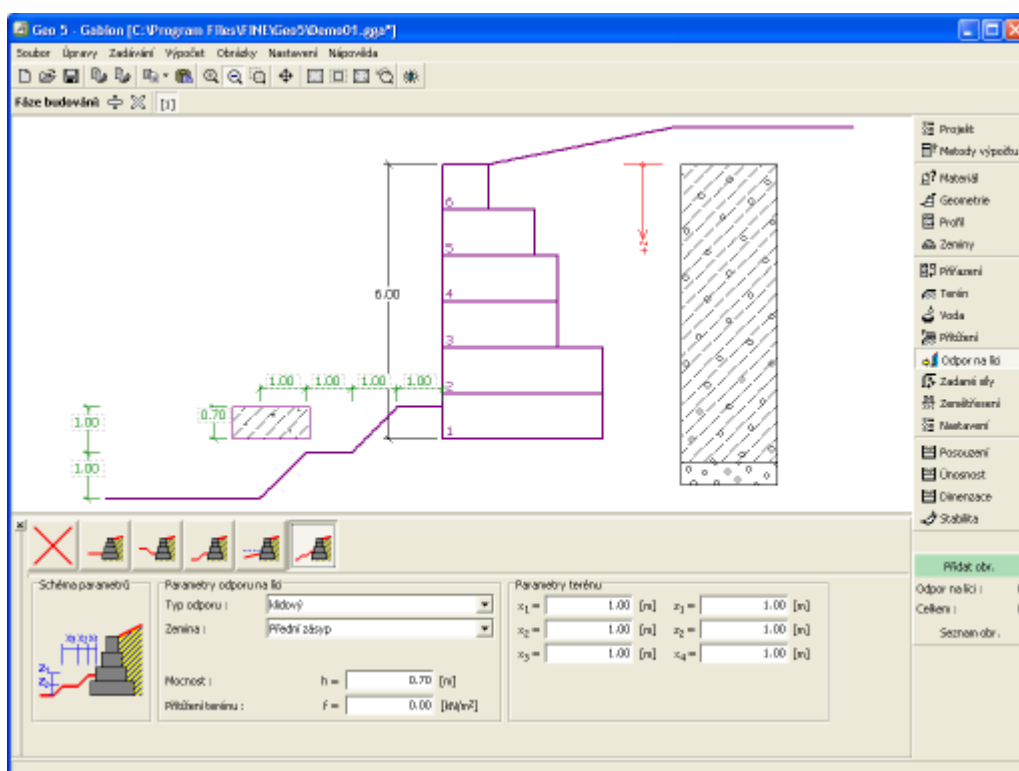
Rám "Přítěžení"

Odpor na lici

V rámu "Odpor na lici" se stiskem tlačítka volí tvar terénu a parametry odporu na lici zdi. Zvolený tvar s grafickou nápodobou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

V rámu lze v rozbalitelných seznamech vybrat typ odporu a zeminy (rozbalitelný seznam obsahuje zeminy zadané v režimu "Zeminy"). V rámu lze také zadat velikost přítěžení terénu před zdí, popř. mocnost zeminy nad nejnižším bodem konstrukce zdi.

Odpor na lici konstrukce může být zadán jako **klidový tlak**, **pasivní tlak** nebo **snížený pasivní tlak**. Výsledná síla od sníženého pasivního tlaku se počítá jako výslednice sil od tlaku v klidu a pasivního tlaku vynásobených příslušným součinitelem podle zadání typu sníženého pasivního tlaku.



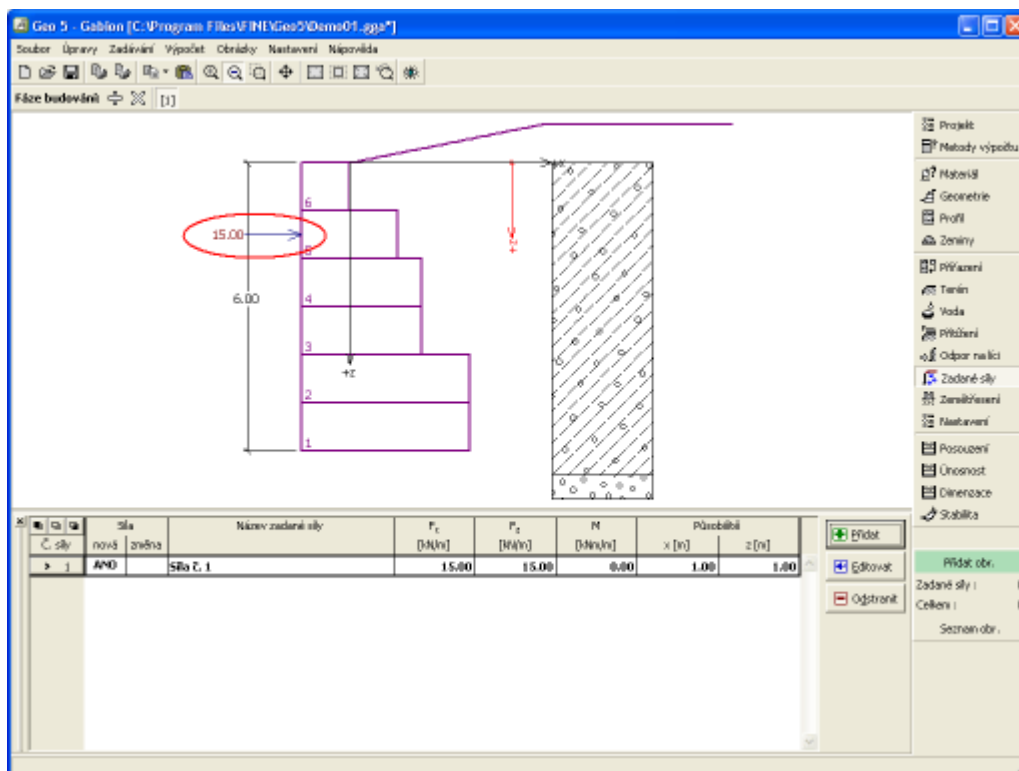
Rám "Odpor na lici"

Zadané síly

Rám "Zadané síly" obsahuje tabulku se seznamem zadaných sil působících na konstrukci. Přidání sil se provádí v dialogovém okně "Nová síla". Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadané síly představují přídavné zatížení působící na konstrukci zdi, pažení, respektive vyztuženého náspu. Můžeme jimi modelovat například ukotvení svodidel, náraz vozidla, zatížení od billboardů a reklamních ploch atp. Program takto zadané síly do výpočtu dále nijak neupravuje, s výjimkou přenásobení příslušným koeficientem dle zadaného typu zatížení (EN1997, LRFD).

Vnější zatížení působící na zeminu, resp. na povrch terénu je nutné modelovat jako **přítížení**.



Rám "Zadané síly"

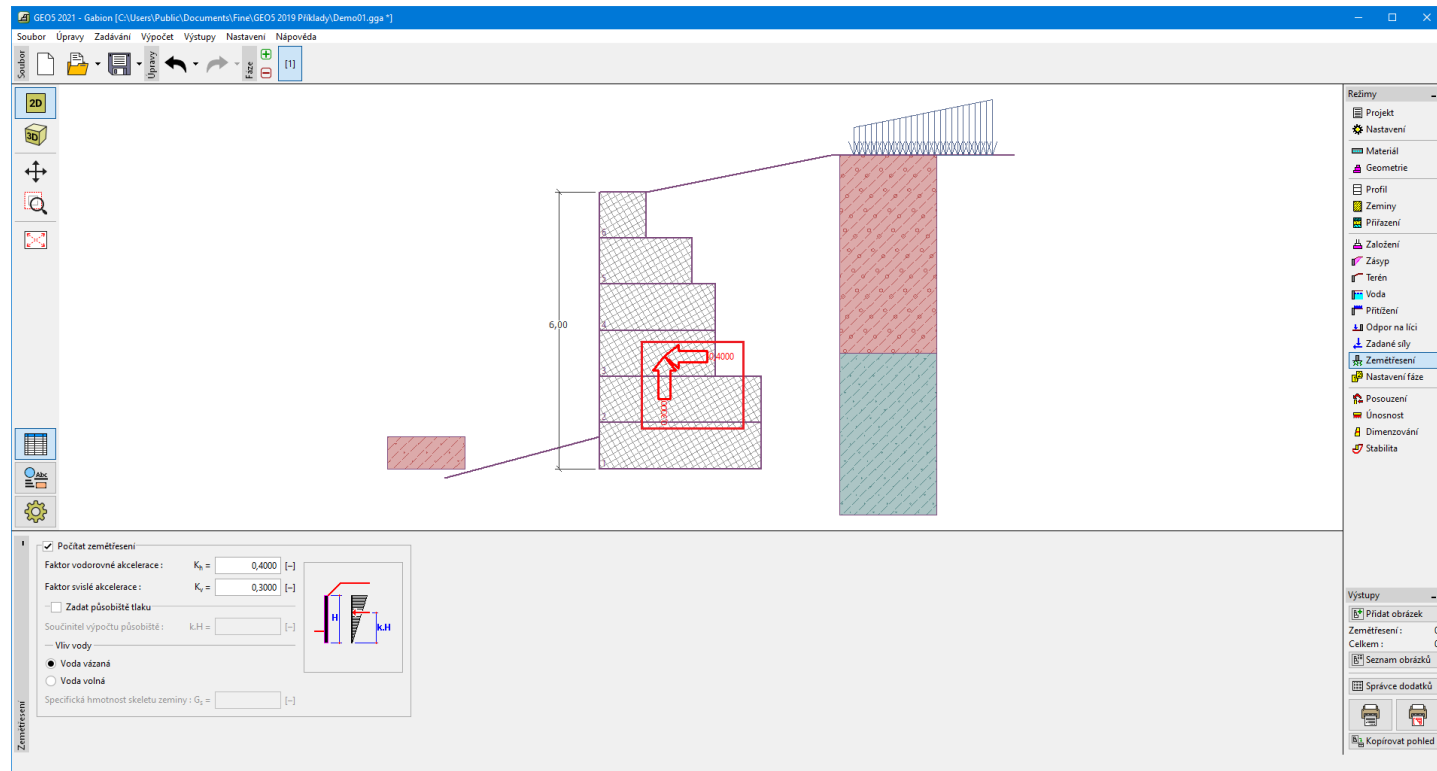
Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv zemětřesení".

Při zvolené metodice posouzení LRFD lze také definovat součinitele pro seismické kombinace dle AASHTO.



Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

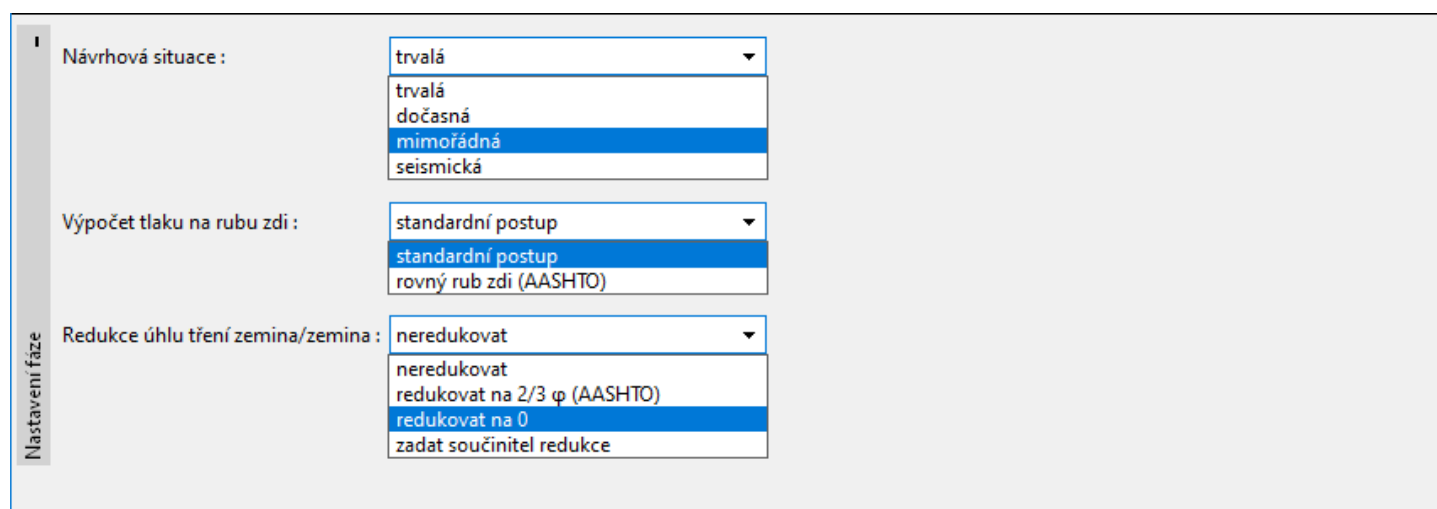
Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.

V tomto rámu je také možné zvolit, zda tlak za zdí působí na zjednodušený **rovný rub zdi**.

Redukci **úhlu tření zemina/zemina** lze uvažovat jednou z následujících možností:

- **neredukovat**
- **redukovat na 2/3φ (AASHTO)**
- **redukovat na 0**
- **zadat součinitel redukce**



Rám "Nastavení fáze"

Posouzení

V rámu "Posouzení" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

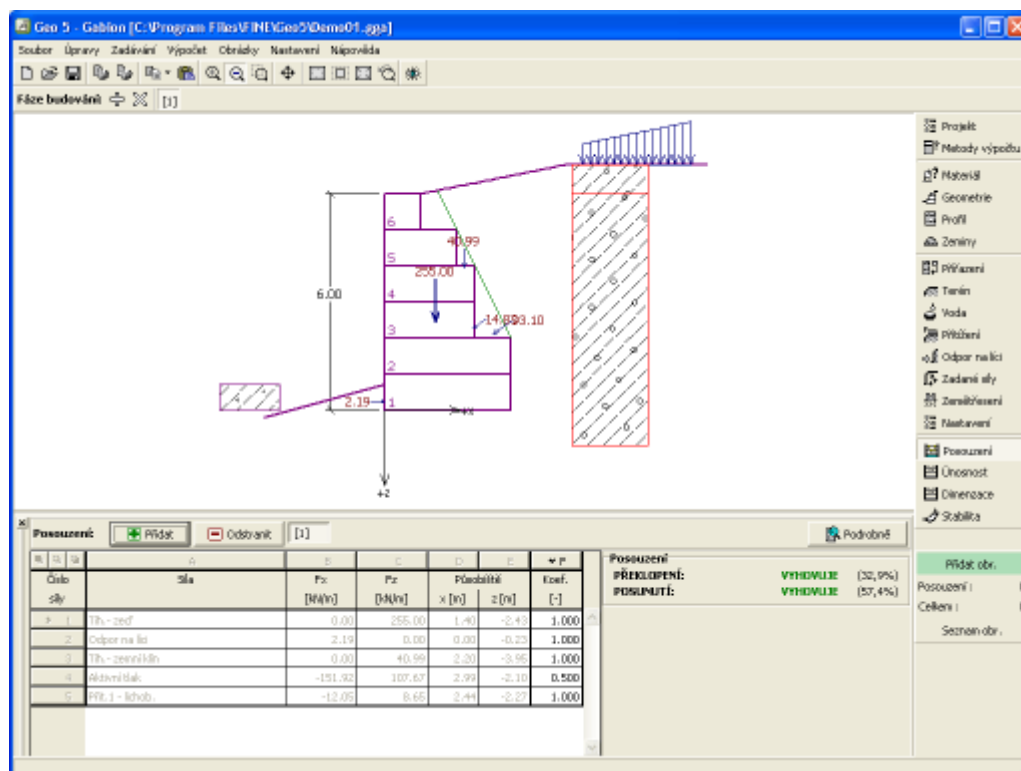
Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Postup **vlastního posouzení zdi** je popsán v teoretické části nápovědy.

Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. V pravé části rámu se zobrazuje výsledek posouzení zdi na **překlopení a posunutí**. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Posouzení"

Únosnost

V rámu "**Únosnost**" jsou zobrazeny výsledky výpočtu únosnosti základové půdy. Napětí v základové spáře (předpokládá se konstantní) je spočteno ze všech posouzení provedených v rámu "**Posouzení**". Do programů "**Patky**", "**Patky CPT**", "**Pilota**" a "**Skupina pilot**" se jednotlivá posouzení převezmou jako zatěžovací stavy. Do programu "**Pilota CPT**" se předává pouze normálové zatížení.

Rám obsahuje následující volby výpočtu:

- **Zadat únosnost základové půdy**
V zadávacím poli se zadává únosnost základové půdy. Výsledky posouzení zdi na **excentricitu** a **únosnost základové půdy** se zobrazují v pravé části rámu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení únosnosti základové půdy.
- **Počítat únosnost základové půdy programem "Patky"**
Pomocí tlačítka "**Spustit program Patky**" se **spustí program "Patky"**, ve kterém lze spočítat únosnost základové půdy, popř. sednutí a natočení základu. Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "**OK**" - výsledky resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu o výpočtu v programu "**Gabion**". Pokud není program "**Patky**" nainstalován, není tlačítko dostupné. Zadává se celková délka základu zdi.
- **Počítat únosnost základové půdy programem "Patky CPT"**
Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "**Patky**".

- **Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Piloty"**
- **Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Pilot CPT"**
- **Počítat svislou únosnost skupiny pilot programem "Skupina pilot"**
- **Nepočítat (základ na pilotách)**

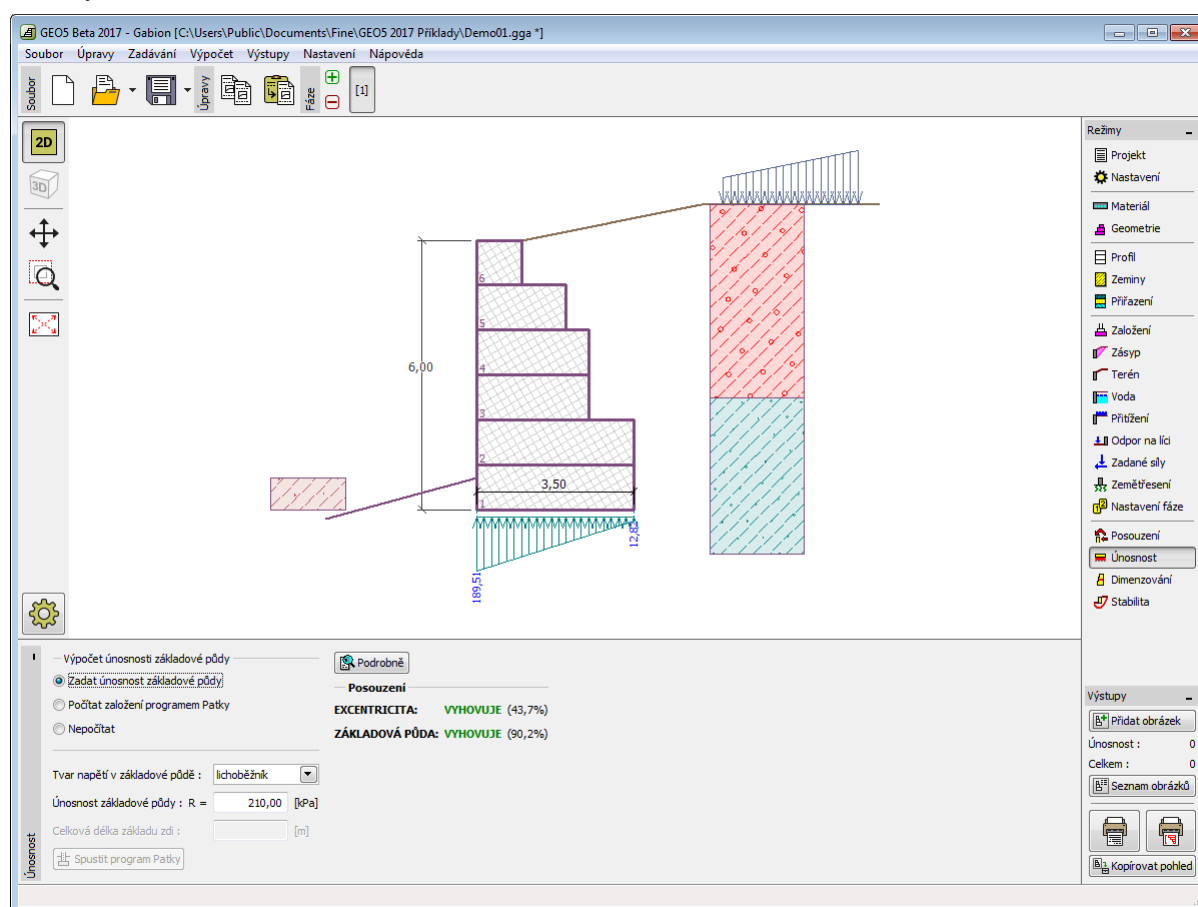
Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu Patky. Tlačítko **"Spustit program Pilota"** je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám **"Založení"**). Zadává se podélný rozestup pilot s .

Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu **"Pilota"**.

Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu patky. Tlačítko **"Spustit program Skupina pilot"** je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám **"Založení"**). Zadává se podélný rozestup pilot s , celkový počet řad pilot n a zatěžovací délka l .
Únosnost základové půdy se nepočítá.

Program umožňuje zadat **tvár napětí v základové půdě**.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu **"Nastavení kreslení"**.



Rám "Únosnost"

Dimenzování

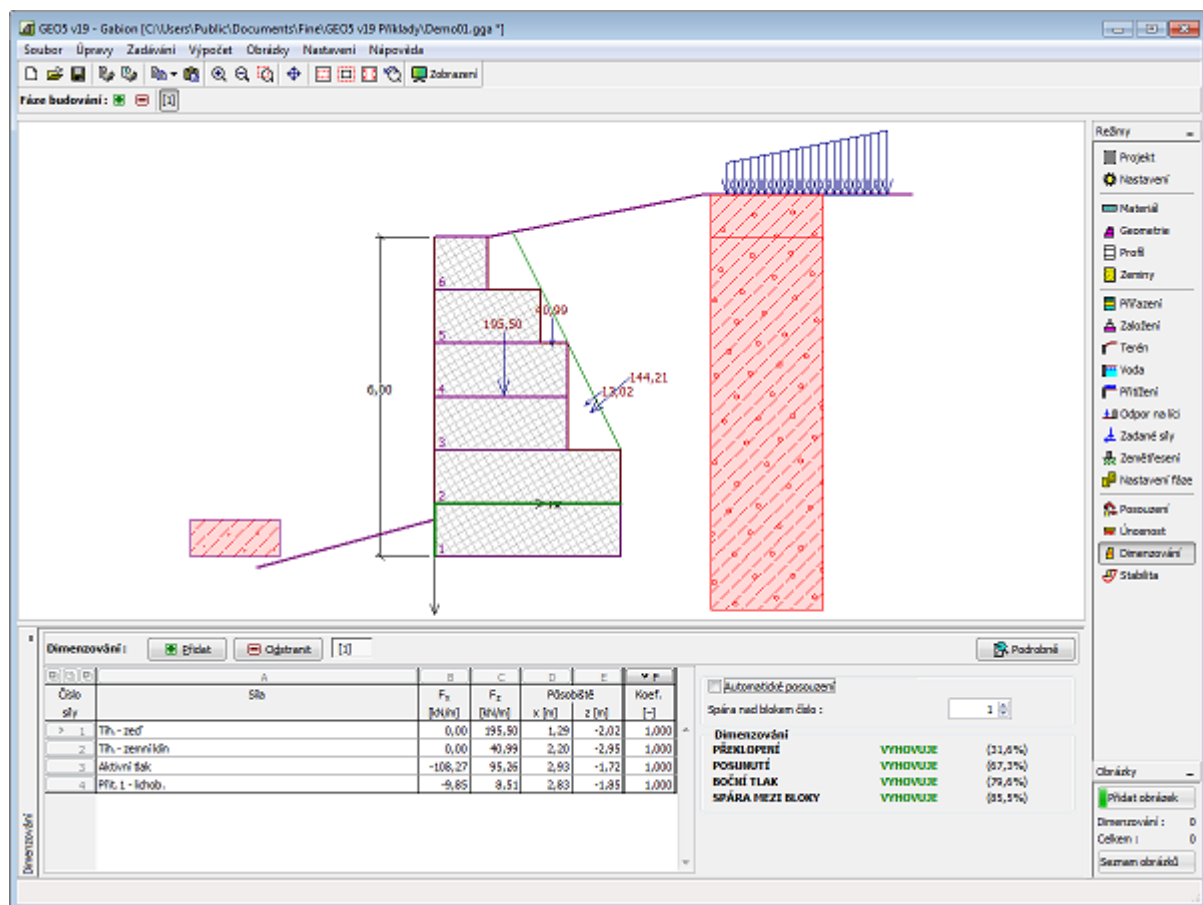
V rámu **"Dimenzování"** můžeme posoudit jednotlivé spáry mezi bloky gabionu. V poli **"Spára nad blokem číslo"** vybereme příslušnou spáru a program provede výpočet posouzení. Posouzení se provádí na **překlopení, posunutí, boční tlak a spáru mezi bloky**.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci **"Kombinace zatížení"**.
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

V rámu lze provést **více výpočtů** pro jednotlivé spáry bloků gabionu. Lze zadat i různé **výpočtové koeficienty** jednotlivých sil. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. Tlačítko **"Podrobně"** otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".

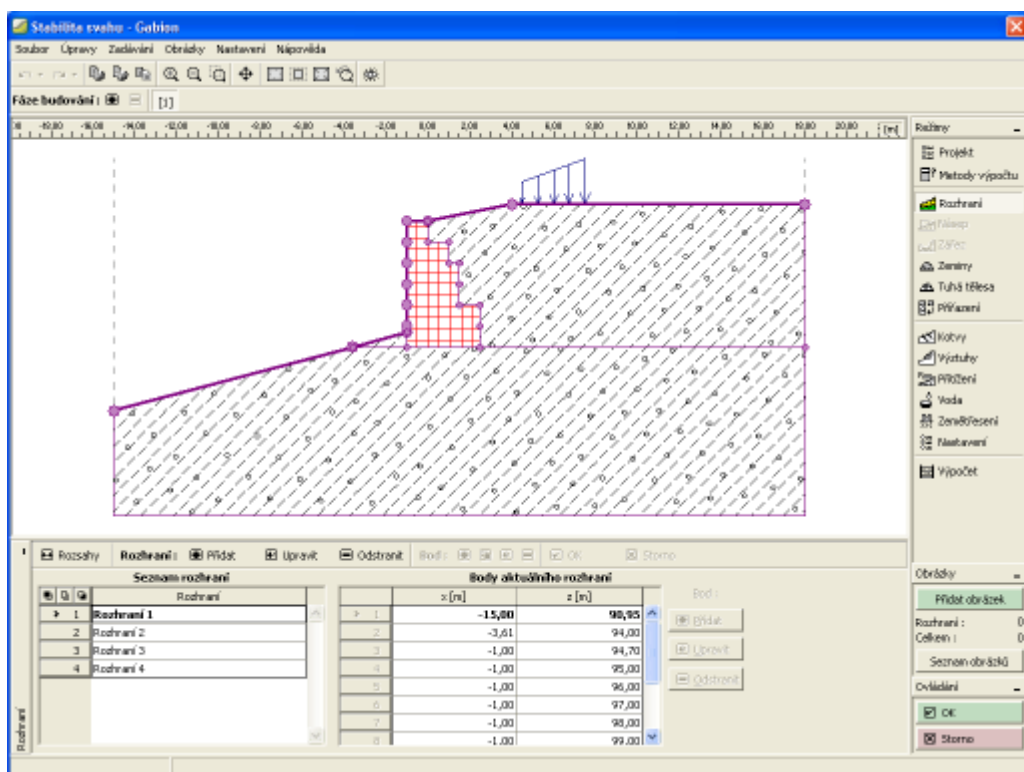


Rám "Dimenzování"

Stabilita

Při stisknutí tlačítka "**Stabilita**" se spustí program "**Stabilita svahu**" a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu stabilita svahu pak můžeme posoudit celkovou stabilitu konstrukce zdi. Pokud program "**Stabilita svahu**" není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "**OK**" - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu u programu "**Gabion**".



Rám "Stabilita"

Program Opěra

Program je určen k návrhu a posouzení mostní opěry. Program umožňuje posoudit mostní opěru na překlopení, posunutí, únosnost základové půdy a nadimenzovat rozhodující průřezy (včetně křídel) z prostého betonu, resp. železobetonu podle normy ČSN 73 6206 "Navrhování betonových a železobetonových mostních konstrukcí".

Nápověda k programu "Opěra" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Geometrie řez	Křídla	Geometrie půdorys	Stupně základů	Materiál
Profil	Zeminy	Zatížení - ZS	Přiřazení	Založení	Zásyp	Terén
Voda	Přetížení	Odpor na líci	Zadané síly	Zemětřesení	Nastavení fáze	Posouzení
Únosnost	Dimenzování	Stabilita				

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "Opěra":

Napětí v zemině	Zemní tlaky	Výpočty zdí	Výpočet únosnosti základu	Dimenzování železobetonových konstrukcí
-----------------	-------------	-------------	---------------------------	---

- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při textových a grafických výstupech.

V rámu lze také přepínat jednotky (metrické / imperiální). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat** a **importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Program umožňuje zadat hodnotu **minimálního dimenzačního tlaku** (zaškrtnutím volby "**Uvažovat minimální dimenzační tlak**").

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Výpočet zdí**".

Rám "Nastavení"

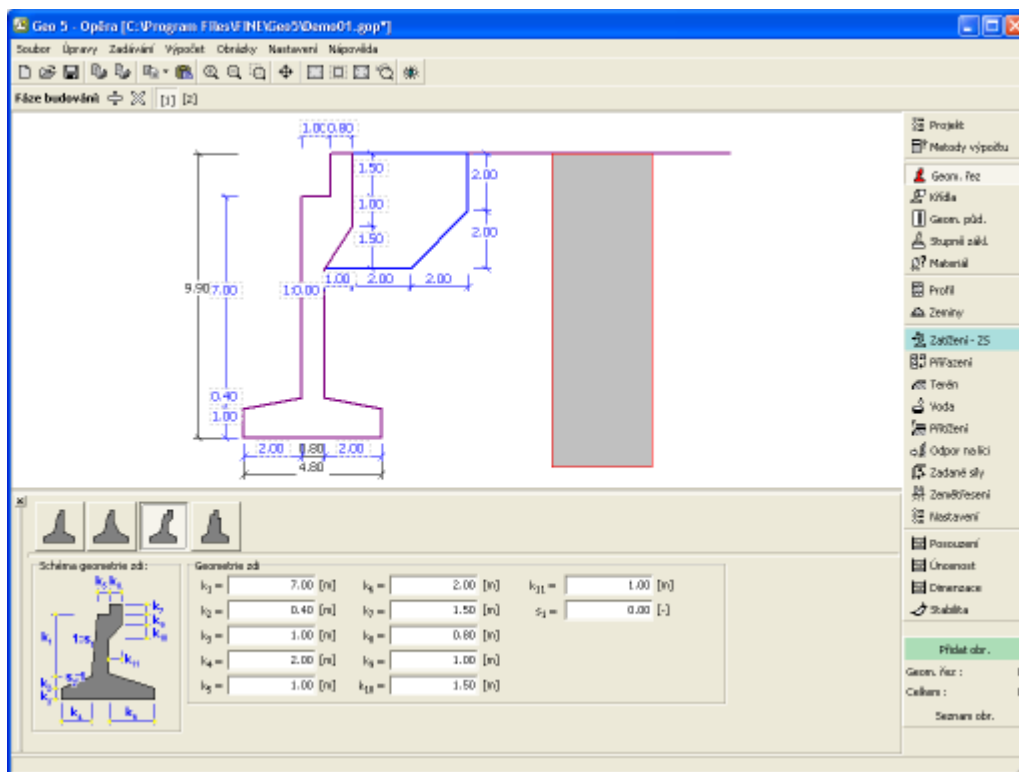
Geometrie řez

V rámu "Geom. řez" se stiskem tlačítka volí tvar mostní opěry. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar zdi lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

V případě šikmých tvarů konstrukce se zadává poměr stran šikmé části **1:x**. **Zadání rovné konstrukce** se provede zadáním hodnoty nula.

V tomto rámu se zadává finální tvar opěry včetně závěrné zídky. Opěru lze posuzovat i na stavební stav (bez závěrné zídky) podle volby v rámu "**Zatížení - ZS**". Délka opěry a základu opěry se zadává v rámu "**Geometrie půdorys**".

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie řez"

Křídla

V **rámu "Křídla"** se zadává tvar a rozměry mostních křídel. Křídla mohou být buď souměrná, nebo nesouměrná. U nesouměrných se zadávají zvlášť rozměry pravého a levého křídla. Na obrazovce se vykresluje vždy aktuálně zadávané křídlo - V ostatních rámech se pak vykresluje vždy křídlo levé.

Tloušťky a délky křídel lze také zadat resp. editovat v rámu "Geometrie půdorys".

Průřez spár Křídlo-mostní opěra lze posoudit v rámu "**Dimenzování**". Průřez je posuzován na namáhání momentem. Křídlo je celé zatíženo **aktivním tlakem zeminy** za opěrou. V dialogovém okně "**Dimenzování**" je možno zadat velikost **celoplošného přitížení** pro stanovení tlaku na křídlo. S přitížením zadaným v rámu "**Přítížení**" se v tomto případě nepočítá, terén za křídlem je uvažován vždy rovný. Výsledný moment namáhající spáru se získá vynásobením celkové velikosti tlaku působícího na plochu křídla a rozdílem těžišť výslednice tlaku a spáry.

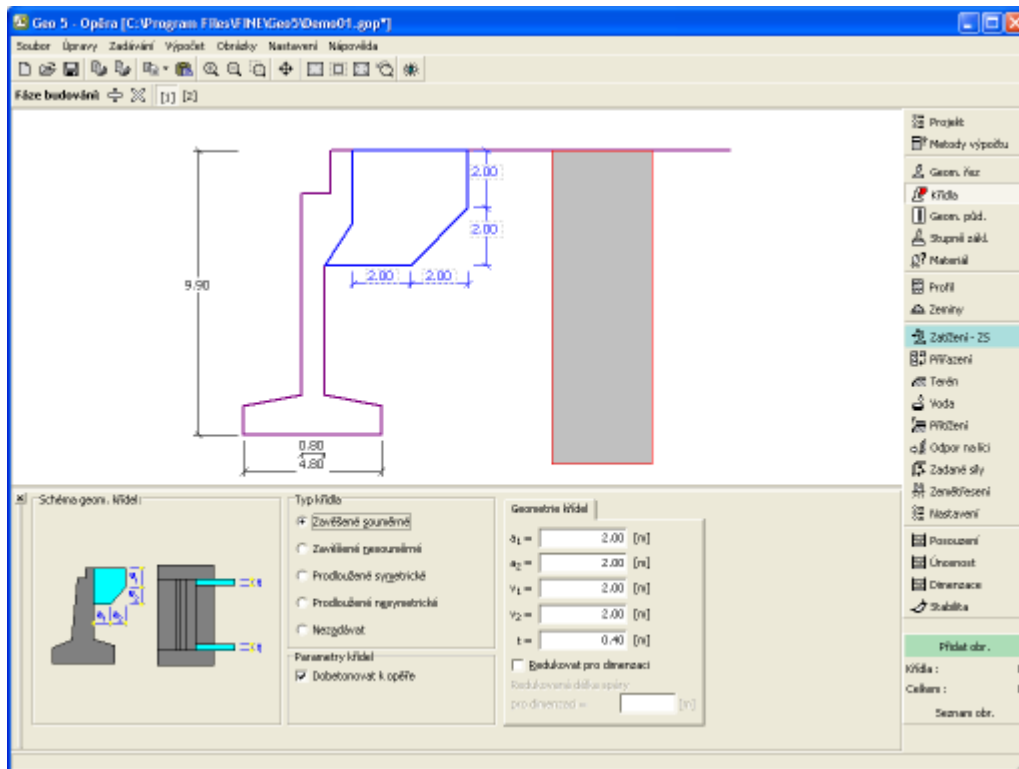
Délka průřezu pro dimenzování se standardně uvažuje jako výška křídla - lze ale zadat po zvolení volby **"Redukovat pro dimenzování"** i jinou délku spáry křídlo-opěra.

U prodloužených křídel lze zadat rozměry základu pod křídlem. Tyto výstupky základu jsou ve výpočtu zohledněny tak, že je vypočtena fiktivní šířka základu podle vztahu:

$$d_{fikt} = \frac{A_{celk}}{S}$$

kde: A_{celk} - celková plocha základu včetně výstupků
 S - délka základu opěry
 d_{fikt} - fiktivní šířka základu pro výpočet posouzení

Základ je pak tedy zjednodušeně a přitom na straně bezpečné, uvažován jako obdélníkový.



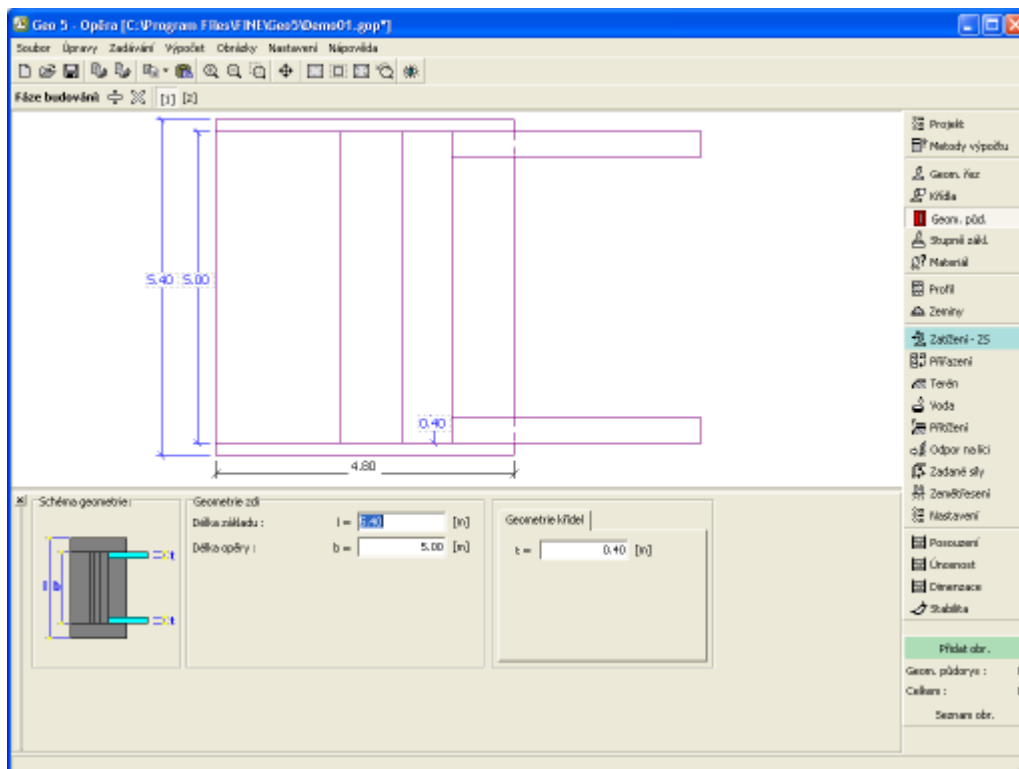
Rám "Křídla"

Geometrie půdorys

V rámu "Geometrie půdorys" se zadávají délka opěry, délka základu opěry a také rozměry křídel opěry. Rozměry lze editovat buď v rámu vložení hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Vliv rozměrů opěry na posouzení je blíže popsán v části "Výpočet sil působících na opěru".

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.

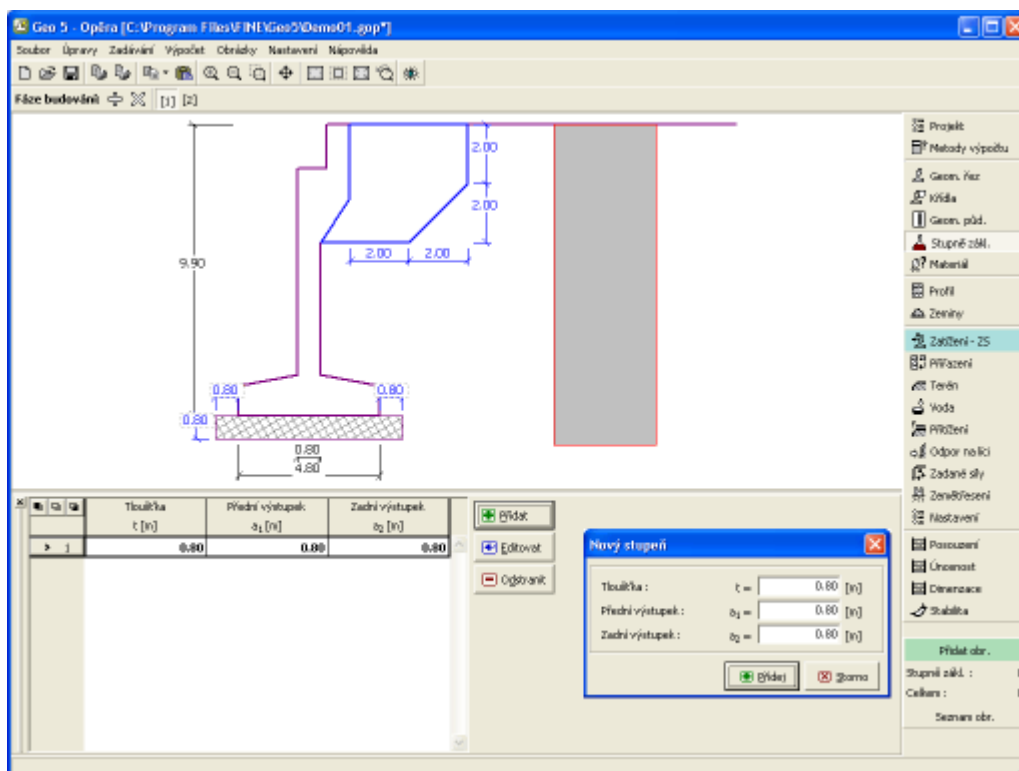


Rám "Geometrie půdorys"

Stupně základů

V rámu "Stupně základu" lze zadat stupně základu pod vlastní opěrou. Tímto způsobem lze zadat další tvary mostní opěry.

Přidání stupňů základu se provádí v dialogovém okně **"Nový stupeň"**. Zadané stupně základu lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních kót**, resp. **aktivních objektů**.



Rám "Stupně základů"

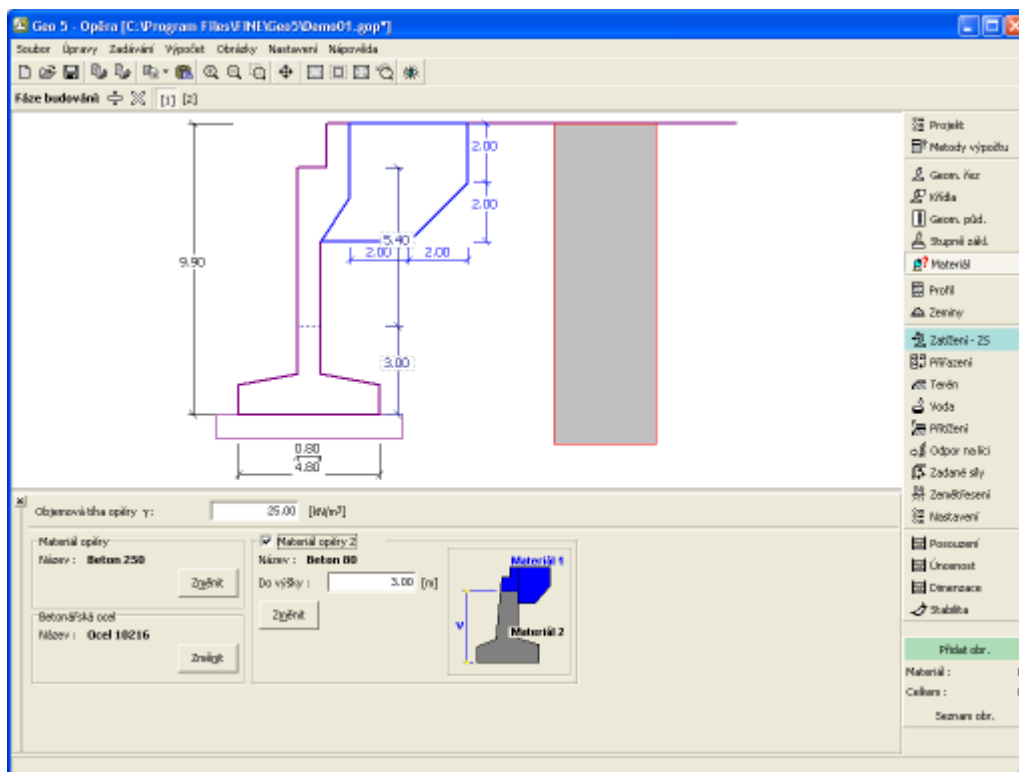
Materiál

V rámu **"Materiál"** se zadávají materiálové charakteristiky. V zadávacím poli v horní části rámu se zadává **objemová tíha konstrukce**.

Pro nastavení parametrů materiálu lze použít dvě možnosti:

- tlačítkem **"Katalog"** otevřeme dialogové okno **"Katalog materiálů"** a ze seznamu vybereme požadovaný materiál
- tlačítkem **"Vlastní"** otevřeme dialogové okno **"Editor materiálu"** a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy na navrhování betonových konstrukcí v záložce **"Materiály a normy"**.



Rám "Materiál"

Profil

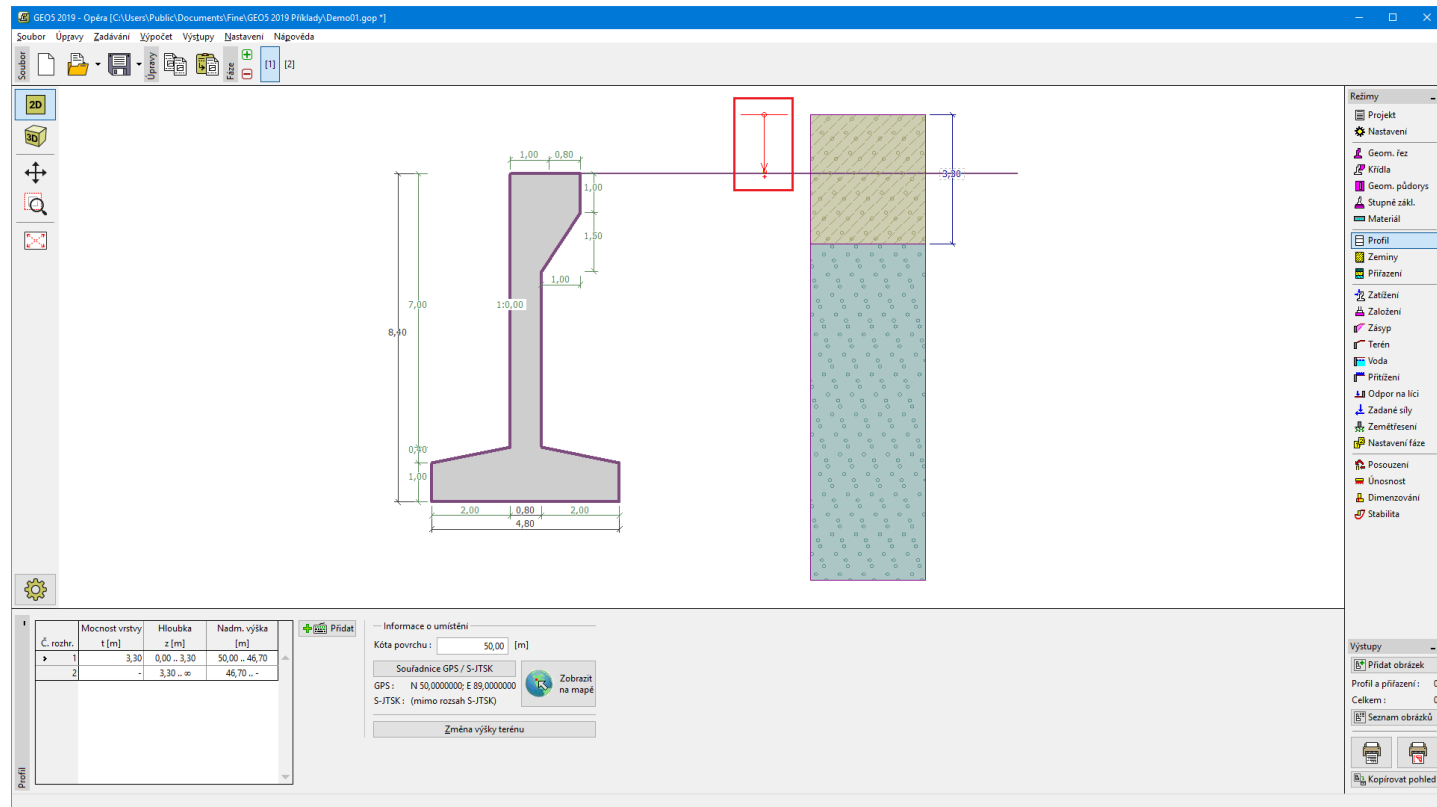
Rám "Profil" obsahuje tabulku se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrtvy (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

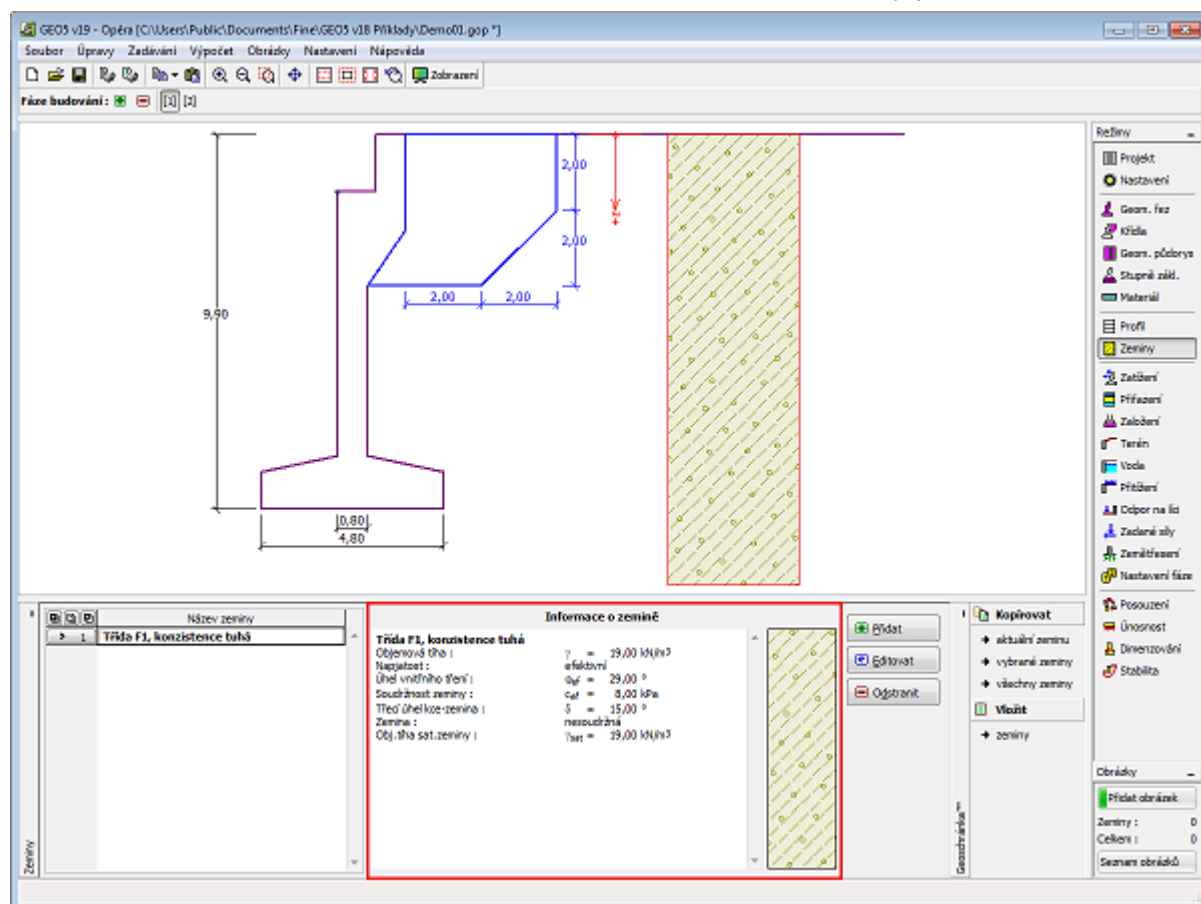
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "**Základní data**", "**Tlak v klidu**" a "**Vztlak**".

Data zadáných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemín**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemín. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní, resp. totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu **"Napjatost"**. To zda počítat v **efektivní, resp. totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí**, který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce α** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole **"Zemní tlaky"**.

Přidání nových zemin

Identifikace
Název : Třída F1, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Napjatost :

Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} =$ [°] 26-32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa] 4-12

Třecí úhel ke-zemina : $\delta =$ [°]

Tlak v klidu

Zemina :

Vztlak

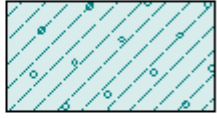
Způsob výp.vztaku :

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Barva

Kategorie vzorků

Vzorek  Hlina štěrkovitá

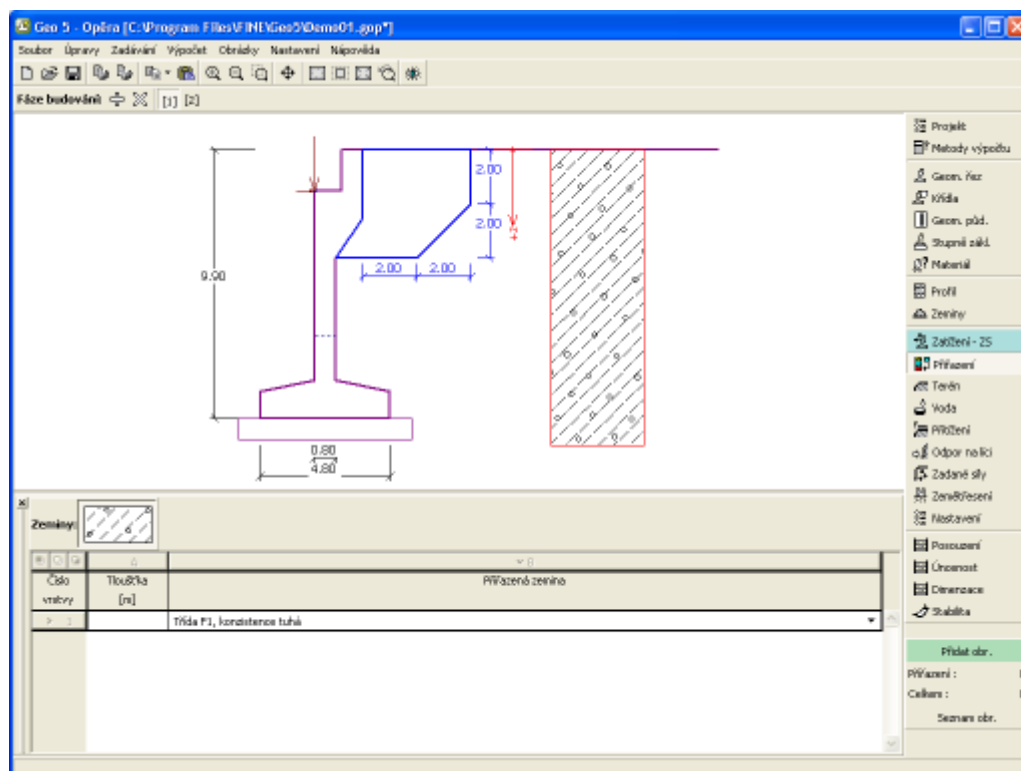
Zatřídění

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



Rám "Přiřazení"

Zatížení - ZS

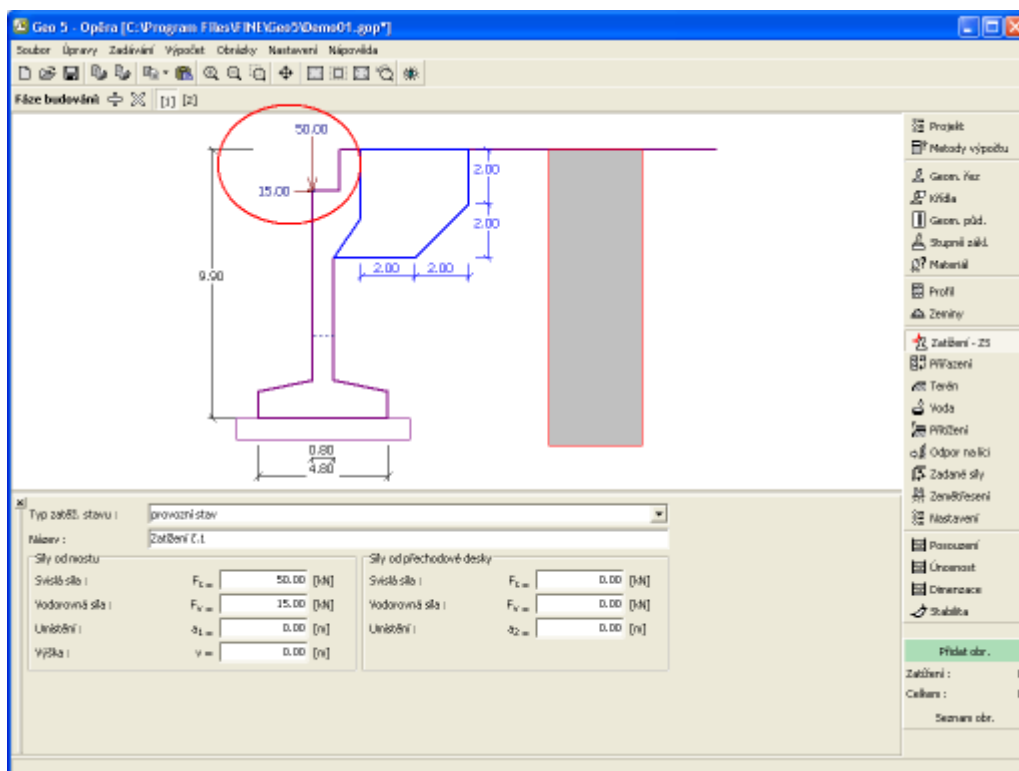
Rám "Zatížení - ZS" je určen k zadání **zatěžovacího stavu** (stavební, provozní) a zatížení od mostu a přechodové desky. Podle zadaného typu ZS se provádí posouzení a dimenzování celé mostní opěry, resp. její části.

Při výpočtu **podle EN 1997** nebo **podle LRFD** se zadané zatížení od **mostu a přechodové desky NEPŘENÁSOBUJE** žádnými **díličními součiniteli**. Zadané síly tedy musí být **stanoveny v souladu** s příslušnými normami (EN 1990, EN 1991).

V případě **stavebního stavu** opěry se nezadává žádné zatížení a opěra v dané fázi budování je posuzována bez závěrné zídky a mostních křidel.

U **provozního stavu** se zadává zatížení od **mostu a přechodové desky** a jejich umístění, posuzuje se celá mostní opěra.

Pro posouzení opěry je vhodné využít **fáze budování** a zadat v jednotlivých fázích různé zatěžovací stavy (např. stavební stav, provozní stav bez nahodilého zatížení, provozní stav s veškerým zatížením). V jednotlivých fázích lze pak zadat různá zatížení, přitížení, tvary terénu, typ výpočtu tlaku (aktivní, v klidu), výpočtové koeficienty a další.



Rám "Zatížení ZS"

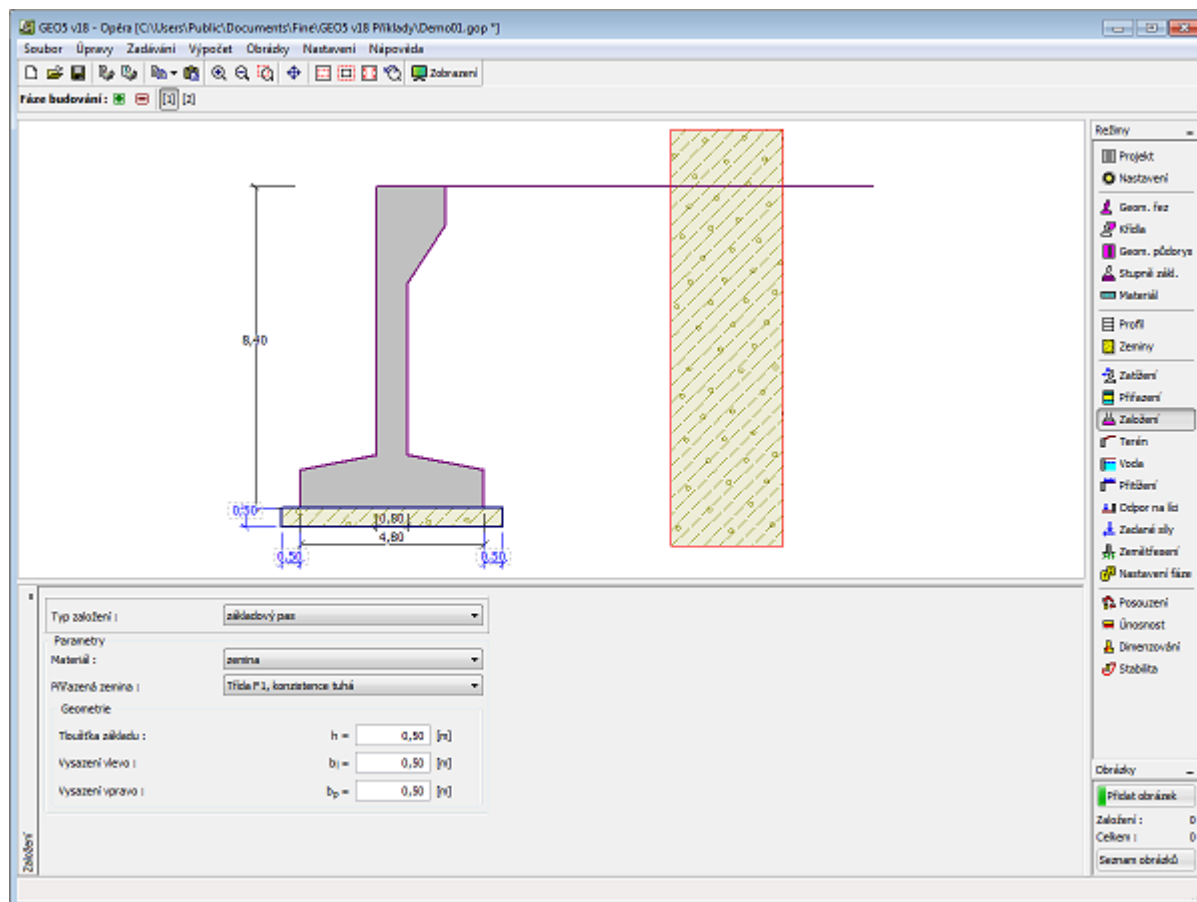
Založení

V rámu "Založení" se zadává typ založení zdi. Program umožňuje zadat následující typy založení zdi:

- zemina - geologický profil** - zeď je založená na zemině **přířazené** z geologického profilu, který se zadává v rámu "Profil"
- zemina - zadat parametry kontaktu** - zadávají se parametry kontaktu mezi základovou spárou konstrukce zdi a zeminou. Pro volbu "zadávat úhel tření základ-zemina" se v programu zadává úhel tření mezi základem a zeminou ψ [°]. Pro volbu "zadávat součinitel tření" se v programu zadává součinitel tření μ [-]. Pro obě možnosti se zadává soudržnost mezi základem a zeminou a [kPa].
- základový pas** - materiál základového pasu tvoří **zemina** (zadaná v rámu "Zeminy") nebo **beton** - zadává se **objemová tíha materiálu základu** γ a **parametry kontaktu zeď-základ** (součinitel tření f , soudržnost c , dodatečný odpor F)
- pilotový základ** - zeď lze založit na jedné řadě pilot resp. na dvou řadách pilot

Geometrii založení zdi (**základový pas**, **pilotový základ**) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Vstupní data zadaná v tomto rámu ovlivňují samotný **výpočet zdí** (posouzení na posunutí) a dále **únosnost základové půdy**.

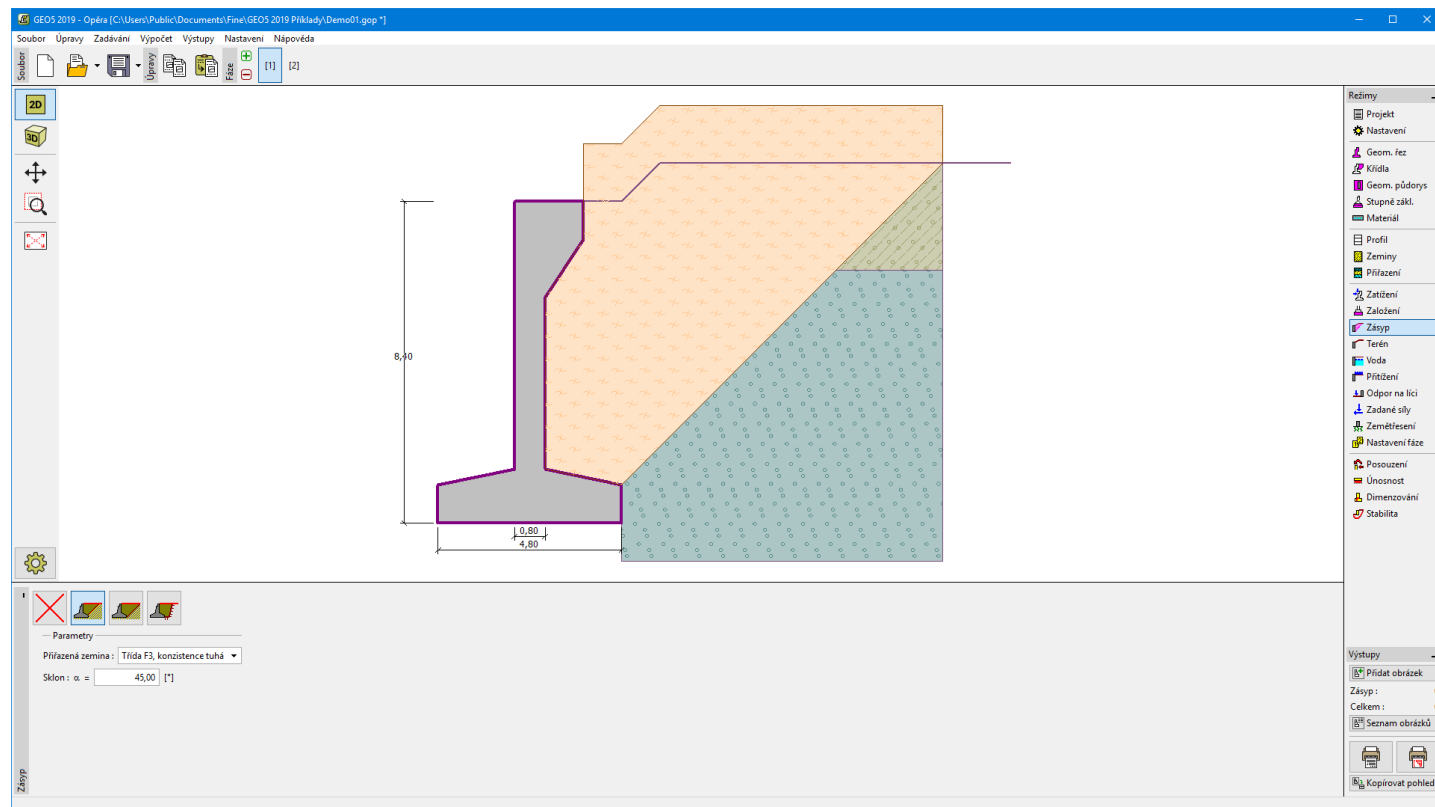


Rám "Založení"

Zásyp

V rámu "Zásyp" se stiskem tlačítka volí typ zásypu.

Jednotlivé typy jsou popsány v teoretické části nápovědy "Vliv zásypu".



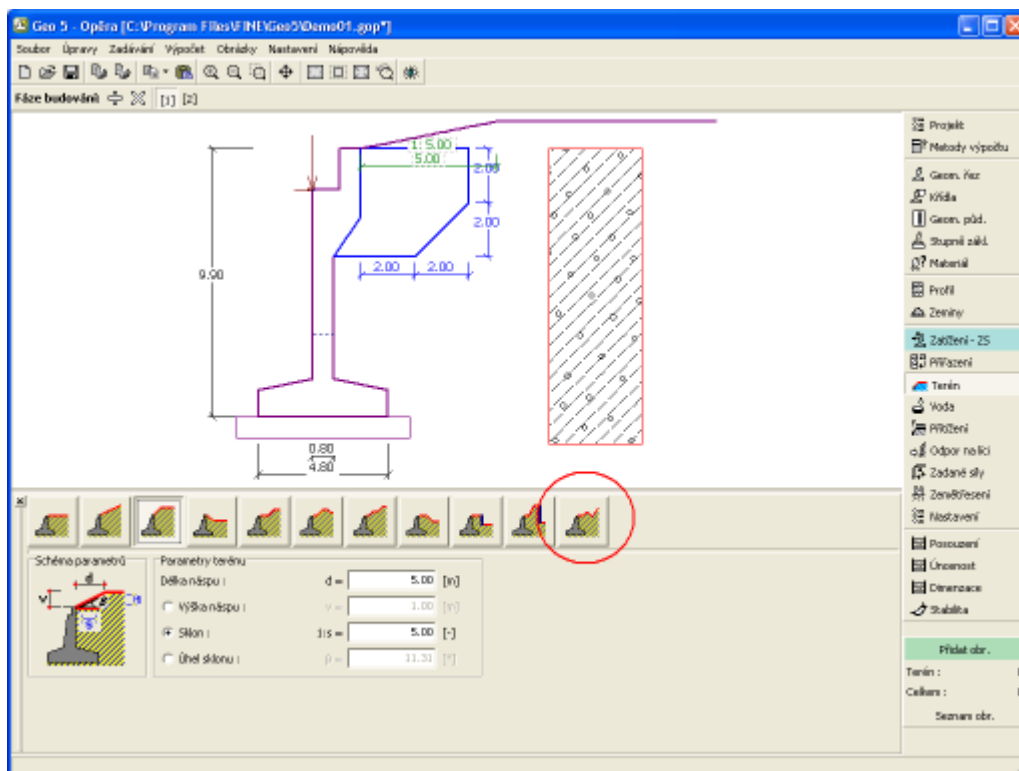
Rám "Zásyp"

Terén

V rámu "Terén" se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí [0; 0] leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".



Rám "Terén"

Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 ...) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

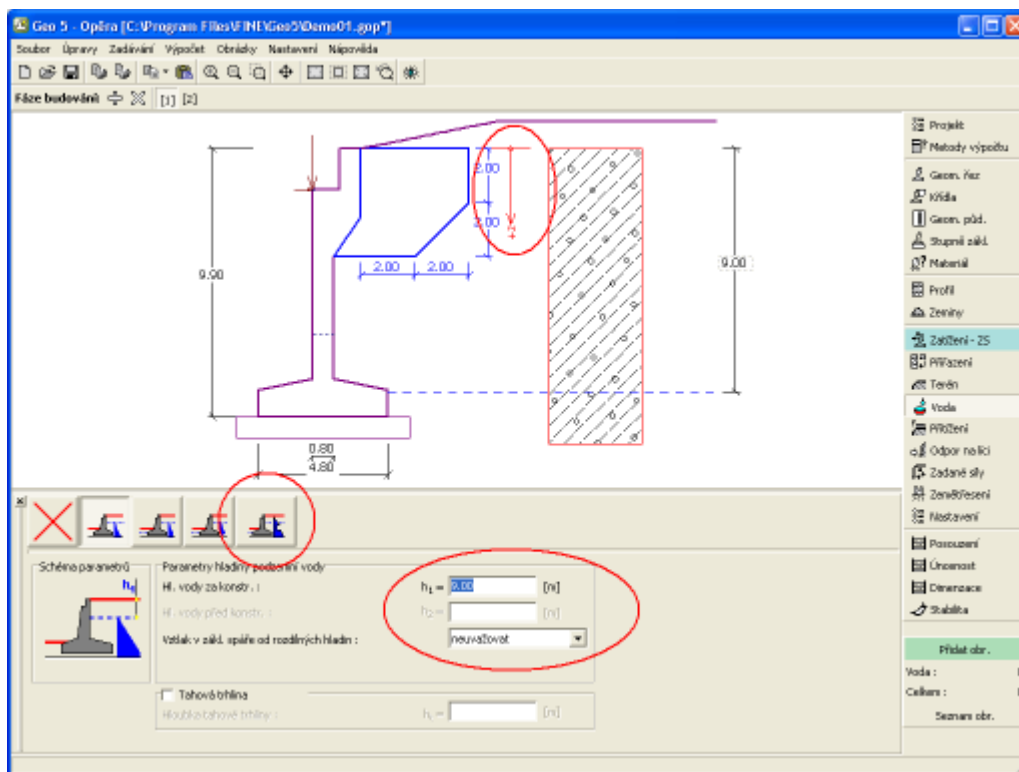
V rozbalitelném seznamu se zadává, zda se předpokládá působení vztlaku vody od rozdílných hladin v základové spáře. Vztlak může být **lineární**, **parabolický** nebo není vůbec uvažován. Vztlak v základové spáře od rozdílných hladin je v posouzení zdi zaveden zvláštní silou.

Poslední volbou je ruční zadání pórového tlaku před i za konstrukcí. V rámu se zobrazí dvě záložky "**Před konstrukcí**" a "**Za konstrukcí**" s **tabulkami**. Do tabulek se zadávají hodnoty pórového tlaku před, nebo za konstrukcí v hloubce "z" (viz osa z)

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlin** vyplněných vodou.



Rám "Voda"

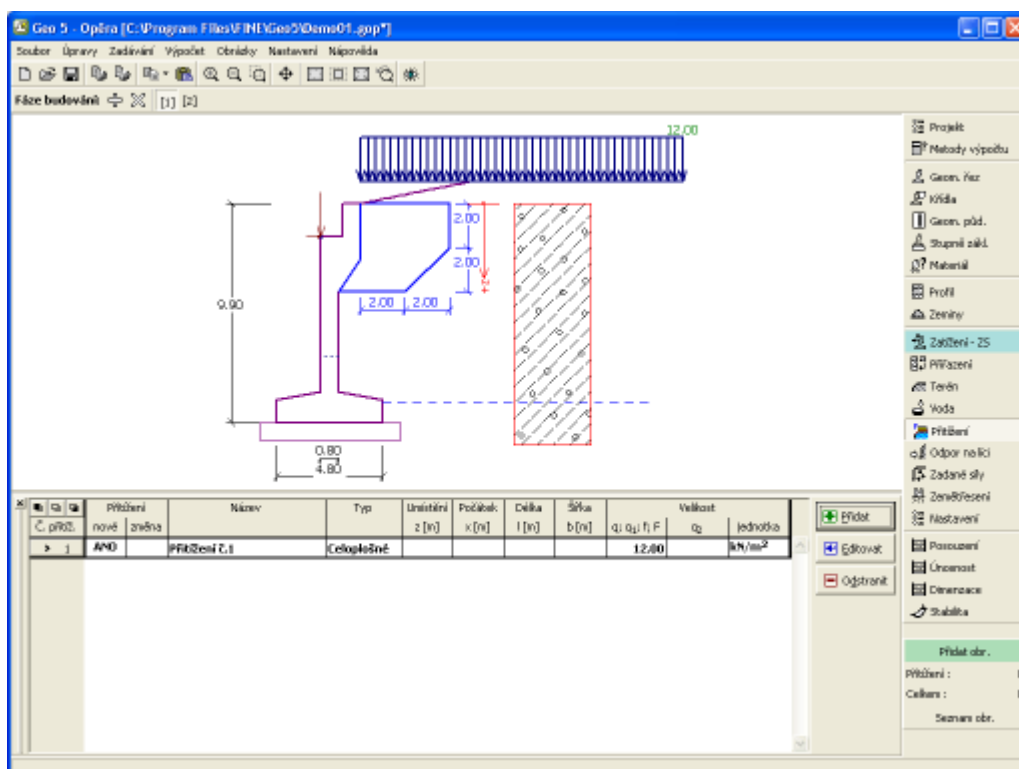
Přetížení

Rám "Přetížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přetížení. Přidání přetížení se provádí v dialogovém okně "Nové přetížení". Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Při zadání přetížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přetížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přetížení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv přetížení".



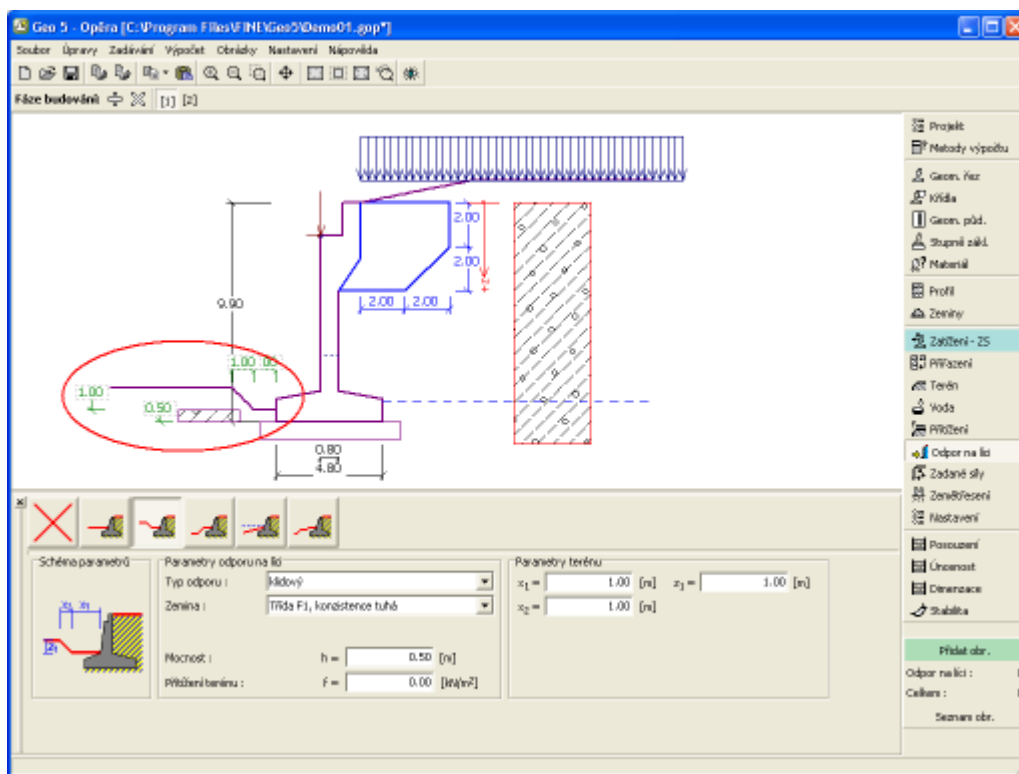
Rám "Přetížení"

Odpor na lici

V rámu "Odpor na lici" se stiskem tlačítka volí tvar terénu a parametry odporu na lici zdi. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

V rámu lze v rozbalitelných seznamech vybrat typ odporu a zeminu (rozbalitelný seznam obsahuje zeminy zadané v režimu "Zeminy"). V rámu lze také zadat velikost přetížení terénu před zdí, popř. mocnost zeminy nad nejnižším bodem konstrukce zdi.

Odpor na lici konstrukce může být zadán jako **klidový tlak**, **pasivní tlak** nebo **snížený pasivní tlak**. Výsledná síla od sníženého pasivního tlaku se počítá jako výslednice sil od tlaku v klidu a pasivního tlaku vynásobených příslušným součinitelem podle zadání typu sníženého pasivního tlaku.



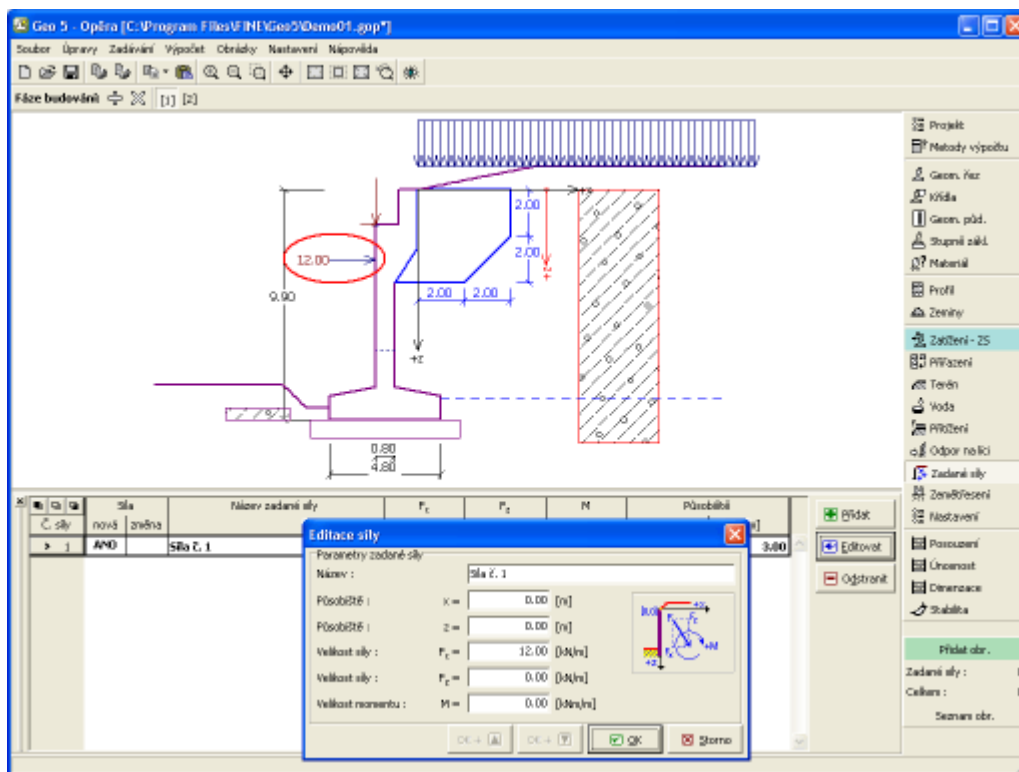
Rám "Odpor na lici"

Zadané síly

Rám "Zadané síly" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných sil působících na konstrukci. **Přidání** sil se provádí v **dialogovém okně "Nová síla"**. Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

Zadané síly představují přídatné zatížení působící na konstrukci zdi, pažení, respektive vyztuženého náspu. Můžeme jimi modelovat například ukotvení svodidel, náraz vozidla, zatížení od billboardů a reklamních ploch atp. Program takto zadané síly do výpočtu dále nijak neupravuje, s výjimkou přenásobení příslušným koeficientem dle zadaného typu zatížení (EN1997, LRFD).

Vnější zatížení působící na zeminu, resp. na povrch terénu je nutné modelovat jako **přetížení**.



Rám "Zadané síly"

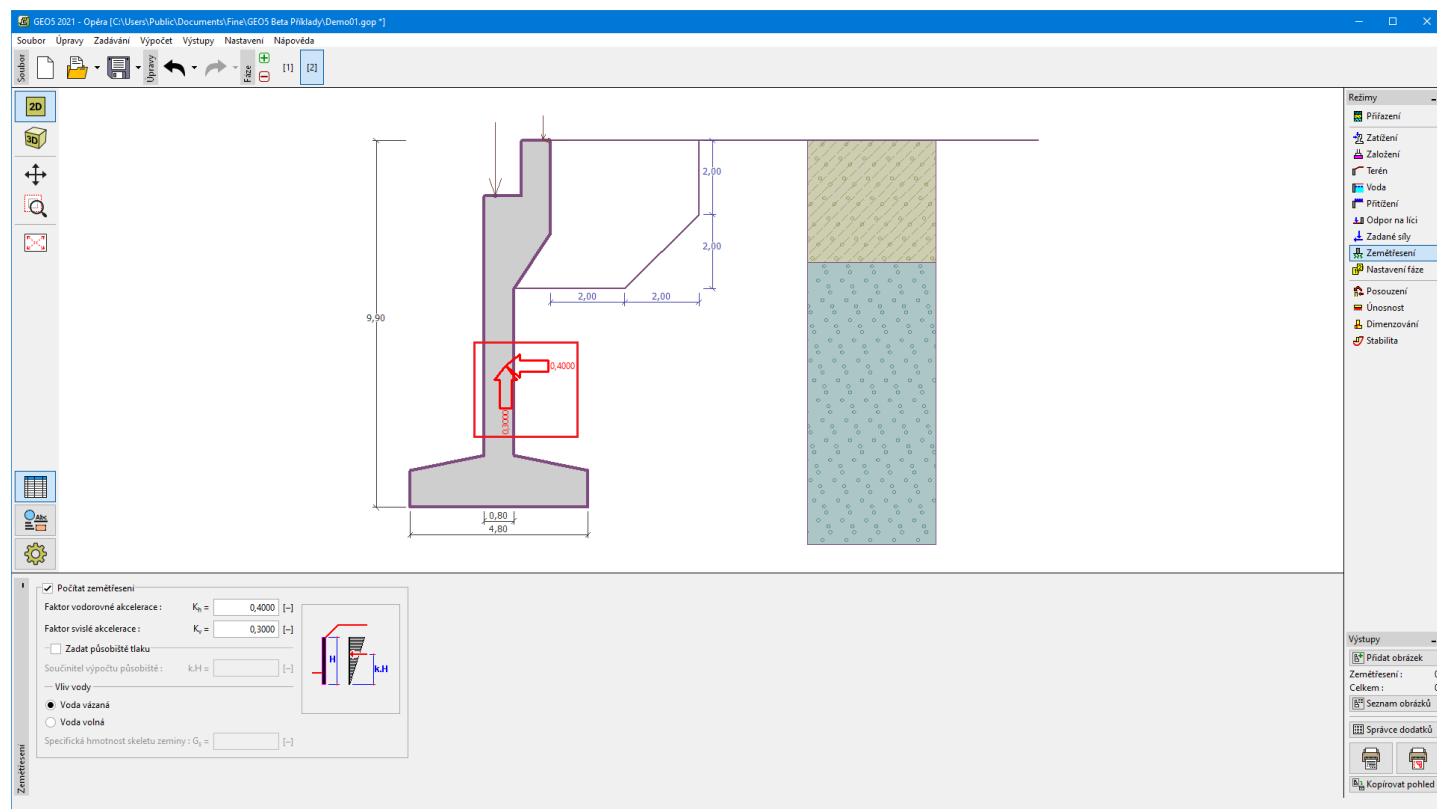
Zemětřesení

V rámu **"Zemětřesení"** se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy **"Vliv zemětřesení"**.

Při zvolené metodice posouzení LRFD lze také definovat součinitele pro seismické kombinace dle AASHTO.



Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.

Dále se zde volí typ tlaku působících na zeď podle dovolené deformace zdi. Jestliže se zeď může přemístit, pak se počítá se zatížením **aktivním tlakem**, v opačném případě **tlakem v klidu**. Třetí volba umožňuje zatížit konstrukci zdi **zvýšeným aktivním tlakem**.

Redukci **úhlu tření zemina/zemina** lze uvažovat jednou z následujících možností:

- **neredukovat**
- **redukovat na $2/3\phi$ (AASHTO)**
- **redukovat na 0**
- **zadat součinitel redukce**

Rám "Nastavení fáze"

Posouzení

V rámu "Posouzení" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**.

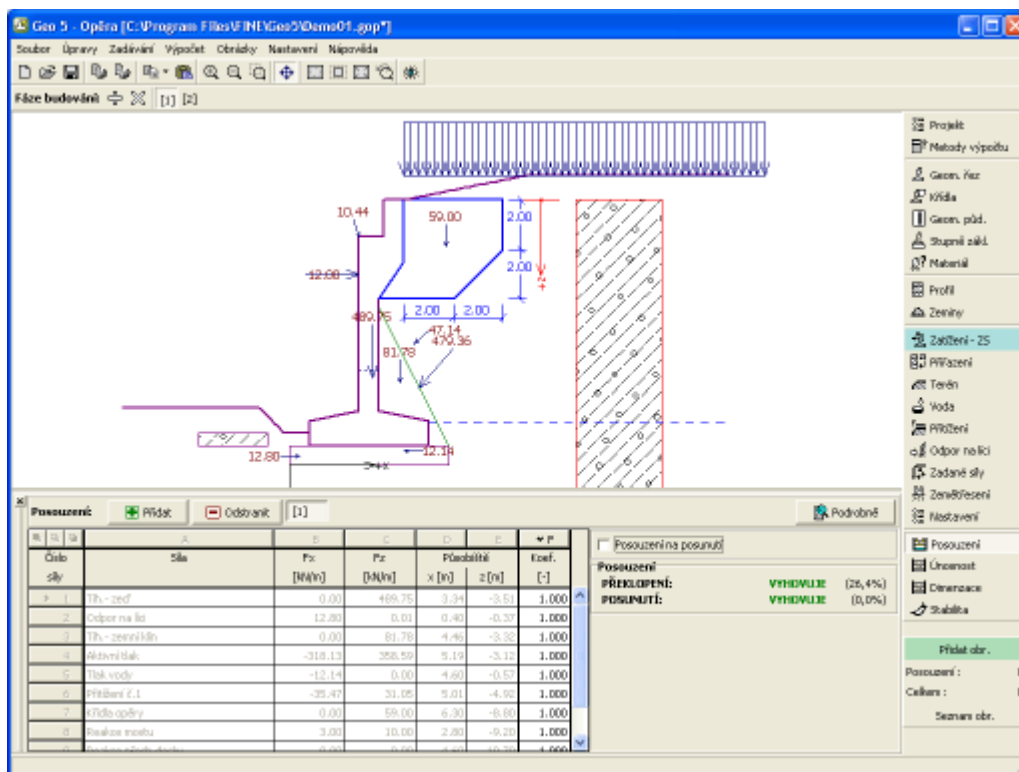
- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Zeď je zatížena buď **aktivním tlakem**, nebo **tlakem v klidu** v závislosti na zadání v rámu "Nastavení fáze".

Postup **vlastního posouzení zdi** je popsán v teoretické části nápovědy.

Spočtené síly **působící na opěru** jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. V pravé části rámu se zobrazuje výsledek posouzení zdi na **překlopení a posunutí**. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Posouzení"

Únosnost

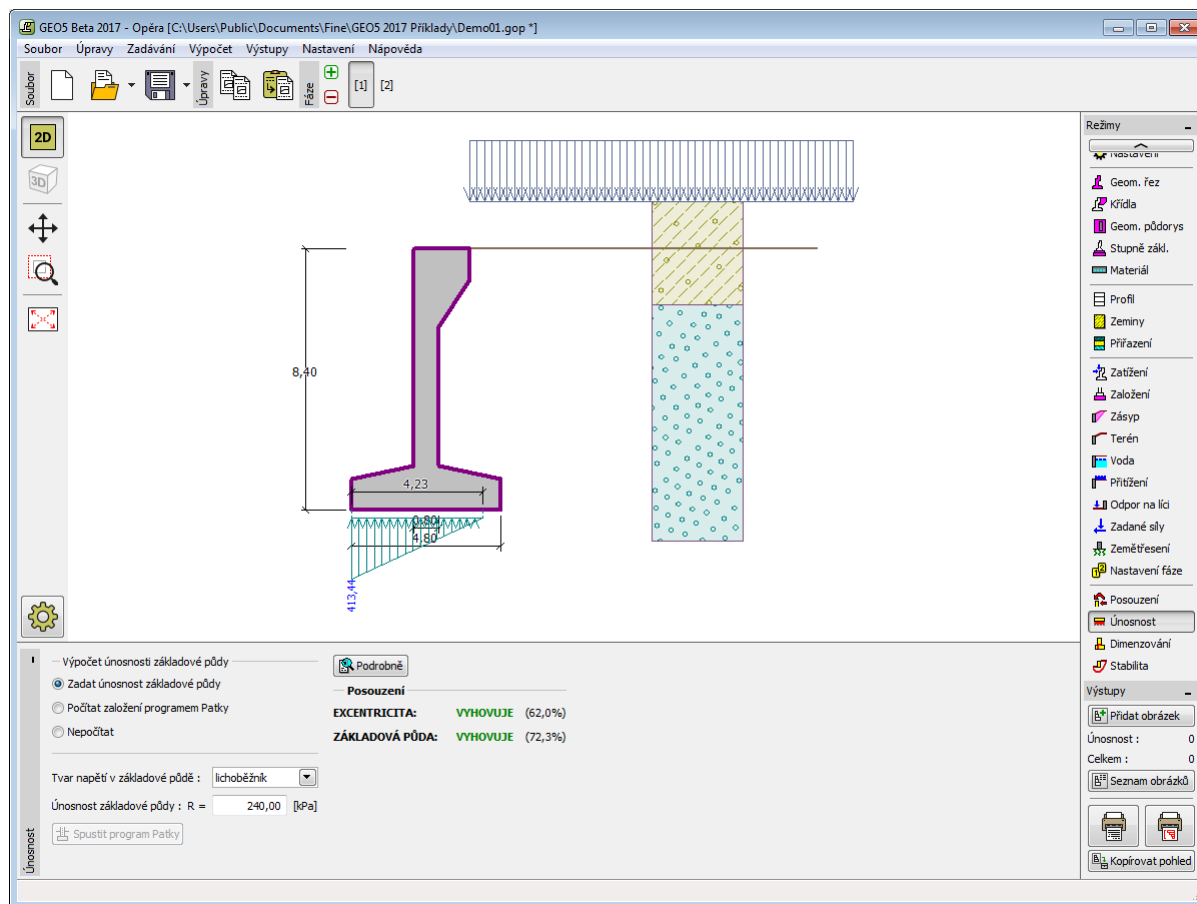
V rámu "Únosnost" jsou zobrazeny výsledky výpočtu únosnosti základové půdy. Napětí v základové spáře (předpokládá se konstantní) je spočteno ze všech posouzení provedených v rámu "Posouzení". Do programů "Patky", "Patky CPT", "Pilota" a "Skupina pilot" se jednotlivá posouzení převezmou jako zatěžovací stavy. Do programu "Pilota CPT" se předává pouze normálové zatížení.

Rám obsahuje následující volby výpočtu:

- Zadat únosnost základové půdy**
 V zadávacím poli se zadává únosnost základové půdy. Výsledky posouzení zdi na **excentricitu** a **únosnost základové půdy** se zobrazují v pravé části rámu. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení únosnosti základové půdy.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky"**
 Pomocí tlačítka "Spustit program Patky" se **spustí program "Patky"**, ve kterém lze spočítat únosnost základové půdy, popř. sednutí a natočení základu. Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "OK" - výsledky resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu o výpočtu v programu "Opěra". Pokud není program "Patky" nainstalován, není tlačítko dostupné. Zadává se celková délka základu zdi.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky CPT"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Patky".
- Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Pilota"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu Patky. Tlačítko "Spustit program Pilota" je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám "Založení"). Zadává se podélný rozestup pilot s .
- Počítat svislou únosnost osamělé piloty programem "Pilota CPT"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Pilota".
- Počítat svislou únosnost skupiny pilot programem "Skupina pilot"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu patky. Tlačítko "Spustit program Skupina pilot" je dostupné v případě založení zdi na pilotách (rám "Založení"). Zadává se podélný rozestup pilot s , celkový počet řad pilot n a zatěžovací délka l .
- Nepočítat (základ na pilotách)**
 Únosnost základové půdy se nepočítá.

Program umožňuje zadat **tvar napětí v základové půdě**.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Únosnost"

Dimenzování

V rámu "Dimenzování" můžeme navrhnout a posoudit vyztužení průřezů opěry - dimenzovaný průřez volíme v rozbalitelném seznamu. V tabulce jsou zobrazeny **síly působící na opěru**.

Nabídka průřezů, které lze posoudit, se liší podle zadaného **zatěžovacího stavu** (stavební, provozní).

Pro stavební a provozní stav jsou k dispozici tyto průřezy:

- **Posouzení dříku zdi**
- **Posouzení v pracovní spáře** - zadává se **hloubka** pracovní spáry od horního kraje konstrukce
- **Posouzení výstupku zdi**

Pro provozní stav je dále možné posoudit:

- **Posouzení závěrné zídky**
- **Posouzení křídlo - opěra** - zadává se celoplošné přitížení terénu, výpočet je blíže popsán v sekci "**Křídla**".

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**.

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

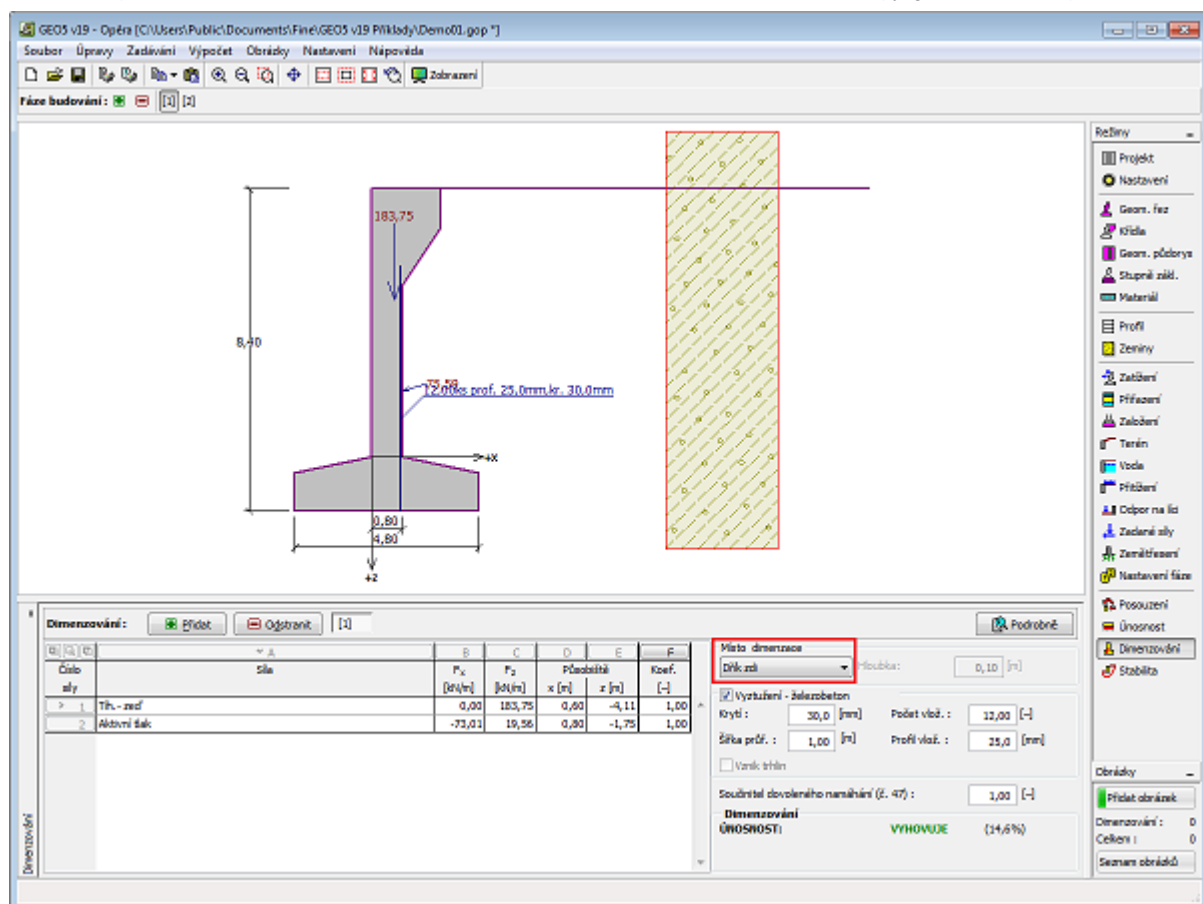
Opěra je zatížena buď **aktivním zemním tlakem**, nebo **tlakem v klidu** v závislosti na zadání v rámu "**Nastavení fáze**", při výpočtu křídel pak **aktivním zemním tlakem**.

Postup stanovení vnitřních sil v jednotlivých průřezích je popsán v teoretické části nápovědy.

Dimenzování železobetonové resp. betonové konstrukce se provádí podle normy zadané v záložce "**Materiály a normy**". Posouzení **podle ČSN 73 6206 "Navrhování betonových a železobetonových mostních konstrukcí"** je popsáno [zde](#).

V rámu lze provést **více výpočtů** pro různé průřezy. Lze zadat i různé **výpočtové koeficienty** jednotlivých sil. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".

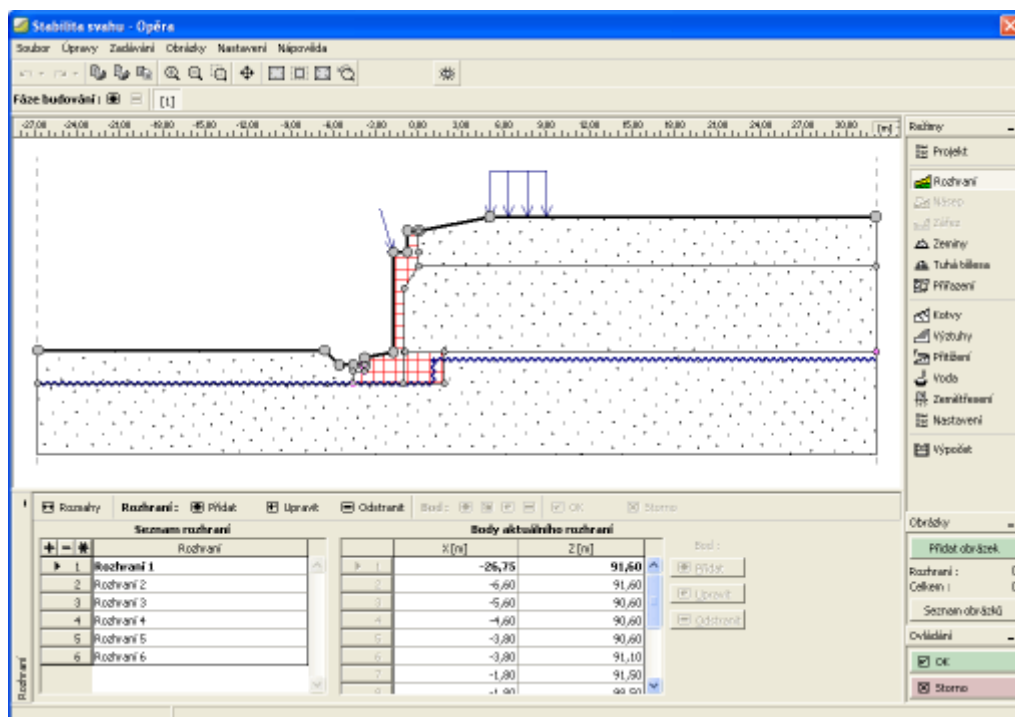


Rám "Dimenzování"

Stabilita

Při stisknutí tlačítka **"Stabilita"** se spustí program **"Stabilita svahu"** a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu **stabilita svahu** pak můžeme posoudit celkovou stabilitu konstrukce zdi. Pokud program **"Stabilita svahu"** není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem **"OK"** - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu v programu **"Opěra"**.



Rám "Stabilita"

Program Hřebíkový svah

Program je určen k návrhu a posouzení hřebíkových svahů.

Nápověda k programu "Hřebíkový svah" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávat dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Geometrie	Typy hřebů	Geometrie hřebů	Úseky	Materiál
Typy sítí	Profil	Zeminy	Přiřazení	Terén	Voda	Přetížení
Zeměření	Nastavení fáze	Vnitřní stabilita	Posouzení	Únosnost	Dimenzování - betonový kryt	Dimenzování - síť
Stabilita						

- Normy a metody výpočtu
- Teorie k výpočtům v programu **"Hřebíkový svah"**:

Napětí v zemině	Zemní tlaky	Výpočty zdí	Hřebíkový svah	Dimenzování železobetonových konstrukcí
-----------------	-------------	-------------	----------------	---
- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám **"Projekt"** je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám **"Nastavení"** je určen k zadání základních **"Nastavení"** programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko **"Vybrat"** slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze **"Seznamu nastavení"**.

Tlačítko **"Správce nastavení"** otevře dialogové okno **"Správce nastavení"**, ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko **"Přidat do správce"** umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko **"Upravit"** umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na **"Zadané pro aktuální úlohu"**. Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do **"Správce nastavení"** tlačítkem **"Přidat do správce"**.

Nastavení **"Zadané pro aktuální úlohu"** se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách **"Materiály a normy"**, **"Výpočet zdí"** a **"Stabilitní výpočty"**.

Při výpočtu únosnosti hřebíku na vytržení ze zeminy lze zadat **plášťové tření** jako parametr zeminy.

Rám "Nastavení"

Geometrie

V rámu **"Geometrie"** se volí typ krytu:

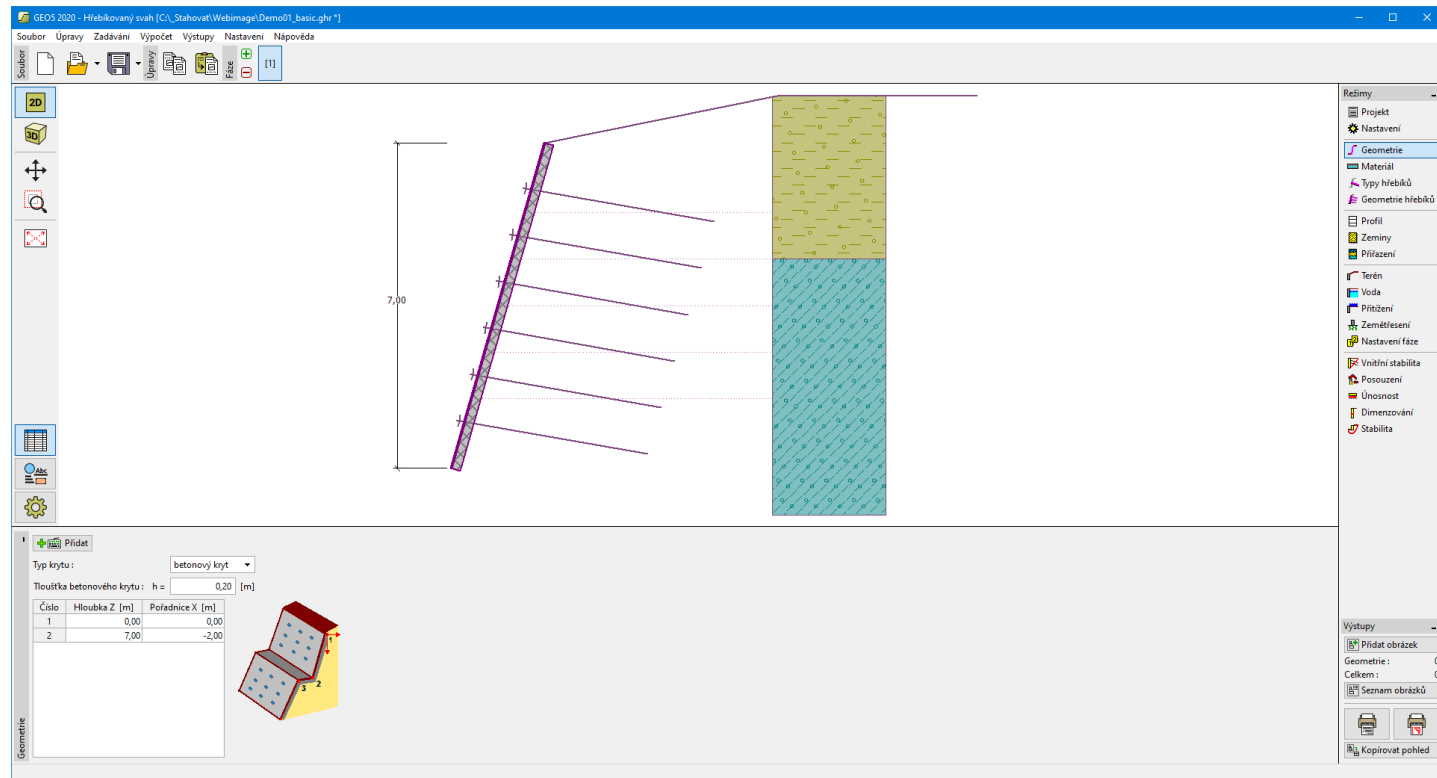
- **betonový kryt** - zadává se tloušťka betonového krytu
- **sít'** - zadává se tloušťka rozrušené vrstvy a její parametry (úhel vnitřního tření, soudržnost zeminy a objemová tíha)

Rám také obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných bodů předního líce konstrukce.

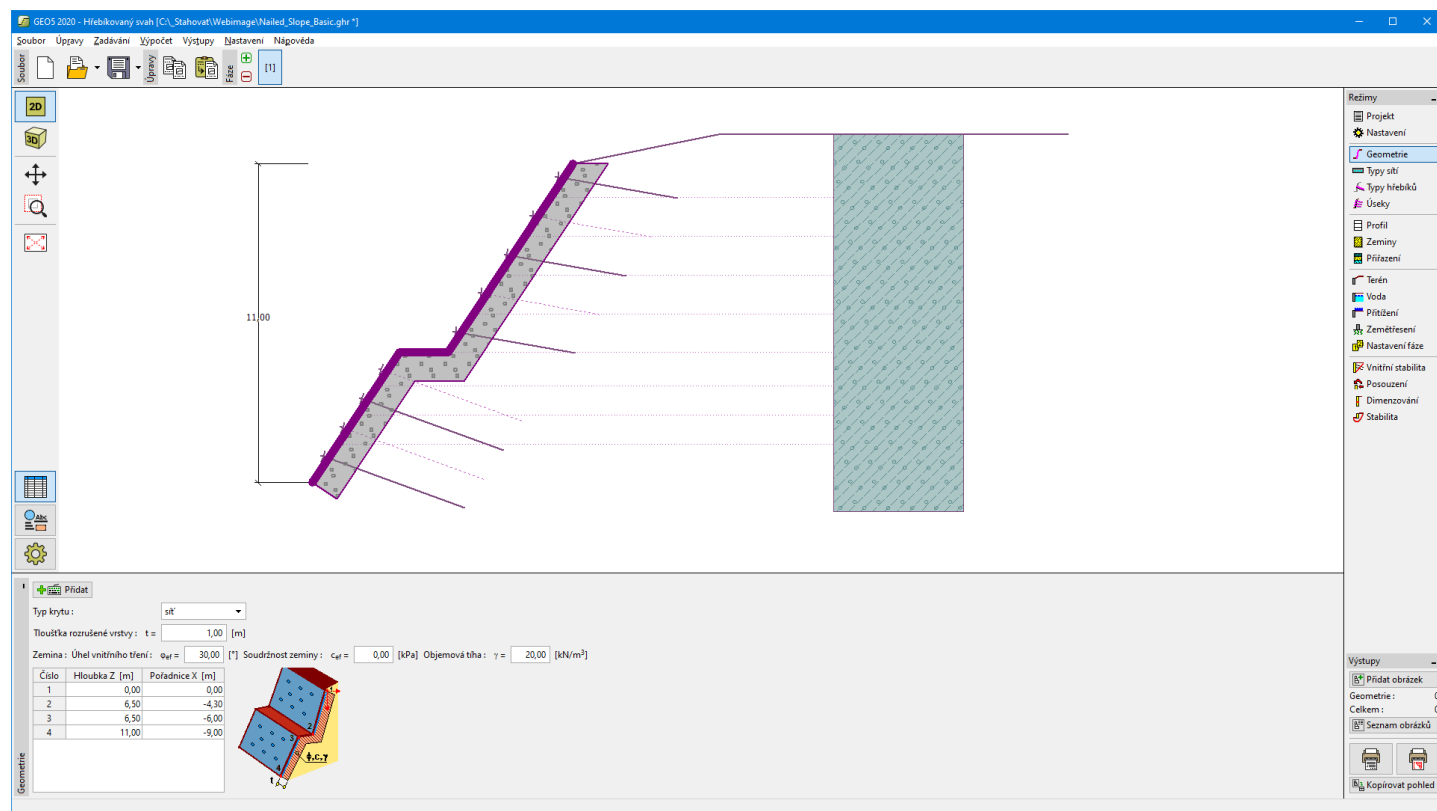
Zadané body lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů** - poklepáním (double-click) na bod otevřeme dialogové okno s příslušným bodem.

Zadáva se hloubka (z - ová souřadnice od horního bodu konstrukce - směrem svisle dolů kladná hodnota) a pořadnice x (záporná hodnota je směrem nalevo, konstrukce nemůže být zadána s převisem).

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie" - betonový kryt



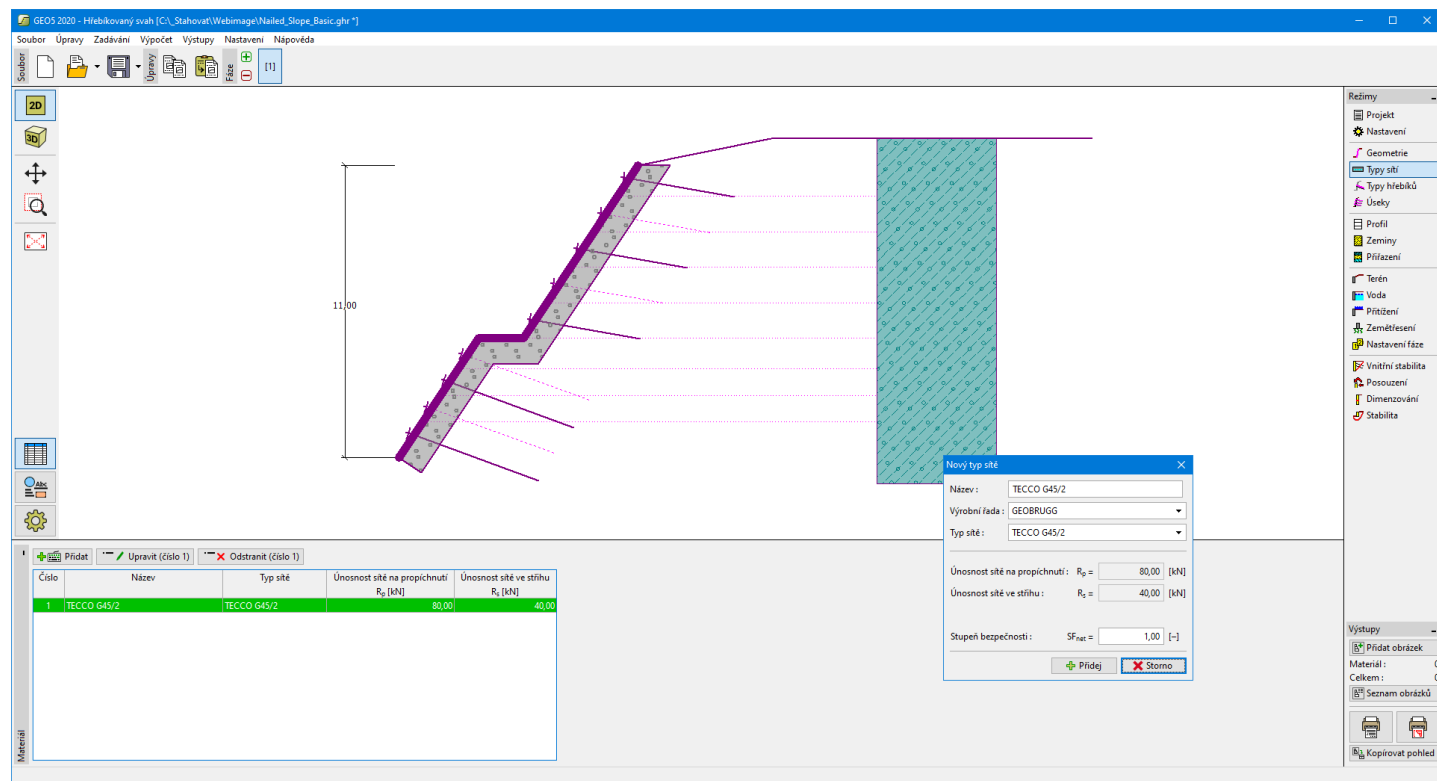
Rám "Geometrie" - síť

Typy sítí

V **rámu "Typy sítí"** se zadávají v **tabulce** typy sítí. Pevnostní charakteristiky sítě lze přímo **zadat**, nebo přiřadit volbou typu sítě z databáze.

V tabulce jsou vypsány tyto vstupní údaje:

- **únosnost sítě na propíchnutí**
- **únosnost sítě ve střihu**



Rám "Typy sítě"

Poznámka:

Databázové pevnostní charakteristiky sítí jsou dány jejich výrobci. Uživatel by měl vědět, jak byly hodnoty stanoveny a také použít příslušné bezpečnostní součinitele.

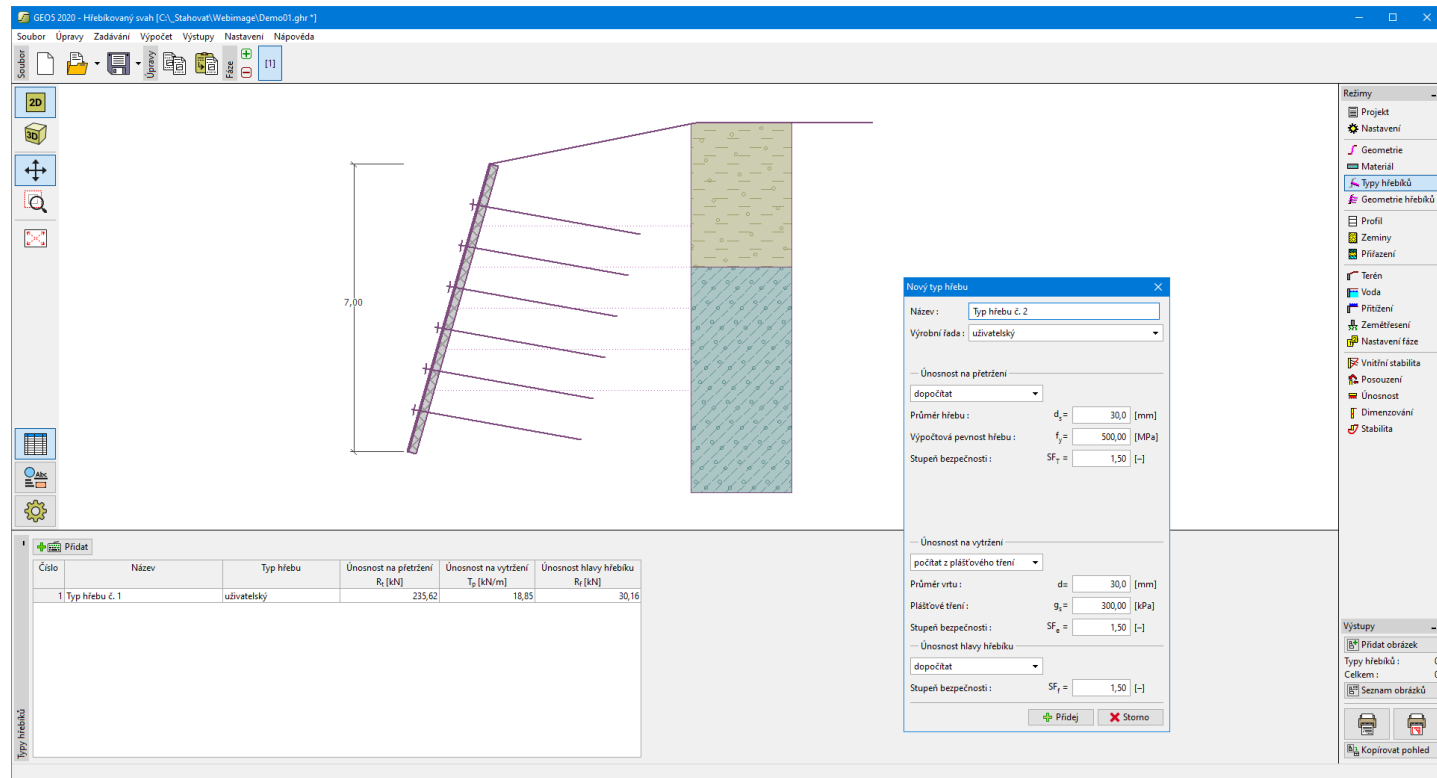
Typy hřebů

V rámu "Typy hřebů" se zadávají v tabulce typy hřebů.

Pevnostní charakteristiky hřebů lze buď přímo **zadat**, nebo je program **dopočítá ze zadaných dat**.

V tabulce jsou vypsány zadané resp. spočtené tyto vstupní údaje:

- **únosnosti hlavy hřebu**
- **pevnost hřebu na přetržení**
- **únosnost $1m$ ($1ft$) hřebu na vytržení ze zeminy.**



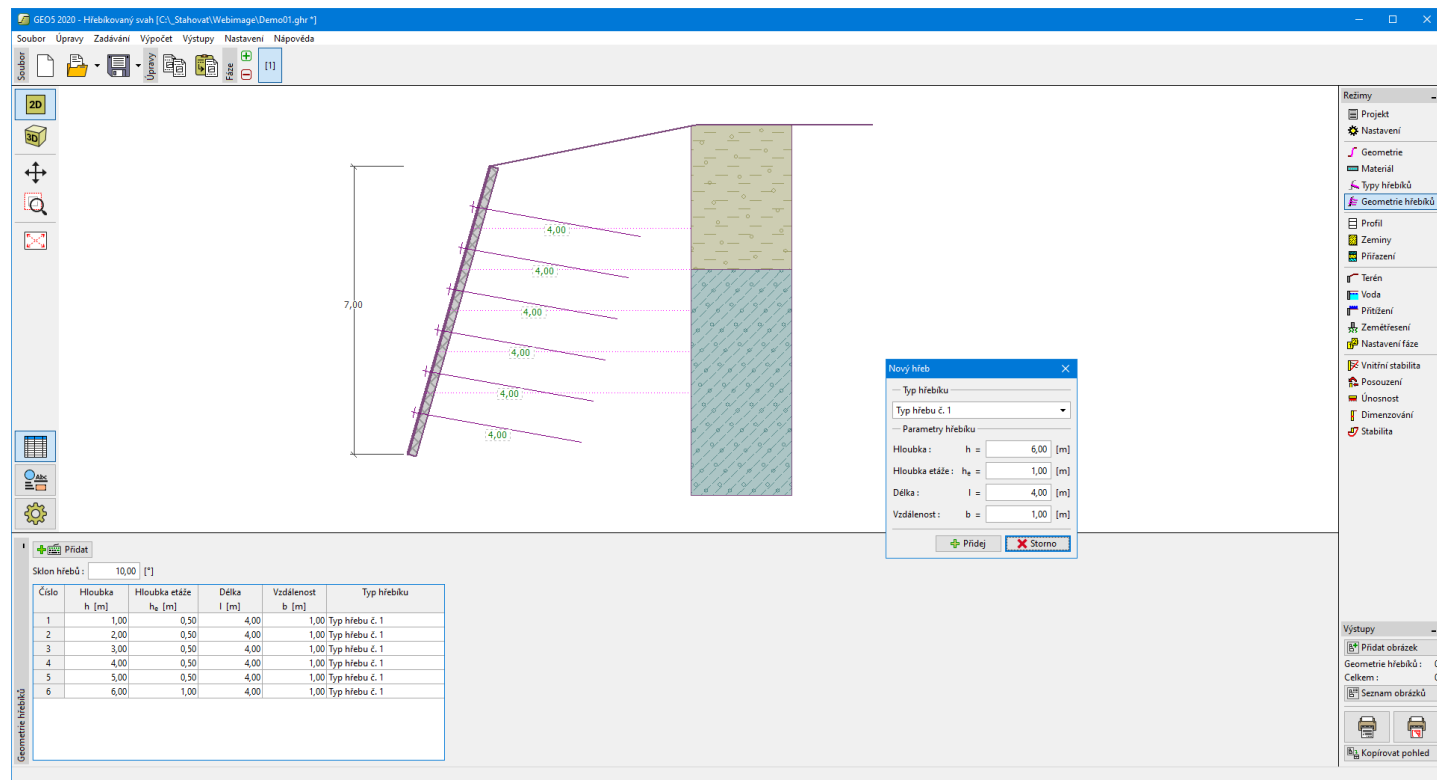
Rám "Typy hřebů"

Geometrie hřebů

Rám "Geometrie hřebů" obsahuje tabulku se seznamem zadaných hřebů. Přidání hřebů se provádí v dialogovém okně "Nový hřeb". Zadané hřeby lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadáva se hloubka hřebu, **hloubka etáže od příslušného hřebu** (další hřeb musí být umístěn tak hluboko, aby ležel pod etáží horního hřebu), délka hřebu, jeho průměr a vzdálenost.

Sklon hřebů se uvažuje od vodorovné ve směru hodinových ručiček a je jednotný pro všechny hřeby.



Rám "Geometrie hřebů"

Úseky

Rám "Úseky" obsahuje **tabulku** se seznamem úseků. Úseky jsou vygenerovány automaticky podle zadané geometrie.

Pro úsek, kde je uvažované vyztužení, se zvolí se seznamu **typ hřebu** a **typ sítě**. Dále se zadává šířka a délka podložky pod hřeby, odsazení, svislá a vodorovná vzdálenost mezi hřeby, délka a sklon hřebů.

Úseky

Číslo	Uvažovat vyztužení	Odsazení k [m]	Svislá vzdálenost l _v [m]	Vodorovná vzdálenost l _h [m]	Délka l [m]	Sklon α [°]	Typ hřebu	Typ sítě
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0,60	1,60	1,60	4,00	10,00	Typ hřebu č. 2	TECCO G45/2
2	<input type="checkbox"/>							
3	<input checked="" type="checkbox"/>	0,80	1,20	1,20	5,00	20,00	Typ hřebu č. 2	TECCO G45/2

Editace úseku 1

☒ Uvažovat vyztužení

Typ hřebu:

Typ sítě:

Podložka

Šířka podložky: h_w = [mm]

Délka podložky: l_w = [mm]

Parametry hřebu

Odsazení: k = [m]

Svislá vzdálenost: l_v = [m]

Vodorovná vzdálenost: l_h = [m]

Délka: l = [m]

Sklon: α = [°]

OK +

Rám "Úseky"

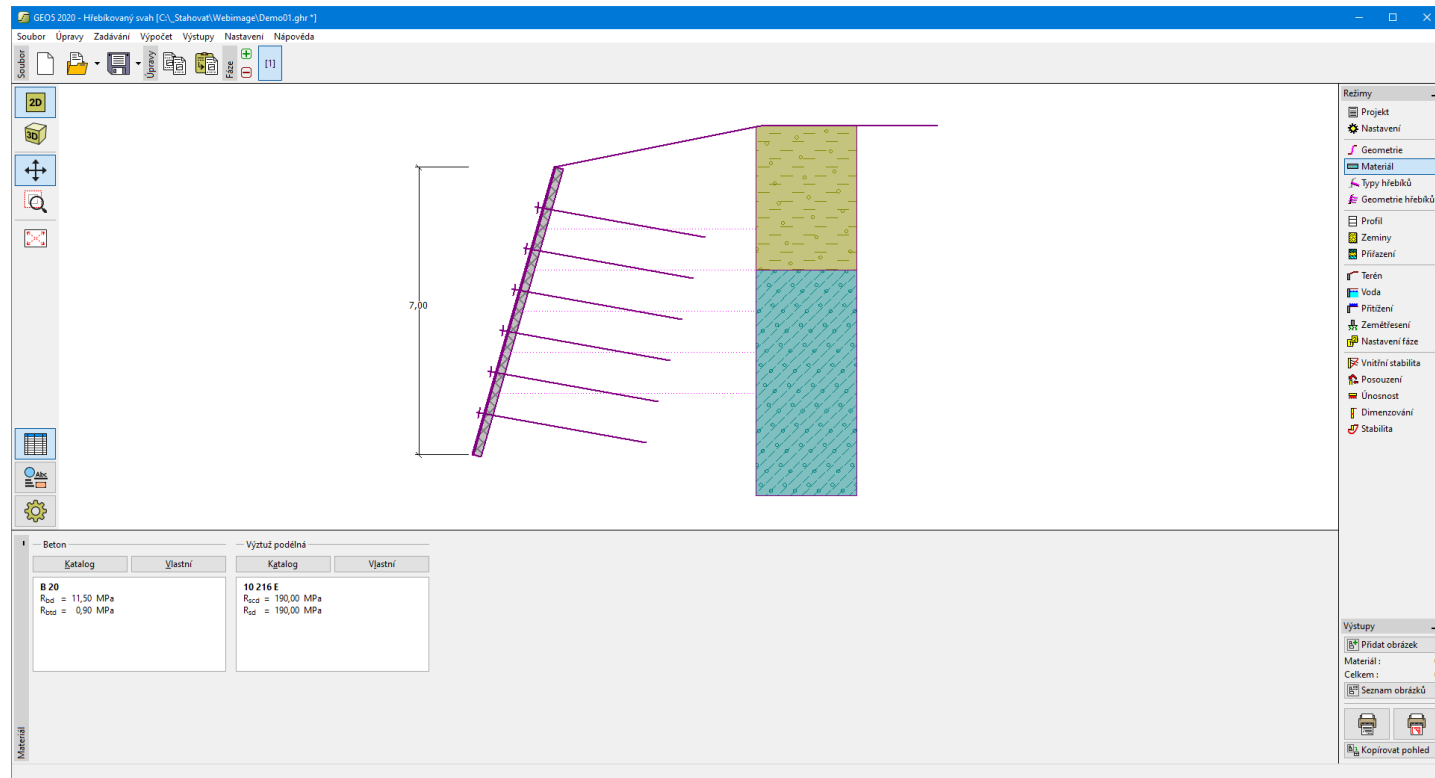
Materiál

V rámu "Materiál" se volí materiálové charakteristiky použitého betonu a podélné ocelové výztuže.

Při volbě materiálů lze použít dvě možnosti:

- tlačítkem **"Katalog"** otevřeme dialogové okno **"Katalog materiálů"** (pro beton nebo ocelovou výztuž) a ze seznamu vybereme požadovaný typ materiálu
- tlačítkem **"Vlastní"** otevřeme dialogové okno **"Editor materiálu - beton"** (pro beton) nebo dialogové okno **"Editor materiálu - betonářská ocel"** (pro podélnou ocelovou výztuž) a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy na navrhování betonových konstrukcí v záložce **"Materiály a normy"**.



Rám "Materiál"

Profil

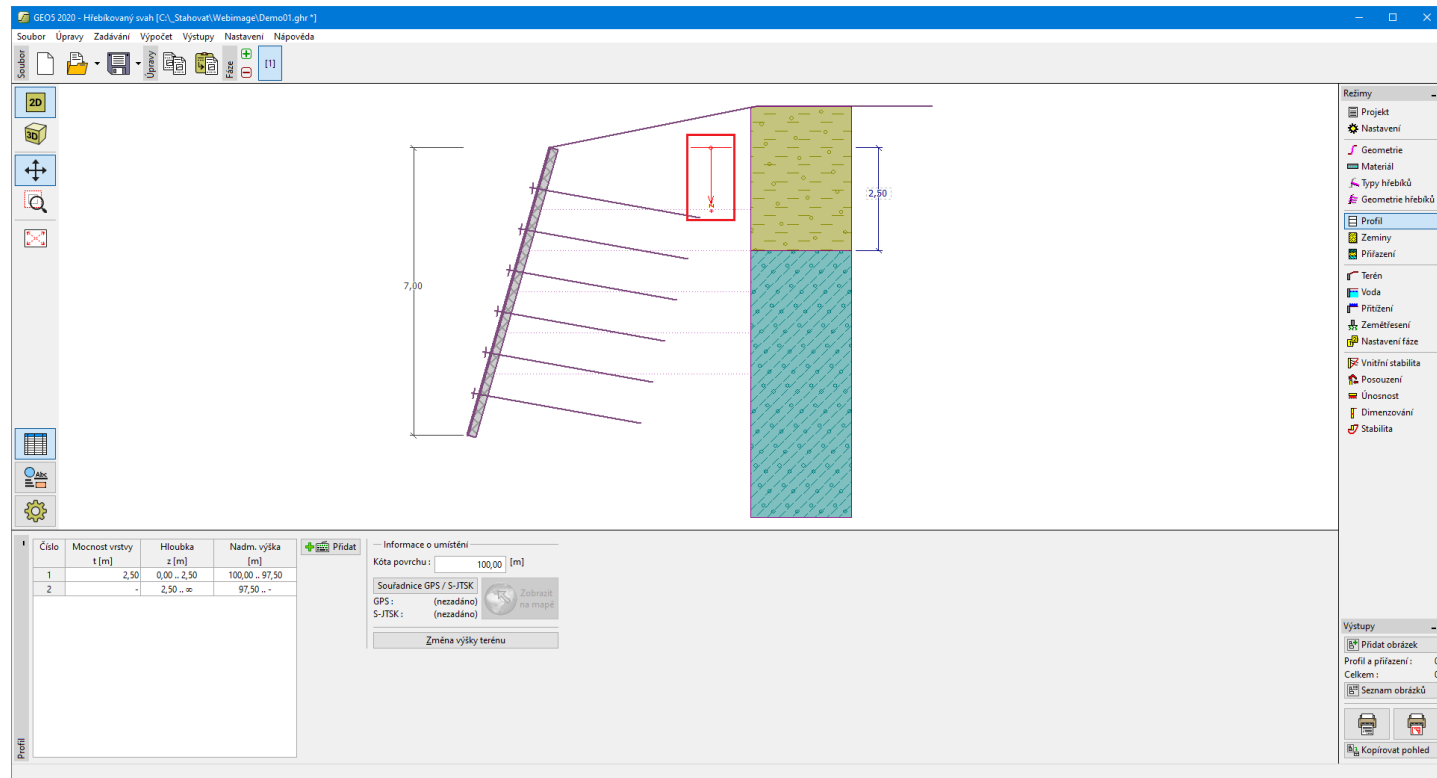
Rám "Profil" obsahuje tabulku se seznamem zadáných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí aktivních kót.

Přidání rozhraní se provádí v dialogovém okně "Nové rozhraní". Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrstvy (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "Zobrazit na mapě" zobrazit umístění konstrukce v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "Změna výšky terénu" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "Terén" nebo "Stratigrafie".



Rám "Profil"

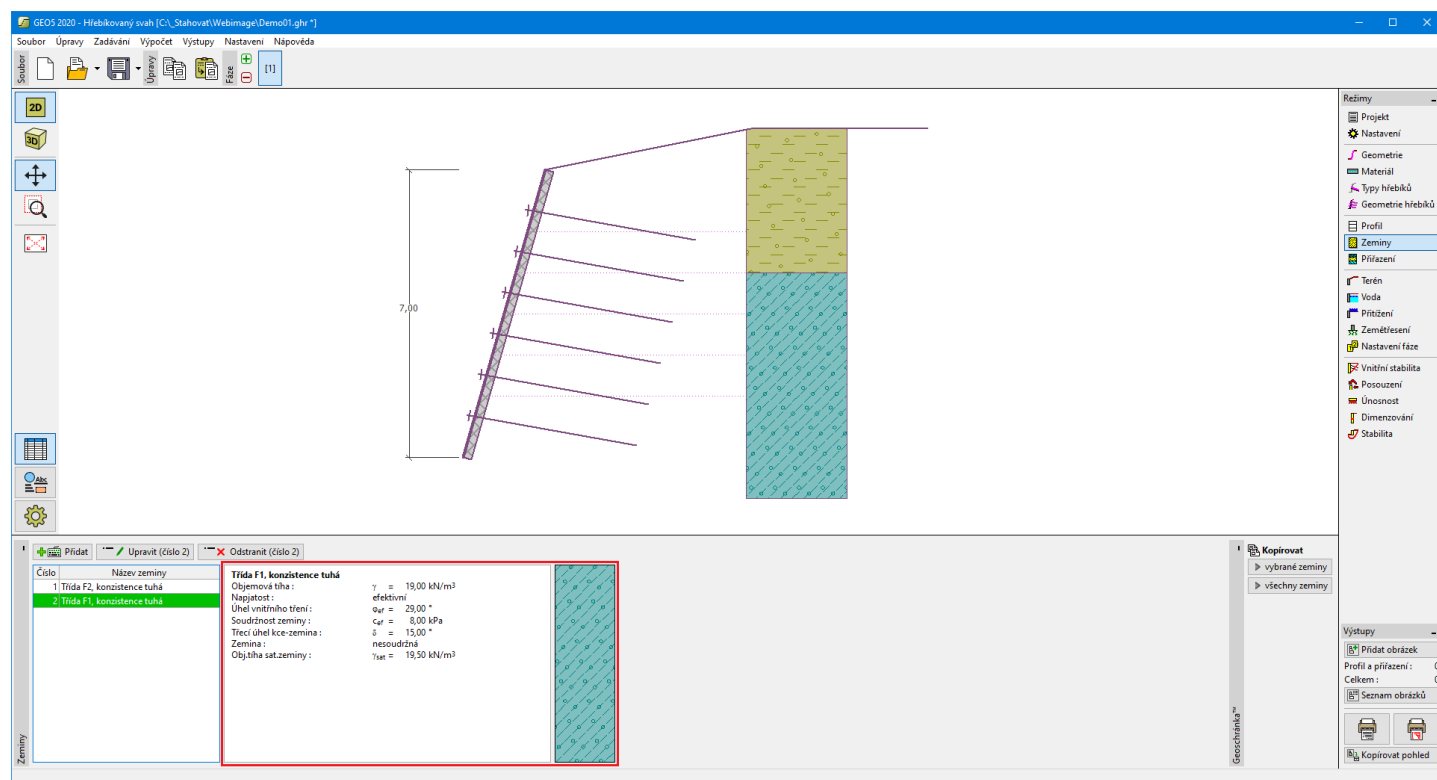
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadanych zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v dialogovém okně "Přidání nových zemín".

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "Základní data", "Tlak v klidu", "Vztlak" a "Plášťové tření" (viz rám "Nastavení").

Data zadanych zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemin**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemin. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní, resp. totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu "**Napjatost**". To zda počítat v **efektivní, resp. totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí**, který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce a** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "**Zemní tlaky**".

Přidání nových zemin

Identifikace

Název:

Třída F1, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha: $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Napjatost:

Úhel vnitřního tření: $\varphi_{ef} =$ [°] 26 - 32

Soudržnost zeminy: $c_{ef} =$ [kPa] 4 - 12

Třecí úhel ke-zemina: $\delta =$ [°]

Tlak v klidu

Zemina:

Vztlak

Způsob výp.vztlaku:

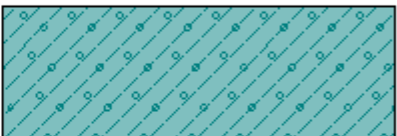
Obj.tíha sat.zeminy: $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Kategorie vzorků:

Hledat:

Podkategorie:

Vzorek: 

Barva:

Pozadí:

Sytost < 10 - 90 > : [%]

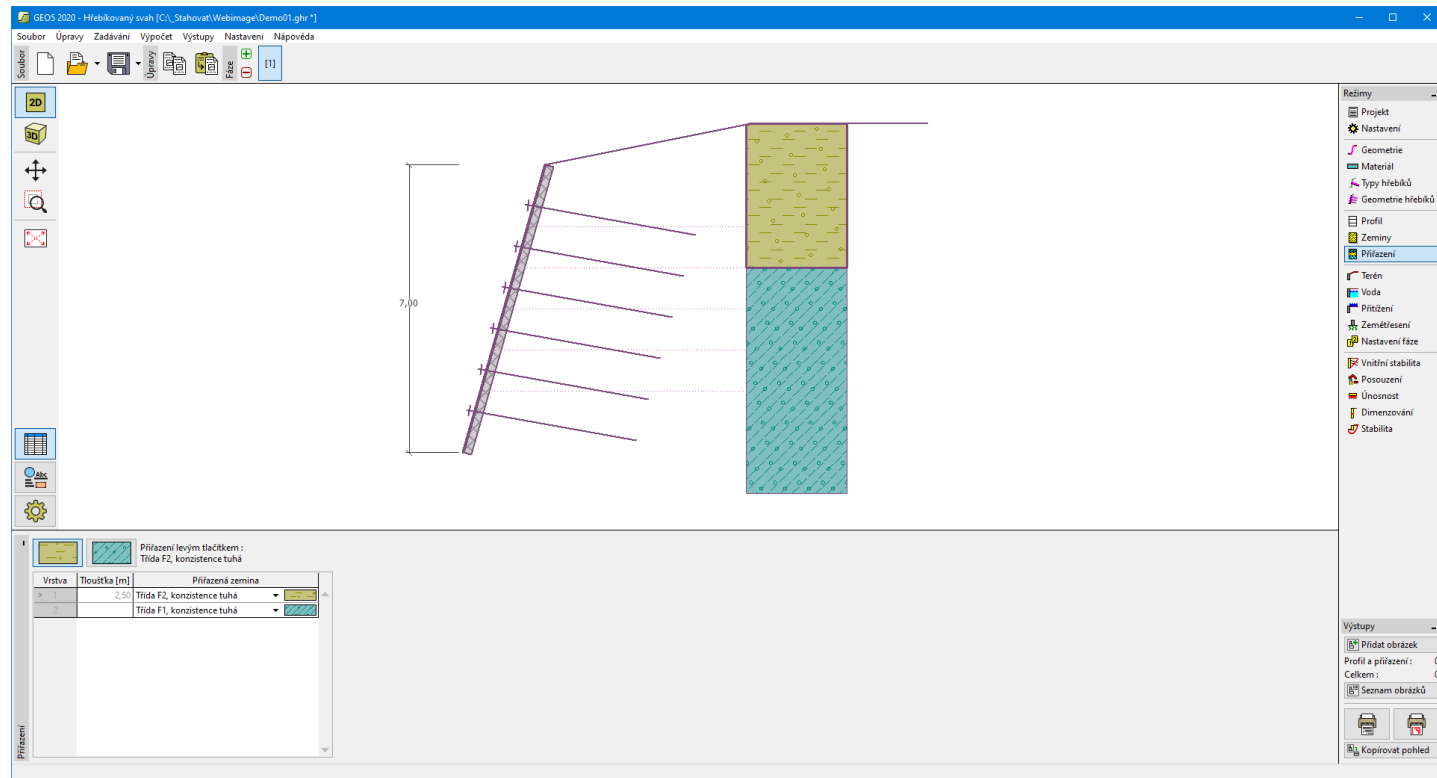
Zatříd' Vymaž Přidej Storno

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "**Přiřazení**" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



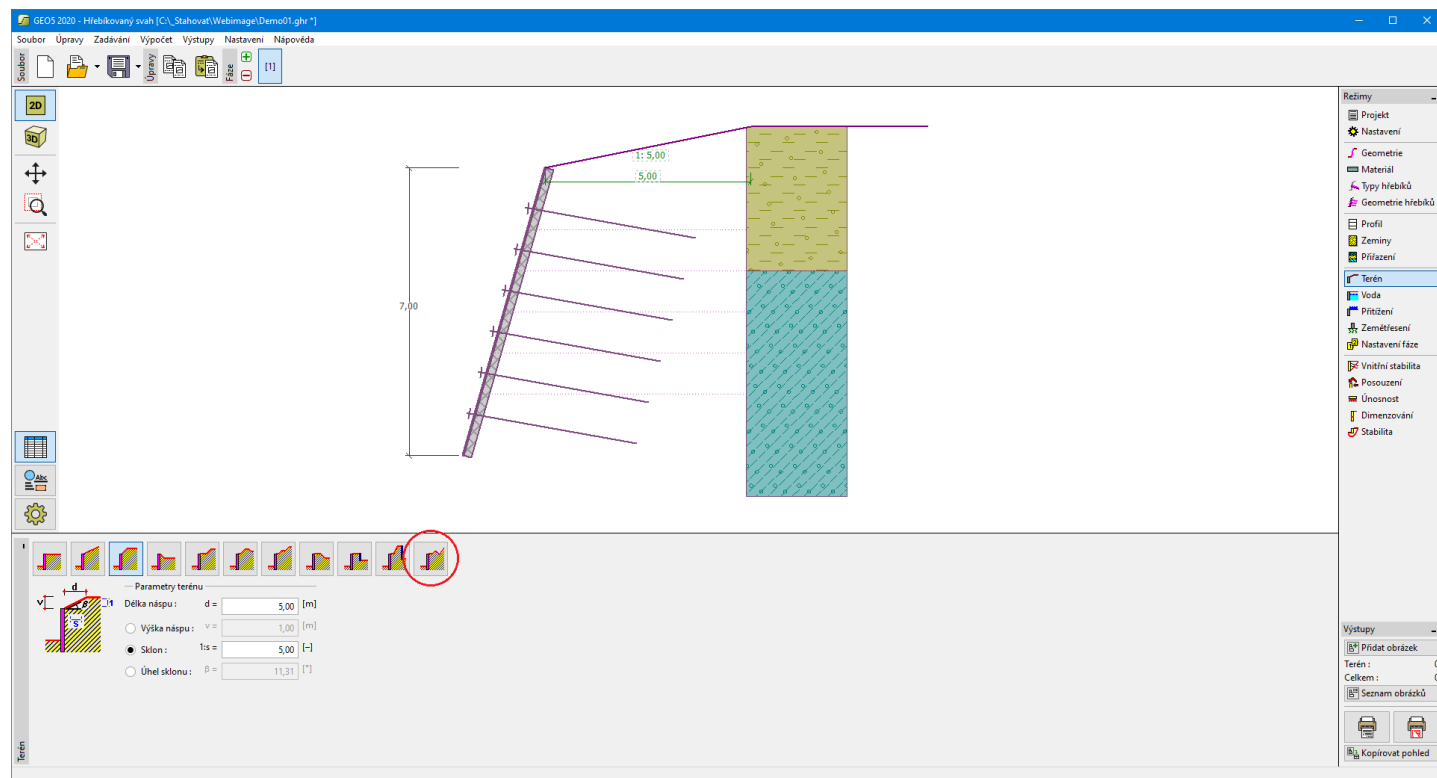
Rám "Přířez"

Terén

V rámu "Terén" se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí [0; 0] leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".



Rám "Terén"

Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 ...) lze editovat buď v rámu vložení hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

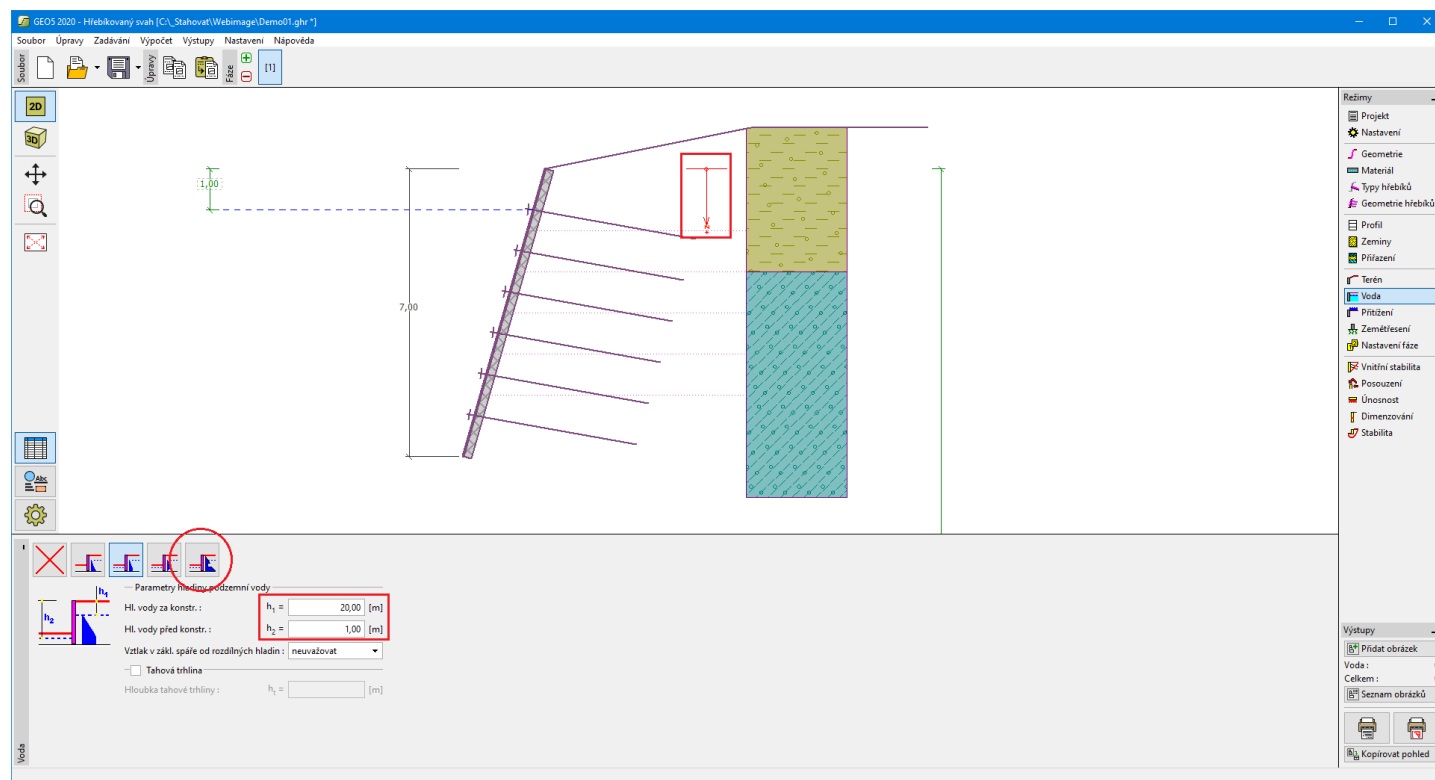
V rozbalitelném seznamu se zadává, zda se předpokládá působení vzlaku vody od rozdílných hladin v základové spáře. Vztlak může být **lineární**, **parabolický** nebo není vůbec uvažován. Vztlak v základové spáře od rozdílných hladin je v posouzení zdi zaveden zvláštní silou.

Poslední volbou je ruční zadání pórového tlaku před i za konstrukcí. V rámu se zobrazí dvě záložky "**Před konstrukcí**" a "**Za konstrukcí**" s **tabulkami**. Do tabulek se zadávají hodnoty pórového tlaku před, nebo za konstrukcí v hloubce "z" (viz osa z)

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlin** vyplněných vodou.



Rám "Voda"

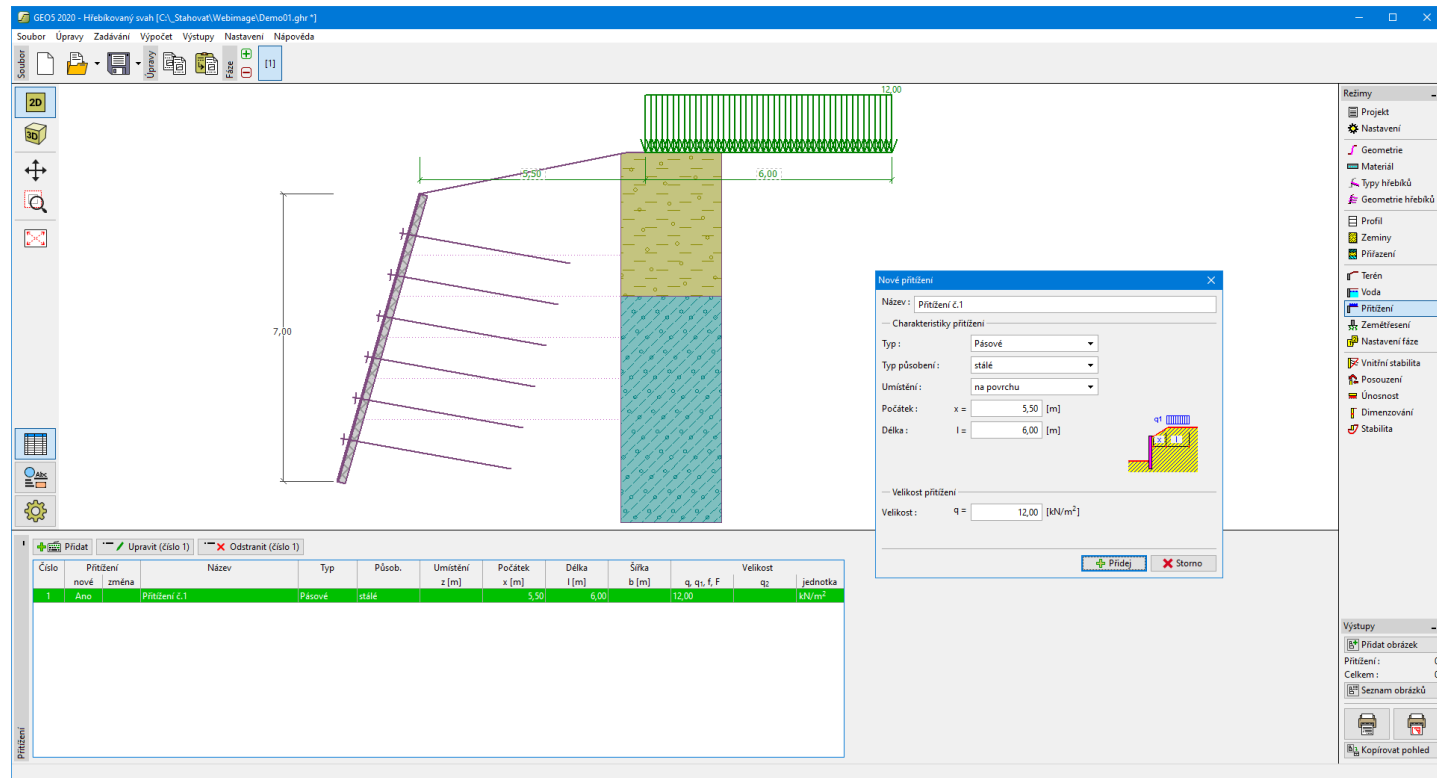
Přetížení

Rám "Přetížení" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných přetížení. **Přidání** přetížení se provádí v **dialogovém okně "Nové přetížení"**. Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních kót**, resp. **aktivních objektů**.

Při zadání přetížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přetížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přetížení je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv přetížení**".



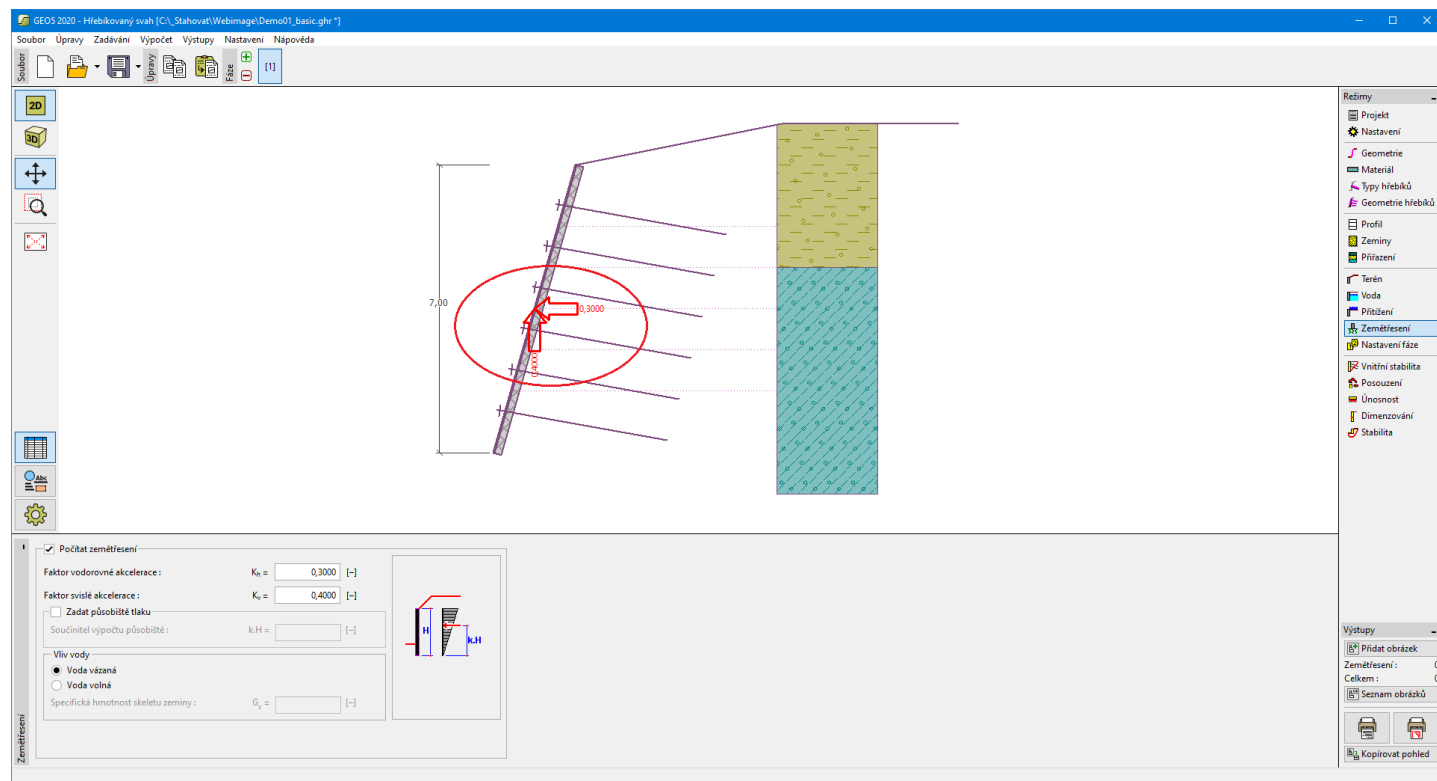
Rám "Přetížení"

Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv zemětřesení".



Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.

Redukci **úhlu tření zemina/zemina** lze uvažovat jednou z následujících možností:

- **neredukovat**
- **redukovat na $2/3\phi$ (AASHTO)**
- **redukovat na 0**
- **zadat součinitel redukce**

Rám "Nastavení fáze"

Vnitřní stabilita

V **rámu** se posuzuje vnitřní stabilita konstrukce na **rovné** resp. **lomené smykové ploše**.

Posouzení vnitřní stability je provedeno:

- **Podle EN 1997** (vlastní posouzení je provedeno podle teorie **mezních stavů**)
- **Podle LRFD** (vlastní posouzení je provedeno podle teorie **mezních stavů**)
- **Podle stupňů bezpečnosti** nebo teorie **mezních stavů** (posouzení je provedeno podle volby v záložce "Stabilitní výpočty").

Postup výpočtu je popsán [zde](#).

V tomto rámu lze také posoudit **únosnost hřebů**.

V případě **stanovení síly v hřebu** se v tomto rámu zadává redukční součinitel aktivního tlaku k_n .

Posouzení

V rámu "Posouzení" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

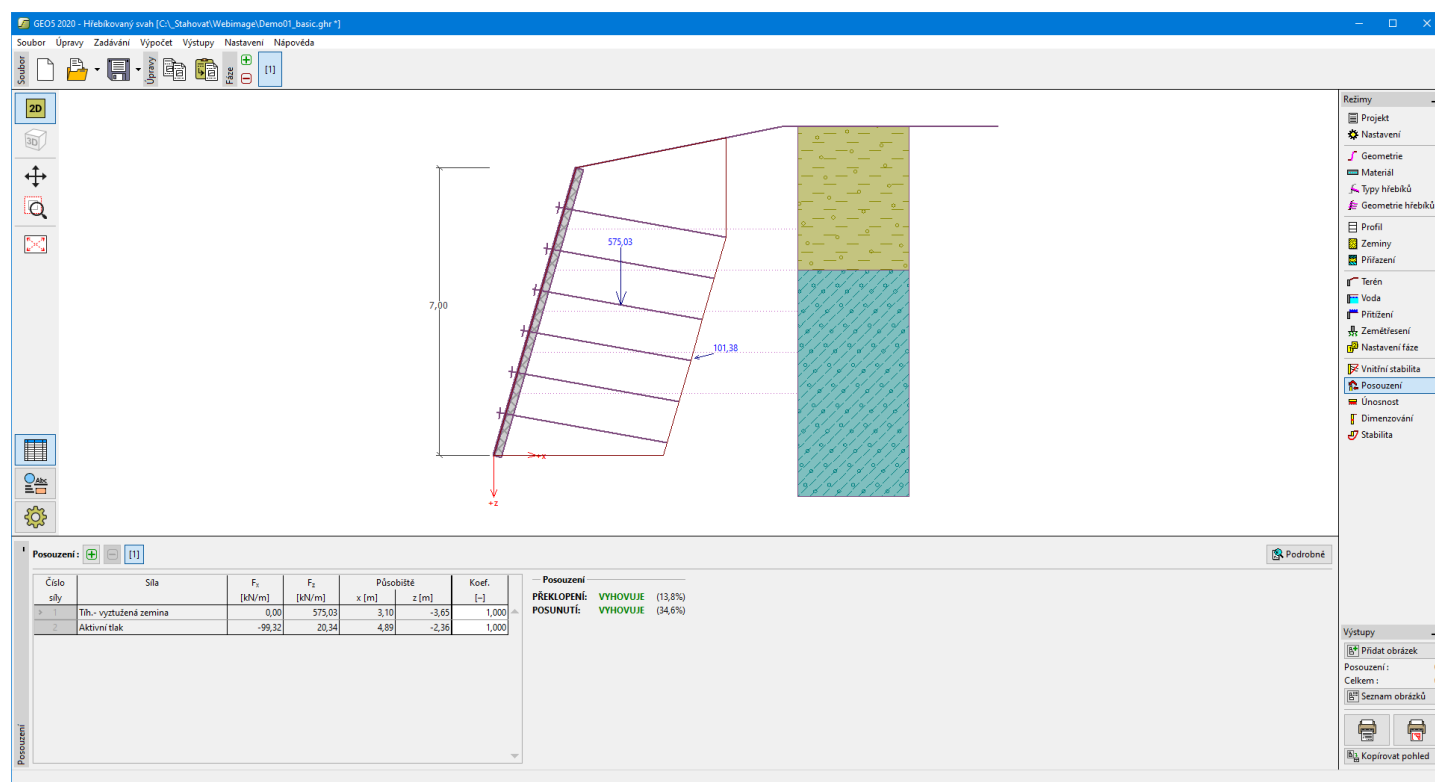
- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Pro posouzení vnější stability se vytvoří **fiktivní konstrukce** - zeď, která je pak dále posuzována. Fiktivní zeď je tvořena lícem konstrukce, spojnicemi mezi konci jednotlivých hřebů, svislou přímkou vedenou od konce prvního hřebu do úrovně hloubky terénu a od konce posledního hřebu do úrovně hloubky konstrukce (takže spodní hrana fiktivní zdi je vždy vodorovná). Body zdi způsobující konkávní zakřivení rubu konstrukce jsou programem automaticky vypuštěny. Konstrukce je zatížena **aktivním zemním tlakem**.

Postup **vlastního posouzení** je popsán v teoretické části nápovědy.

Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. V pravé části rámu se zobrazuje výsledek posouzení zdi na **překlopení a posunutí**. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Posouzení"

Únosnost

V rámu "Únosnost" jsou zobrazeny výsledky výpočtu únosnosti základové půdy. Napětí v základové spáře (předpokládá se konstantní) je spočteno ze všech posouzení provedených v rámu "Posouzení". Do programů "**Patky**" a "**Patky CPT**", se jednotlivá posouzení převezmou jako zatěžovací stavy.

Rám obsahuje následující volby výpočtu:

- **Zadat únosnost základové půdy** V zadávacím poli se zadává únosnost základové půdy. Výsledky posouzení zdi na **excentricitu** a **únosnost základové půdy** se zobrazují v pravé části rámu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení únosnosti základové půdy.

- **Počítat únosnost základové půdy programem "Patky"**
- **Počítat únosnost základové půdy programem "Patky CPT"**
- **Nepočítat (základ na pilotách)**

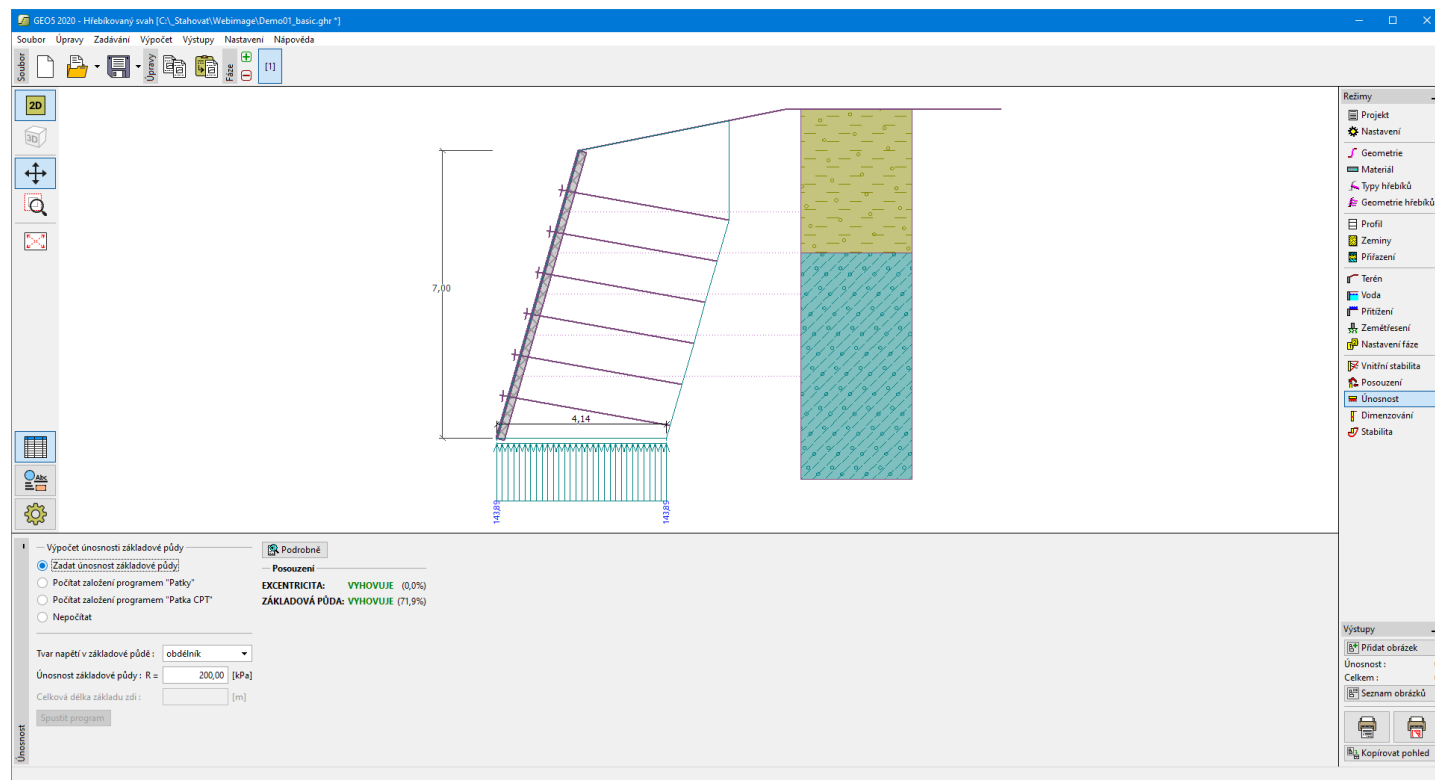
Pomocí tlačítka "**Spustit program Patky**" se **spustí program "Patky"**, ve kterém lze spočítat únosnost základové půdy, popř. sednutí a natočení základu. Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "**OK**" - výsledky resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu o výpočtu v programu "**Hřebikovaný svah**". Pokud není program "**Patky**" nainstalován, není tlačítko dostupné. Zadává se celková délka základu zdi.

Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "**Patky**".

Únosnost základové půdy se nepočítá.

Program umožňuje zadat **tvar napětí v základové půdě**.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



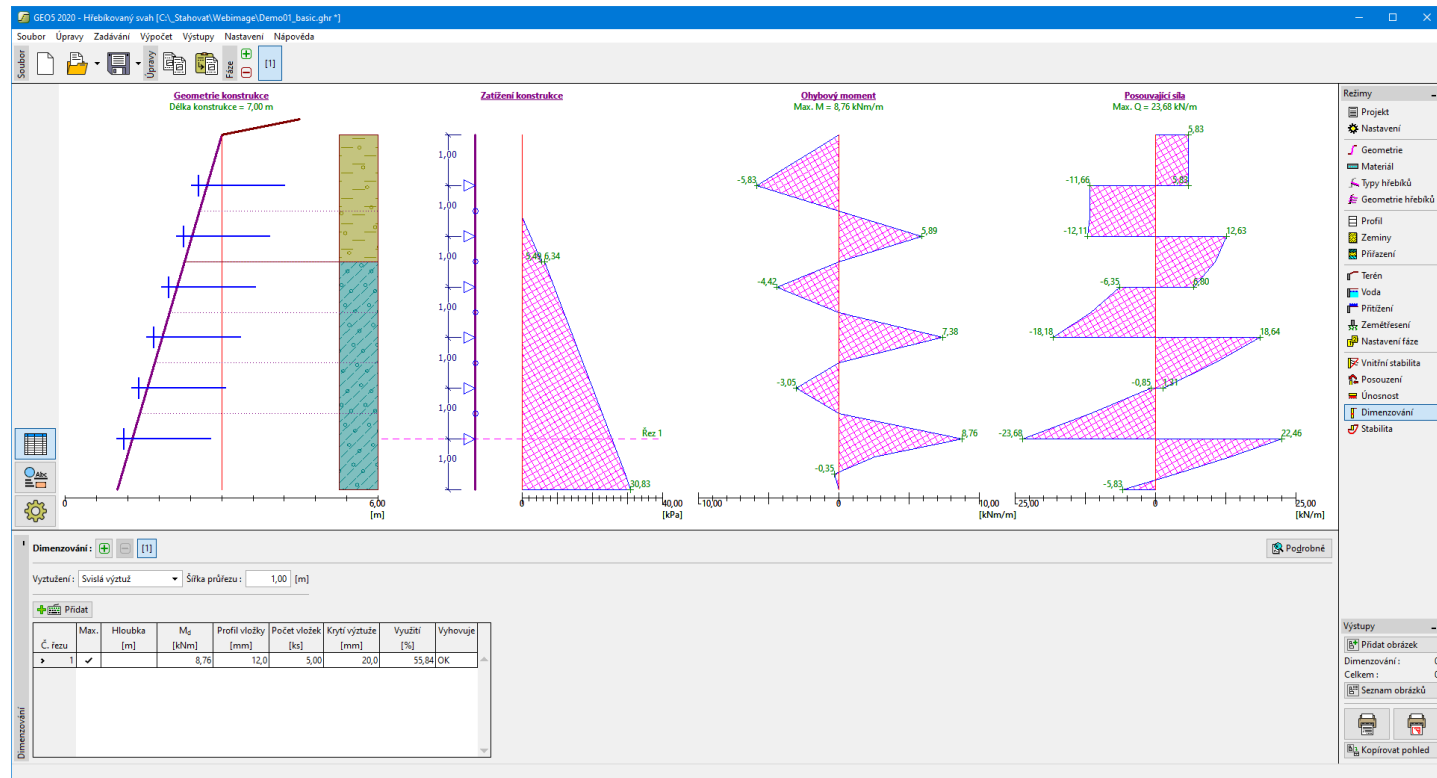
Rám "Únosnost"

Dimenzování - betonový kryt

V rámu "**Dimenzování**" lze navrhnout a posoudit **vyztužení betonového krytu konstrukce**. V horní části rámu se volí, zda posuzujeme **svislou resp. vodorovnou výztuž** a její umístění. Program poté **spočte vnitřní síly** na zvoleném řezu.

V **tabulce** ve spodní části rámu lze zadat místa, ve kterých se posoudí navržená výztuž v průřezu podle zadané normy pro **dimenzování železobetonových konstrukcí** (zadáva se v záložce "**Materiály a normy**"). Průřez je namáhán ohybovým momentem v daném bodě. Do průřezu se zadává množství **tažené výztuže**. Je-li moment záporný, pak je navržená výztuž umístěna na líci konstrukce, je-li kladný tak na rubu konstrukce. Tlačená výztuž není ve výpočtu uvažována.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Dimenzování"

Dimenzování - síť

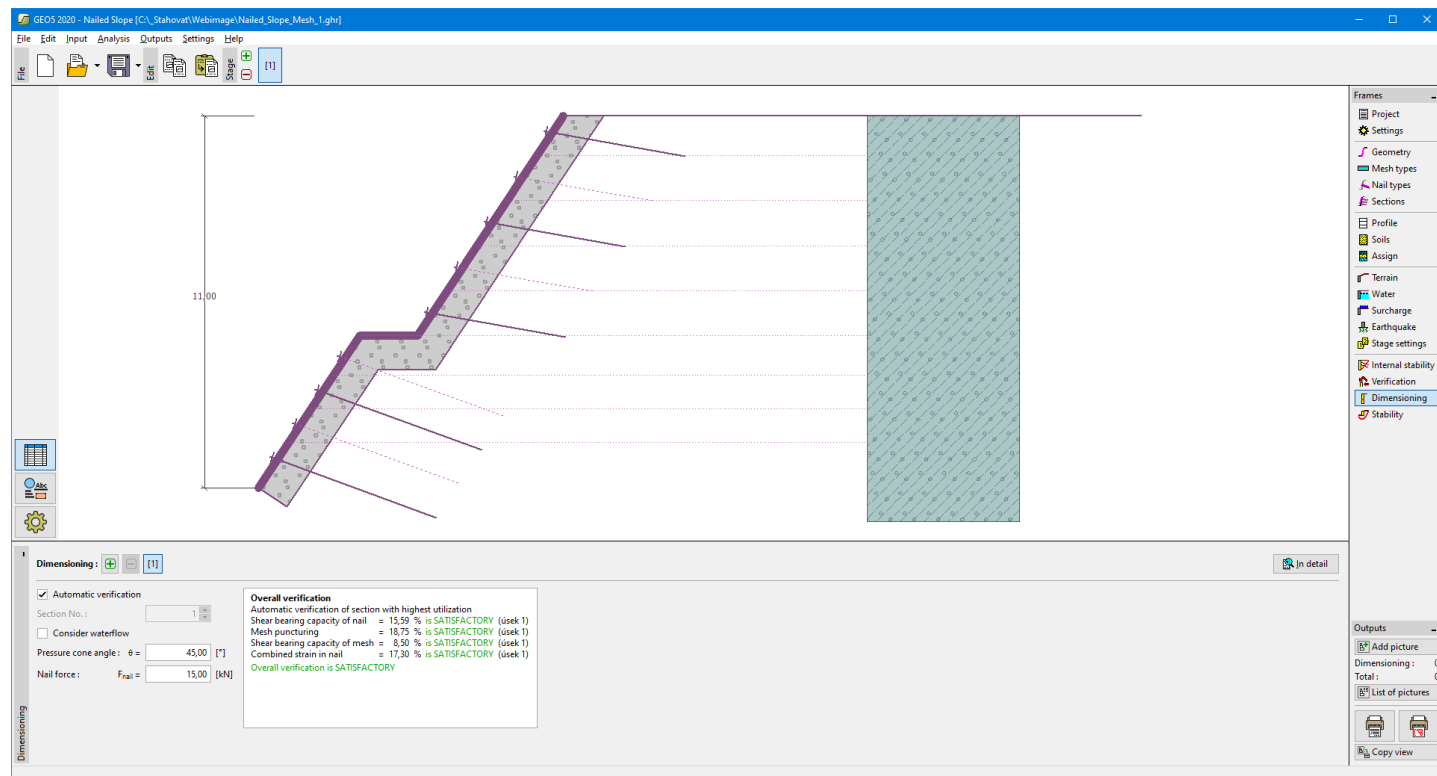
V rámu "Dimenzování" se posuzuje navržená konstrukce. Pro jednu úlohu lze provést **více výpočtů**.

Posouzení je možné provést automaticky pro všechny úseky geometrie nebo pro každý úsek zvlášť.

V rámu se zadává **síla v hřebu**, která je přímo **posouzená na únosnost**.

Volba **uvážovat proudění** zohledňuje **proudění vody** v rozrušené vrstvě. Dále se zadává **sklon tlakového kužele**.

Spočtené údaje se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

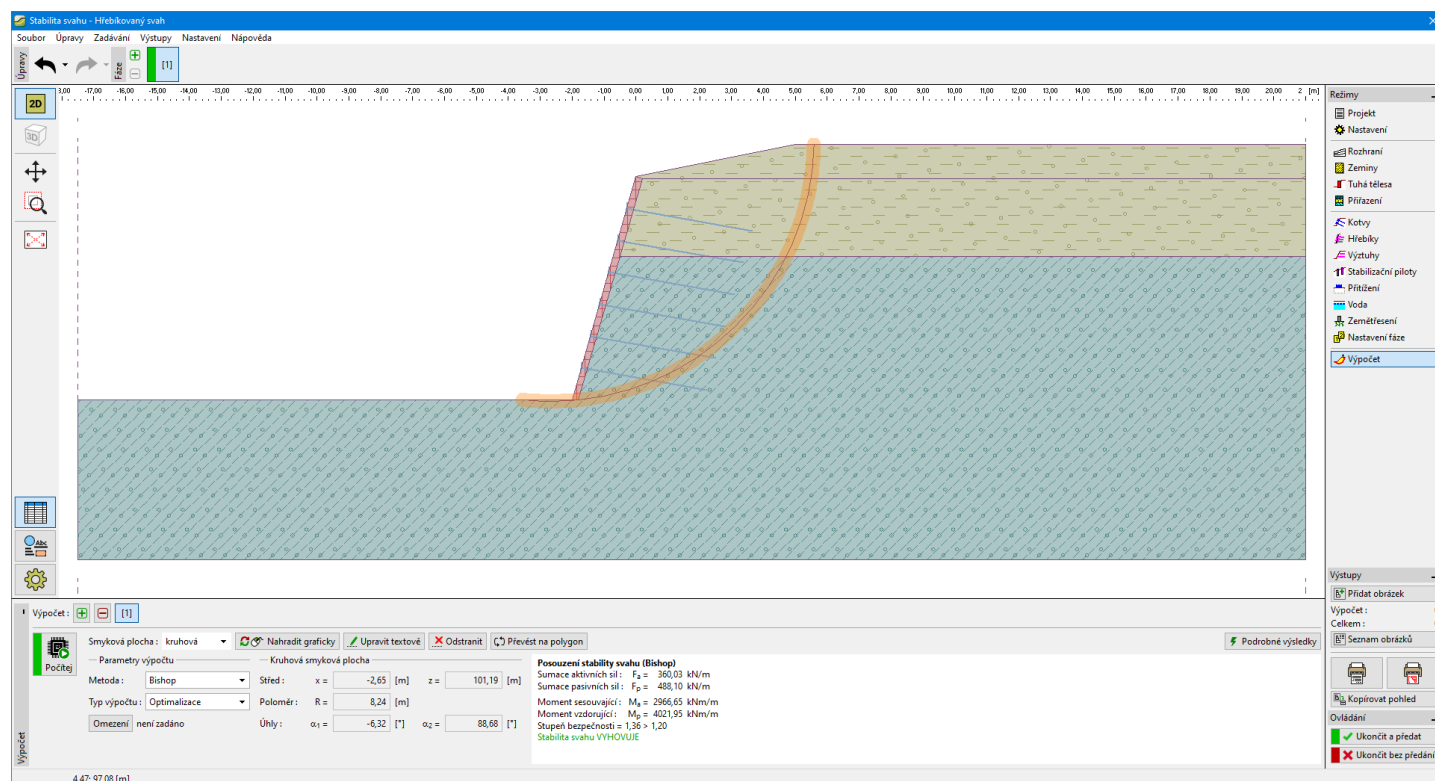


Rám "Dimenzování" - síť

Stabilita

Při stisknutí tlačítka **"Stabilita"** se **spustí program "Stabilita svahu"** a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu stabilita svahu pak můžeme posoudit celkovou stabilitu konstrukce zdi. Pokud program **"Stabilita svahu"** není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem **"OK"** - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu v programu **"Hřebikovaný svah"**.



Rám "Stabilita"

Program RediRock Wall

Program je určen k návrhu a posouzení opěrných zdí, svahů a náspů stabilizovaných geovýztuhami. Konstrukce zdi je provedena z Redi-Rock prefabrikovaných bloků.

Program také umožňuje vytvořit 3D model celé zdi (podrobně - [Inženýrský manuál č. 39](#))

Nápověda k programu "Redi-Rock Wall" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadáání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Bloky	Geometrie	Základ	Profil	Zeminy
Přítížení	Zásyp	Typy výztuh	Výztuhy	Terén	Voda	Přítížení
Odpor na lici	Zadané síly	Zemětřesení	Nastavení fáze			

Výpočty - Tížná zeď		
Posouzení	Dimenzování	Únosnost

Výpočty - MSE zeď				
Posouzení	Dimenzování	Únosnost	Posunutí po výztuze	Vnitřní stabilita

Stabilita

Modelování
celé zdi

Zed' Řezy

- Normy a metody výpočtu
- Teorie k výpočtům v programu "**Redi-Rock Wall**":
Napětí v zemině Zemní tlaky Výpočty zdí Dimenzování železobetonových konstrukcí
- Výstupy
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "**Projekt**" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při textových a grafických výstupech.

V rámu lze také přepínat jednotky (metrické / imperiální).

Tlačítko "**Get a Quote**" otevírá webové stránky výrobce prefabrikovaných bloků (<https://www.redi-rock.com>).

Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "**Nastavení**" je určen k zadání základních "**Nastavení**" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "**Vybrat**" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "**Seznamu nastavení**".

Tlačítko "**Správce nastavení**" otevře dialogové okno "**Správce nastavení**", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "**Přidat do správce**" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

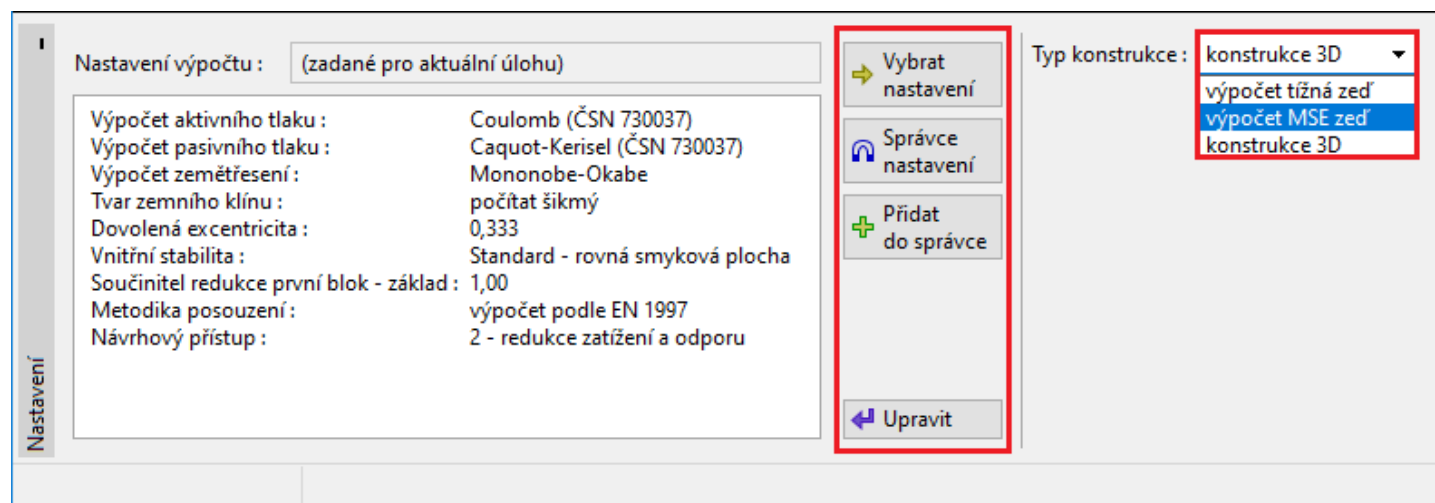
Tlačítko "**Upravit**" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "**Přidat do správce**".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Výpočet zdí**".

V tomto rámu se také volí typ konstrukce:

- **tízná zeď**
- **MSE zeď**
- **3D zeď** (viz Inženýrský manuál č. 39)

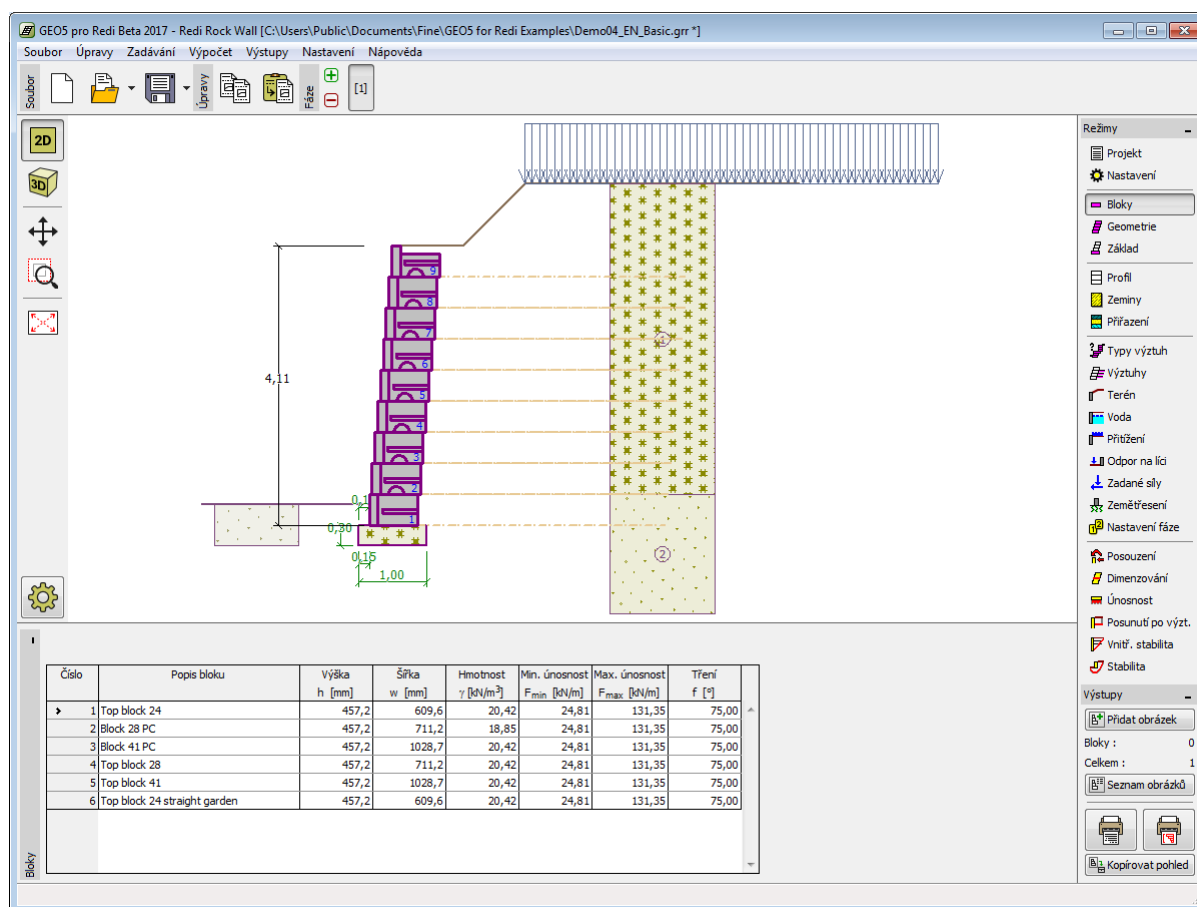


Rám "Nastavení"

Bloky

V rámu "Bloky" jsou v tabulce zobrazeny prefabrikované bloky výrobce.

Určité parametry bloků (objemová hmotnost, minimální a maximální únosnost, tření mezi bloky) lze editovat, rozměry jednotlivých bloků měnit nelze.



Rám "Bloky"

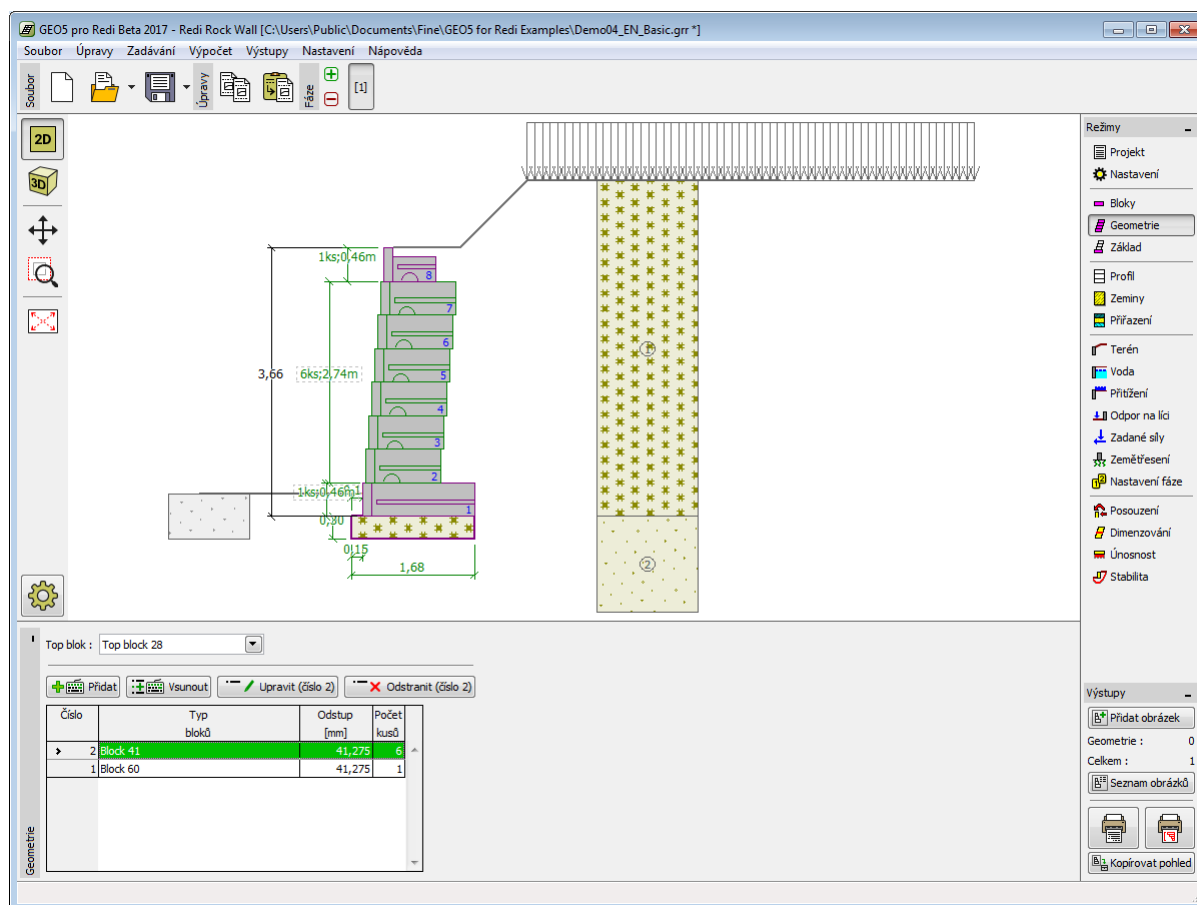
Geometrie

Rám "Geometrie" obsahuje tabulku se seznamem skupiny prefabrikovaných bloků. Přidání skupiny bloků se provádí v dialogovém okně "Nová skupina".

Skupina bloků, která je definována několika **bloky** a odstupy mezi nimi, se zadává najednou.

Program umožňuje vložit (vsunout) další skupinu bloků mezi již stávající zadané bloky konstrukce. Vložení skupiny bloků se provádí v dialogovém okně "**Vsunutá skupina**", které je totožné s dialogovým oknem "**Nová skupina**". Skupina, který je nově vložena (vsunuta), se řadí **pod** aktuálně vybranou skupinu bloků.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



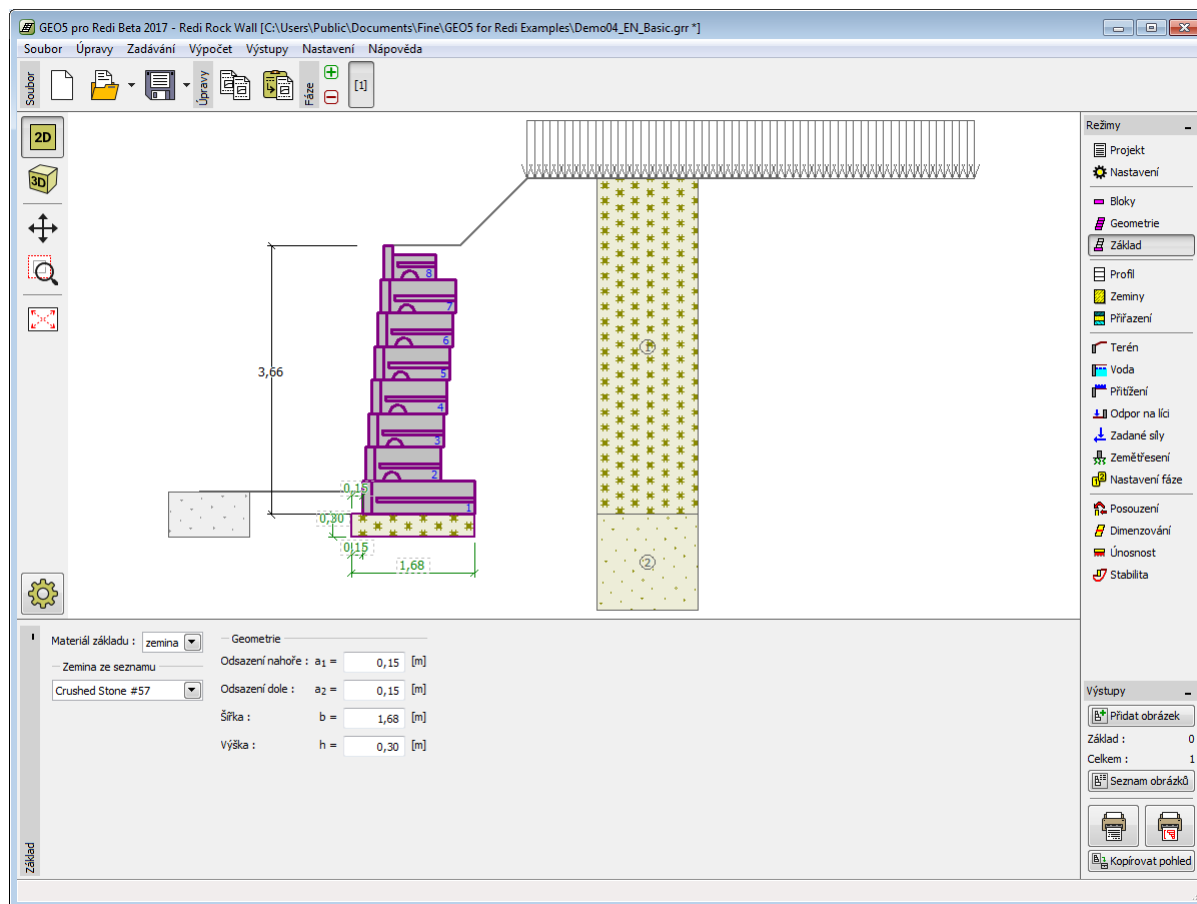
Rám "Geometrie"

Základ

V rámu "**Základ**" je nutné zvolit materiál (zemina, beton) a rozměry základu. V případě betonového základu je dále třeba zadat objemovou hmotnost, krychelnou pevnost a úhel tření mezi základem a prvním blokem (beton - beton).

Omezení podle obr. 4-4 ze strany 73 manuálu NCMA není programem kontrolováno.

Program automaticky ověřuje, že je základ zadán v souladu s konstrukčními zásadami.



Rám "Základ"

Profil

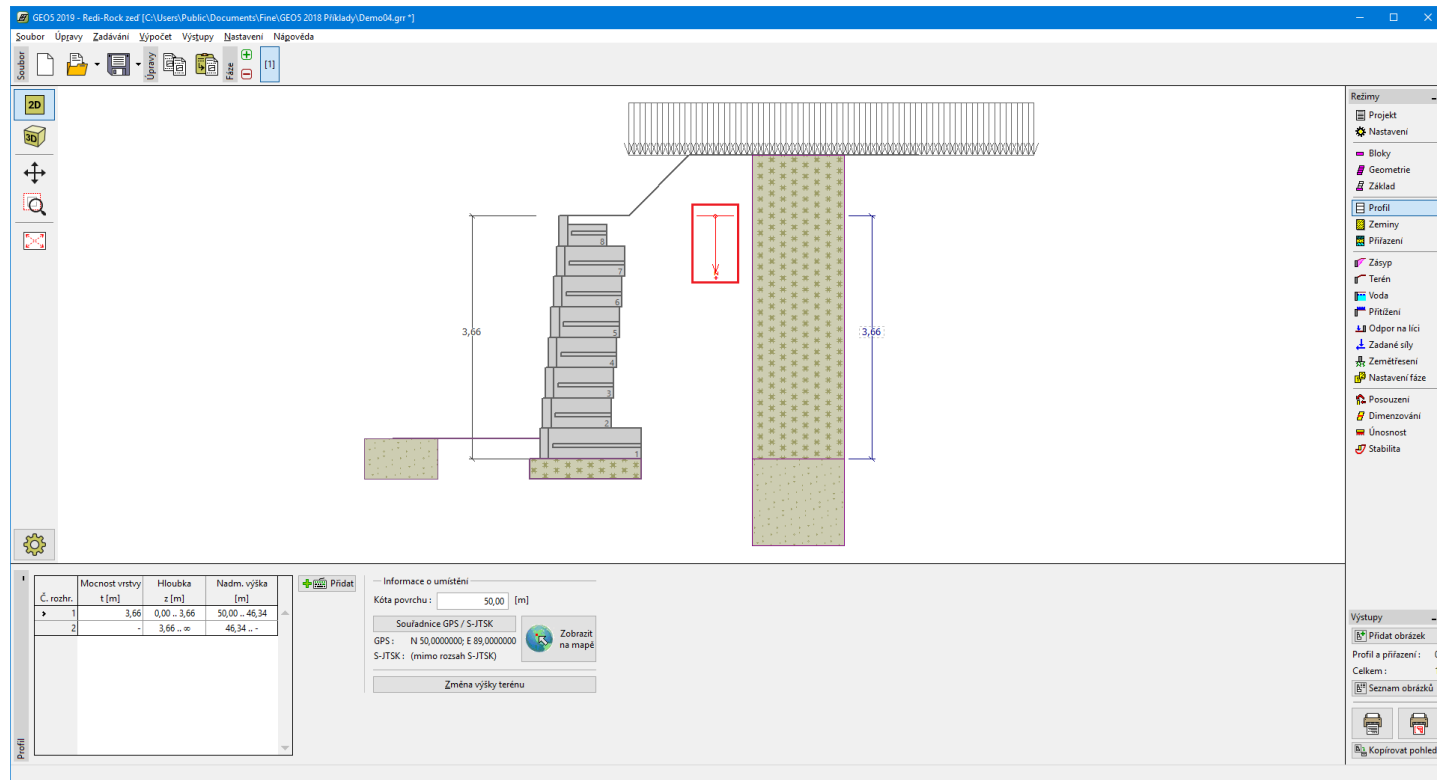
Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrty (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

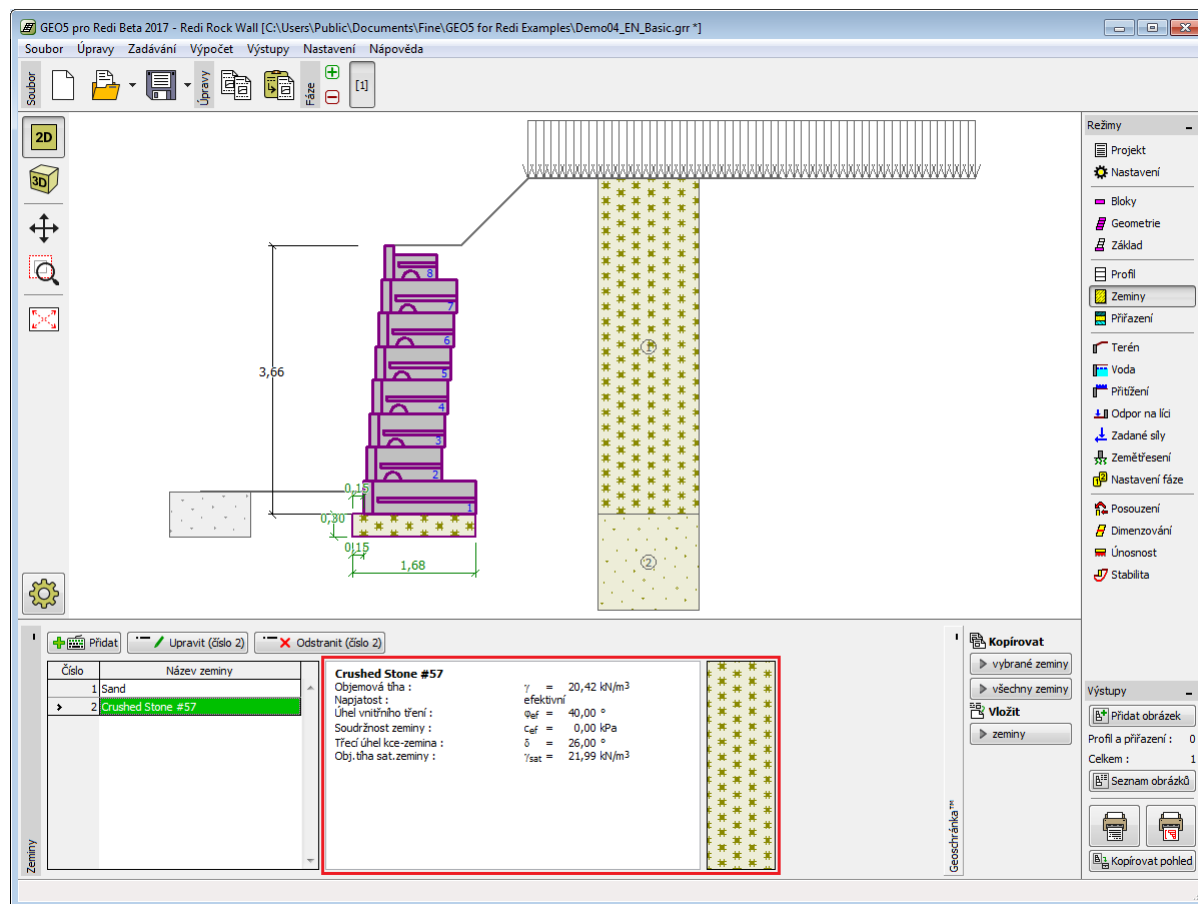
Zeminy

Rám **"Zeminy"** obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: **"Základní data"**, **"Tlak v kldu"** a **"Vztlak"**.

Data zadáných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemin**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemin. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní**, resp. **totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu "**Napjatost**". To zda počítat v **efektivní**, resp. **totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí**, který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce α** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "**Zemní tlaky**".

Přidání nových zemin

Identifikace
 Název : Třída F1, konzistence tuhá

Základní data ?

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Napjatost :

Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} =$ [°] 26-32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa] 4-12

Třecí úhel kce-zemina : $\delta =$ [°]

Tlak v klidu ?

Zemina :

Vztlak ?

Způsob výp.vztlaku :

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Barva

Kategorie vzorků

Vzorek

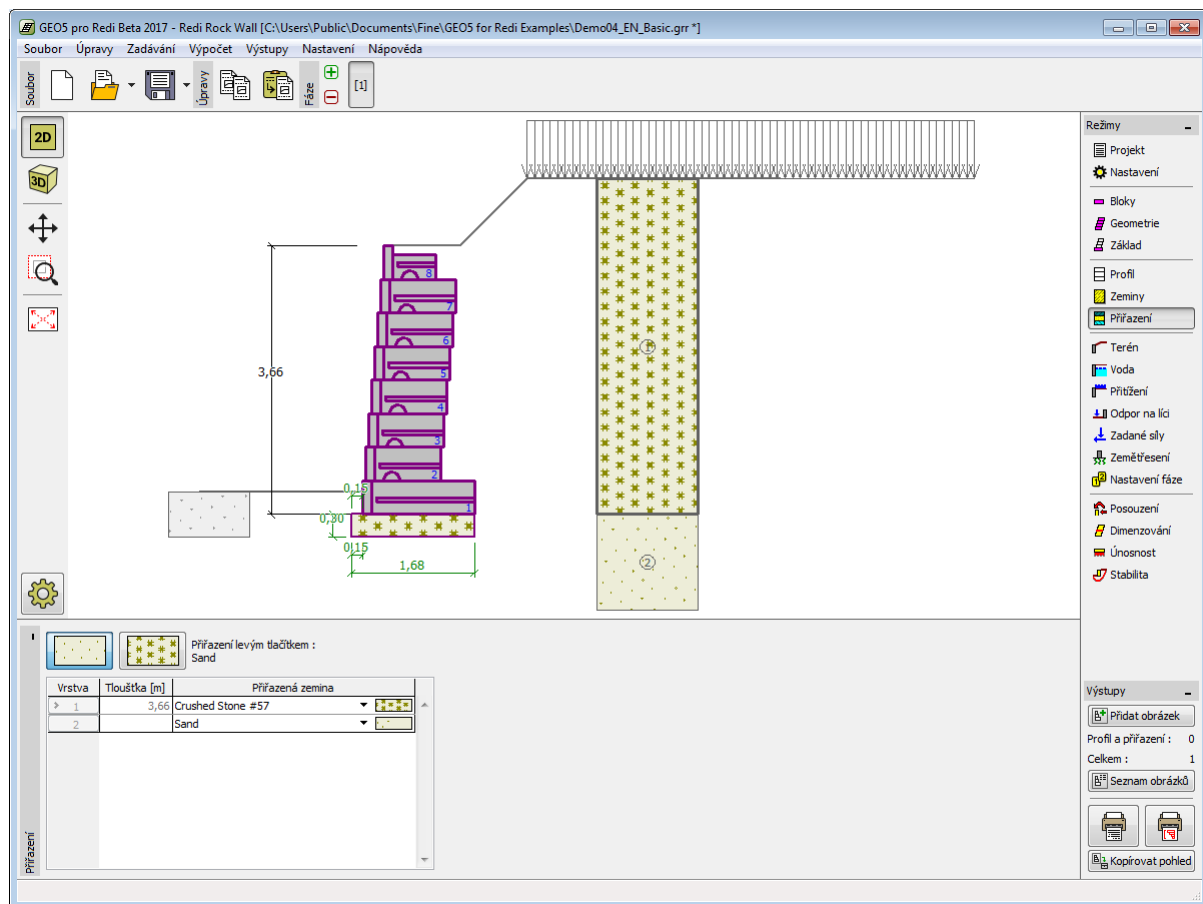
Zatřídění

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přířazení

Rám "Přířazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).

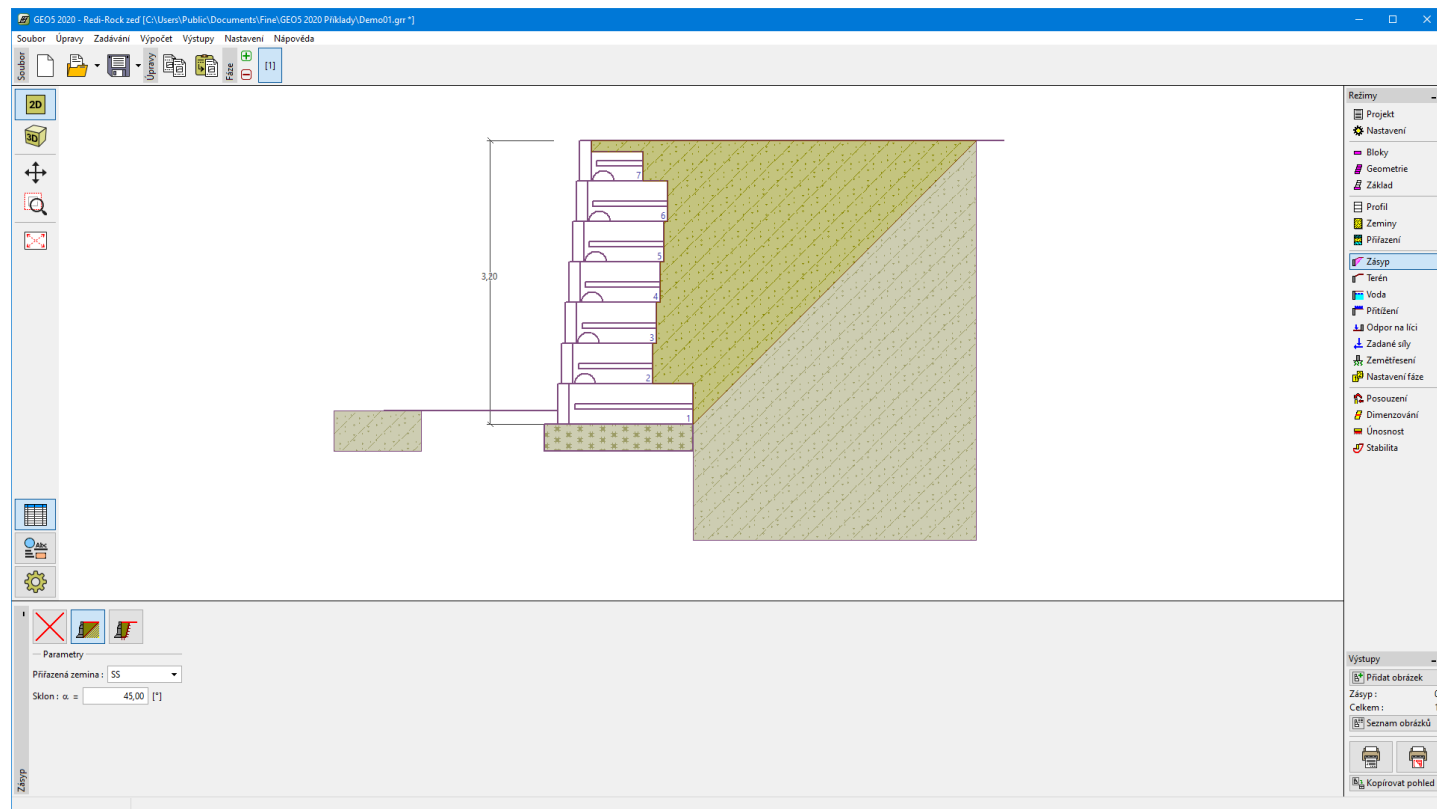


Rám "Přirazení"

Zásyp

V rámu "Zásyp" se stiskem tlačítka volí typ zásypu.

Jednotlivé typy jsou popsány v teoretické části nápovědy "Vliv zásypu".



Rám "Zásyp"

Typy výztuh

Rám "Typy výztuh" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných geovýztuh a jejich charakteristik (krátkodobá charakteristická pevnost, **dlouhodobá pevnost výztuhy** a koeficienty spolupůsobení).

Editace výztuhy se provádí v dialogovém okně "Editace typu výztuhy".

Rám "Typy výztuh" je dostupný pouze při zvoleném typu konstrukce **MSE Zed'**. Volba typu konstrukce se provádí v rámu "Nastavení".

Číslo	Název	Typ čáry	Barva	T_{ult} [kN/m]	RF_{ca} [-]	RF_{D1} [-]	RF_{D2} [-]	R_t [kN/m]	C_{ca} [-]	C_i [-]	α [-]	CR_{ca} [-]	R_{con} [kN/m]
1	Miragrid SXT	----		68,59	1,58	1,15	1,25	30,20	0,67	0,67	0,80	0,53	31,73
2	Miragrid 8XT	----		107,99	1,58	1,15	1,20	49,53	0,67	0,67	0,80	0,53	49,96
3	Miragrid 10XT	----		138,64	1,58	1,15	1,20	63,58	0,67	0,67	0,80	0,52	62,57
4	Miragrid 20XT	~~~~~		200,01	1,58	1,15	1,15	95,72	0,67	0,67	0,80	0,51	88,00
5	Miragrid 24XT	~~~~~		400,09	1,58	1,15	1,10	200,18	0,67	0,67	0,80	0,44	154,12
6	Miragrid RR1000	----		68,01	1,56	1,05	1,25	33,21	0,67	0,67	0,80	0,48	31,09
7	Miragrid RR2000	----		93,48	1,56	1,05	1,20	47,56	0,67	0,67	0,80	0,49	43,63
8	Miragrid RR3000	----		136,00	1,56	1,05	1,15	72,20	0,67	0,67	0,80	0,47	60,88
9	Miragrid RR4000	~~~~~		169,99	1,56	1,05	1,10	94,34	0,67	0,67	0,80	0,41	66,38
10	Miragrid RR6000	~~~~~		308,00	1,56	1,05	1,05	179,08	0,67	0,67	0,80	0,45	132,00
11	ACE GG60	----		60,00	1,60	1,15	1,25	26,09	0,67	0,67	0,80	0,54	28,17
12	ACE GG120	----		120,01	1,60	1,15	1,20	54,35	0,67	0,67	0,80	0,50	52,18
13	ACE GG200	----		199,99	1,60	1,15	1,15	94,52	0,67	0,67	0,80	0,50	86,95

Rám "Typy výztuh"

Editace typu výztuhy

Dialogové okno "Editace typu výztuhy" obsahuje:

Krátkodobá charakteristická pevnost
Redukční součinitele

- hodnotu nelze upravovat (dána výrobcem)
- hodnoty součinitelů redukujících krátkodobou tahovou pevnost výztuhy
- vypočtená hodnota **dlouhodobé tahové pevnosti**

Dlouhodobá návrhová pevnost

Součinitel pro únosnost na usmyknutí

- součinitel **přímého posunutí po výztuze**

Součinitele pro únosnost na vytržení

- součinitel **interakce zeminy a geovýztuhy** a součinitel **korekce na vytržení**

Součinitel redukce dlouhodobé pevnosti
Únosnost spoje

- hodnota součinitele redukující **únosnost spoje**

- únosnost se dopočítá podle: $R_{con} = T_{ult} \cdot CR_{cr} / RF_d$

Tlačítko "Výchozí hodnoty" v dolní části okna nastaví všechny součinitele na původní hodnoty.

Editace typu výztuhy 3

Název: -----

Krátkodobá char. pevnost: $T_{ult} =$ [kN/m]

Součinitel životnosti: $RF_{CR} =$ [-]

Chem/bio vliv prostředí: $RF_D =$ [-]

Narušení geovýztuhy zhutňováním: $RF_{ID} =$ [-]

Dlouhodobá návrhová pevnost: $R_t =$ [kN/m]

Součinitel přímého posunutí po výztuze: $C_{ds} =$ [-]

Součinitel interakce zeminy a geovýztuhy: $C_i =$ [-]

Součinitel korekce na vytržení: $\alpha =$ [-]

Součinitel redukce dlouhodobé pevnosti: $CR_{cr} =$ [-]

Výpočet dlouhodobé únosnosti spoje: $R_{con} =$ [kN/m]

Výchozí hodnoty

Dialogové okno "Editace typu výztuhy"

Výztuhy

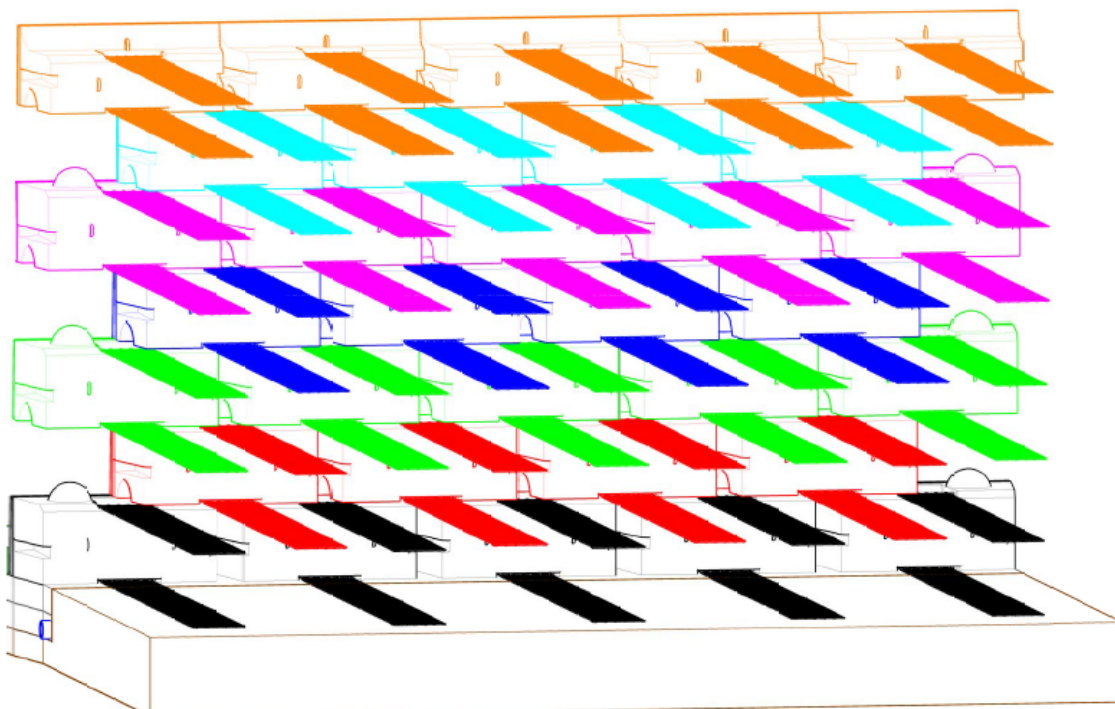
V rámu "Vyztužení" se volí parametry vyztužení:

Způsob zadání

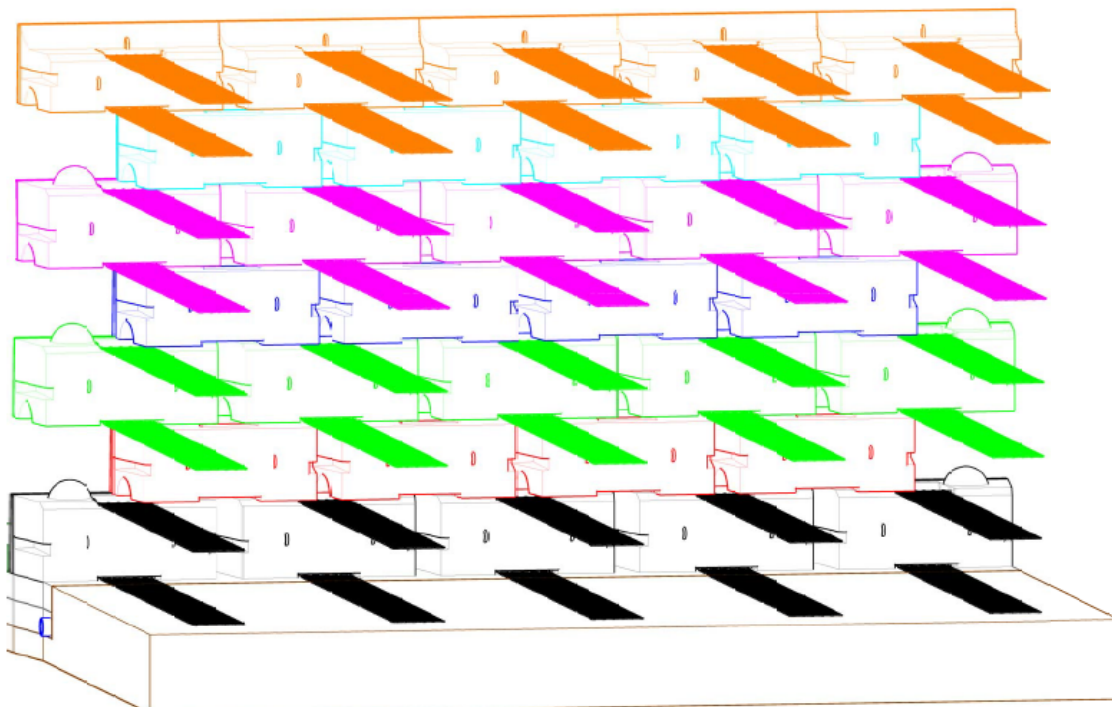
- 1 typ výztuhy - zeď je vyztužena jedním typem výztuh, který se vybírá z rozbalitelného seznamu "**Typ výztuhy**". Výztuhy jsou generovány od spodní řady bloků do úrovně řady bloků vybrané z rozbalitelného seznamu.
- 2 typy výztuh - zeď je vyztužena dvěma typy výztuh, liší se vyztužení v horní a spodní části zdi. Způsob zadání je shodný jako v případě jednoho typu výztuhy (vybírá se typ výztuhy a řada, do které je vyztužení generováno).
- tabulka výztuh - výztuhy se zadávají pro každý blok samostatně

Uložení výztuh

- v každé řadě bloků (50%) - výztuhy jsou uloženy v každém bloku

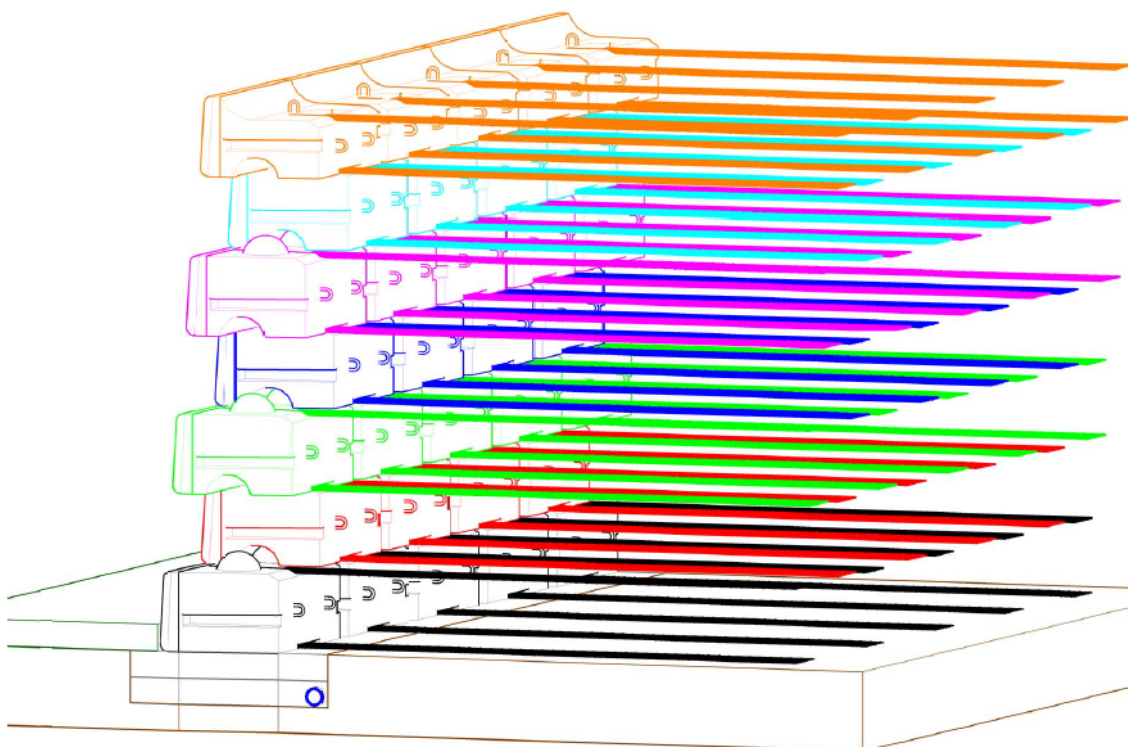


- ob řadu bloků (25%) - výztuhy jsou uloženy ob jeden blok

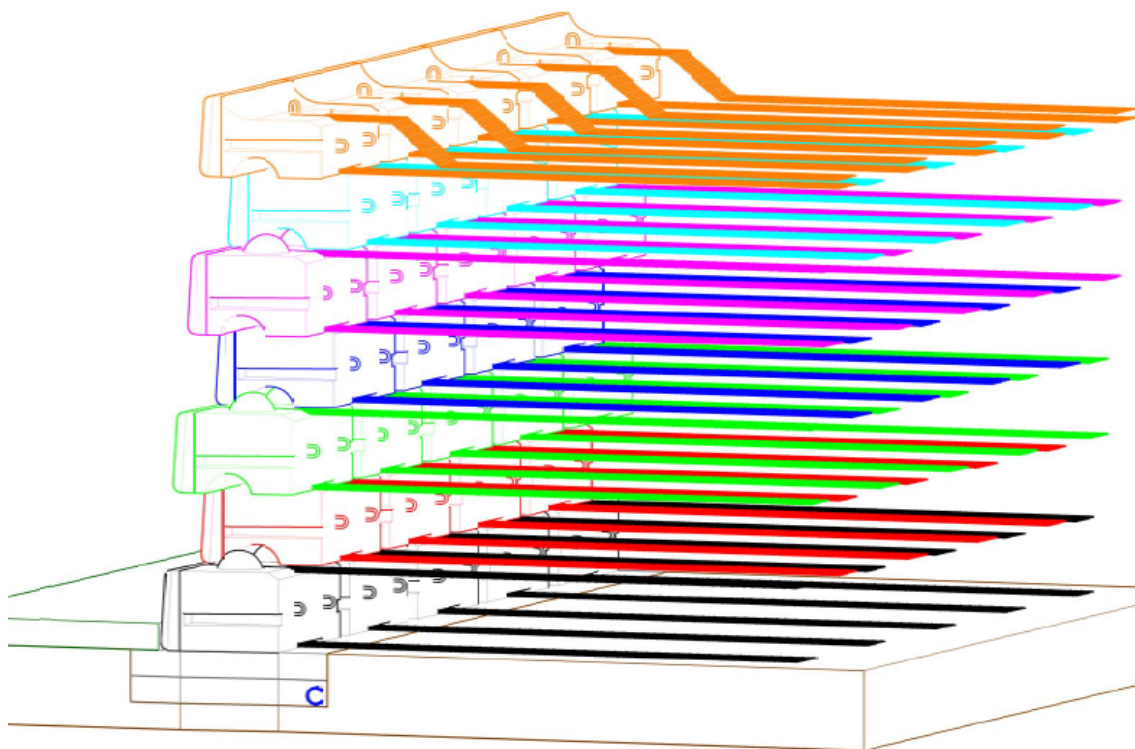


Vrchní řada

- rovná (25%) - výztuhy jsou uloženy v horní řadě ob jeden blok



- kotevní úprava - horní část výztuh v horní řadě je vedena šikmo ke své spodní části

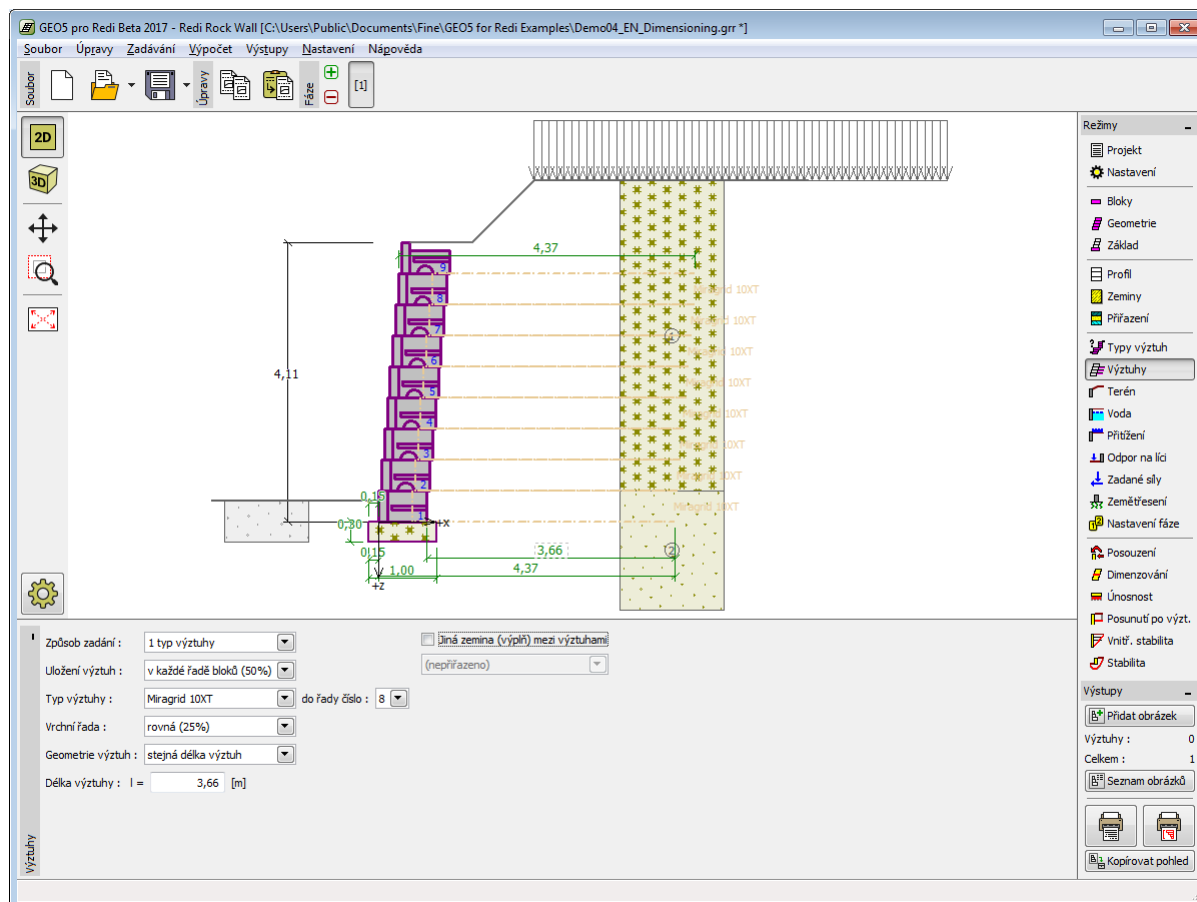


Geometrie výztuh

- stejná délka výztuh - všechny výztuhy mají jednotnou délku, zadává se délka výztuhy l
- stejné zakončení výztuh - všechny výztuhy končí ve stejné úrovni, zadává se pořadnice konce výztuh l_k

Pokud se zemina mezi výztuhami oproti zemině přiřazené do geologického profilu liší, pak lze tuto zeminu zadat pomocí volby "**Jiná zemina (výplň) mezi výztuhami**". Následně se v rozbalitelném seznamu vybere daný typ zeminy, který se uvažuje mezi výztuhami (rozbalitelný seznam obsahuje zeminy zadané v režimu "**Zeminy**").

Rám "**Výztuhy**" je dostupný pouze při zvoleném typu konstrukce **MSE Zed'**. Volba typu konstrukce se provádí v rámu "**Nastavení**".



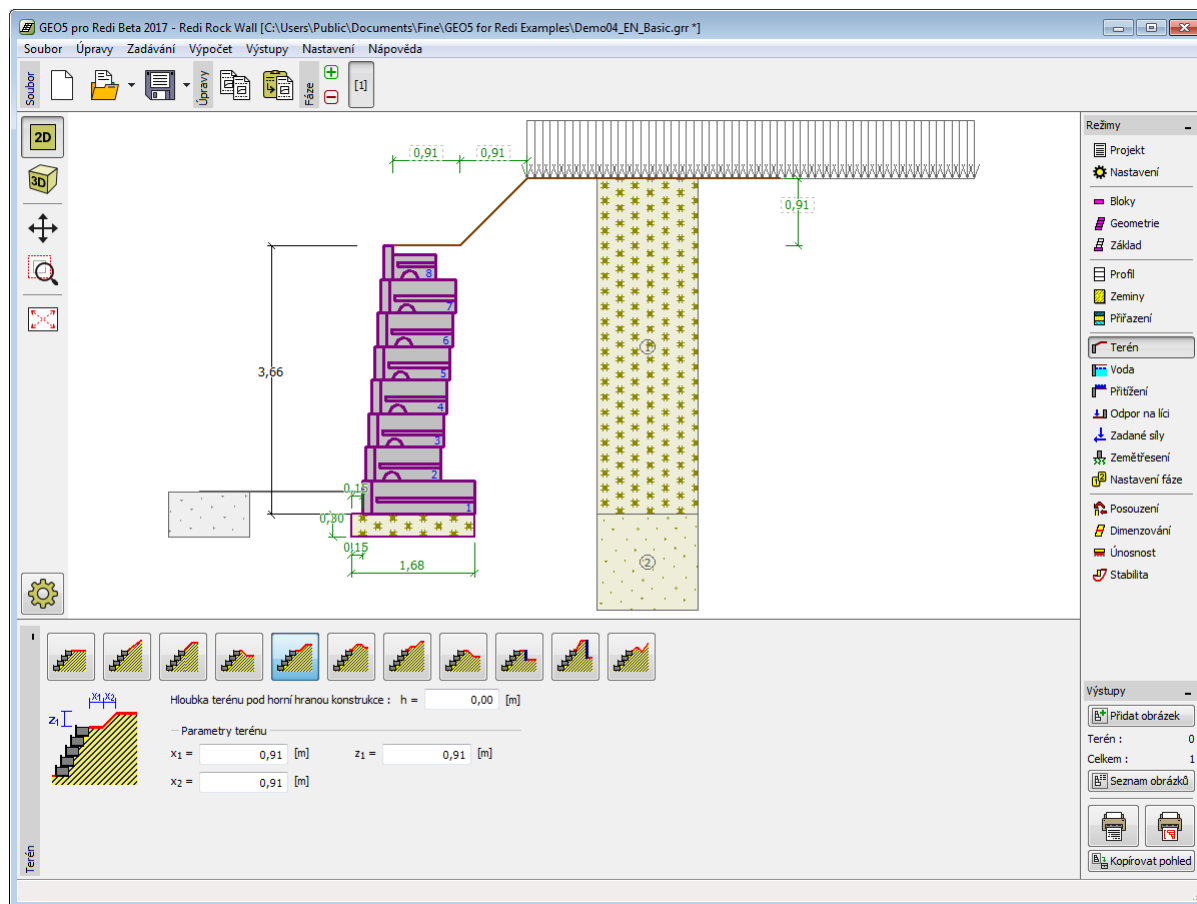
Rám "Výztuhy"

Terén

V **rámu "Terén"** se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí [0; 0] leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".



Rám "Terén"

Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 ...) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

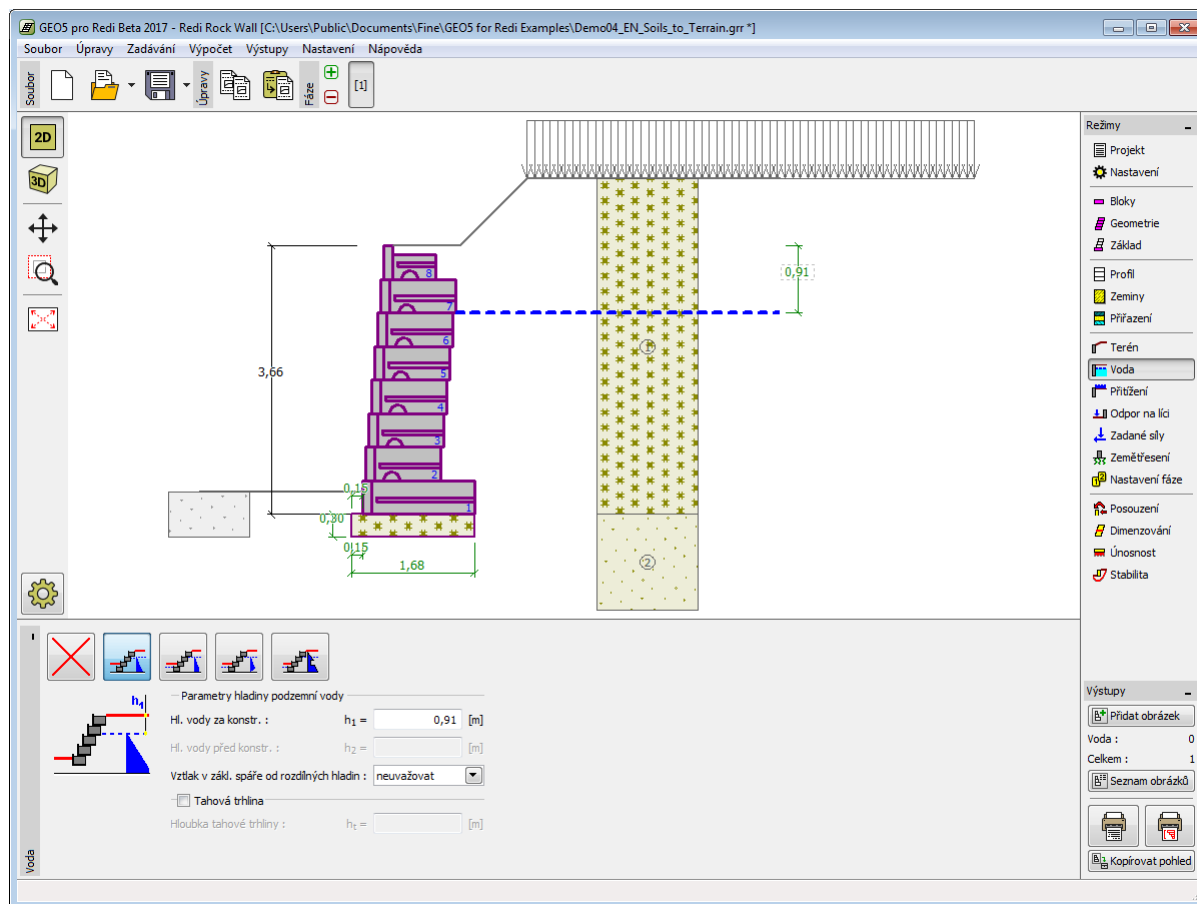
V rozbalitelném seznamu se zadává, zda se předpokládá působení vztaku vody od rozdílných hladin v základové spáře. Vztlak může být **lineární**, **parabolický** nebo není vůbec uvažován. Vztlak v základové spáře od rozdílných hladin je v posouzení zdi zaveden zvláštní silou.

Poslední volbou je ruční zadání pórového tlaku před i za konstrukcí. V rámu se zobrazí dvě záložky "**Před konstrukcí**" a "**Za konstrukcí**" s **tabulkami**. Do tabulek se zadávají hodnoty pórového tlaku před, nebo za konstrukcí v hloubce "z" (viz osa z)

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlin** vyplněných vodou.



Rám "Voda"

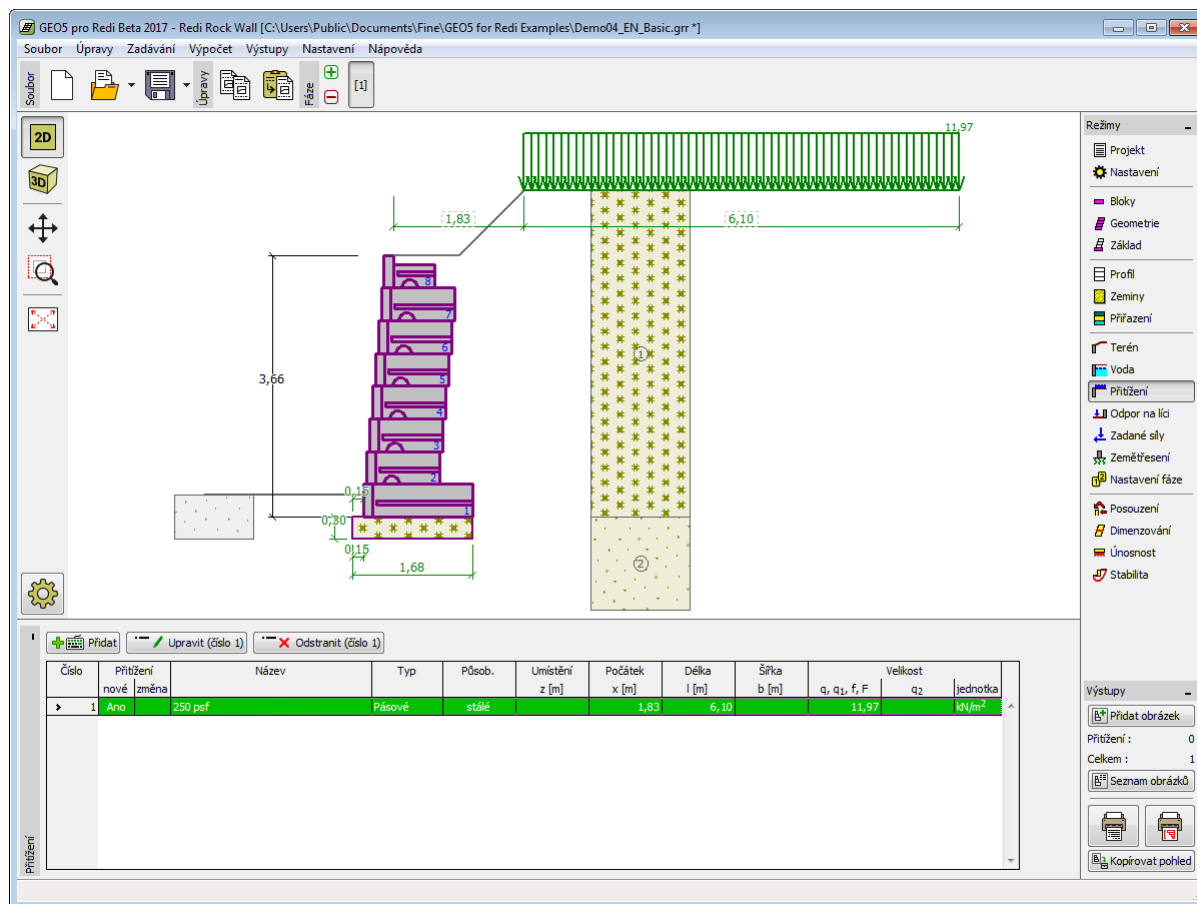
Přítížení

Rám "Přítížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přítížení. Přidání přítížení se provádí v dialogovém okně "Nové přítížení". Zadaná přítížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Při zadání přítížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přítížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přítížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přítížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přítížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přítížení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv přítížení".



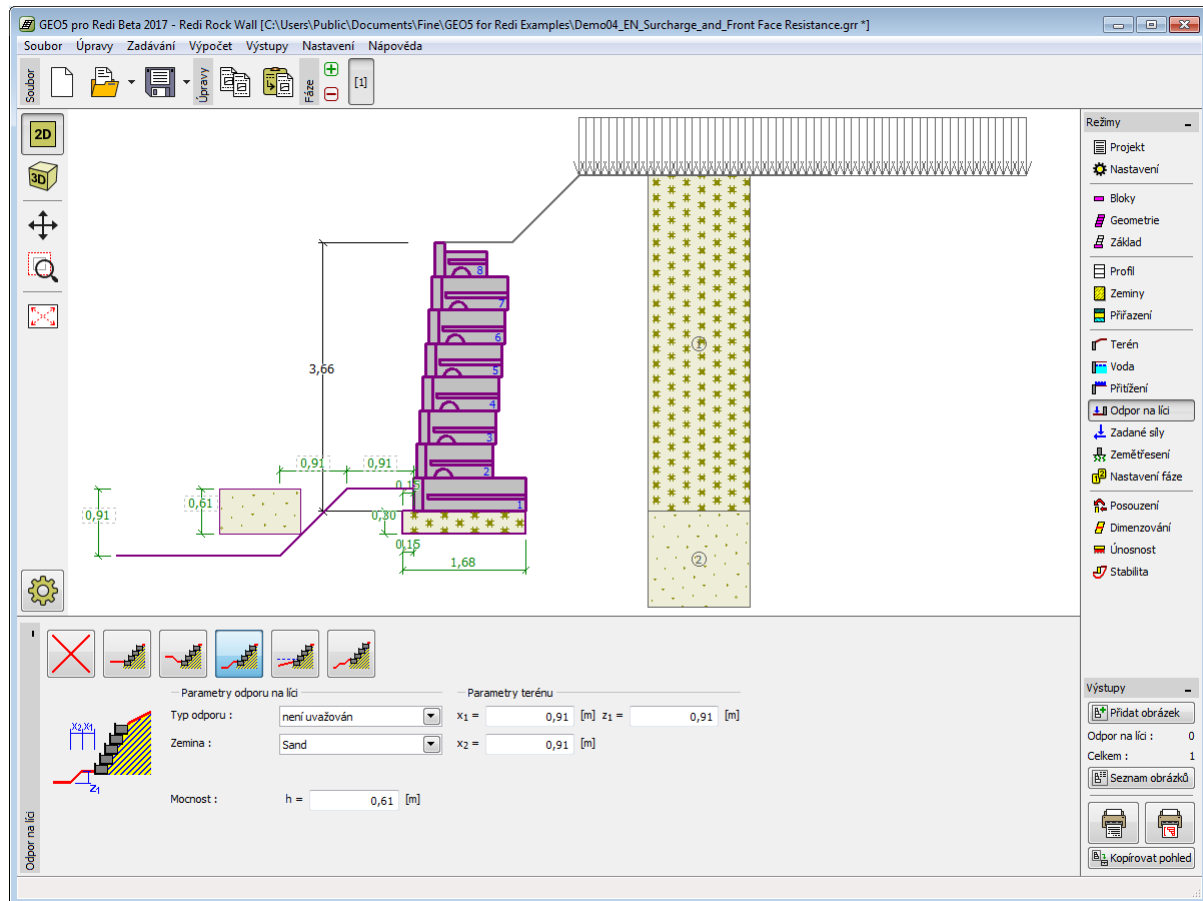
Rám "Přítížení"

Odpor na líci

V rámu "Odpor na líci" se stiskem tlačítka volí tvar terénu a parametry odporu na líci zdi. Zvolený tvar s grafickou nápoředou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

V rámu lze v rozbalitelných seznamech vybrat typ odporu a zeminy (rozbalitelný seznam obsahuje zeminy zadane v režimu "Zeminy"). V rámu lze také zadat velikost přitížení terénu před zdí, popř. mocnost zeminy nad nejnižším bodem konstrukce zdi.

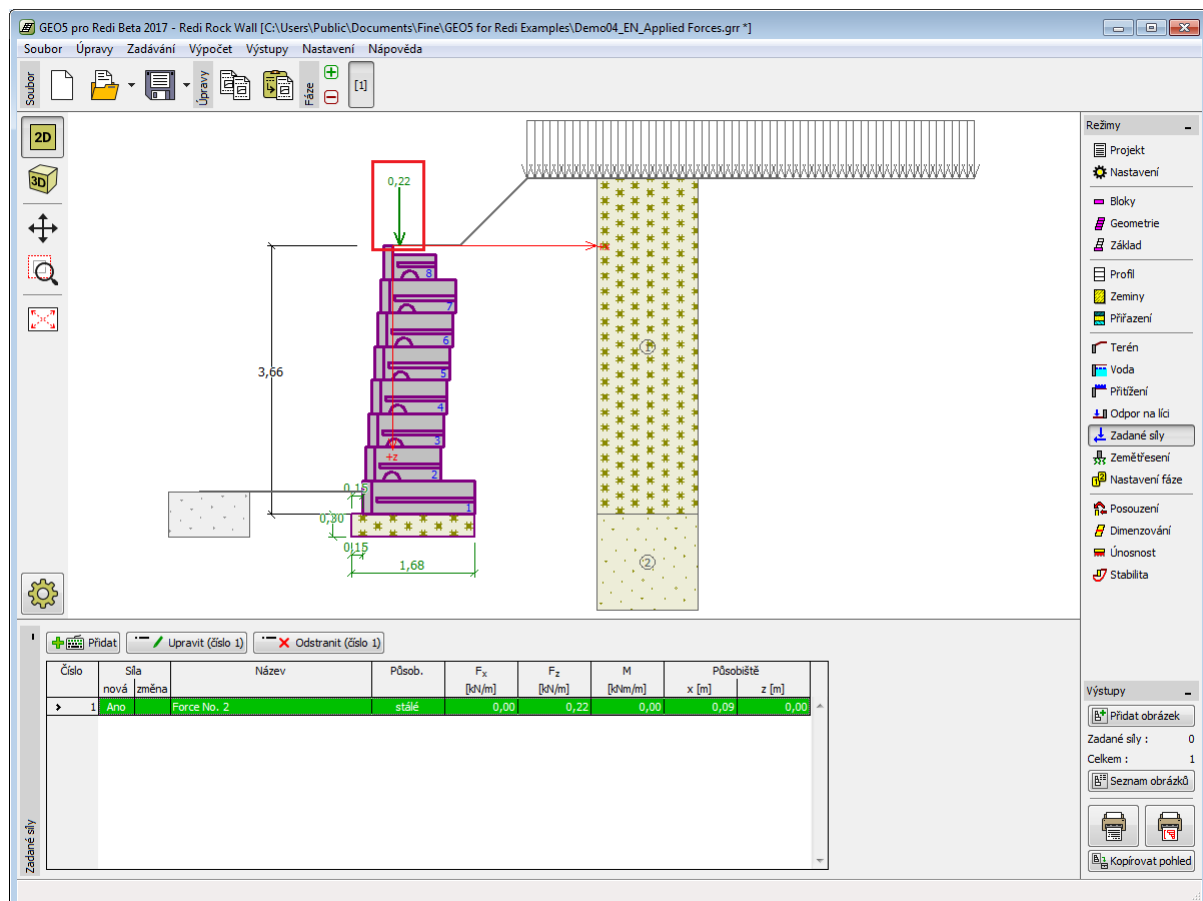
Odpor na líci konstrukce může být zadán jako **klidový tlak**, **pasivní tlak** nebo **snížený pasivní tlak**. Výsledná síla od sníženého pasivního tlaku se počítá jako výslednice sil od tlaku v klidu a pasivního tlaku vynásobených příslušným součinitelem podle zadání typu sníženého pasivního tlaku.



Rám "Odpor na lici"

Zadané síly

Rám "Zadané síly" obsahuje tabulku se seznamem zadaných sil působících na konstrukci. Přidání sil se provádí v dialogovém okně "Nová síla". Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.



Rám "Zadané síly"

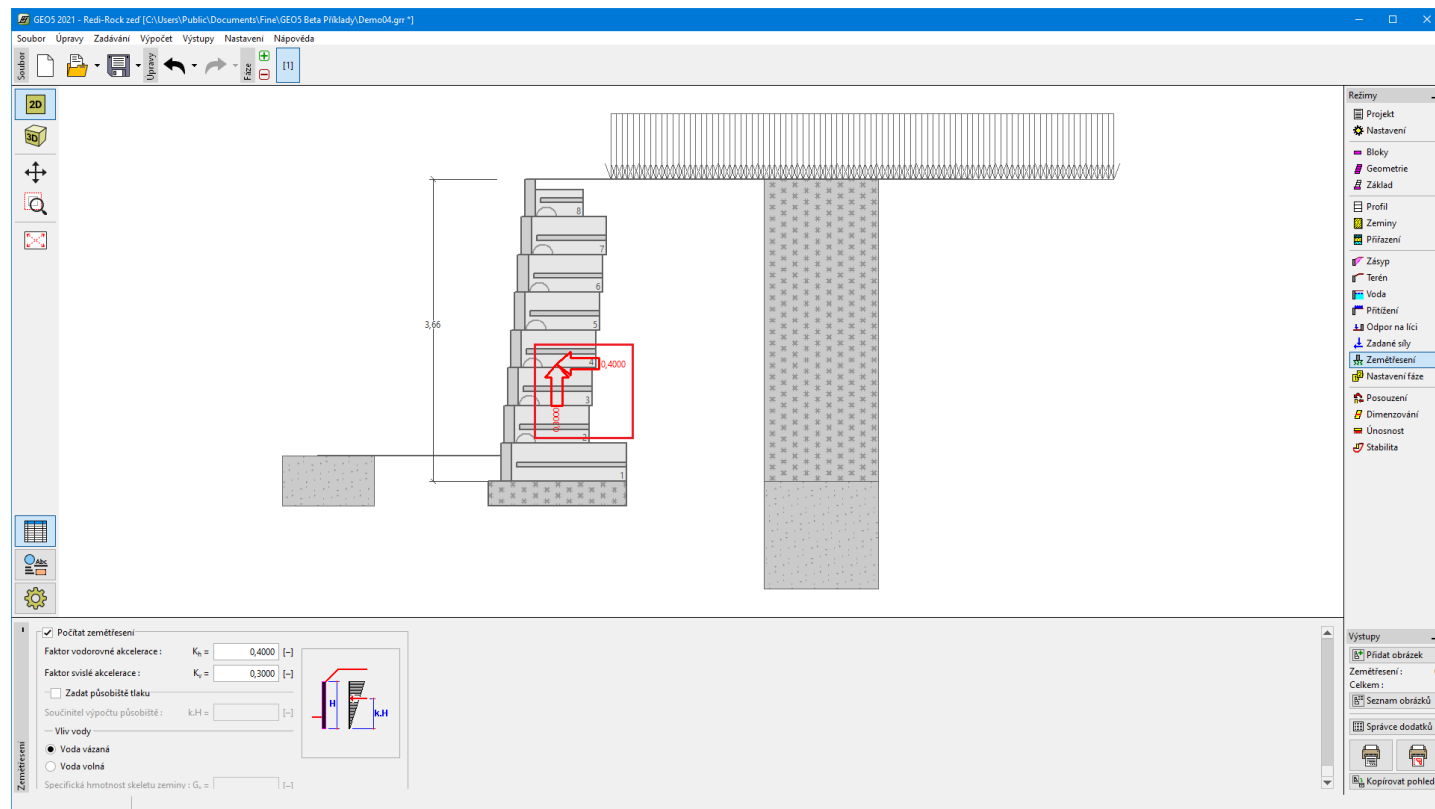
Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv zemětřesení".

Při zvolené metodice posouzení LRFD lze také definovat součinitele pro seismické kombinace dle AASHTO.



Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná návrhové situace určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité metodice posouzení.

V tomto rámu je také možné zvolit, zda tlak za zdí působí na zjednodušený rovný rub zdi.

Redukci úhlu tření zemina/zemina lze uvažovat jednou z následujících možností:

- neredukovat
- redukovat na 2/3φ (AASHTO)
- redukovat na 0
- zadat součinitel redukce

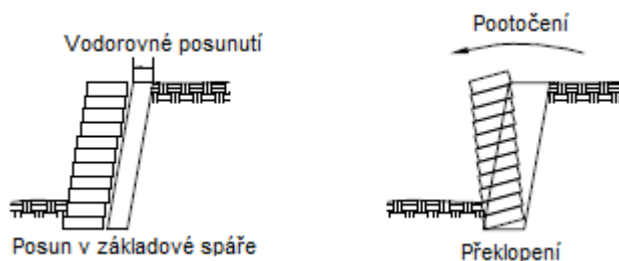
Nastavení fáze	Návrhová situace :	<div>trvalá</div> <div>trvalá</div> <div>dočasná</div> <div>mimořádná</div> <div>seismická</div>
	Výpočet tlaku na rubu zdi :	<div>standardní postup</div> <div>standardní postup</div> <div>rovný rub zdi (AASHTO)</div>
	Redukce úhlu tření zemina/zemina :	<div>neredukovat</div> <div>neredukovat</div> <div>redukovat na $2/3 \varphi$ (AASHTO)</div> <div>redukovat na 0</div> <div>zadat součinitel redukce</div>

Rám "Nastavení fáze"

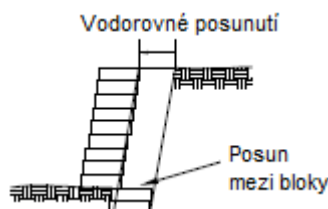
Výpočty - Tížná zed'

Ověření **tížné zdi** tvořené bloky RediRock se provádí v následujících rámech:

- Posouzení** - kontrola zdi na **posunutí** a **překlopení**



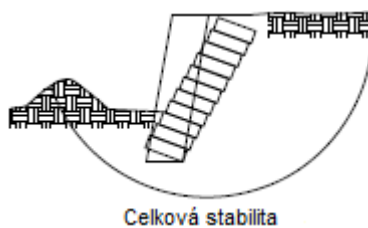
- Dimenzování** - posuzují se jednotlivé spáry mezi bloky opěrné zdi na **překlopení** a **posunutí**



- Únosnost** - ověřuje se únosnost základové půdy



- Stabilita** - posuzuje se celková stabilita konstrukce



Obrázky převzaty z: *Design Manual for Segmental Retaining Walls (NCMA, 3rd Edition)*

Posouzení

V rámu "**Posouzení**" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

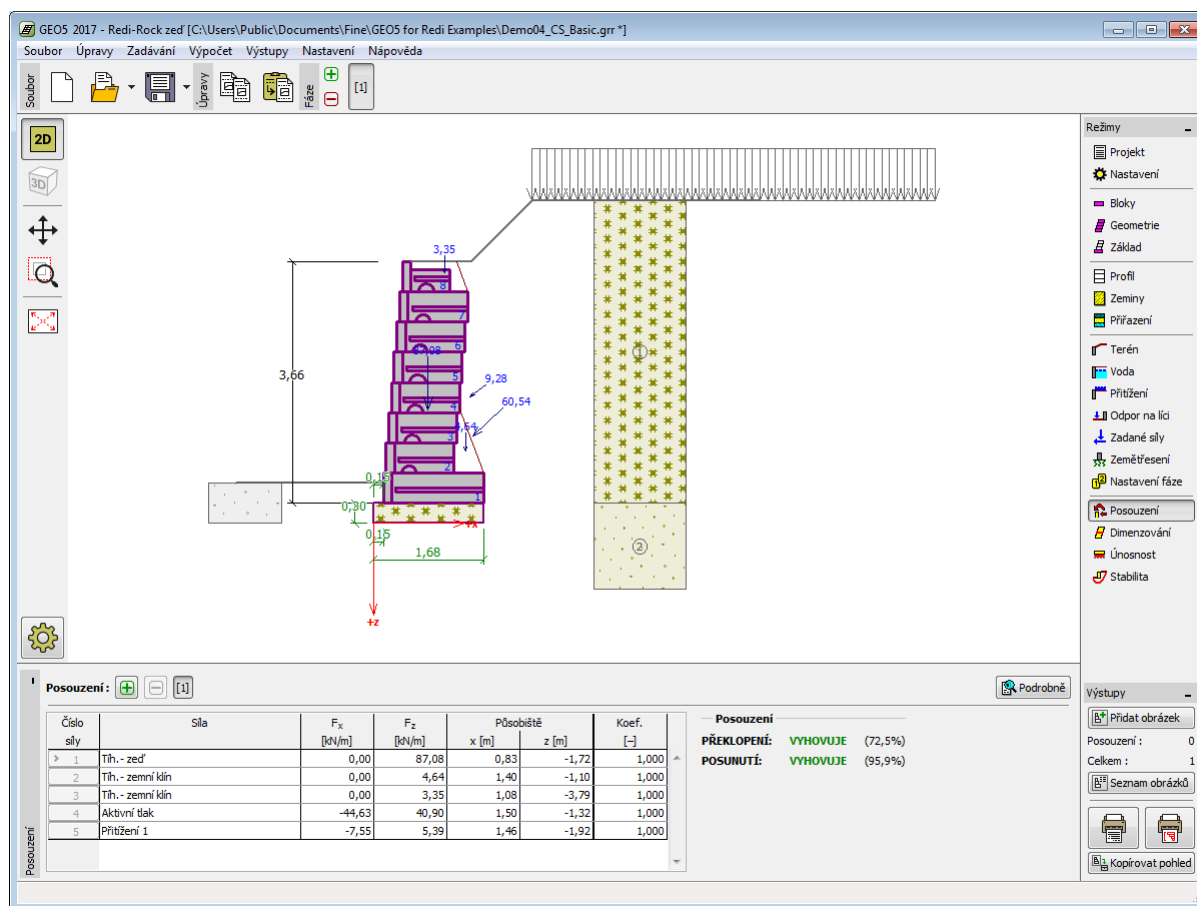
Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Postup **vlastního posouzení zdi** je popsán v teoretické části nápovědy.

Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. V pravé části rámu se zobrazuje výsledek posouzení zdi na **překlopení a posunutí**. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Posouzení"

Dimenzování

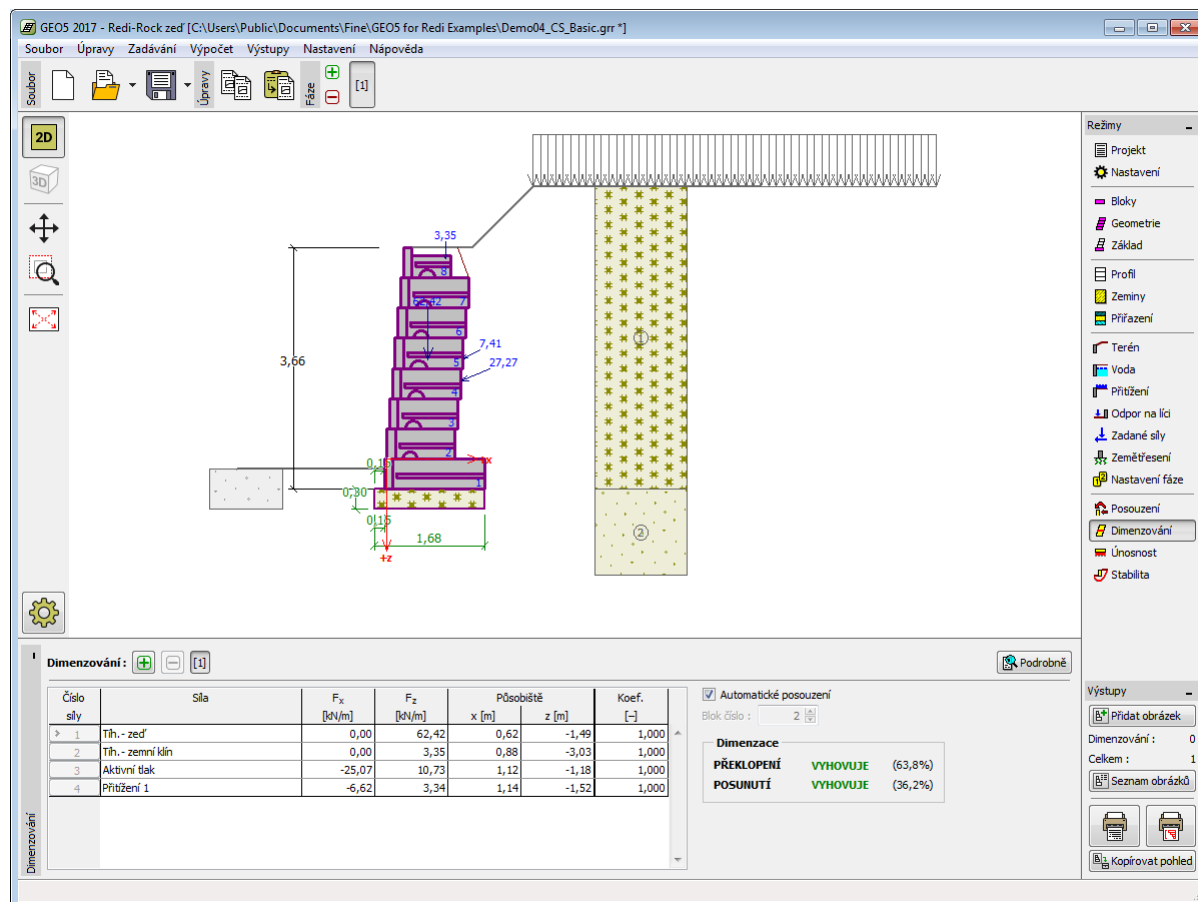
V rámu "**Dimenzování**" lze **posoudit** jednotlivé spáry mezi bloky opěrné zdi na **překlopení a posunutí**. Zaškrtnutím volby "**Automatické posouzení**" se posuzuje nejkritičtější spára nad blokem. Případně lze zadat "**Spáru nad blokem číslo**" a program provede výpočet pouze pro jednotlivou spáru.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

V rámu lze provést **více výpočtů** pro jednotlivé spáry bloků zdi. Lze zadat i různé **výpočtové koeficienty** jednotlivých sil. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Dimenzování"

Únosnost

V rámu "Únosnost" jsou zobrazeny výsledky výpočtu únosnosti základové půdy. Napětí v základové spáře je spočteno ze všech posouzení provedených v rámu "Posouzení". Do programu "Patky" a "Patky CPT", se jednotlivá posouzení převezmou jako zatěžovací stavy.

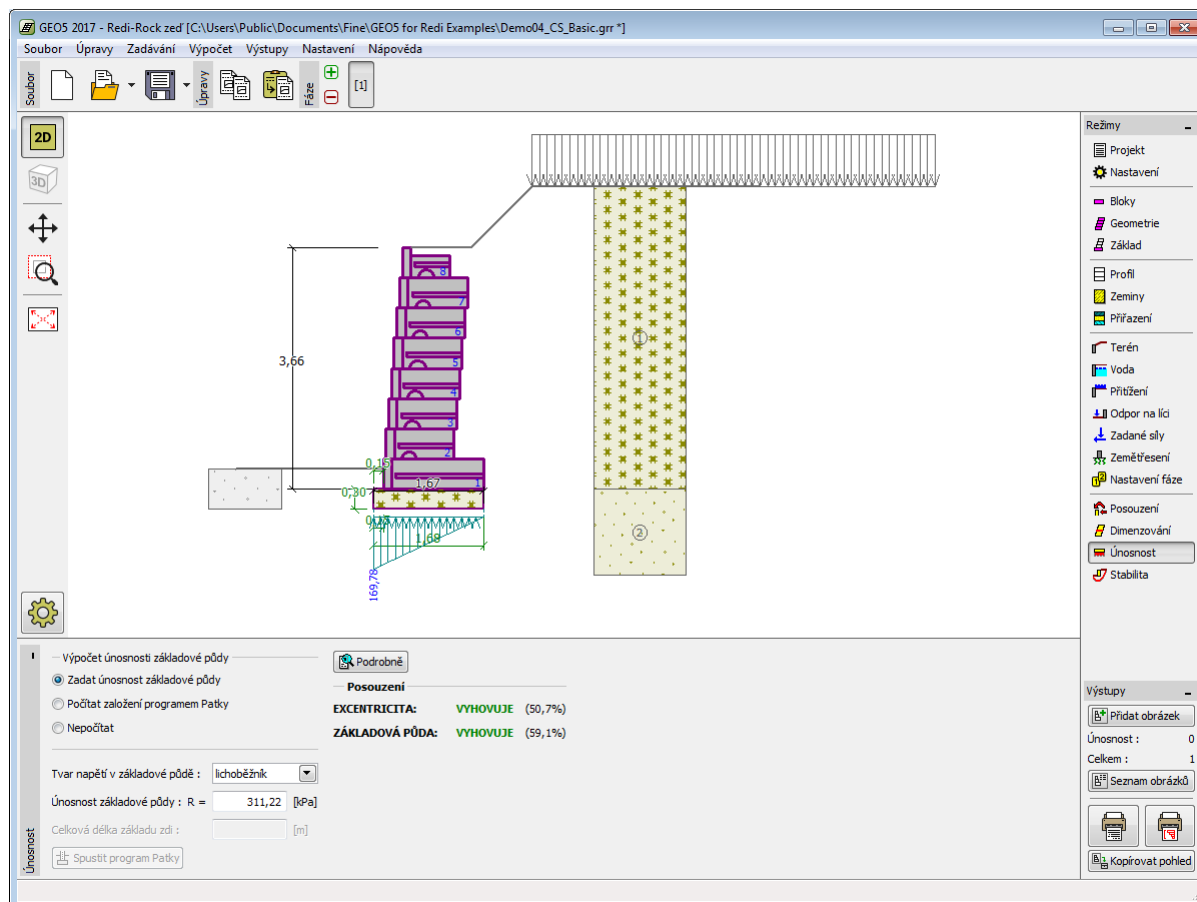
Omezení podle obr. 4-4 ze strany 73 manuálu NCMA není programem kontrolováno. Program automaticky ověřuje, že je základ zadán v souladu s konstrukčními zásadami.

Rám obsahuje následující volby výpočtu:

- Zadat únosnost základové půdy**
 V zadávacím poli se zadává únosnost základové půdy. Výsledky posouzení zdi na **excentricitu** a **únosnost základové půdy** se zobrazují v pravé části rámu. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení únosnosti základové půdy.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky"**
 Pomocí tlačítka "Spustit program Patky" se **spustí program "Patky"**, ve kterém lze spočítat únosnost základové půdy, popř. sednutí a natočení základu. Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "OK" - výsledky resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu o výpočtu v programu "RediRock Wall". Pokud není program "Patky" nainstalován, není tlačítko dostupné. Zadává se celková délka základu zdi.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky CPT"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Patky".
- Nepočítat (základ na pilotách)**
 Únosnost základové půdy se nepočítá.

Program umožňuje zadat **tvar napětí v základové půdě**.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".

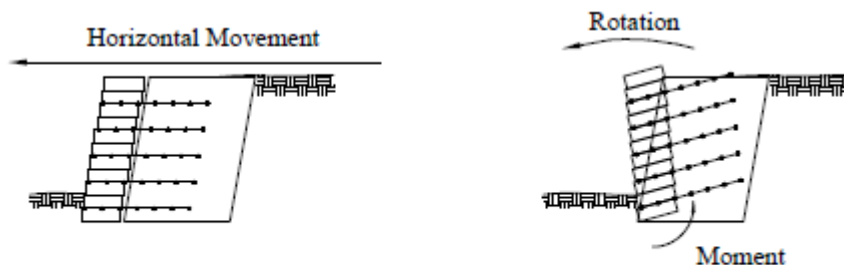


Rám "Únosnost"

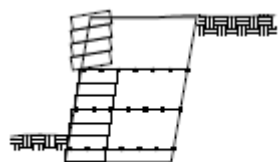
Výpočty - MSE zed'

Ověření **vyztužené opěrné zdi** tvořené bloky RediRock a výztuhami Mirafix se provádí v následujících rámech:

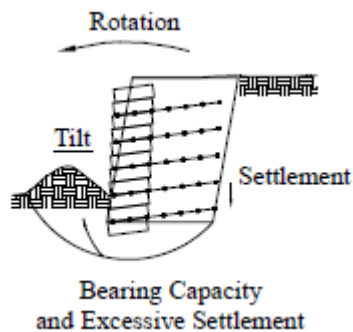
- Posouzení** - kontrola zdi na **posunutí** a **překlopení**

Base SlidingOvertuning

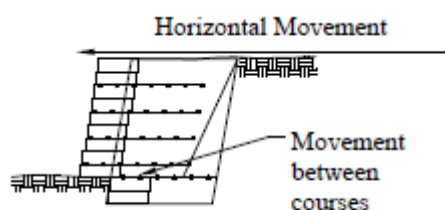
- Dimenzování** - posuzují se jednotlivé spáry mezi **nevztuženými** bloky opěrné zdi na **překlopení** a **posunutí**.

Crest Toppling

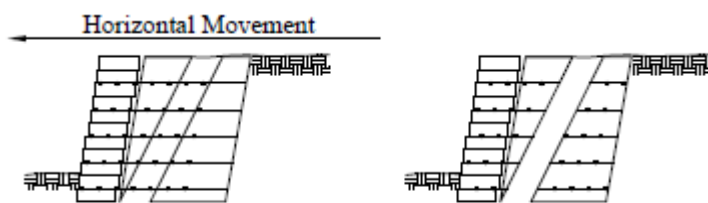
- Únosnost** - ověřuje se únosnost základové půdy



- **Posunutí po výztuze** - kontroluje se posunutí vyztuženého bloku zeminy po geovýztuze



- **Vnitřní stabilita** - posuzuje se únosnost geovýztuhy na přetržení a vytržení ze zemního masivu



- **Stabilita** - posuzuje se celková stabilita konstrukce



Obrázky převzaty z: *Design Manual for Segmental Retaining Walls (NCMA, 3rd Edition)*

Posouzení

V rámu "**Posouzení**" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

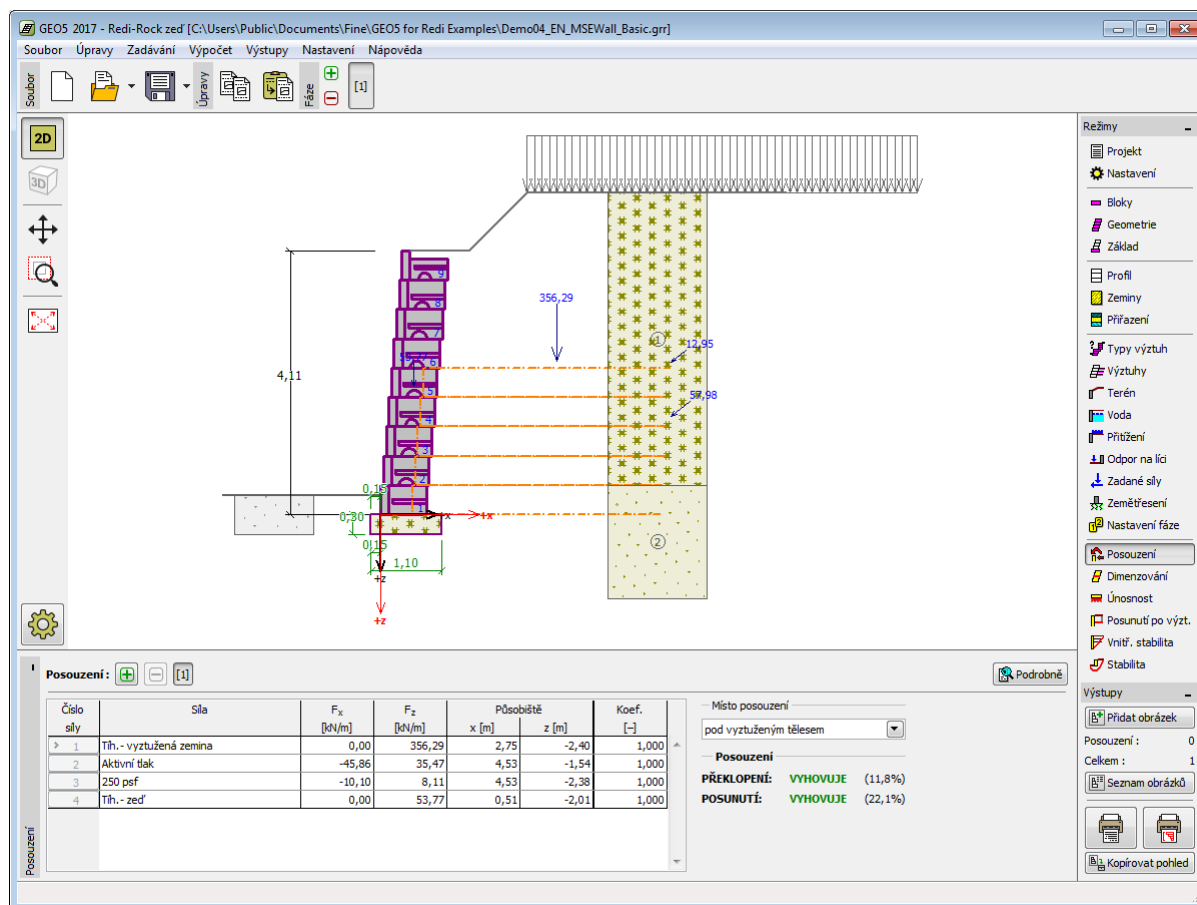
- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakémkoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Postup **vlastního posouzení zdi** je popsán v teoretické části nápovědy.

Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakémkoliv změně dat a nastavení v rámu. V pravé části rámu se zobrazuje výsledek posouzení zdi na **překlopení a posunutí**. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Posouzení lze provést v místě pod základem nebo pod vyztuženým tělesem.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Posouzení"

Dimenzování

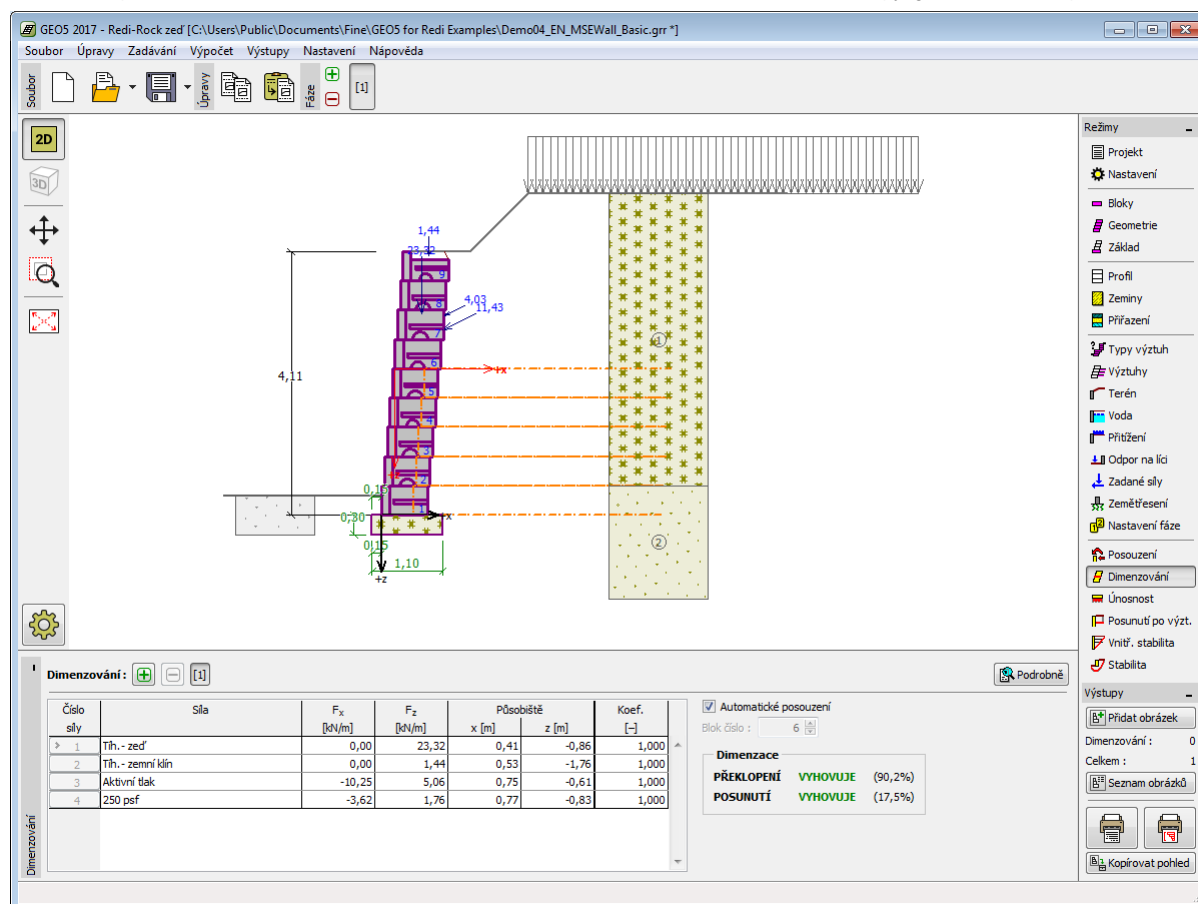
V rámu "Dimenzování" lze **posoudit** jednotlivé spáry mezi bloky opěrné zdi na **překlopení** a **posunutí**. Posouzeny mohou být pouze spáry, které nejsou vyztuženy geovýztuhami. Zaškrtnutím volby "**Automatické posouzení**" se posuzuje nejkritičtější spára nad blokem. Případně lze zadat "**Spáru nad blokem číslo**" a program provede výpočet pouze pro jednotlivou spáru.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly.
- Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

V rámu lze provést **více výpočtů** pro jednotlivé spáry bloků zdi. Lze zadat i různé **výpočtové koeficienty** jednotlivých sil. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Dimenzování"

Únosnost

V rámu "Únosnost" jsou zobrazeny výsledky výpočtu únosnosti základové půdy. Napětí v základové spáře (předpokládá se konstantní) je spočteno ze všech posouzení provedených v rámu "Posouzení". Do programu "Patky" a "Patky CPT", se jednotlivá posouzení převezmou jako zatěžovací stavy.

Omezení podle obr. 4-4 ze strany 73 manuálu NCMA není programem kontrolováno. Program automaticky ověřuje, že je základ zadán v souladu s konstrukčními zásadami.

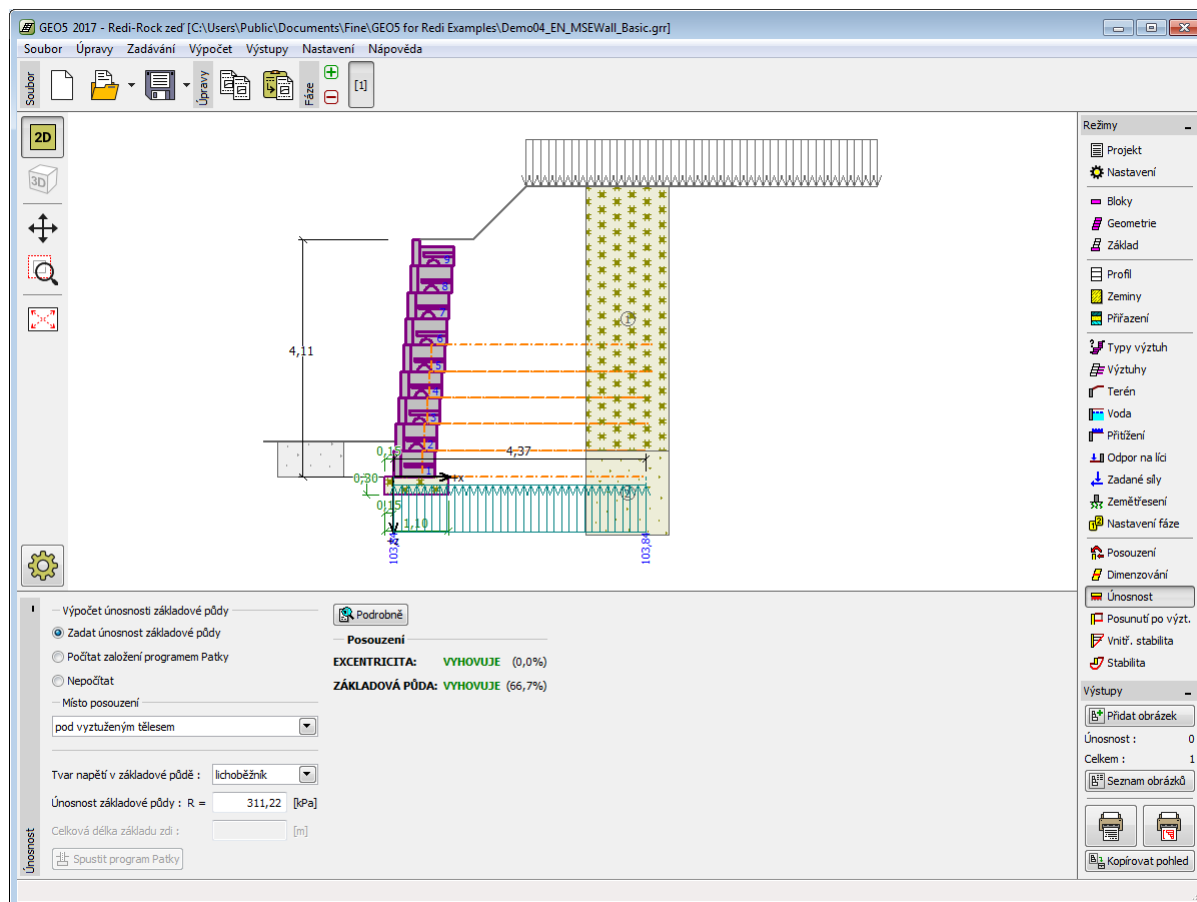
Rám obsahuje následující volby výpočtu:

- Zadat únosnost základové půdy**
 V zadávacím poli se zadává únosnost základové půdy. Výsledky posouzení zdi na excentricitu a únosnost základové půdy se zobrazují v pravé části rámu. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení únosnosti základové půdy.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky"**
 Pomocí tlačítka "Spustit program Patky" se spustí program "Patky", ve kterém lze spočítat únosnost základové půdy, popř. sednutí a natočení základu. Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "OK" - výsledky resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu o výpočtu v programu "Gabion". Pokud není program "Patky" nainstalován, není tlačítko dostupné. Zadává se celková délka základu zdi.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky CPT"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Patky".
- Nepočítat (základ na pilotách)**
 Únosnost základové půdy se nepočítá.

Program umožňuje zadat tvar napětí v základové půdě.

Posouzení lze provést v místě pod základem nebo pod vyztuženým tělesem.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Únosnost"

Posunutí po výztuze

V rámu "Posunutí po výztuze" lze posoudit posunutí vyztuženého bloku zeminy po geovýztuze pomocí zadání v poli "Výztuha číslo". Zaškrtnutím volby "Automatické posouzení" se posuzuje nejkritičtější výztuha. **Vyztužený blok zeminy** je ohraničen lícem zdi, posuzovanou geovýztuhou, svislicí procházející koncovým bodem geovýztuhy a terénem. Vyztužený blok zeminy je zatížen **aktivním zemním tlakem** a stabilizujícími silami z geovýztuh zasahujících za hranice vyztuženého bloku.

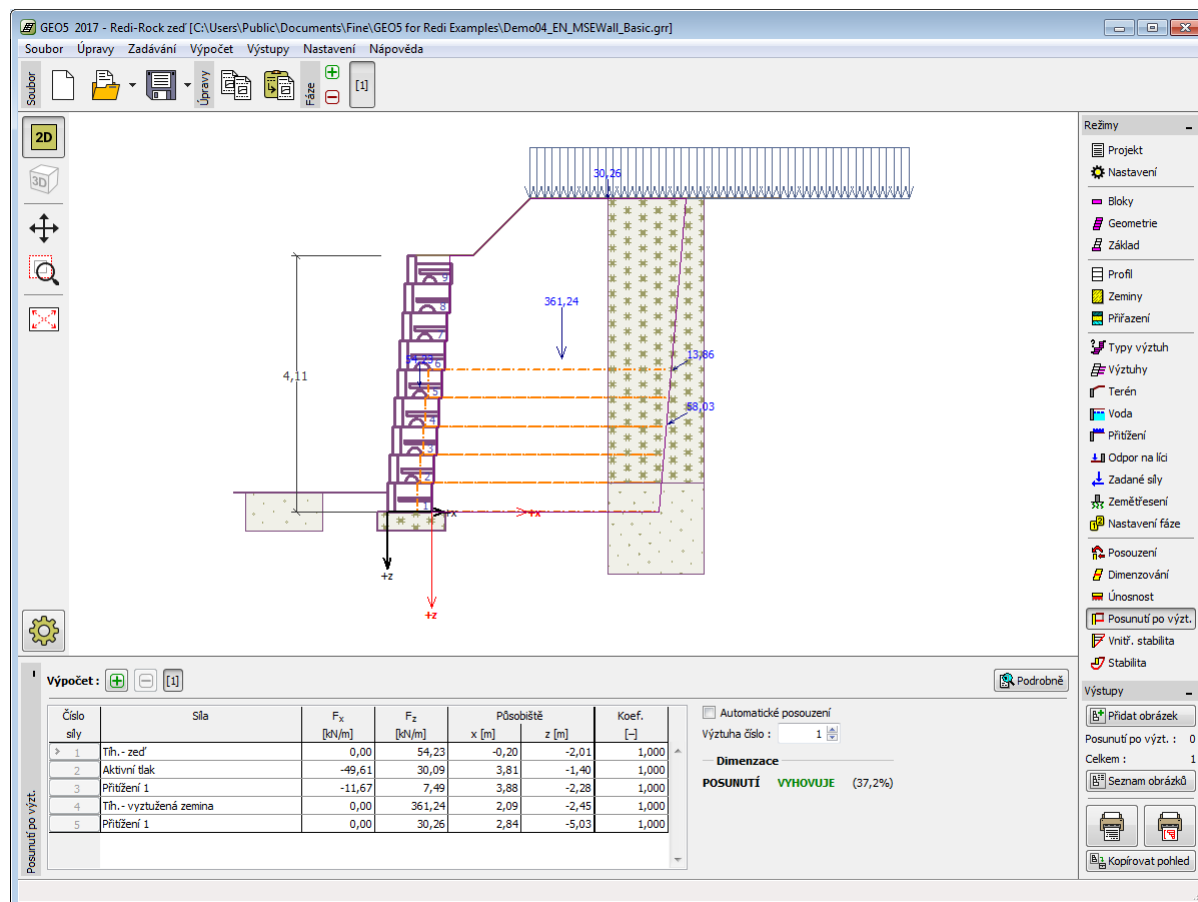
Postup výpočtu **posunutí po výztuze** je popsán v teoretické části nápovědy.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

V rámu lze provést **více výpočtů** pro posunutí po jednotlivých geovýztuhách. Lze zadat i různé **výpočtové koeficienty** jednotlivých sil. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků **vnitřní stability**.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Posunutí po výztuze"

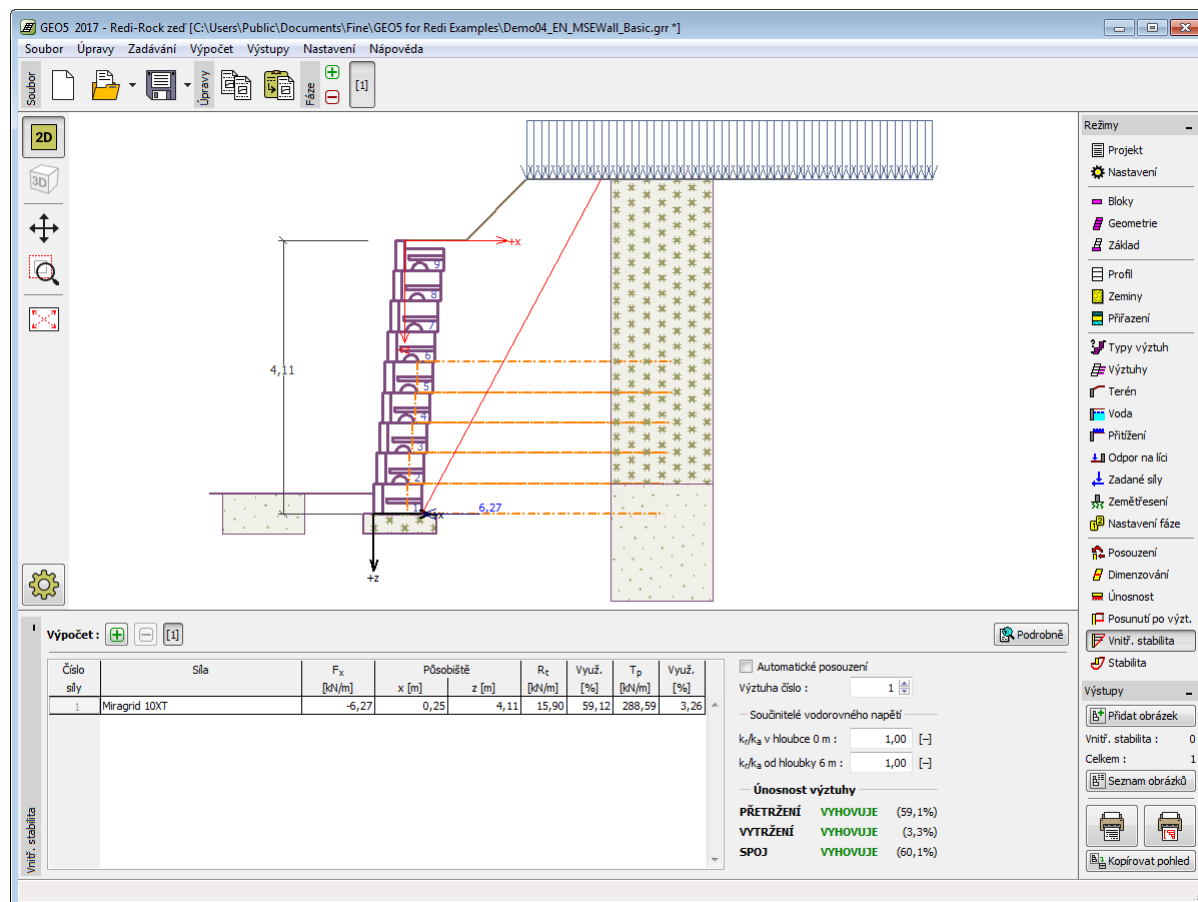
Vnitřní stabilita

V rámu "Vnitřní stabilita" lze posoudit geovýztuhy na přetržení a vytržení ze zemního masivu. Zadáním v poli "**Výztuha číslo**" se posuzují pouze jednotlivé geovýztuhy. Zaškrtnutím volby "**Automatické posouzení**" se posuzují všechny výztuhy, vpravo na desktopu je zobrazen výsledek posouzení nejkritičtější výztuhy. Postup výpočtu **vnitřní stability** je popsán v teoretické části nápovědy.

V tabulce se zobrazují síly od **aktivního zemního tlaku**, působící na líci zdi v jednotlivých geovýztuhách, a působíště těchto sil. Dále je zde uvedena únosnost výztuhy na **přetržení** R_t , únosnost výztuhy na **vytržení** ze zemního masivu T_p , únosnost spoje R_{con} a procentuální využití každé výztuhy.

V rámu lze provést **více výpočtů** posouzení jednotlivých geovýztuh. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakémkoliv změně dat. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků únosnosti výztuhy.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Vnitřní stabilita"

Modelování celé zdi

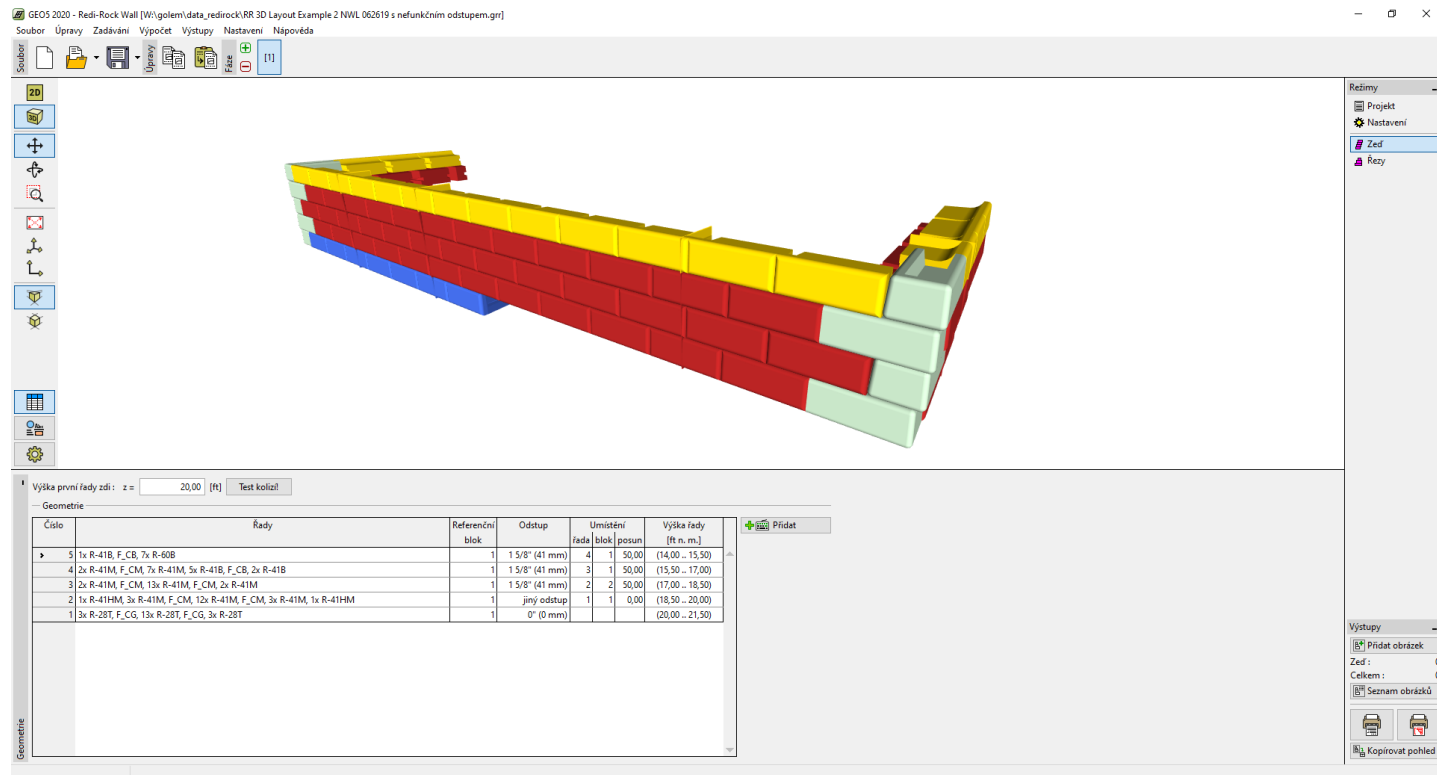
V módu programu "3D zed", který se volí v rámu **Nastavení** lze:

- konstruovat celou zeď
- dokreslovat okolí a popisy zdi pomocí **Popisek (Anotací)**
- zobrazovat **řezy zdí**
- kopírovat data řezů pro výpočet **tížných zdí** a **MSE zdí**.

Celý postup je podrobně popsán v **Inženýrském manuálu č. 39**.

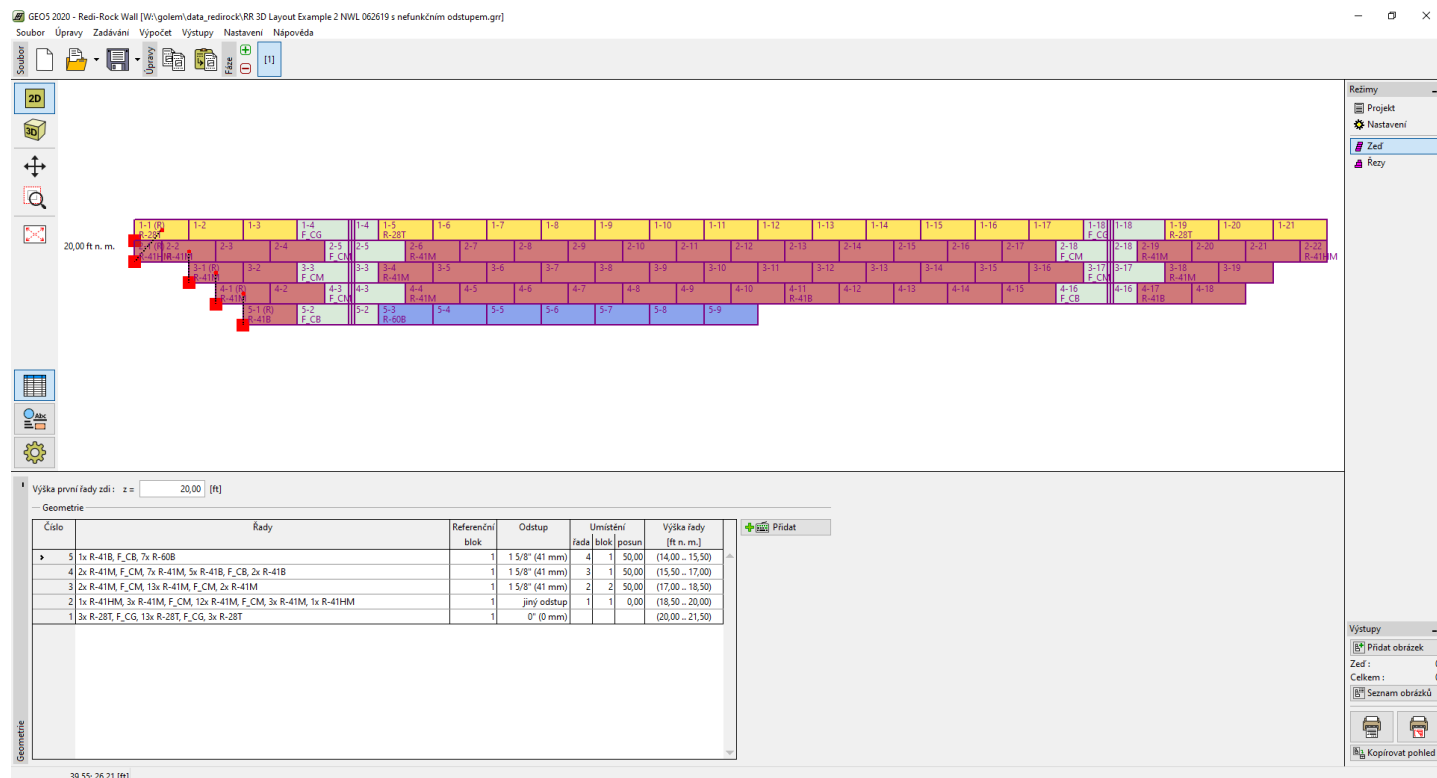
Velmi důležitý v programu je **mód zobrazení konstrukce (2D/3D)**, který přepínáme na levé **ovládací liště**.

Prostorový obrázek je velmi přehledný, nelze v něm ale tvořit popisy.



3D zobrazení zdi

Obrázek 2D umožňuje popis konstrukce, kótování, popis bloků - je ale výrazně těžší si zeď představit. Prostorový tvar zdi je "rozbalen" do 2D, zlom je zobrazen trojitou čarou. Rohové bloky jsou vykresleny z obou stran.



2D zobrazení zdi

Zeď

Konstrukce zdi se provádí v rámu "Zed".

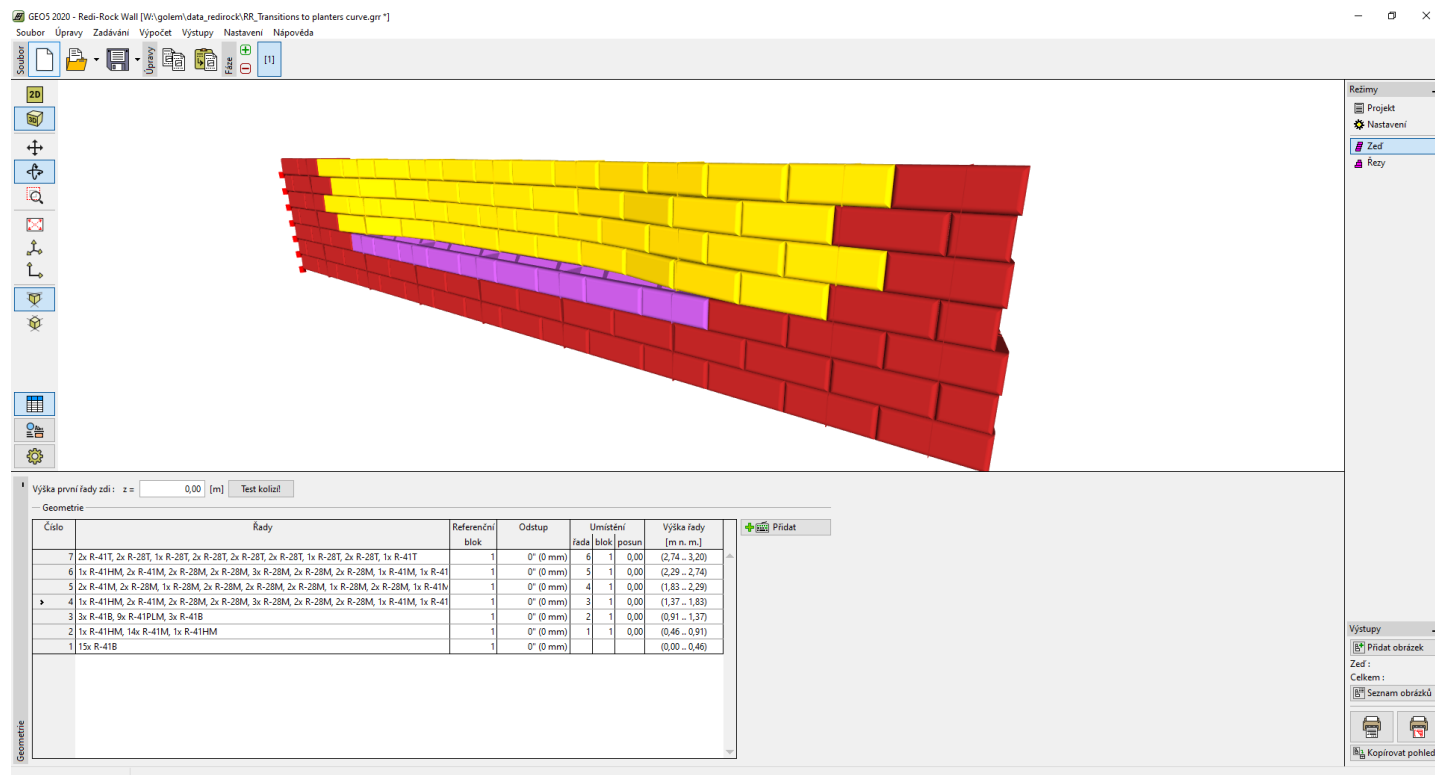
Bloky zdi umožňují konstruovat celou škálu tvarů zdí - včetně rohů, oblouků, odskoků, mezer.

Program funguje podobně jako **stavba zdi ze stavebnice Lego** :

- Nejprve namodelujeme **první řadu zdi**. Řada se modeluje **pokládáním bloků** a skupin bloků za sebe.

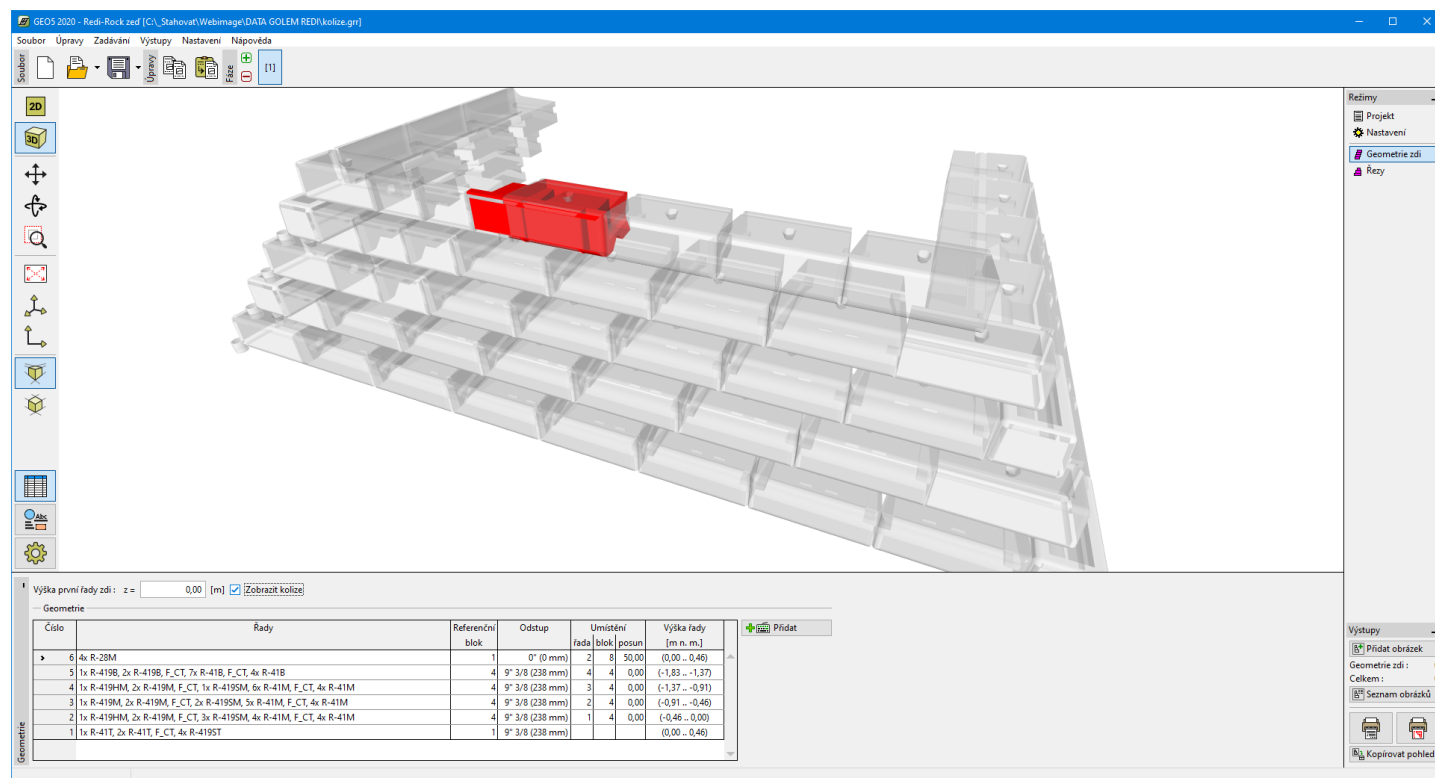
- Namodelujeme **další řady zdi a připojíme je** na jednom místě k již existující řadě zdi. Novou řadu můžeme připojit k původní řadě shora i zdola.

Řady zdi jsou zobrazeny v tabulce. Zvláštností tabulky je, že umožňuje **mazat řady** pouze **od poslední zadané k první zadané**.



Model zdi s truhlíky

Ověřit zda je zeď správně zadaná a nedochází ke kolizím mezi bloky lze stisknutím tlačítka **"Test kolizí"**. Program vykreslí bloky světle šedou barvou, případné kolize pak červenou.



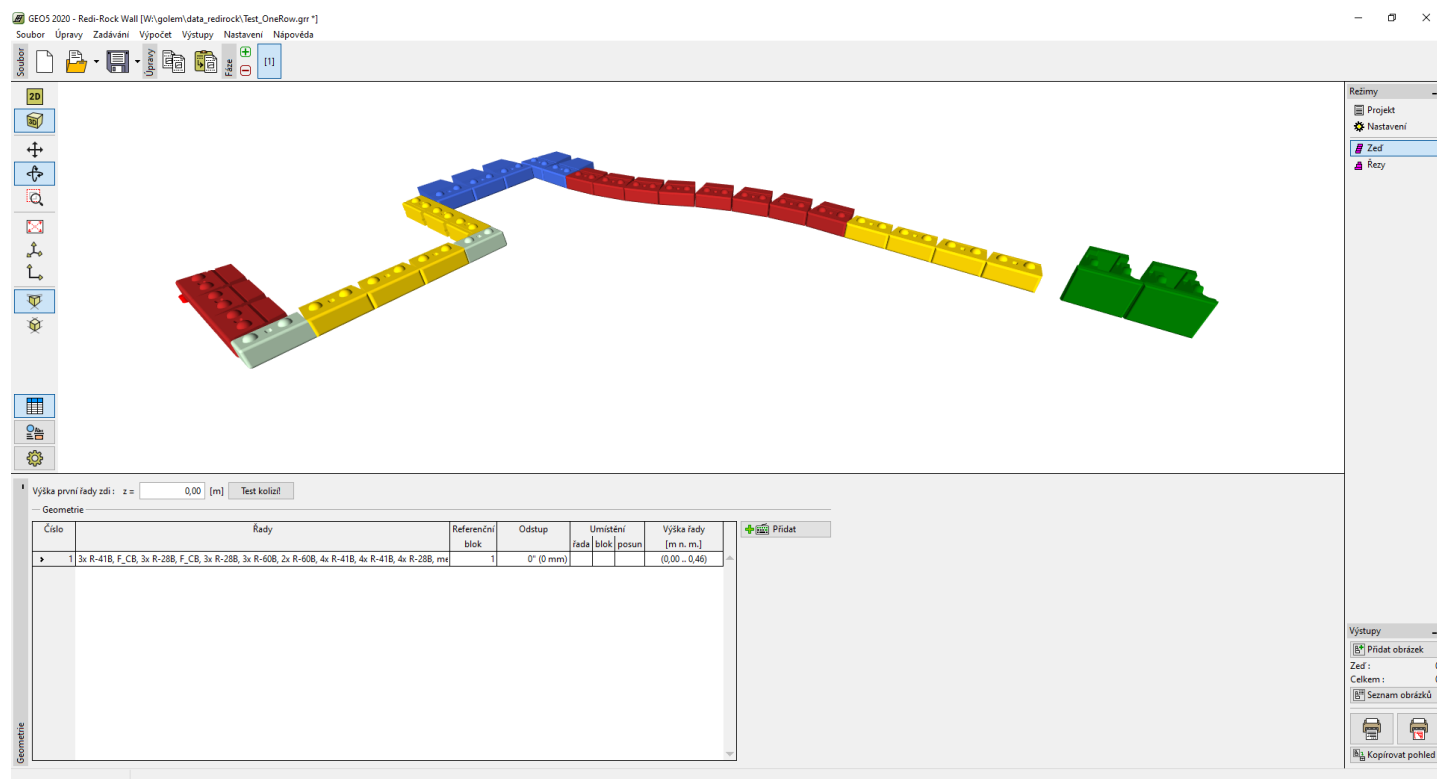
Test kolizí

Modelování řady

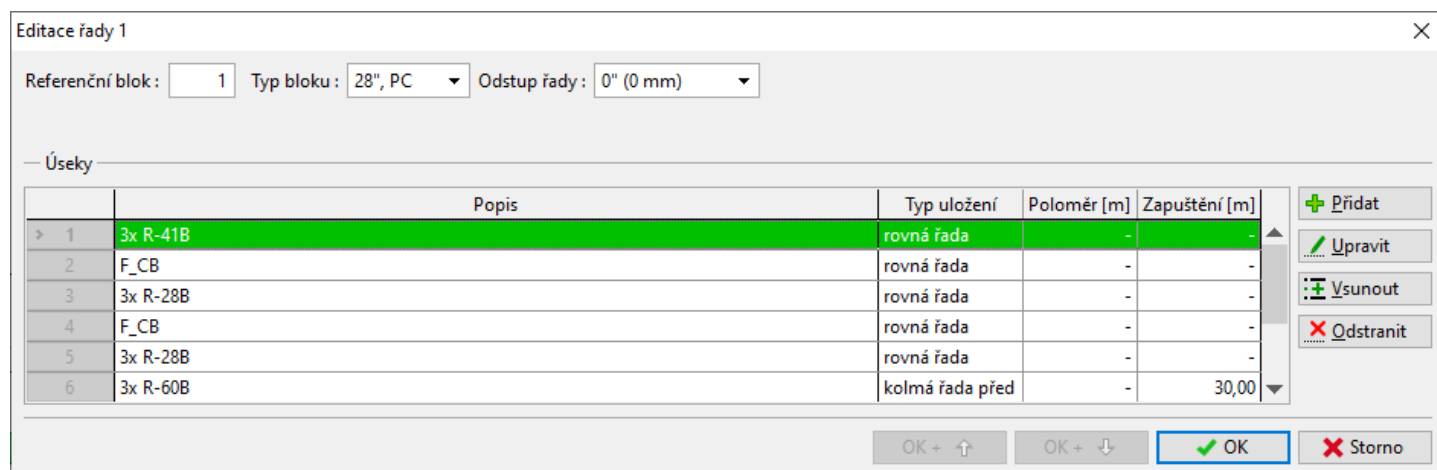
Řada se modeluje jednoduše pokládáním bloků za sebe.

U řady se zadávají:

- **Referenční blok** - má význam pro skládání zdi řad na sebe. Nezadává se u první řady.
- **Typ bloků** a k nim příslušný **odstup řady** - popisuje umístění **výstupků bloků** na dané řadě a určuje tím **odstup dalších řad**. V případě že jsou v řadě bloky s různými odstupy, je nutné zadat "**Jiný odstup**" a odstupy se zadávají až při zadání skupiny bloků.
- **Skupiny bloků** - **skupiny bloků** jsou zobrazeny v tabulce. Skupiny se řadí za sebou, každý jeden blok navazuje na druhý.



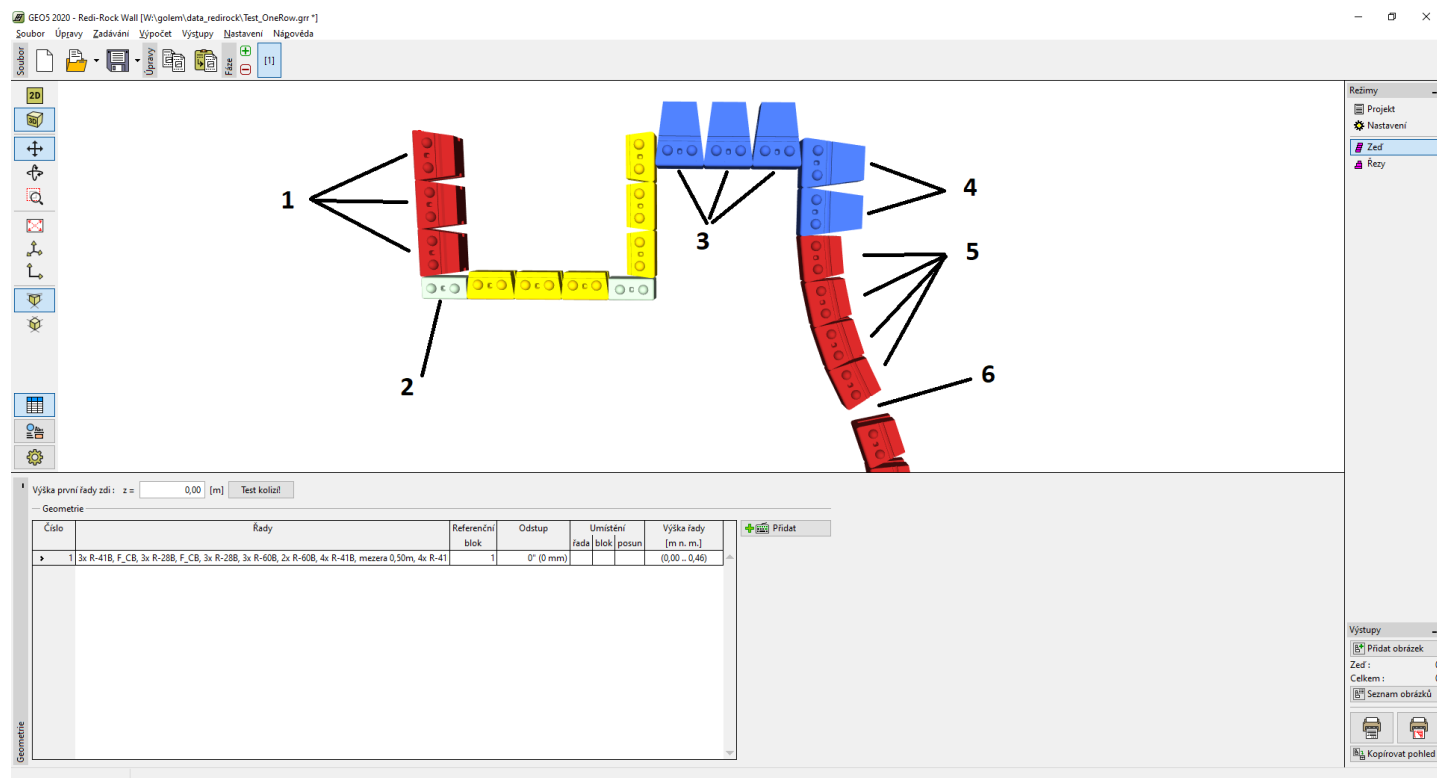
Ukázka možností zadání řady



Zobrazení jednotlivých skupin bloků při editaci řady

Skupiny bloků

Skupiny bloků umožňují definovat tvar řady zdi. Zadávají se rovné úseky, oblouky, rohy i mezery mezi bloky.



Základní způsoby uložení bloků

Typ 1 - rovný úsek

Editace úseku 1

— Výběr bloku —

41" Bottom Full

Popis: **R-41B**
(0,46x1,17x1,03m)

Typ uložení: rovná řada

Počet: n = 3

OK + ↑ OK + ↓ OK Storno

Zadání rovné řady bloků

Typ 2 - **rohový blok** - Pokud není zadán přepínač "**Součást zdi**", blok automaticky tvoří roh. Lze ho položit kolmo na původní řadu nebo rovnoběžně s řadou.

Editace úseku 2

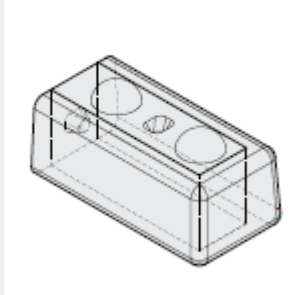
— Výběr bloku —

Corner Bottom Full

Popis: **F_CB**
(0,46x1,17x0,59m)

☐ Otočení 90°

☐ Součást zdi



OK + ↑ OK + ↓ ✓ OK ✗ Storno

Rohový blok

Typ 3 - položení **kolmé řady před** předchozí skupinu bloků

Editace úseku 6

— Výběr bloku —

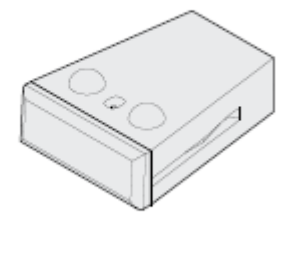
60" Bottom Full

Popis: **R-60B**
(0,46x1,17x1,52m)

Typ uložení: kolmá řada před

Počet: n = 3

Zapuštění: d = 30,00 [%]



OK + ↑ OK + ↓ ✓ OK ✗ Storno

Kolmé napojení řady

Typ 4 - položení **kolmé řady za** předchozí skupinu bloků

Editace úseku 7

— Výběr bloku —

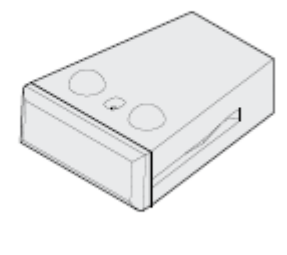
60" Bottom Full

Popis: **R-60B**
(0,46x1,17x1,52m)

Typ uložení: kolmá řada za

Počet: n = 2

Zapuštění: d = 60,00 [%]



OK + ↑ OK + ↓ ✓ OK ✗ Storno

Kolmé napojení řady

Typ 5 - zadání skupiny bloků do **oblouku** - oblouk může být kokávní resp. konvexní.

Editace úseku 8

— Výběr bloku —

41" Bottom Full

Popis: **R-41B**
(0,46x1,17x1,03m)

Typ uložení: oblouk konvexní

Počet: n = 4

Poloměr: r = 5,00 [m]

OK + ↑ OK + ↓ **OK** Storno

Editace úseku v oblouku

Typ 6 - vytvoření **mezery mezi bloky** - pokud zadáme typ bloku "nezadáno", lze zadat mezeru mezi bloky.

Editace úseku 11

— Výběr bloku —

nezadáno

Mezera: l = 0,50 [m]

OK + ↑ OK + ↓ **OK** Storno

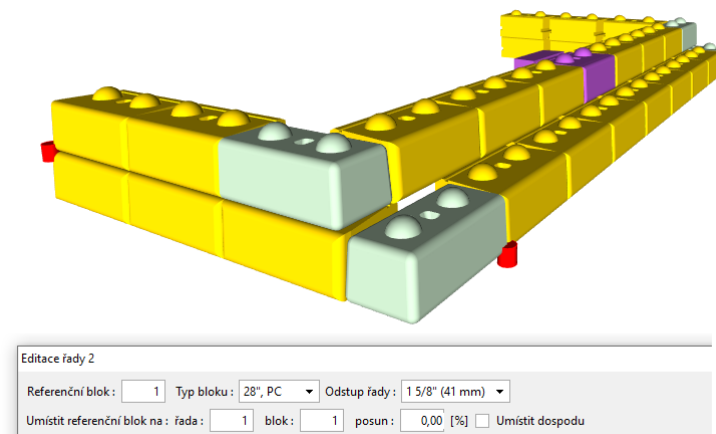
Zadání mezery

Skládání zdi z řad

Jednotlivé řady zdi se připojují k sobě pomocí **referenčních bodů**. Princip práce **ukážeme na příkladu** modelování zdi na obrázku. Zeď má odstup bloků 41mm, v materiálech RediRock je popsána jako "Venkovní roh - řešení s krátkými bloky" - "Outside corner shortback solution".

Zadáme první, základní řadu s **nastaveným odskokem 41mm**.

Zadáme druhou řadu a **referenční blok** ponecháme 1 a umístíme ho na 1 blok 1. řady. Výsledek vidíme na obrázku. Horní řadu musíme posunout, aby roh byl namodelován správně.



Špatné položení řad na sebe

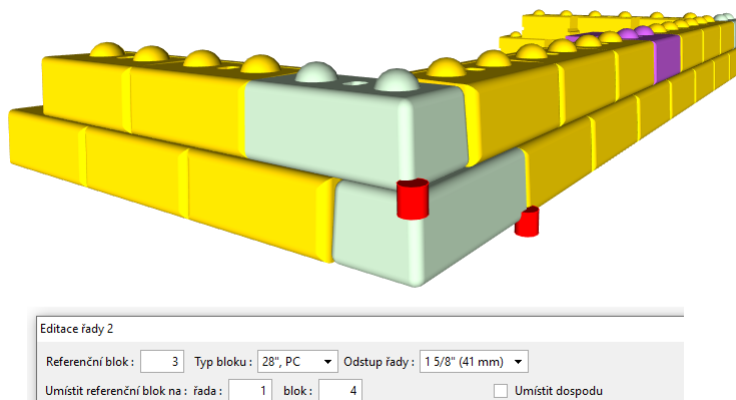
Upravíme tedy umístění referenčního bloku posunutím na 50 procent spodního bloku. Výsledek již vypadá správně, ale není. **Zadaný odskok 41mm se automaticky nastaví na referenční blok**, takže oba boky zdi jsou namodelovány správně

- čelo zdi by ale bylo svislé bez odskoků. Správná velikost posunu je o 41mm menší - je tedy nutné procento posunu zmešit o 41/1172 tj. o 3.5 procenta na **46,5 procent**. Tím zajistíme **správný odskok na čelní straně zdi**.



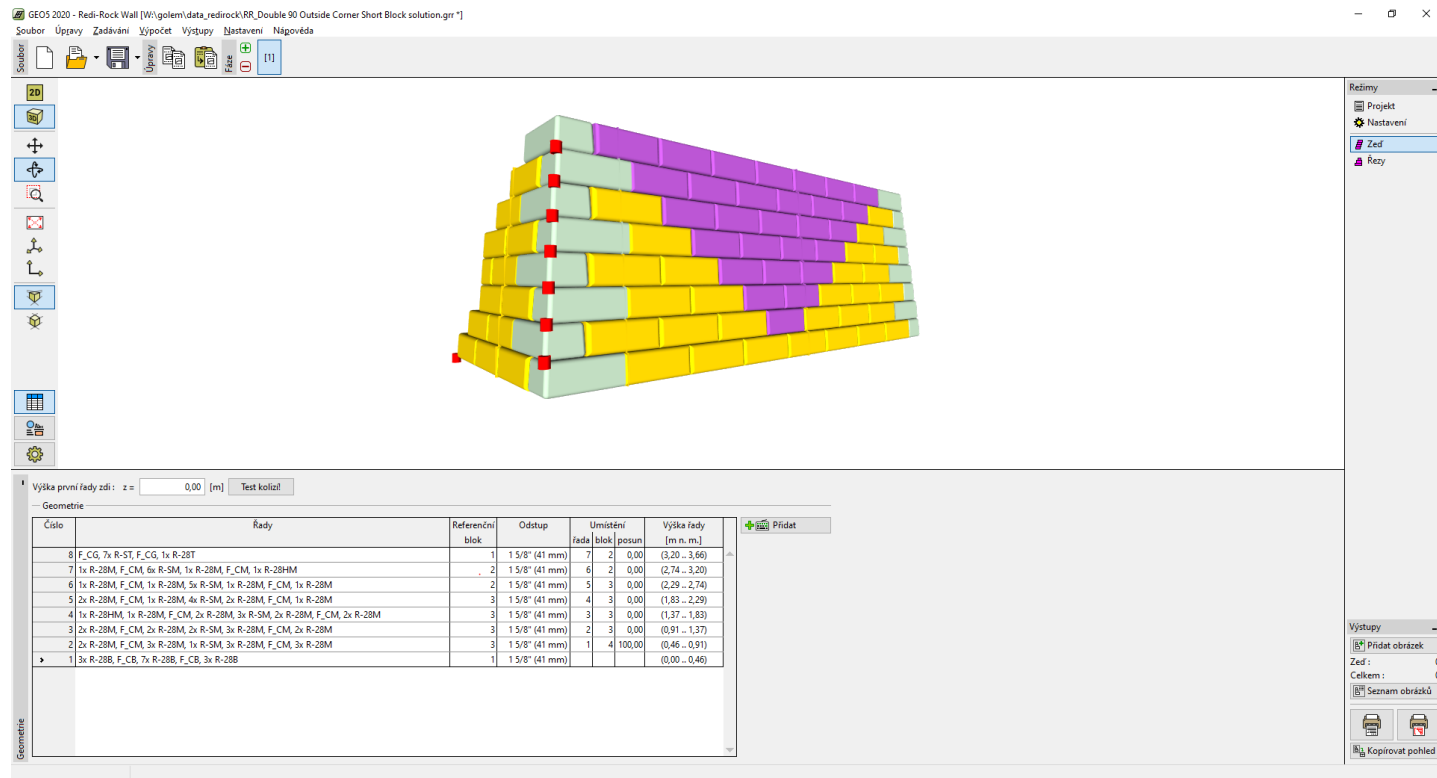
Úprava polohy řad posunem po referenčním bloku

Pro reálnou práci je tento postup poněkud komplikovaný - proto program nabízí možnost umístit **referenční bod na roh zdi**. V tomto případě se **odstupy v obou směrech** dopočítávají automaticky.



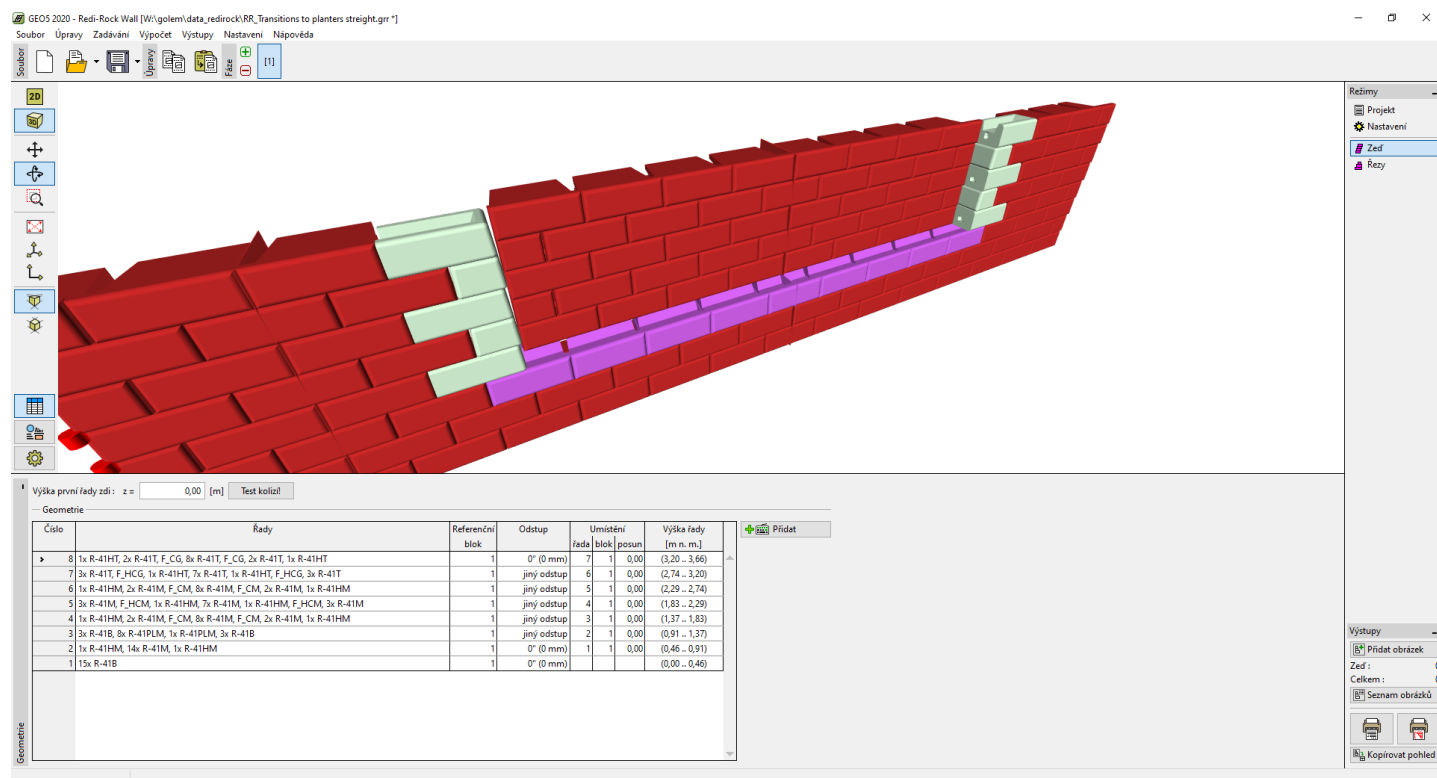
Tímto způsobem přidáme **další řady zdi** a dbáme na to, aby:

- referenční blok horní řady byl vybrán rohový blok
- řada byla umístěna na rohový blok předchozí řady



Vytvořená zed'

Standardně je **odskok** po celé délce řady stejný, ale lze ho i **po délce řady měnit**. Toho se dá využít u komplikovaných zdi - například zdi s truhlíky.



Zed' s truhlíky s rovným odskokem

Řezy

V **rámu "Řezy"** lze zadat a zobrazit libovolné množství řezů zdi.

Řez je veden **prostředkem zadaného bloku** - blok určíme zadáním čísla řady a čísla bloku.

Vytvořené řezy se automaticky rozdělí **podle výpočtového modelu**:

- výpočet tížná zed'

- výpočet MSE zed'
- neurčeno

Číslo	Název	Číslo řady	Číslo bloku	Výpočtový model
1	Řez č. 1	2	2	výpočet tížná zed'
2	Řez č. 2	2	4	neurčeno
3	Řez č. 3	1	8	výpočet tížná zed'
4	Řez č. 4	3	12	výpočet tížná zed'

Tabulka vytvořených řezů

Tlačítkem **"Kopírovat řez pro výpočet"** můžeme program přepnout do módu Tížná zed' nebo MSE zed'. Program se přepne do rámu Geometrie a převezme vybraný řez.

Vybraný řez můžeme také **zkopírovat do schránky a vložit do jiné relace** programu RediRock.

GEO5 2020 - Redi-Rock Wall [W:\golem\data_redirock\RR_Outside corner for 230mm Setback.grn"]

Soubor Úpravy Zadáání Výpočet Výstupy Nastavení Nápověda

Soubor Úpravy Zadáání Výpočet Výstupy Nastavení Nápověda

2D

0,00 m n. n.

Řez č. 2 (1-2)

Řez č. 1 (4-8)

Řez č. 3 (1-14)

Řez č. 2 (1-2)

Řez č. 1 (4-8)

Řez č. 3 (1-14)

2,67; 3,12 [m]

Číslo	Název	Číslo řady	Číslo bloku	Výpočtový model
1	Řez č. 1	4	8	výpočet tížná zed'
2	Řez č. 2	1	2	výpočet tížná zed'
3	Řez č. 3	1	14	výpočet tížná zed'

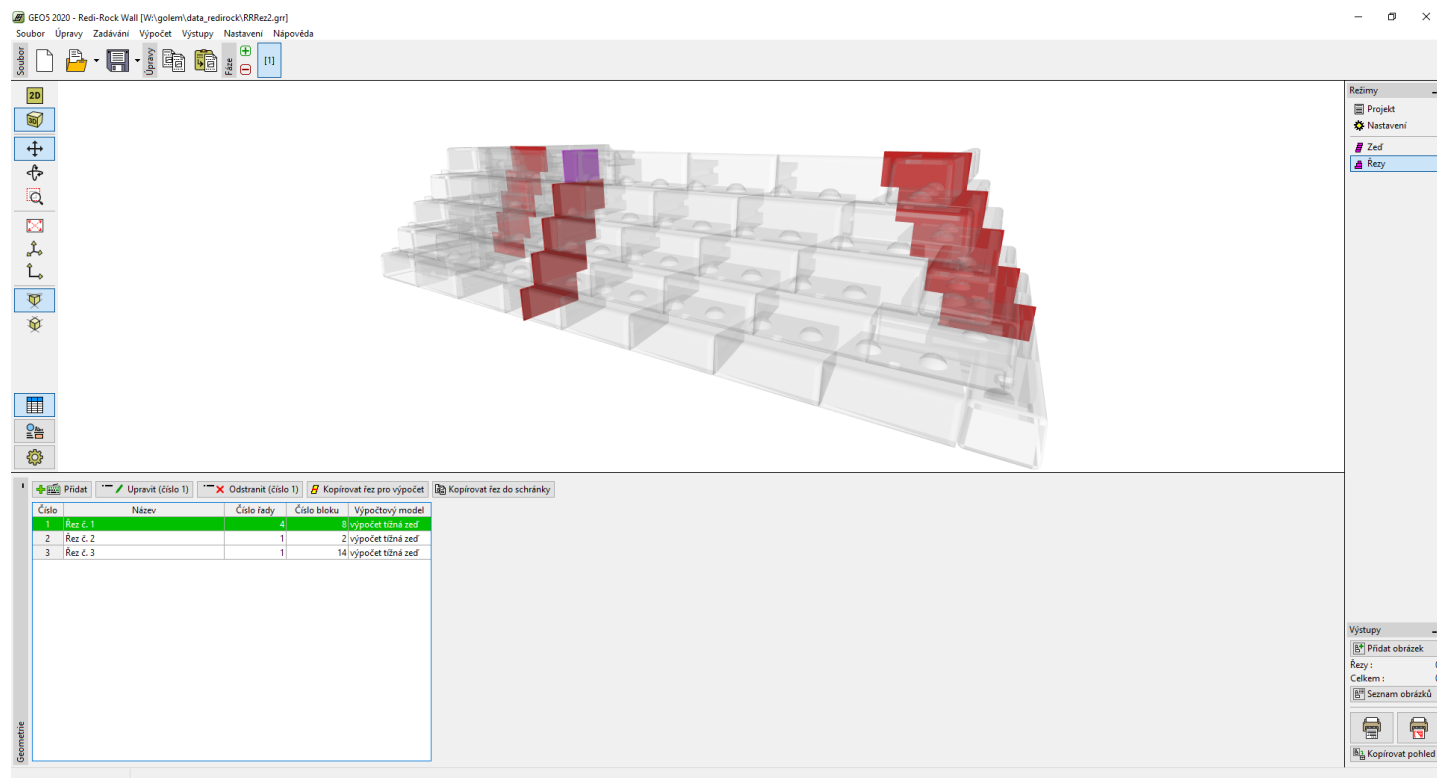
Režimy

- Projekt
- Nastavení
- Zed'
- Řezy

Výstupy

- Přidat obrázek
- Řazy: 0
- Celkem: 0
- Seznam obrázků
- Kopírovat pohled

Zobrazení řezů v 2D módu

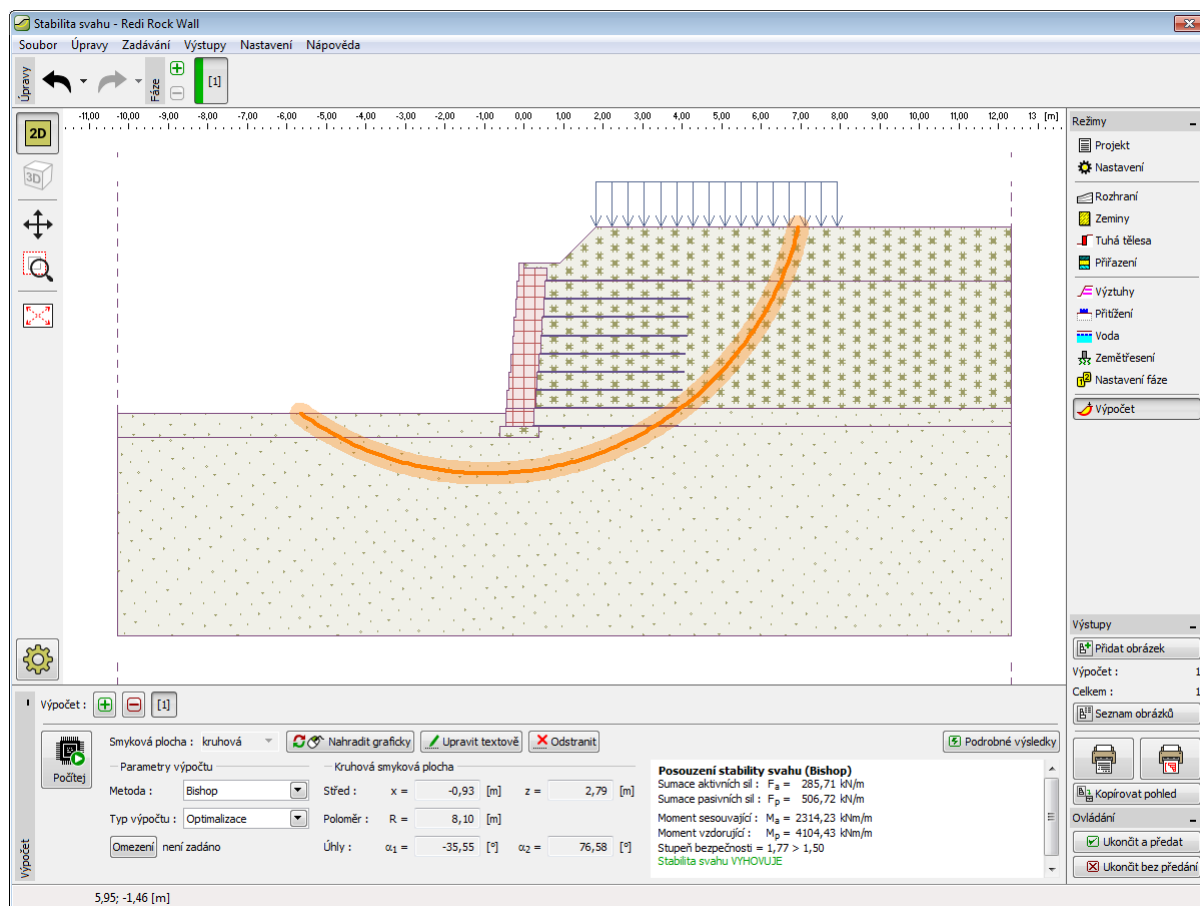


Zobrazení řezů v 3D módu

Stabilita

Při stisknutí tlačítka **"Stabilita"** se spustí program **"Stabilita svahu"** a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu **stabilita svahu** pak můžeme posoudit celkovou stabilitu konstrukce zdi. Pokud program **"Stabilita svahu"** není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem **"OK"** - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu v programu **"RediRock"**.



Rám "Stabilita"

Program Pažení návrh

Program je určen k návrhu pažicích, kotvených i nekotvených konstrukcí (štětové, záporové, podzemní a pilotové stěny). Výsledkem výpočtu jsou nutné délky konstrukce v zemině (pro patu vetknutou, resp. volně uloženou), síly v kotvách a průběh vnitřních sil na konstrukci. Program **"Pažení návrh"** poskytuje předběžný odhad o chování pažicích konstrukce.

Komplexní řešení vícenásobně kotvených stěn a pažicích konstrukcí včetně jejich posouzení a dimenzování se provádí v programu **"Pažení posudek"**.

Nápověda k programu **"Pažení návrh"** zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávatel dat v jednotlivých rámech:

Projekt Kotvy	Nastavení Rozpěry	Profil Podpory	Zeminy Stanovení tlaku Výpočet	Přiřazení Terén	Geometrie Voda	Materiál Přetížení
Zadané síly	Zemětřesení	Nastavení fáze		Dimenzování	Stabilita	

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu **"Pažení návrh"**:

Napětí v zemině	Zemní tlaky	Pažení návrh	Záporové pažení	Dimenzování železobetonových konstrukcí	Dimenzování ocelových průřezů
Dimenzování dřevěných průřezů	Dimenzování plastových štětovnic	Dimenzování cementozeminných konstrukcí			

- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v **uživatelském prostředí** programů GEO5
- Společné zadávání** pro všechny programy

Projekt

Rám **"Projekt"** je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádějí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Výpočet tlaků**".

Rám "Nastavení"

Profil

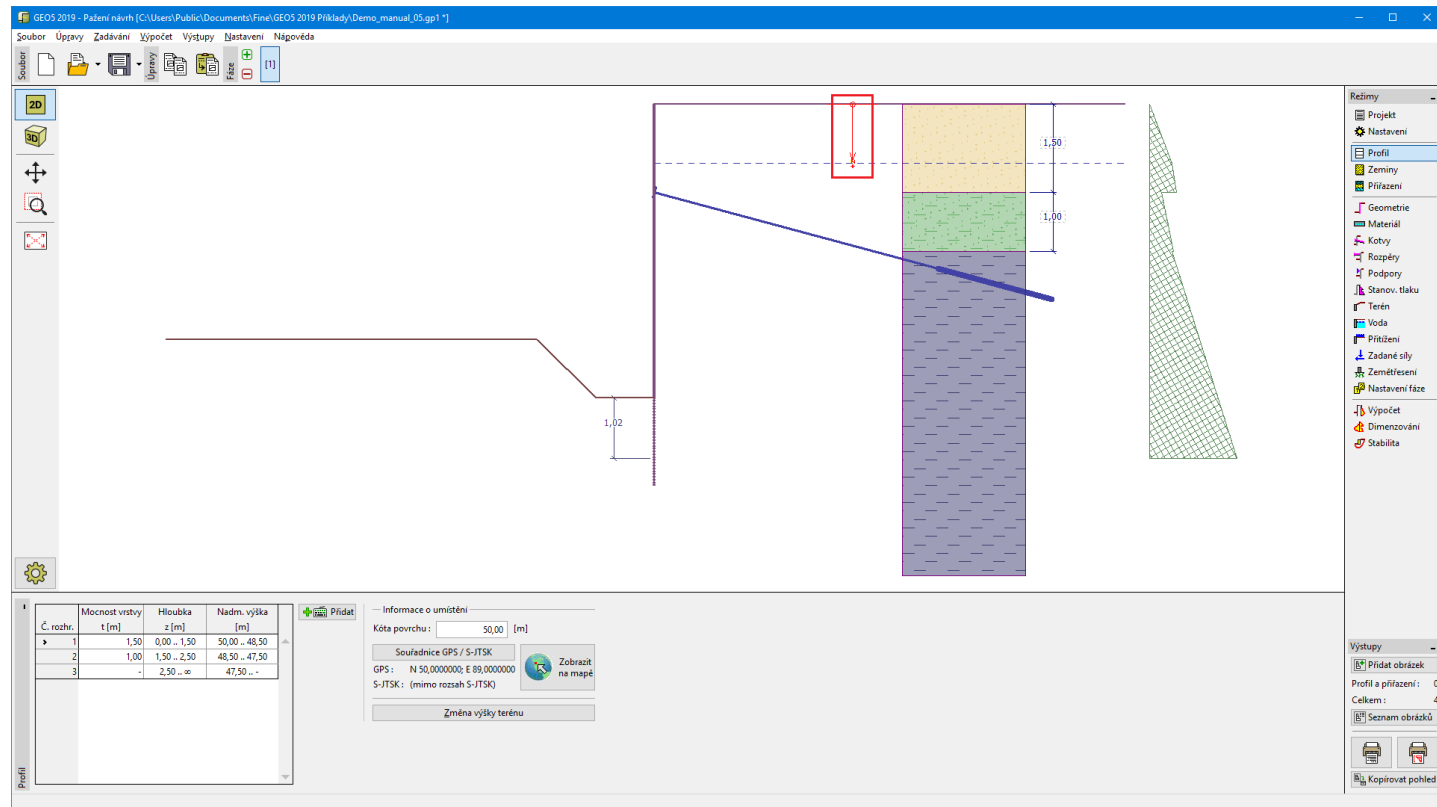
Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -tová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrtvy (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

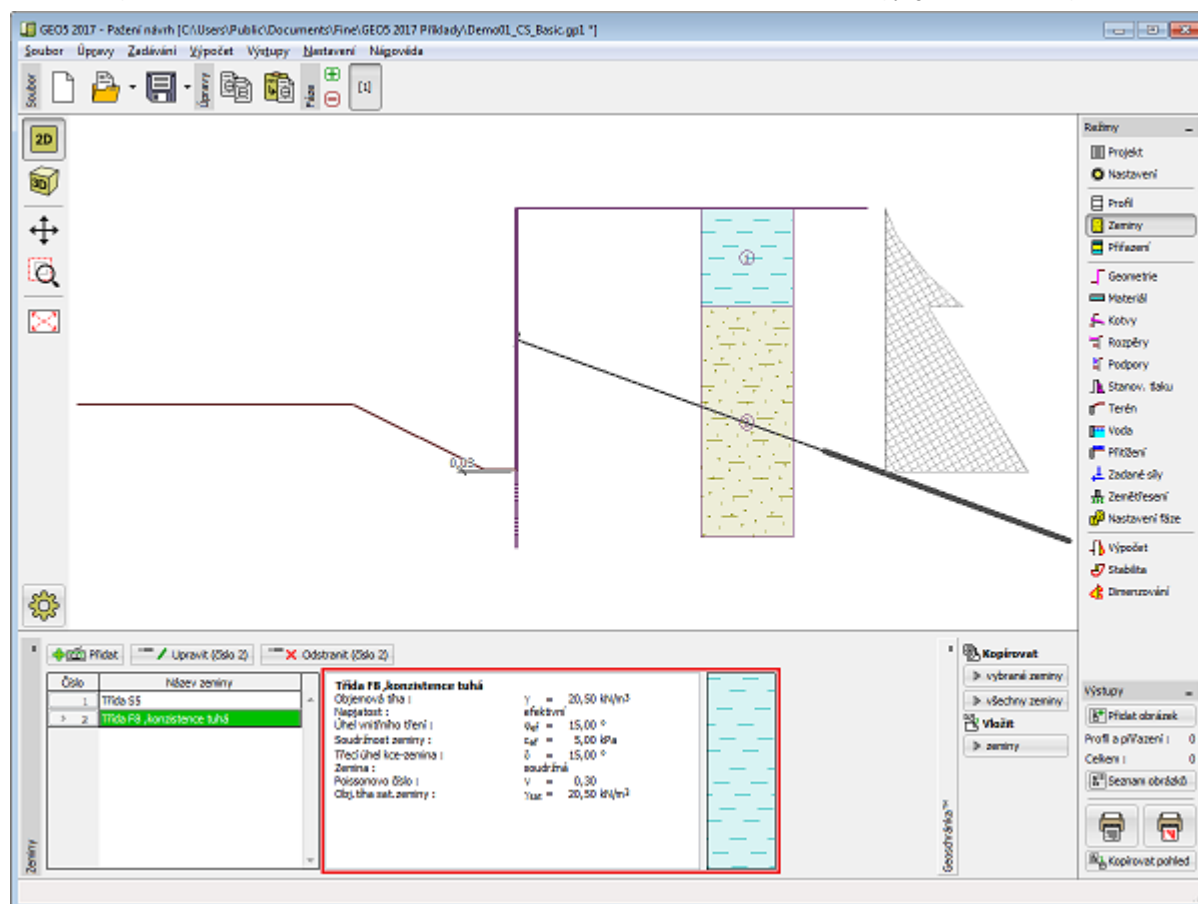
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v dialogovém okně "Přidání nových zemín".

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "Základní data", "Tlak v klidu" a "Vztlak".

Data zadáných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemín**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemín. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní**, **resp. totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu **"Napjatost"**. To zda počítat v **efektivní**, **resp. totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí**, který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce α** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole **"Zemní tlaky"**.

Přidání nových zemin

Identifikace
Název : Třída F1, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ [kN/m³] 19,0

Napjatost : efektivní

Úhel vnitřního tření : $\phi_{ef} = 29,00$ [°] 26-32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00$ [kPa] 4-12

Třecí úhel ke-zemina : $\delta =$ [°]

Vztlak

Způsob výp.vztlaku : standardní

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Barva

Kategorie vzorků
GEO

Vzorek
Hlína štěrkovitá

Zatřídění

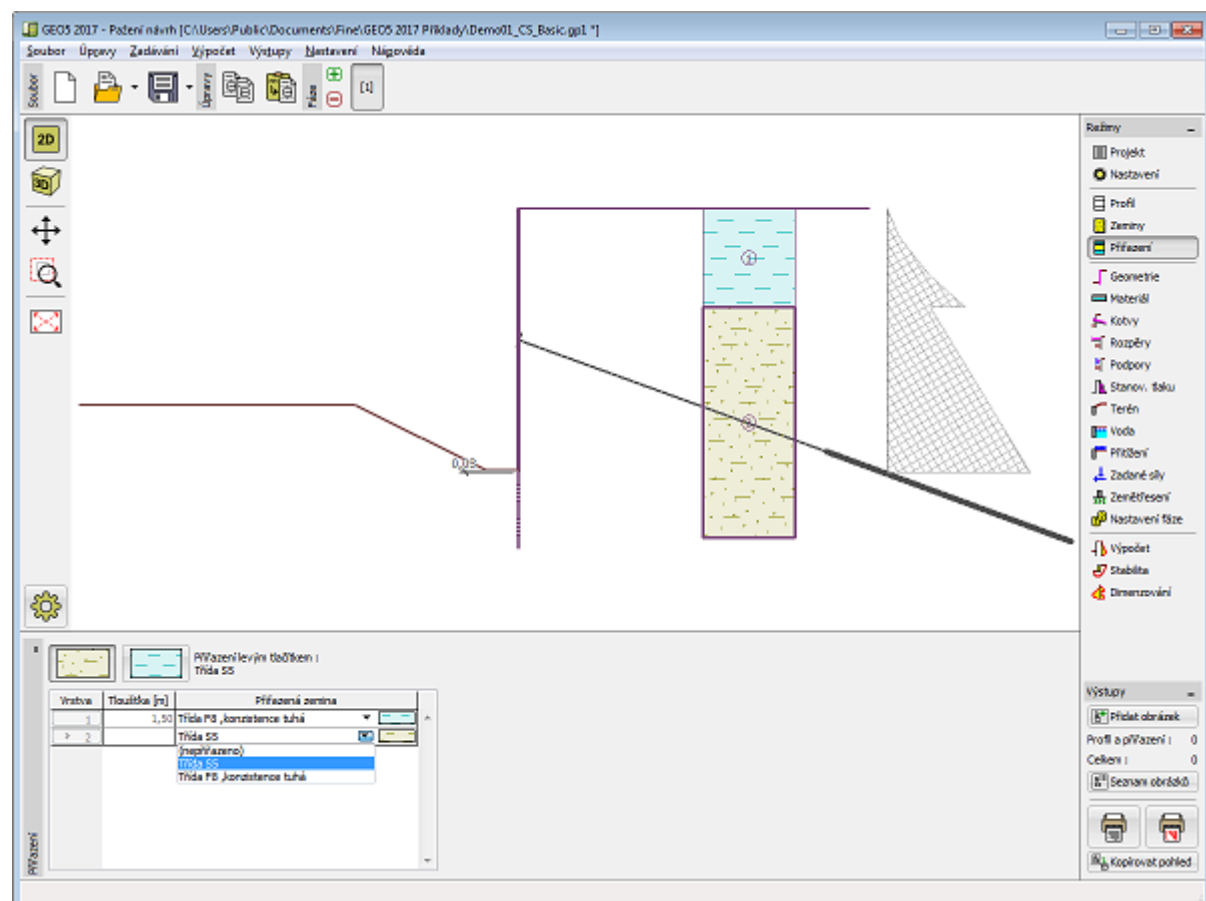
Zatříd' Vymaž Přidej Storno

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



Rám "Přiřazení"

Geometrie

V rámu "Geometrie" se zadává hloubka stavební jámy a stiskem tlačítka volí tvar terénu dna. Zvolený tvar s grafickou nápodobou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Rozměry konstrukce lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

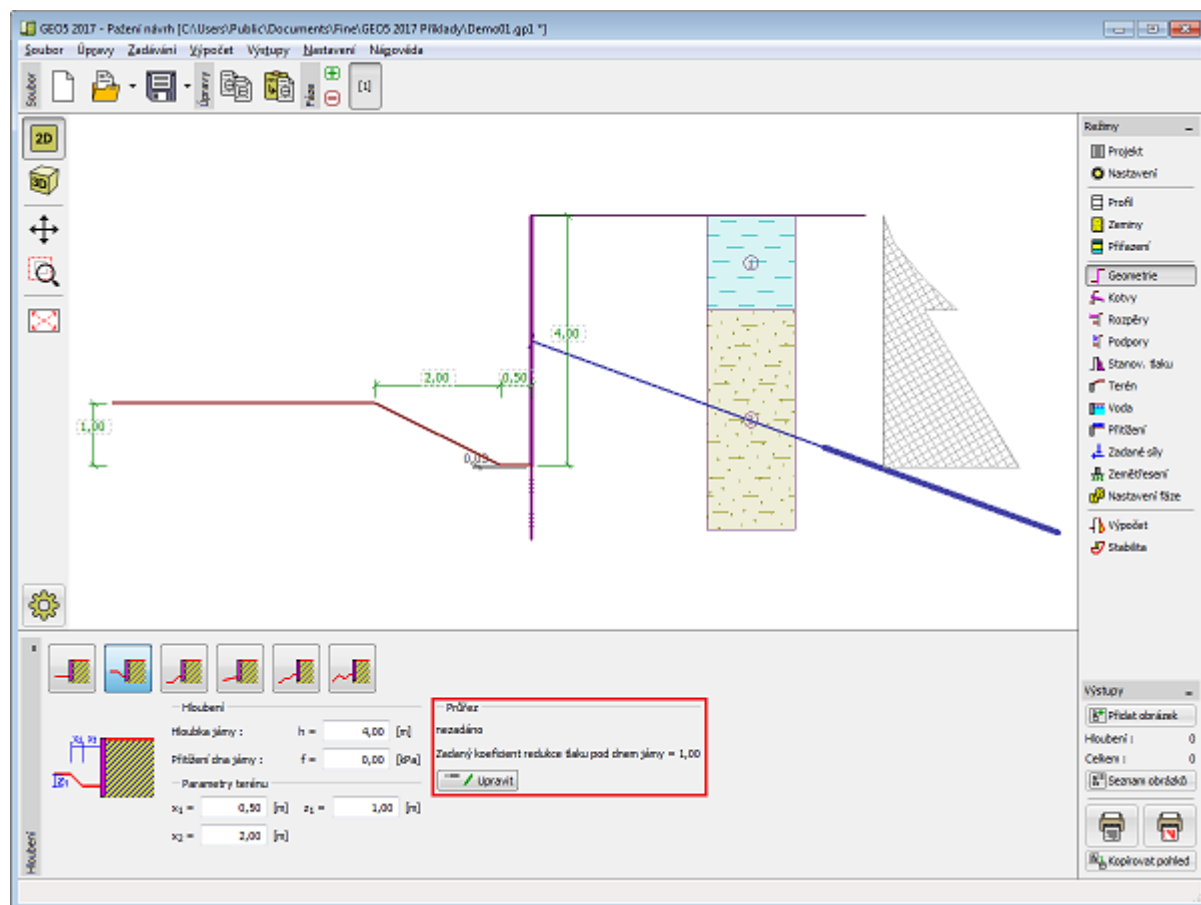
V rámu lze také zadat přetížení dna stavební jámy.

Dále se v tomto rámu zadává typ **průřezu pažicí stěny**. Při načtení dat ze starších verzí programu "Pažení návrh" je průřez nezadán. Editace průřezu se provádí pomocí tlačítka "Upravit".

Typ průřezu nemá vliv na **výpočet** vnitřních sil.

Výsledky posouzení průřezu jsou zobrazeny v rámu "Dimenzování".

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie"

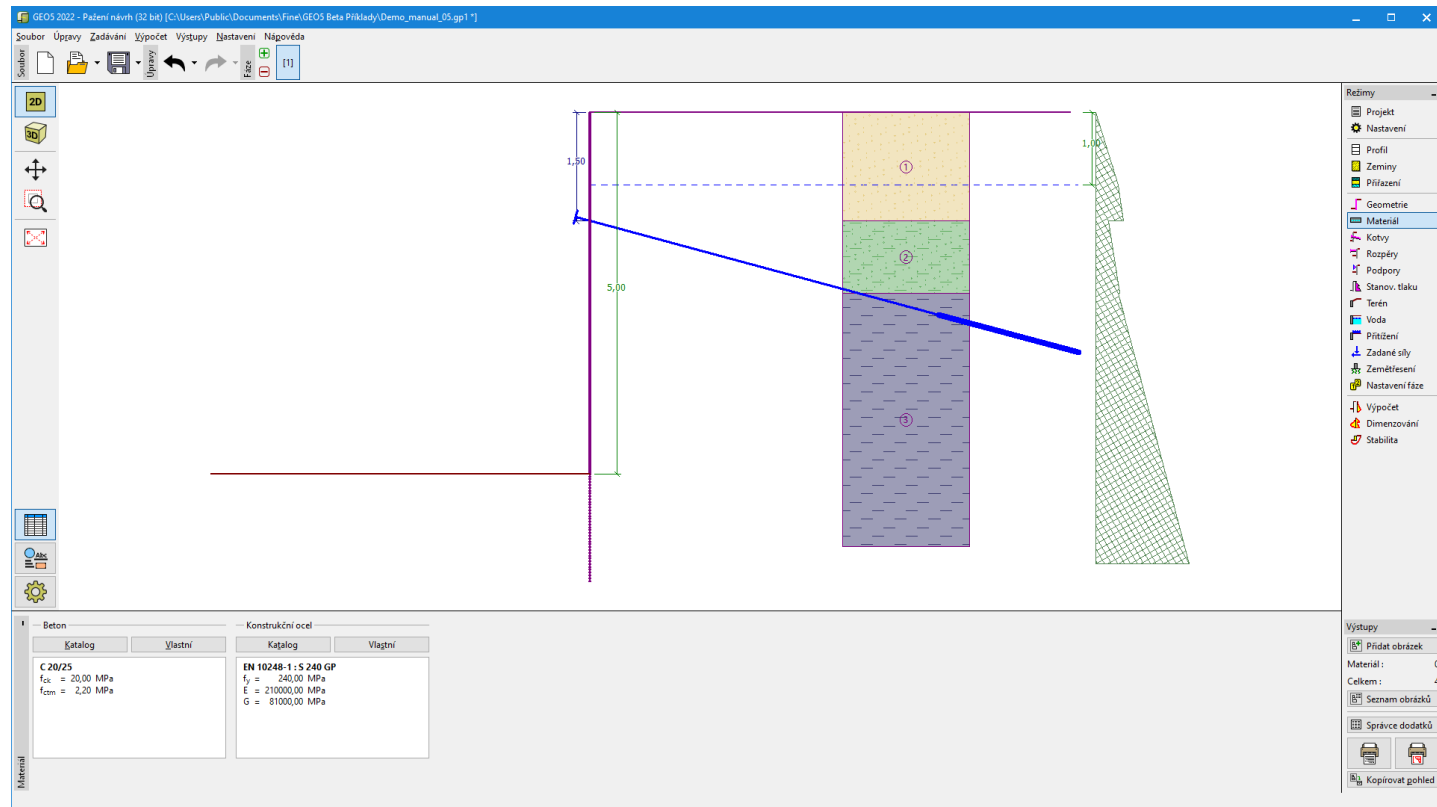
Materiál

V rámu "Materiál" se zadávají materiálové charakteristiky. Vzhled rámu se mění podle zvoleného materiálu (**beton**, **ocel**, **dřevo**, **plast**, **cementozemina**) v rámu "Geometrie".

Pro nastavení parametrů materiálu lze použít dvě možnosti:

- tlačítkem "Katalog" otevřeme dialogové okno "Katalog materiálů" a ze seznamu vybereme požadovaný materiál
- tlačítkem "Vlastní" otevřeme dialogové okno "Editor materiálu" a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

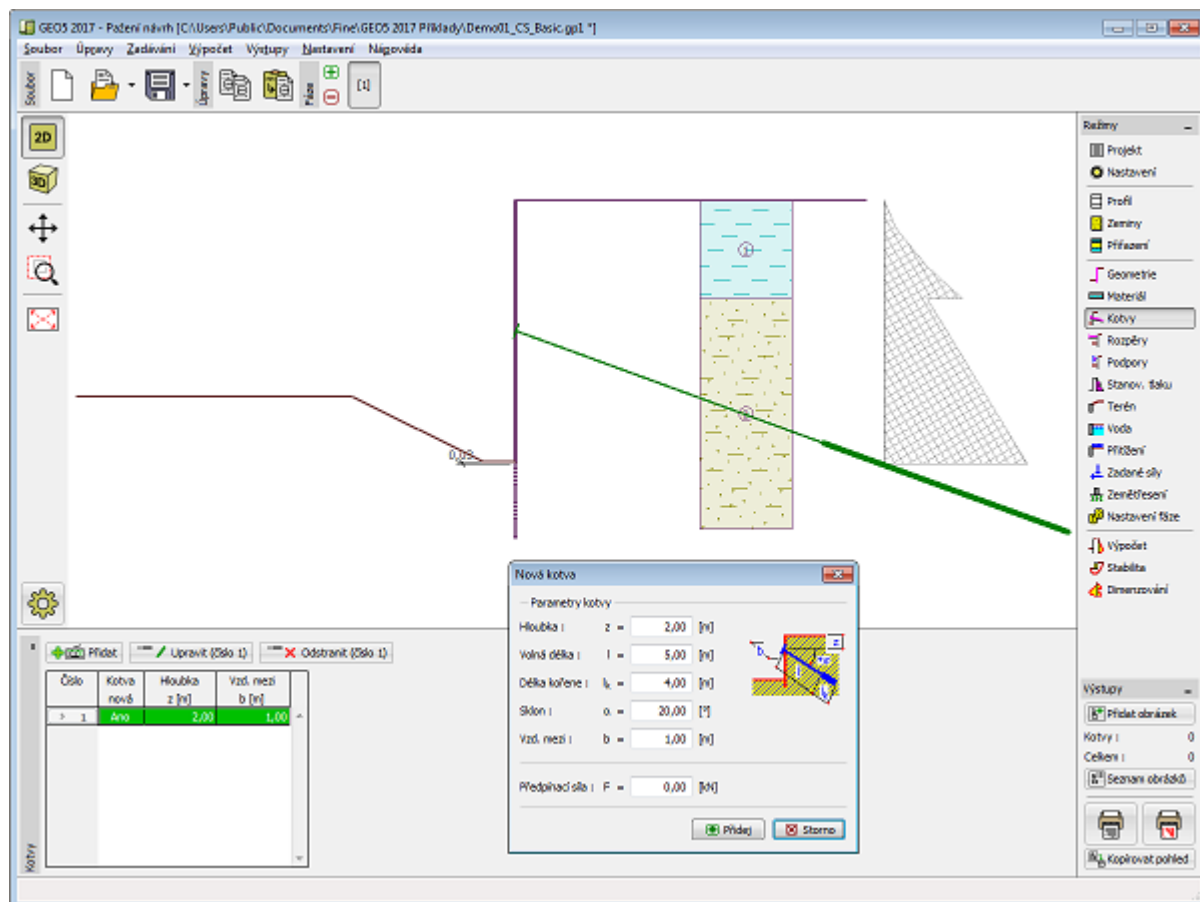
Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy pro navrhování **betonových**, **ocelových**, **dřevěných** konstrukcí v záložce "Materiály a normy".



Rám "Materiál"

Kotvy

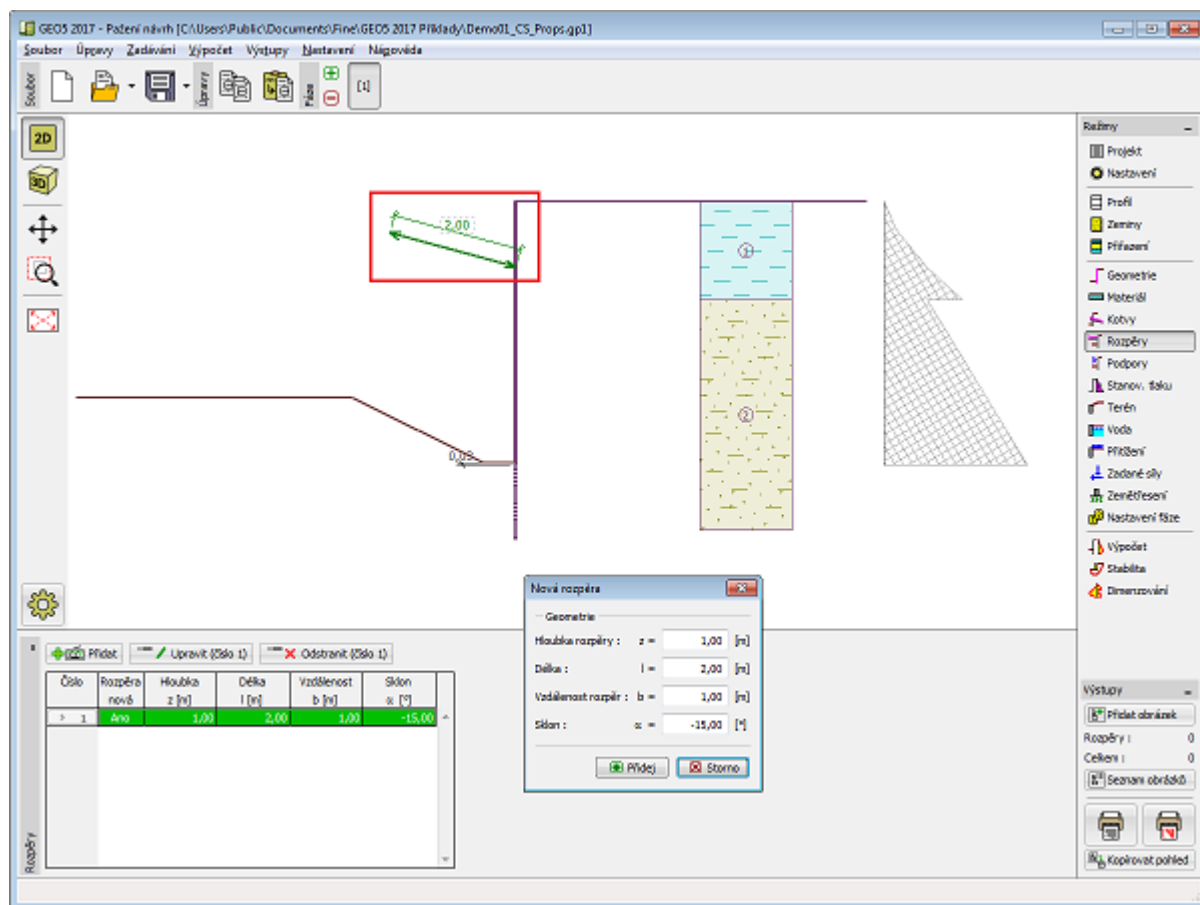
Rám "Kotvy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kotev. Přidání kotev se provádí v dialogovém okně "Nová kotva". Zadané kotvy lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.



Rám "Kotvy"

Rozpěry

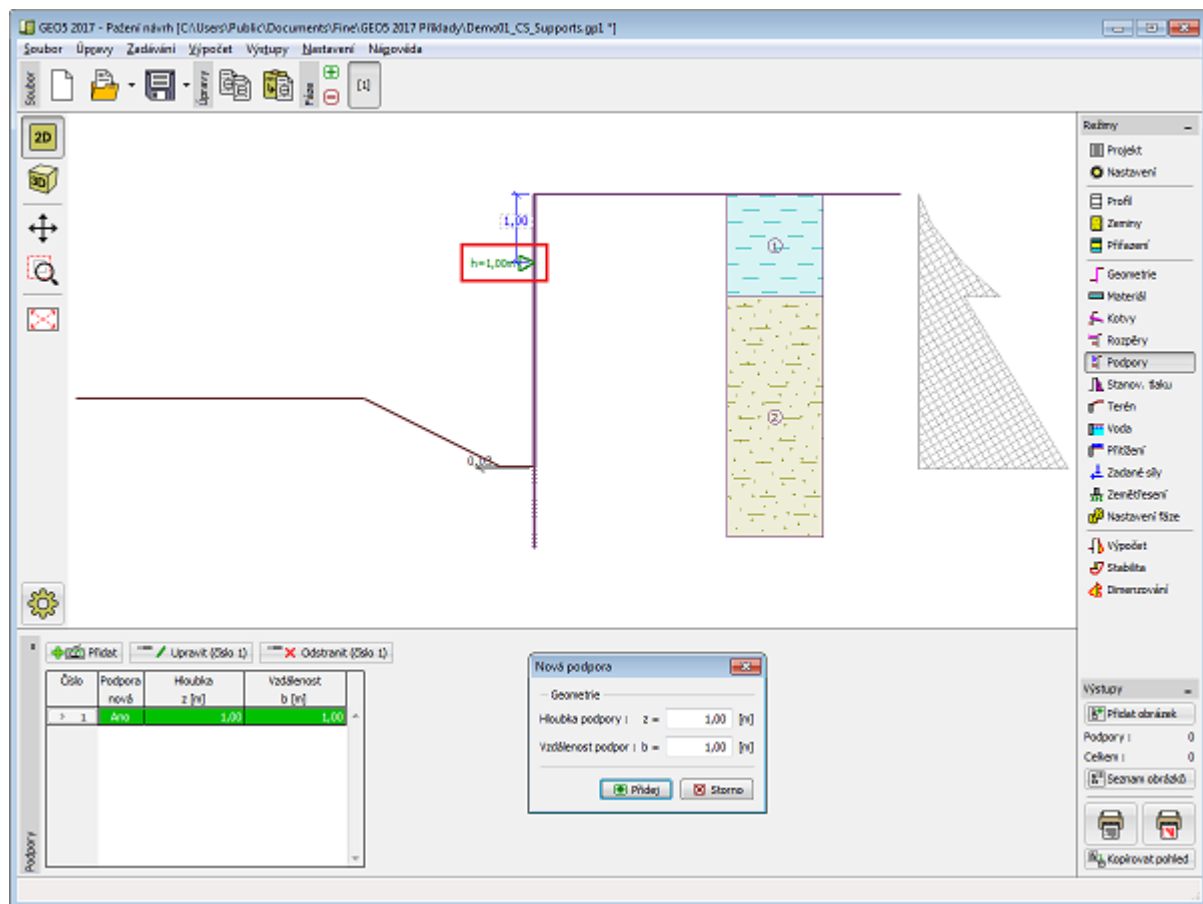
Rám "Rozpěry" obsahuje tabulku se seznamem zadaných rozpěr. Přidání rozpěr se provádí v dialogovém okně "Nová rozpěra". Zadané rozpěry lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.



Rám "Rozpěry"

Podpory

Rám "Podpory" obsahuje tabulku se seznamem zadaných podpor. Přidání podpor se provádí v dialogovém okně "Nová podpora". Zadané podpory lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

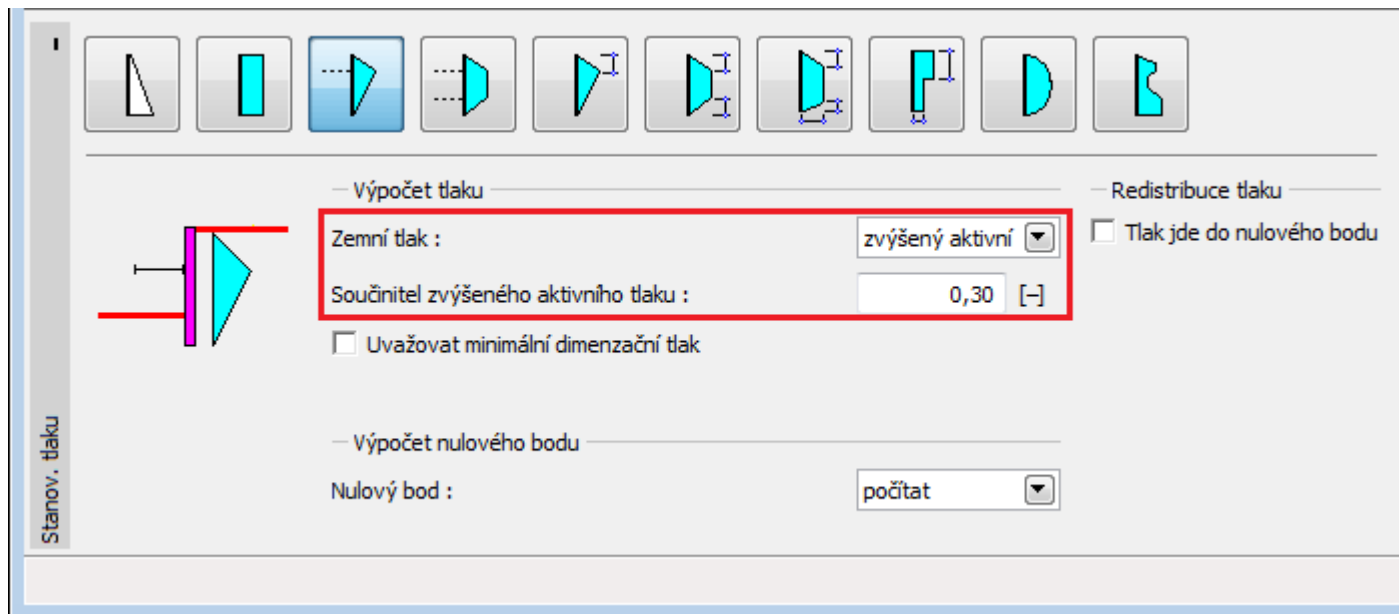


Rám "Podpory"

Stanovení tlaku

V rámu "Stanovení tlaku" se zadává působení zemních tlaků na stěnu.

Tlak působící na stěnu lze zadat jako **aktivní**, **tlak v klidu** nebo **zvýšený aktivní** - podle předpokládané dovolené deformace stěny. Je možné definovat i **minimální dimenzační tlak**, který je vyžadován mnoha normami.



Zadání součinitele pro zvýšený aktivní tlak

Horní lišta s tlačítky určuje, zda bude spočtený zemní tlak redistribuován.



Pro nekotvené stěny je určena varianta 1 () - k redistribuci tlaku nedochází.

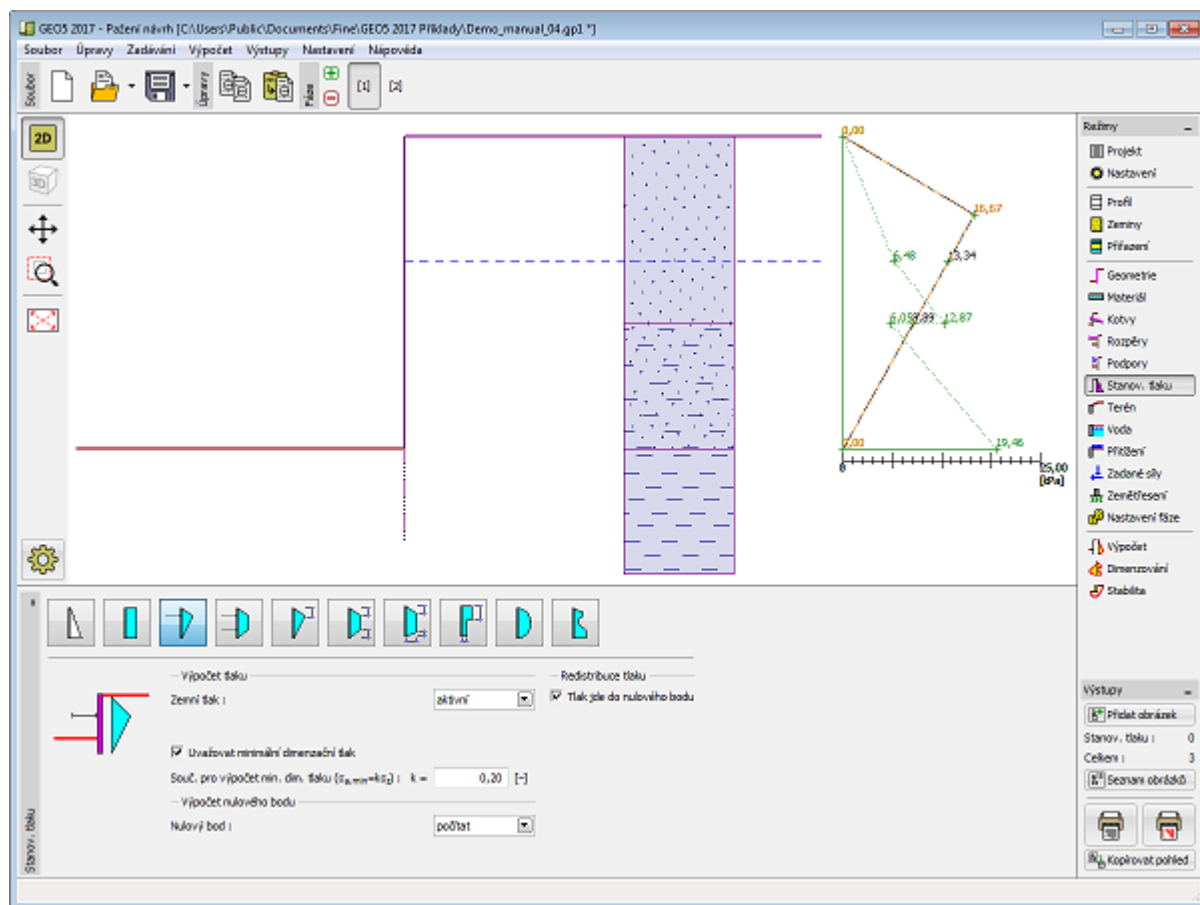
Pro kotvené a rozepřené stěny je vhodné zadat **redistribuci zemních tlaků**. Další varianty (tlačítka) představují

rozičné možnosti redistribuce při výpočtu kotvených a rozepřených stěn.



Poslední varianta () zadání zemního tlaku umožňuje **zadat libovolný průběh** redistribuovaného tlaku přímo uživatelem - tento tlak nezávisí na zadaném geologickém profilu.

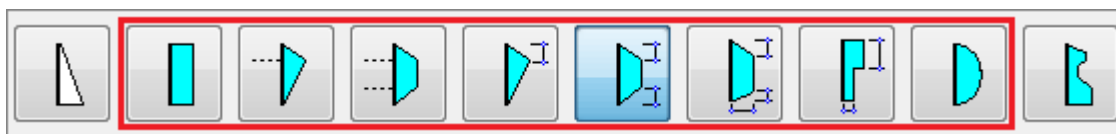
Program umožňuje zadat **polohu nulového bodu**, ale doporučené nastavení je nechat polohu tohoto bodu dopočítat.



Rám "Stanovení tlaku"

Redistribuce tlaku

Program umožňuje zvolit nejběžnější **tvary redistribuovaného tlaku**.



Volba tvaru redistribuovaného tlaku

Zvyklosti se velice liší podle jednotlivých zemí. V programu jsou zapracovány jednak klasická schemata redistribuce, dále pak obrazce podle norem EAB, AASHTO.

Program je navržen tak, aby byl zcela univerzální a uživatel mohl redistribuovat tlak podle jeho zvyklostí.



Pro obrazce , program automaticky dopočítává polohu maximálního tlaku podle umístění zadaných kotev resp. rozpěr. Tato varianta je pro zadání nejjednodušší a je doporučena i autory programu.



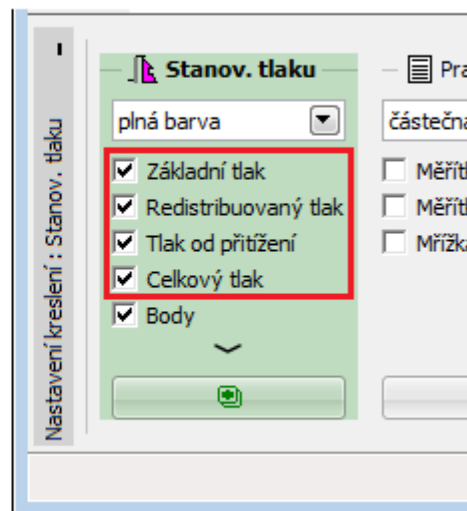
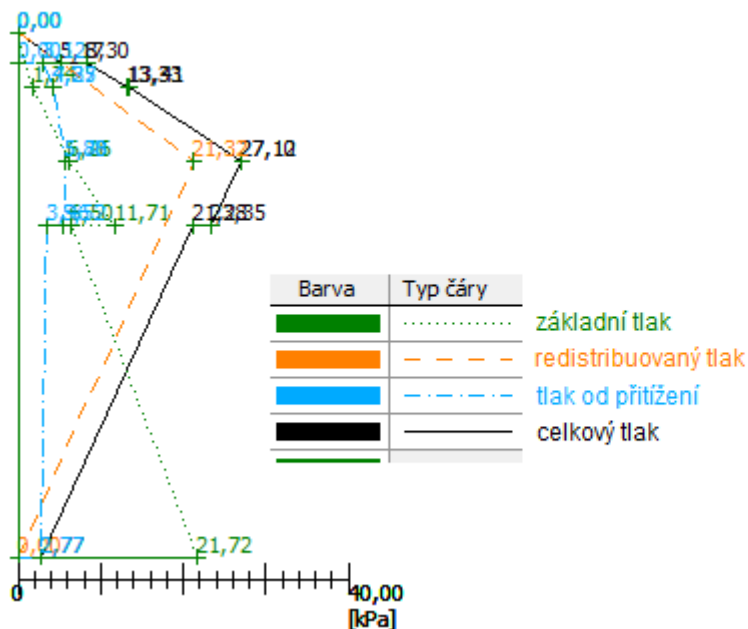
Pro obrazce , se zadávají součinitele redistribuce (x_1 až x_6), které určují výsledný tvar redistribuovaného tlaku.

Program také umožňuje určit, zda redistribuovaný **tlak působí do nulového bodu** (klasický postup), nebo ke dnu jámy (EAB).

Postup výpočtu tlaku na konstrukci je následující:

- vypočte se **nulový bod** (bod ve kterém je velikost pasivního tlaku na líci konstrukce shodná s velikostí zemního tlaku za konstrukcí - neboli celkový součet tlaků v daném bodě je nulový)
- vypočte se **základní tlak** za konstrukcí (**aktivní**, v **klidu**, **zvýšený aktivní**) do hloubky nulového bodu. U výpočtu aktivního tlaku je možné uvažovat **minimální dimenzační tlak**.
- dopočte se obrazec zvoleného tvaru o stejné ploše, jako je plocha základního tlaku (**redistribuovaný tlak**). Redistribuuje se vždy pouze základní zemní tlak, který je spočten na základě geologického profilu. Zemní tlak od účinků podzemní vody popř. přetížení se neredistribuuje.
- k spočtenému redistribuovanému tlaku se přičte tlak od přetížení resp. od zemětřesení (**celkový tlak**)

Všechny tlaky jsou vykresleny na obrazovce:



Grafické znázornění průběhů tlaků

Zobrazení průběhu jednotlivých tlaků se zapíná v rámu "**Nastavení kreslení**". Nastavení barev a typů čar lze nastavit v dialogovém okně "**Správce stylů zobrazení**".

Literatura:

EAB - 2012 Ernst & Sohn A Wiley Company, 5.Auflage, Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben".

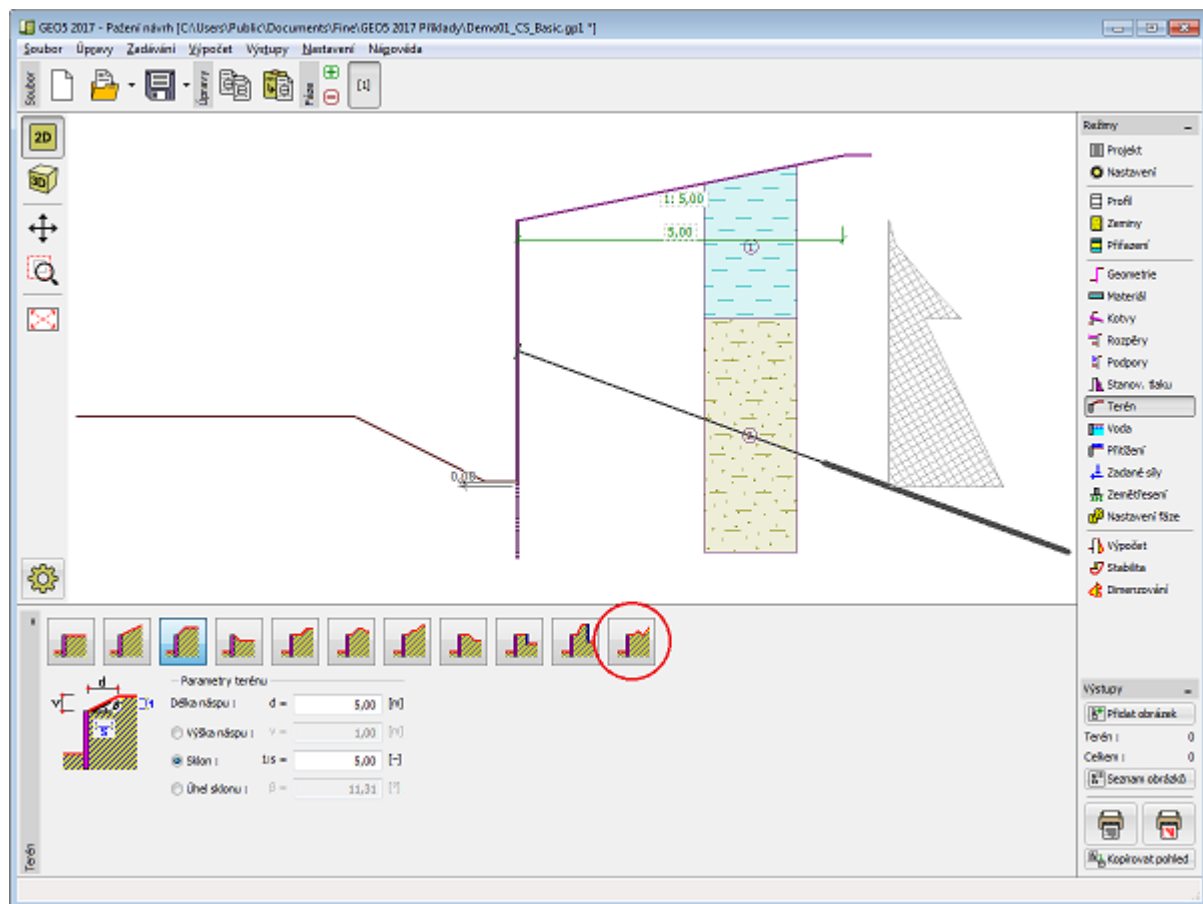
AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, Seventh Edition, 2014.

Terén

V rámu "**Terén**" se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí [0; 0] leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".



Rám "Terén"

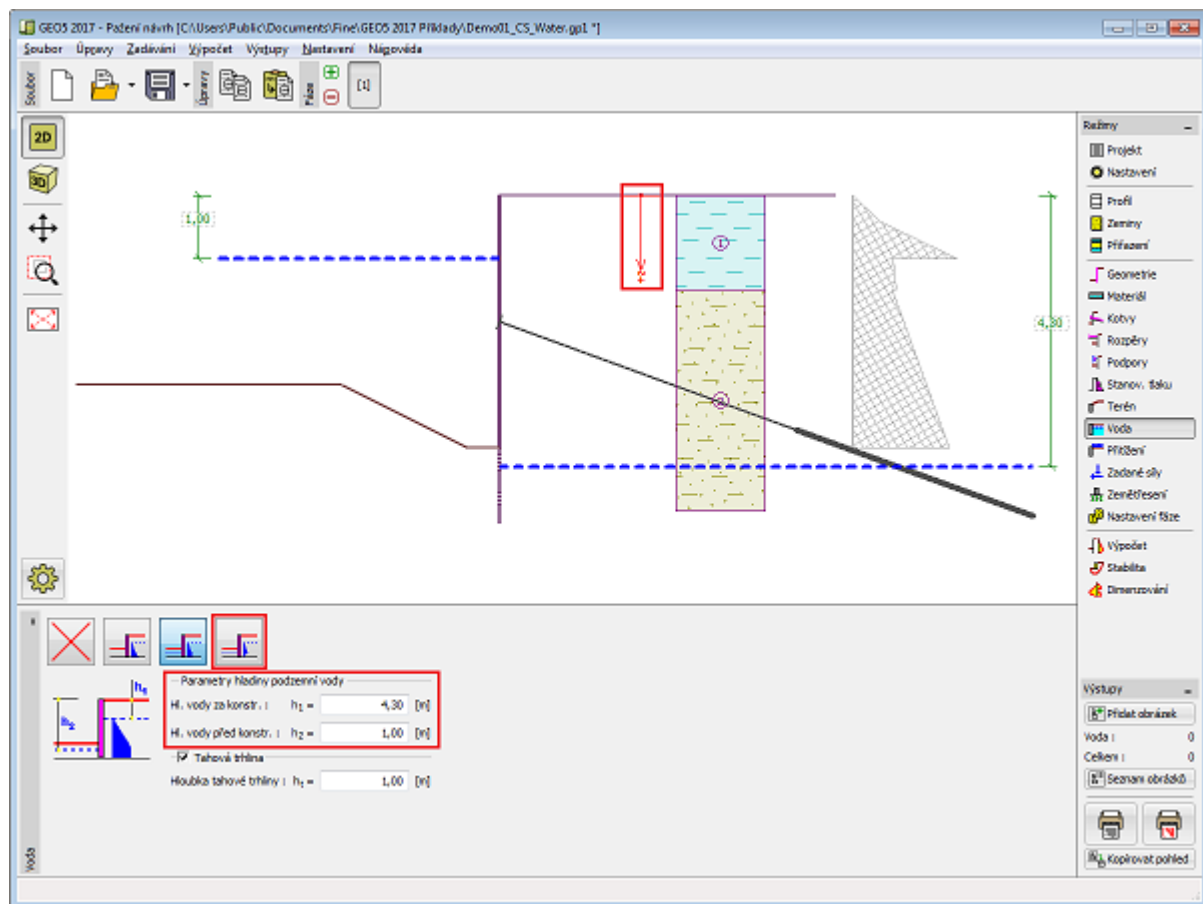
Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 ...) lze editovat buď v rámu vložení hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlin** vyplněných vodou.



Rám "Voda"

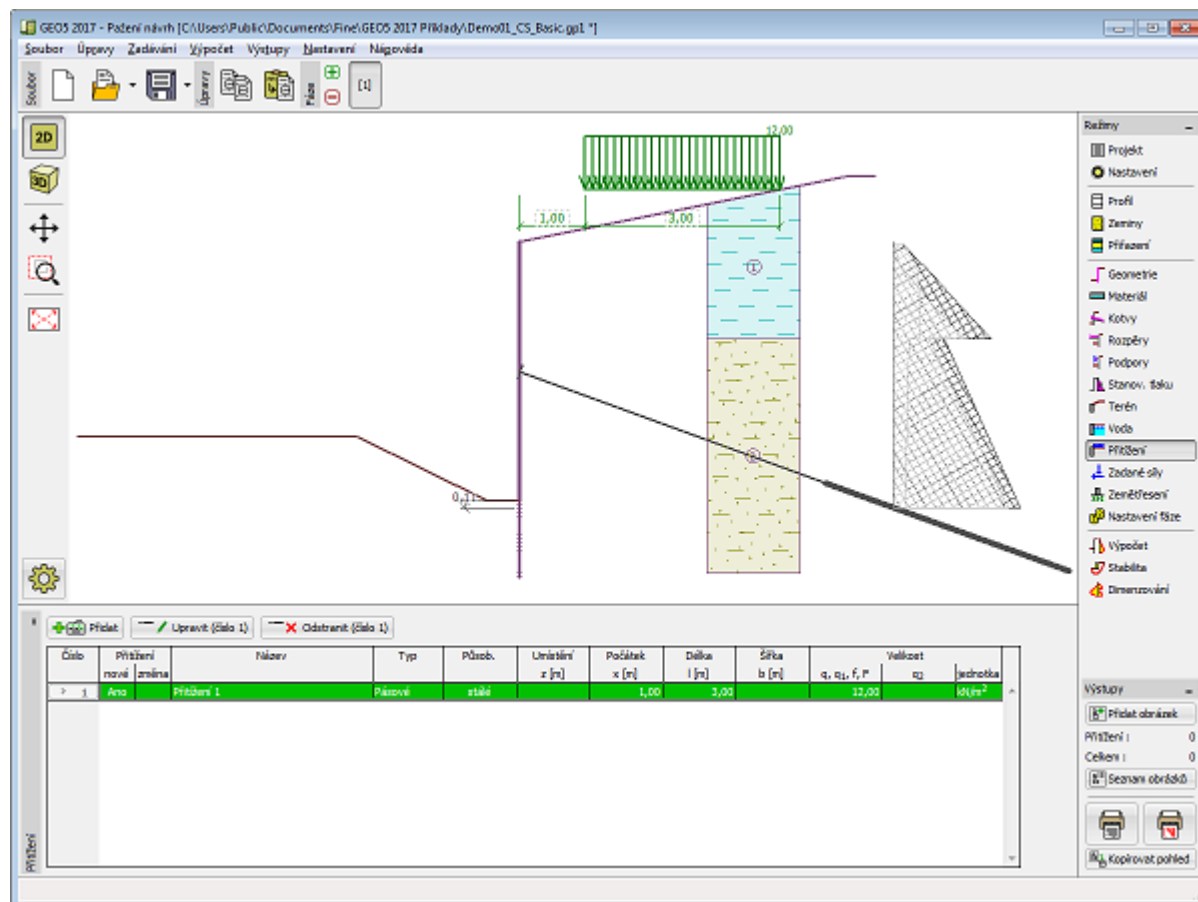
Přetížení

Rám "Přetížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přetížení. Přidání přetížení se provádí v dialogovém okně "Nové přetížení". Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Při zadání přetížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přetížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přetížení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv přetížení".



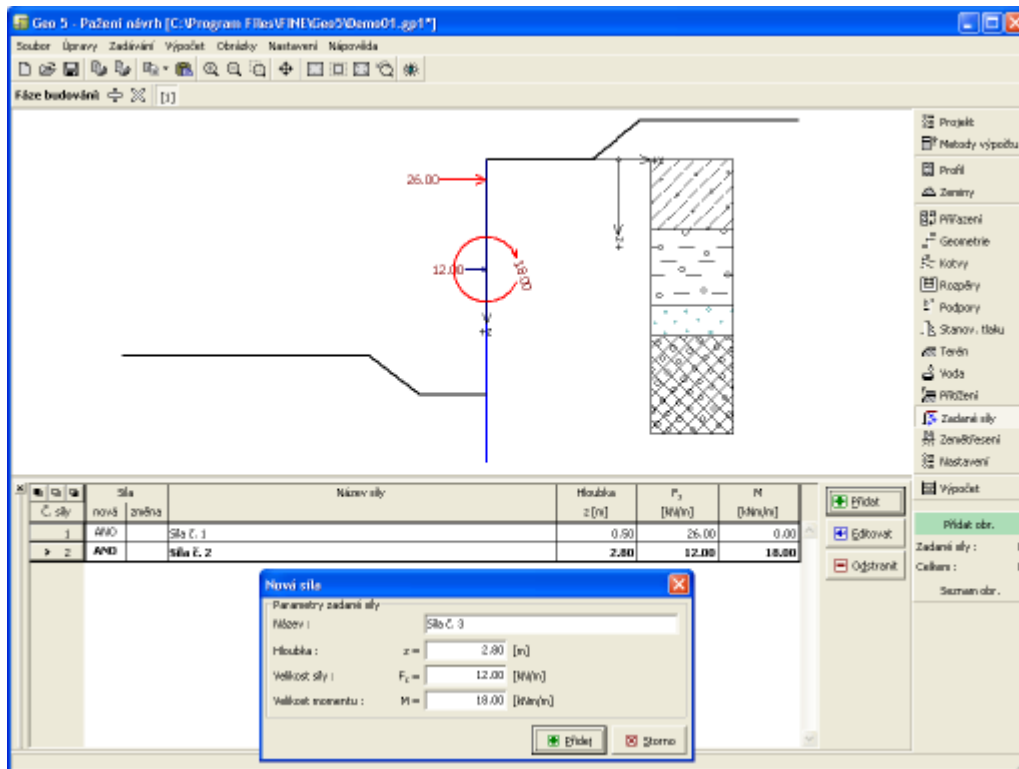
Rám "Přítěžení"

Zadané síly

Rám "Zadané síly" obsahuje tabulku se seznamem zadaných sil působících na konstrukci. Přidání sil se provádí v dialogovém okně "Nová síla". Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadané síly představují přídatné zatížení působící na konstrukci zdi, pažení, respektive vyztuženého náspu. Můžeme jimi modelovat například ukotvení svodidel, náraz vozidla, zatížení od billboardů a reklamních ploch atp. Program takto zadané síly do výpočtu dále nijak neupravuje, s výjimkou přenásobení příslušným koeficientem dle zadaného typu zatížení (EN1997, LRFD).

Vnější zatížení působící na zeminu, resp. na povrch terénu je nutné modelovat jako **přítěžení**.



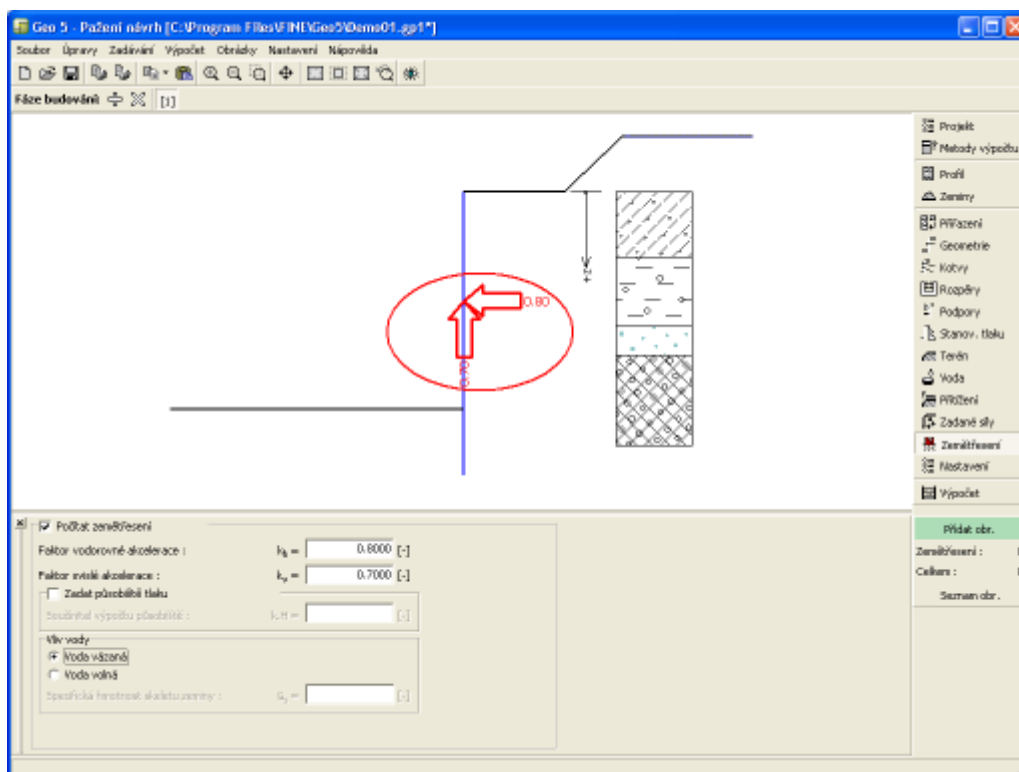
Rám "Zadané síly"

Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv zemětřesení".



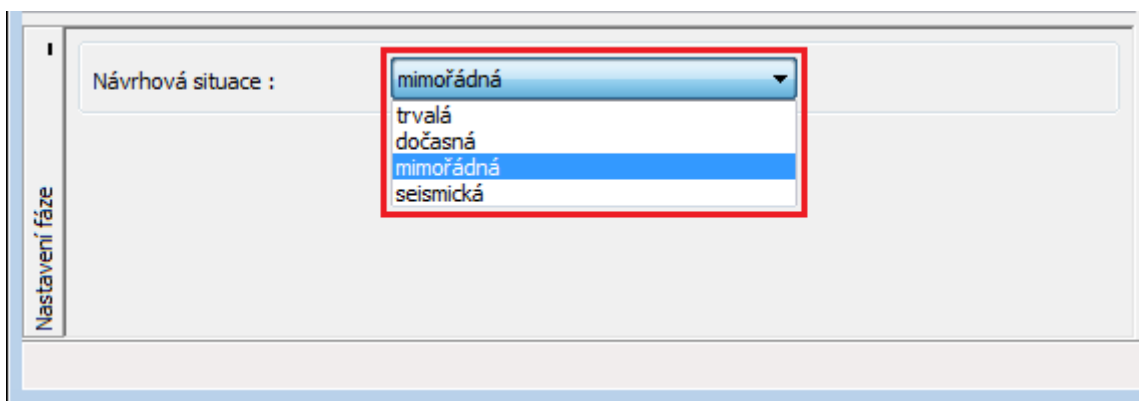
Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.



Rám "Nastavení"

Výpočet

V rámu "Výpočet" jsou zobrazeny výsledky výpočtu.

Rám má dvě varianty. První pro nekotvenou (štětovou) stěnu a druhý pro kotvenou (rozepřenou) stěnu.

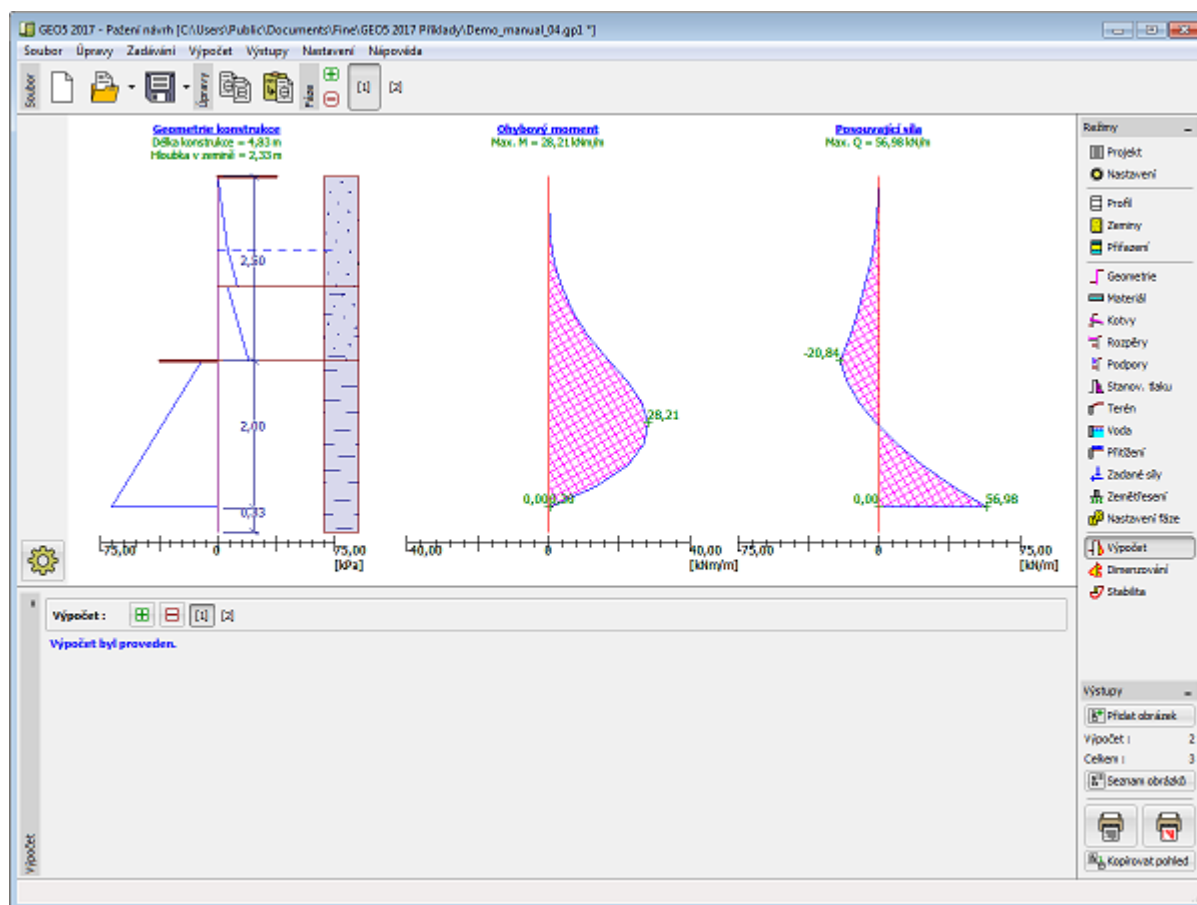
Pro obě varianty je možné zadat součinitel redukce pasivního tlaku.

Pro výpočet dle metodiky **mezních stavů** nebo **stupňů bezpečnosti** se pro **nekotvenou** stěnu zadává stupeň bezpečnosti.

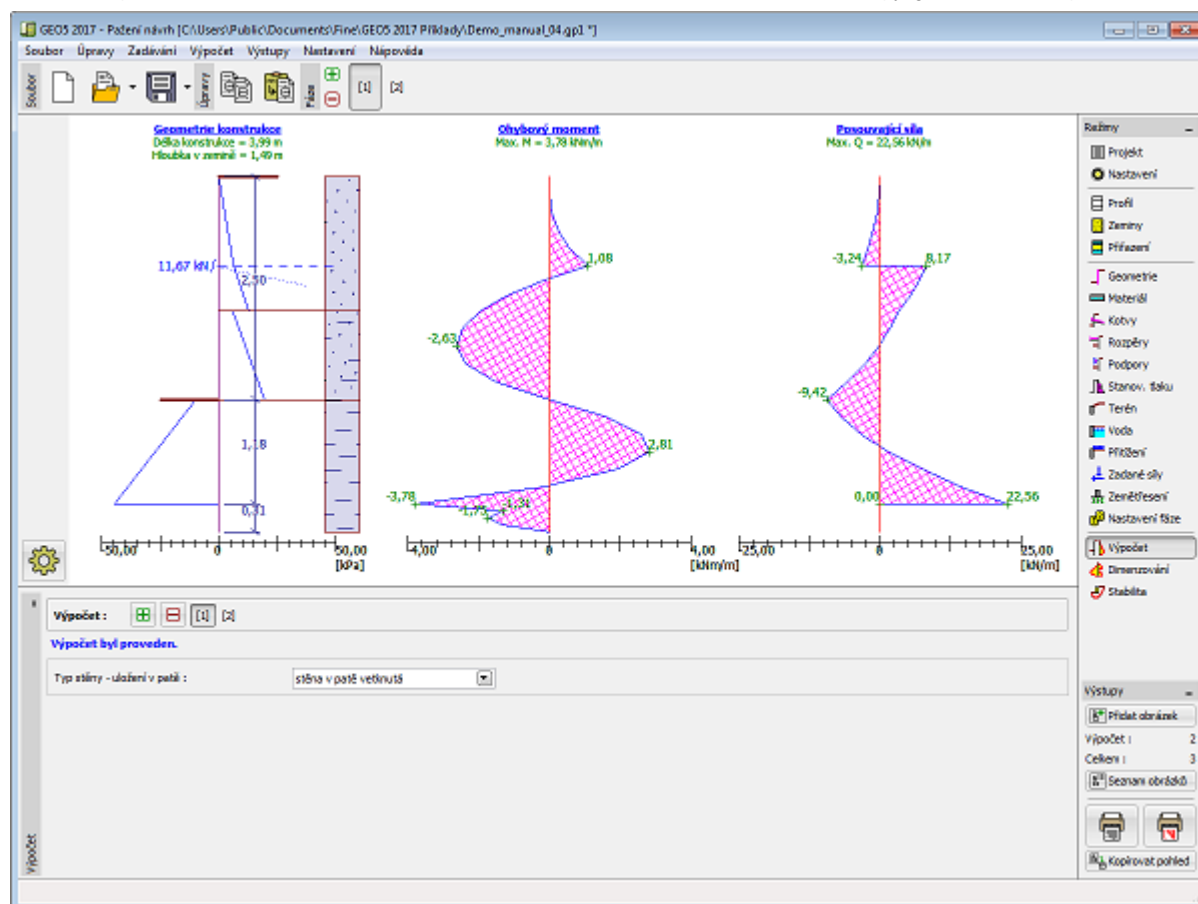
Pro **kotvenou** stěnu volíme typ uložení v patě (**vetknutá**, **volně uložená**).

Při výpočtu podle **EN 1997** nebo **LRFD** se výpočtové koeficienty zadávají v záložce "Výpočet tlaků". U výpočtu podle **návrhového přístupu 1** je nutné v rámu zadat číslo kombinace.

Výsledky výpočtu jsou zobrazeny na desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Výpočet" - nekotvená stěna



Rám "Výpočet" - kotvená stěna

Dimenzování

V rámu "Dimenzování" lze zobrazit obálku vnitřních sil přes všechny výpočty a fáze budování. Obálka je standardně sestavena ze všech fází budování, ale lze ji sestavit pouze z vybraných fází. Tlačítko "Změnit" otevírá dialogové okno "Výběr fází", ve kterém lze stisknutím tlačítek vybrat jednotlivé fáze budování pro sestavení aktuální obálky.

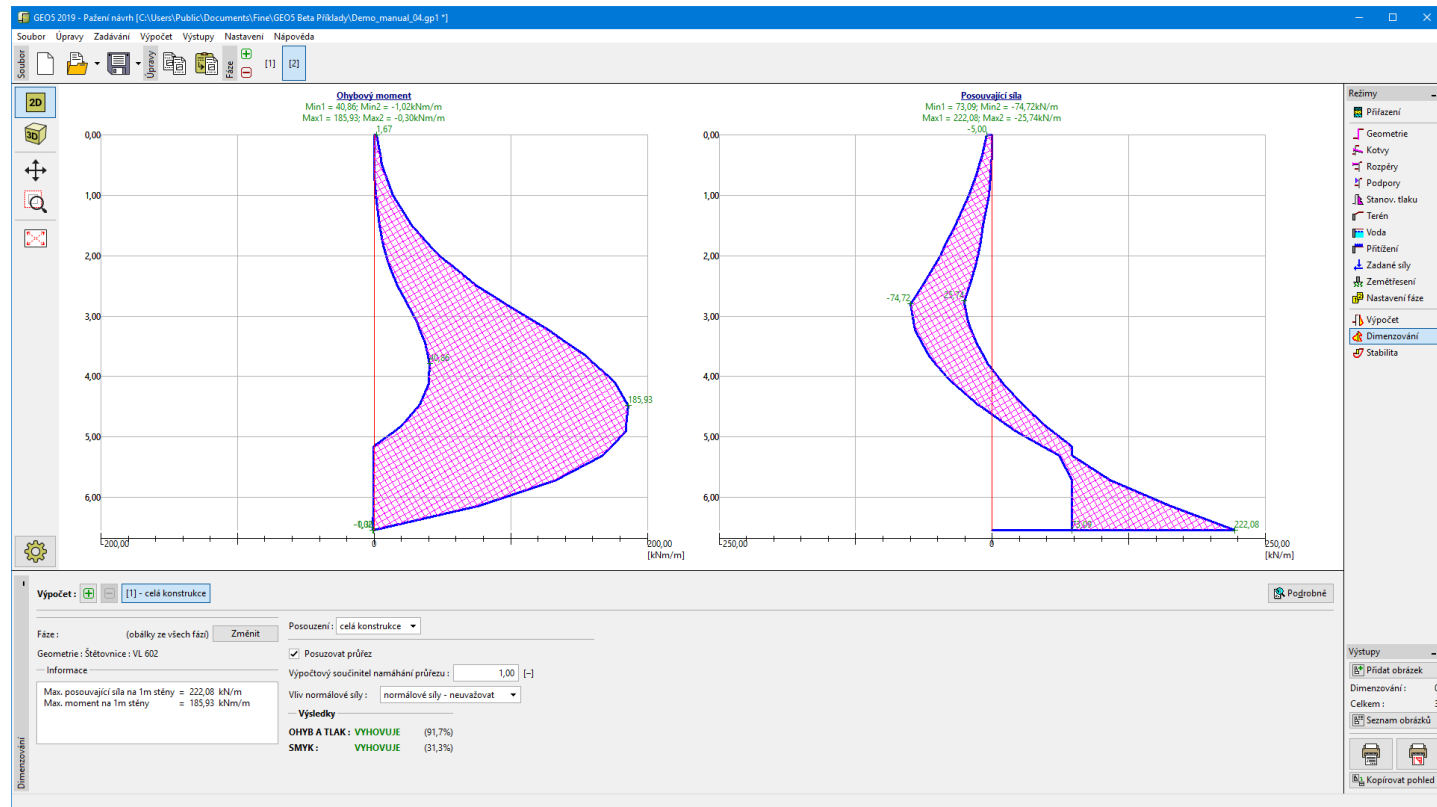
Maximální hodnoty spočtených vnitřních sil (ohybových momentů a posouvajících sil) jsou zobrazeny ve spodní části rámu.

Program umožňuje dimenzování železobetonových, ocelových, dřevěných nebo plastových průřezů (zaškrtnutím volby "Posuzovat průřez"). Pro podrobnější návrh výztuže betonového průřezu je možné rozdelit konstrukci na úseky, které se posuzují samostatně.

Při posuzování průřezu lze zadat **výpočtový součinitel namáhání průřezu**, který přenásobuje hodnoty vnitřních sil.

V případě dimenzování ocelových průřezů lze uvažovat rovněž **vliv normálové síly** následujícím způsobem:

- **normálové síly - neuvažovat:** program neuvažuje vliv normálové síly ve výpočtu
- **normálové síly - zadat:** uživatelsky zadaná hodnota normálové síly N [kN/m, lbf/ft]



Rám "Dimenzování"

Stabilita

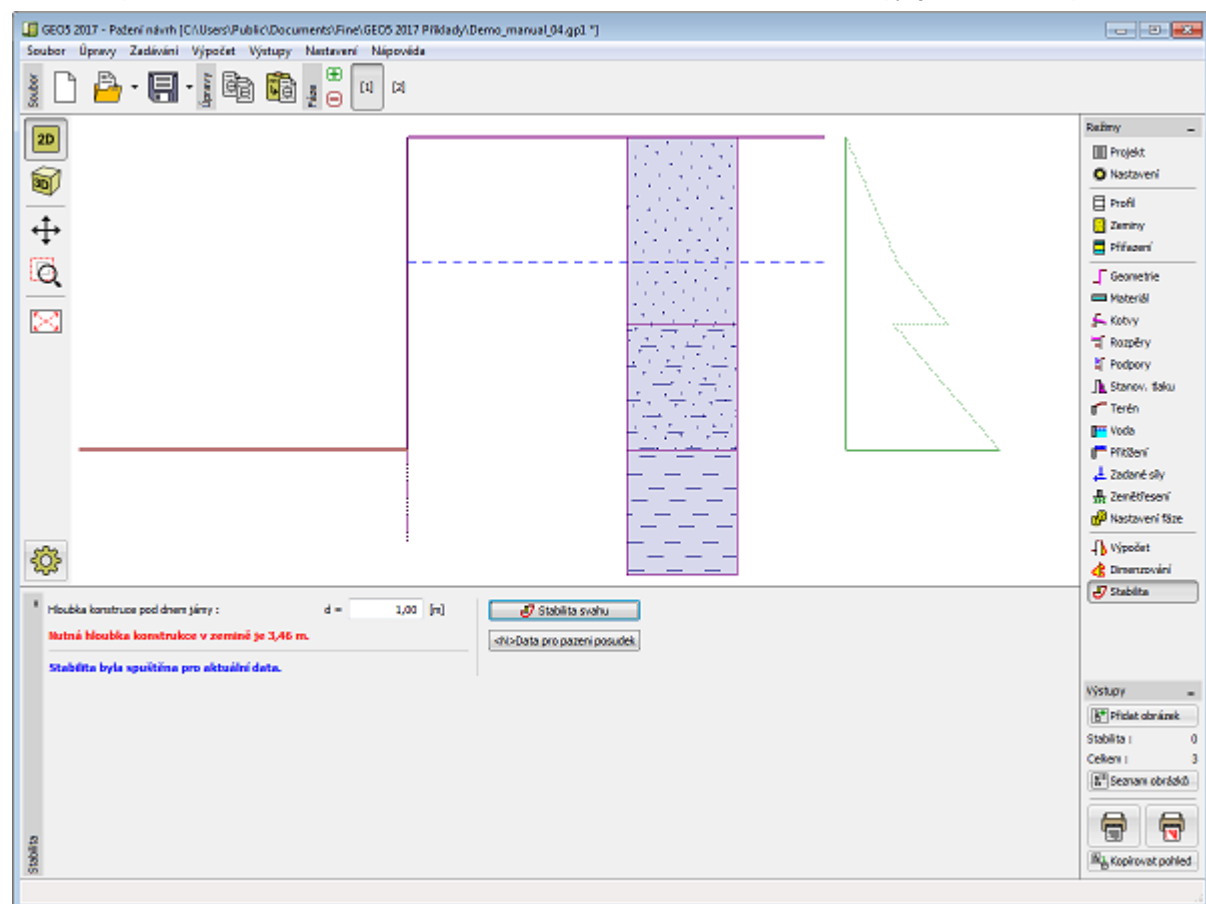
Rám "**Stabilita**" je určen k **exportu navržené pažicí konstrukce** do dalších programů - "**Stabilita svahu**" (posouzení globální stability) a "**Pažení posudek**" (výpočet deformací a modelování reálného chování konstrukce resp. posouzení kotev a kotveního systému)

V rámu se zadává **hloubka konstrukce pod dnem jámy**, která je společná pro všechny fáze budování. U kotvených stěn se také zadávají předpokládané síly v kotvách.

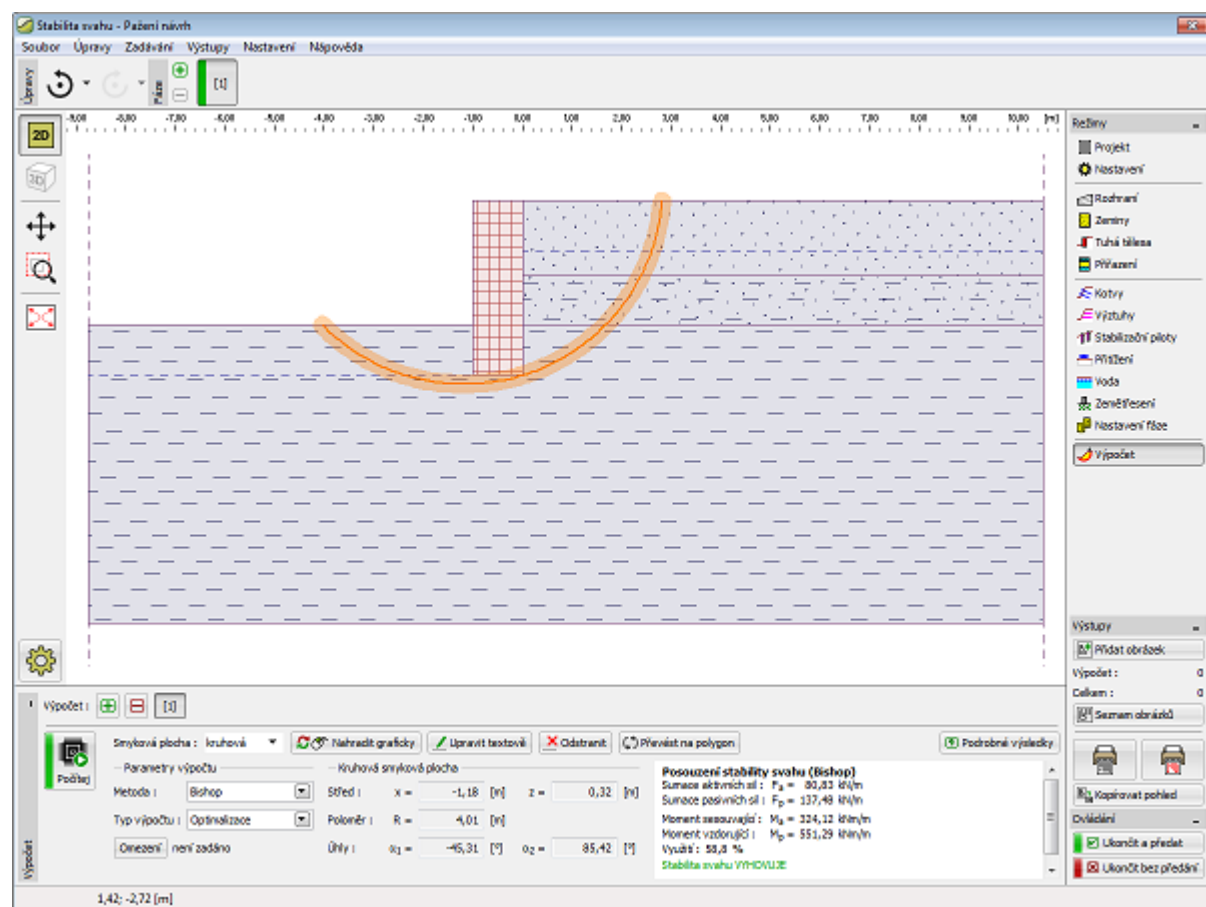
Program zobrazuje **nutnou resp. doporučenou hloubku konstrukce v zemině** - v závislosti na všech provedených výpočtech napříč všemi fázemi budování. Pokud je zadaná hloubka větší než spočtená nutná hloubka, je informace zobrazena zeleně, v opačném případě červeně.

Při stisknutí tlačítka "**Stabilita svahu**" se **spustí program "Stabilita svahu"** a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu stabilita svahu pak můžeme posoudit **celkovou stabilitu konstrukce**. Pokud program "**Stabilita svahu**" není nainstalován, není tlačítko dostupné. Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "**OK**" a výsledky se přenesou do protokolu o výpočtu v programu "**Pažení návrh**".

Stisknutím tlačítka "**Data pro Pažení Posudek**" se zkopírují data do schránky, které lze pak načíst v programu Pažení posudek jako novou úlohu.



Rám "Stabilita"



Program "Stabilita svahu"

Program Pažení posudek

Program je určen k výpočtu pažících konstrukcí metodou závislých tlaků. Zatížení konstrukce zemním tlakem je zde redistribuováno v závislosti na skutečné deformaci, což vede k hospodárným návrhům. Program umožňuje modelovat všechny typy běžně užívaných pažení (podzemní stěny, pilotové stěny, štětovnice, záporové pažení) včetně zadání kotev nebo rozpěr. Kromě výpočtu vnitřních sil a deformací program umožňuje posoudit stabilitu kotevního systému a únosnost ocelového resp. betonového průřezu.

Předběžný návrh rozměrů, resp. hloubky vetknutí pažící konstrukce a výpočet sil v kotvách lze provést v programu "Pažení návrh".

Nápověda k programu "Pažení posudek" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávat dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Profil	Modul Kh	Zkoušky presiometr	Zkoušky DMT	Zeminy
Geometrie	Materiál	Stanovení tlaku	Přiřazení	Hloubení	Terén	Voda
Přetížení	Zadané síly	Kotvy	Rozpěry	Podpory	Zemětřesení	Nastavení fáze
Výpočet	Vnitřní stabilita	Vnější stabilita	Hydraulický zdvih	Dimenzování	Únosnost kotev	Pažiny
Zeminová směs	Převázky					

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "Pažení posudek":

Napětí v země	Zemní tlaky	Pažení posudek	Dimenzování železobetonových konstrukcí	Dimenzování ocelových průřezů	Dimenzování dřevěných průřezů	Dimenzování plastových štětovnic	Dimenzování cementozeminových konstrukcí
------------------	----------------	-------------------	---	-------------------------------------	-------------------------------------	--	--

- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při textových a grafických výstupech.

V rámu lze také přepínat jednotky (metrické / imperiální). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení". Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat nastavení" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Výpočet tlaků**".

Při výpočtu podle **EN 1997** nebo podle **mezních stavů** program umožňuje nastavit, zda budou parametry zemin redukovány pro vlastní výpočet mezních tlaků. Při modelování reálného chování konstrukce doporučujeme tyto tlaky neredukovat.

V rámu lze také zadat počet dělení stěny na konečné prvky (standardní nastavení je 100 prvků) a zda na konstrukci působí **minimální dimenzační tlak**.

Při výpočtu únosnosti kotvy na vytržení ze zeminy lze zadat **plášťové tření** jako parametr zeminy.

Rám "Nastavení"

Profil

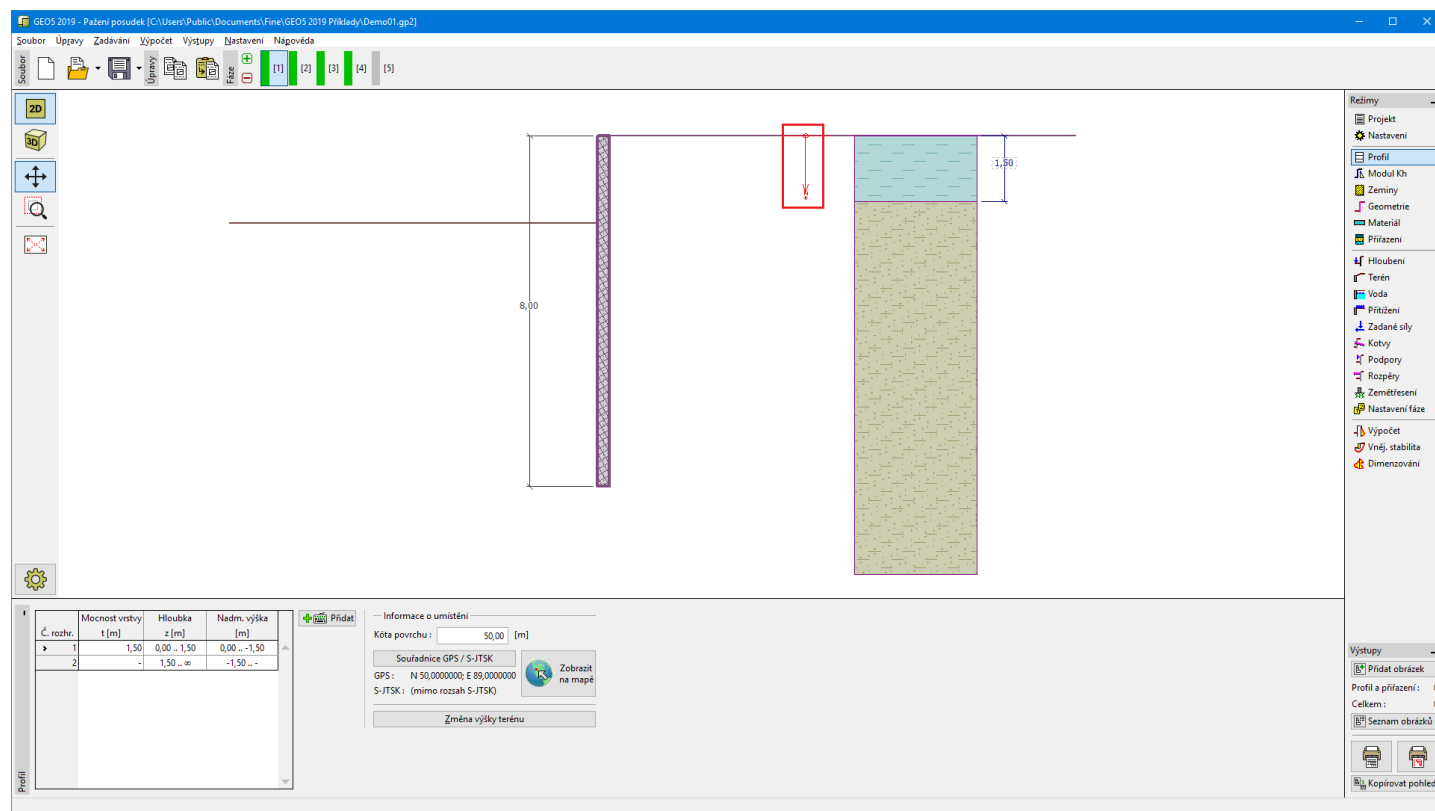
Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrty (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit, resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

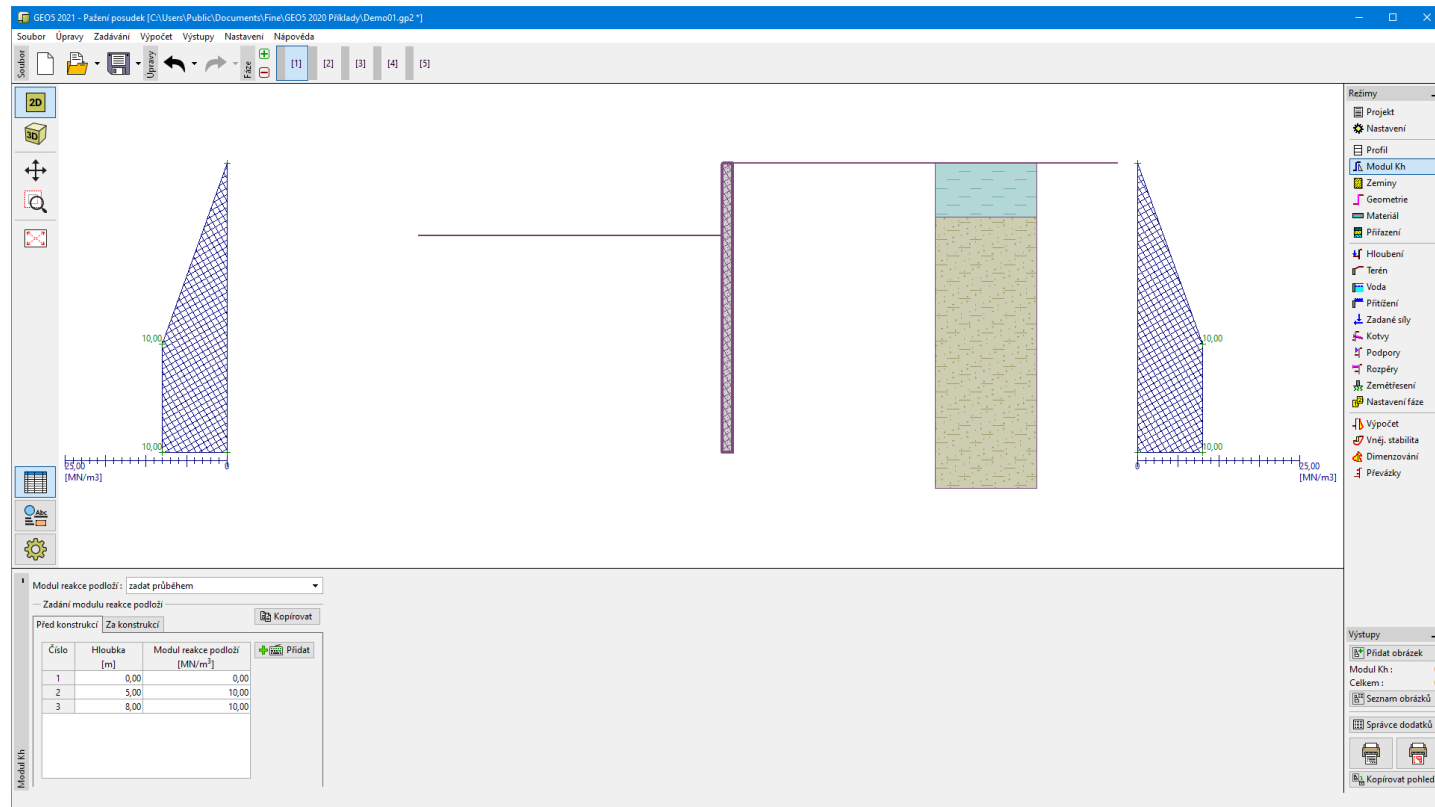
Modul Kh

V tomto rámu se zadávají doplňující data pro zvolenou metodu výpočtu **modulu reakce podloží**, který je důležitým vstupním údajem při **výpočtu** pažící konstrukce prostřednictvím **metody závislých tlaků**.

Způsob výpočtu **modulu reakce podloží k_h** se volí v rámu "**Nastavení**" (v **dialogovém okně "Úprava nastavení pro aktuální úlohu"** v záložce "**Výpočet tlaků**").

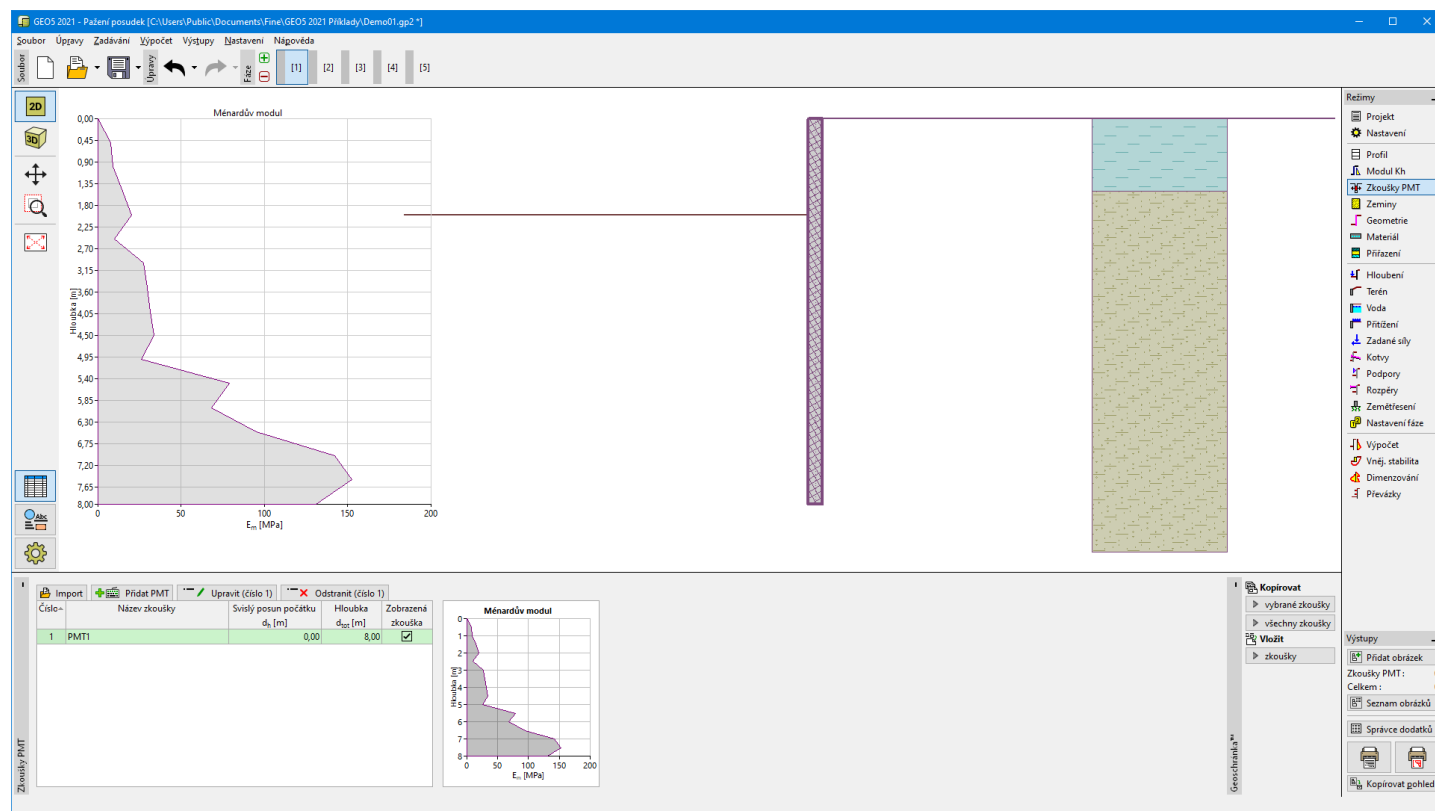
Rám může mít několik podob podle zvolené metody výpočtu:

- standardní** (volba "počítat – Schmitt", "počítat – Chadeisson", "manuální iterace" nebo "automatická iterace")
- zadat** (při volbě "zadat" se v tabulce pro možnost "zadat průběhem" **zadávají** hodnoty modulu reakce podloží k_h před a za konstrukcí. Pro možnost "zadat jako parametr zeminy" se modul k_h zadává v rámu "**Zeminy**", v němž lze modul reakce podloží uvažovat buď jako **lineární**, nebo jako **nelineární - křivka**)
- presiometr PMT** (modul reakce podloží k_h se zadává buď pomocí **presiometrické zkoušky**, nebo jako parametr zeminy v rámu "**Zeminy**". Dále se zadává metoda výpočtu - podle **NF P 94-282** nebo podle **Menarda**)
- čínské normy** (metoda "m" - zadává se **vodorovná deformace** u dna jámy v_b [mm] a velikost modulu u dna jámy A [MN/m³], volba **zadat** jako parametr **zeminy** – metoda "c", "k" nebo "m")

Rám "Modul k_h " - volba "zadat průběhem"

Zkoušky PMT

Rám "Zkoušky presiometr" obsahuje tabulku se seznamem zadaných presiometrických zkoušek (PMT).



Rám "Zkoušky presiometr"

Hodnoty presiometrických zkoušek (PMT) lze do programu importovat pomocí souboru v různých formátech (např. *.TXT, *.CSV, *.XLSX, *.ODS).

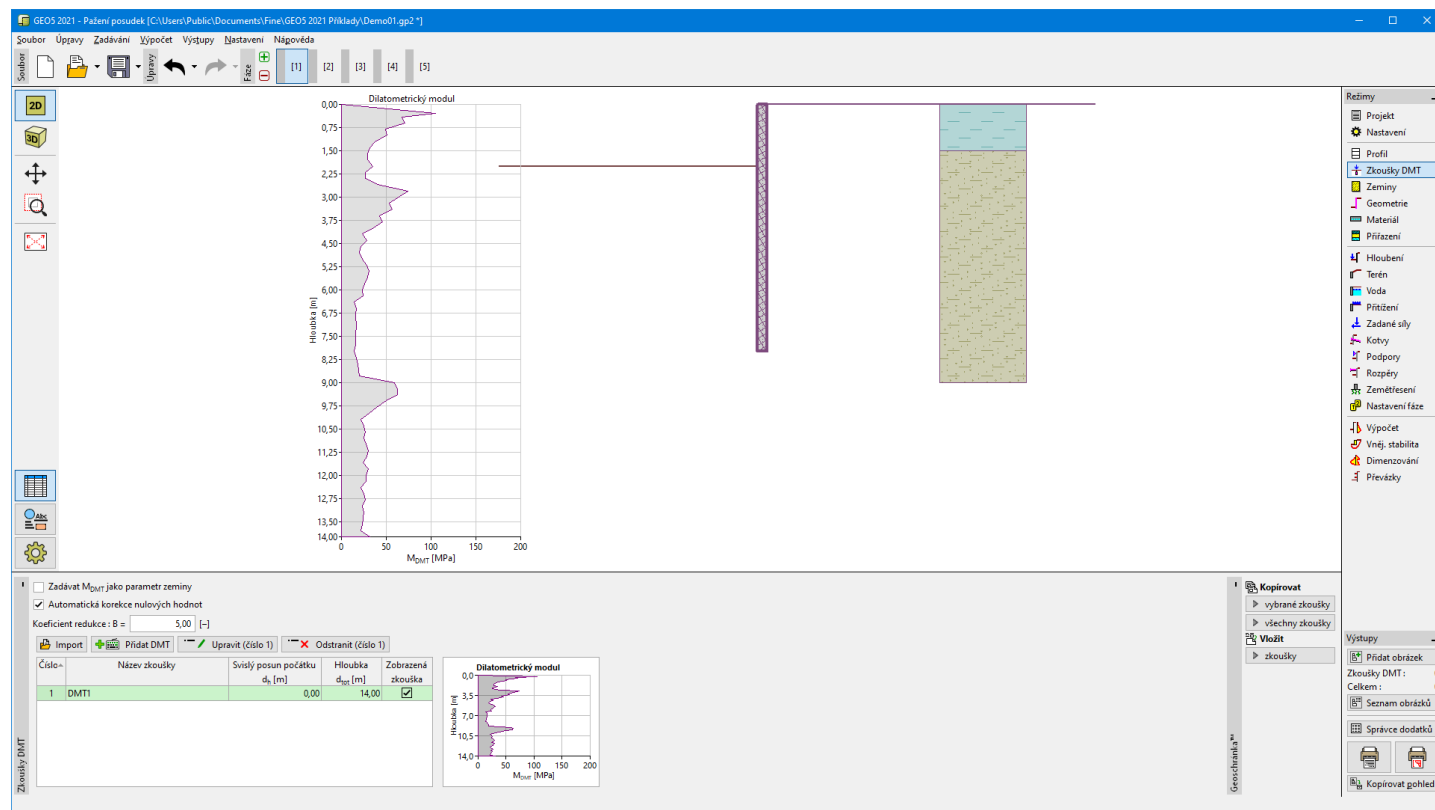
Zkoušky PMT lze přenášet v rámci programů "Mikropilota", "Pažení posudek", "Stabilizační pilota", "Patka CPT" a "Stratigrafie" pomocí "Geoschránky".

Poznámka: Rám je dostupný pouze v případě, kdy je v rámu "Nastavení" pro modul reakce podloží zvolena možnost "presiometr PMT" (záložka "Výpočet tlaků").

Zkoušky DMT

V rámu "Zkoušky DMT" se zadává způsob zavedení **dilatometrického modulu** do programu - buď jako parametr **zeminy** (zaškrtnutím volby "Zadávat M_{DMT} jako parametr zeminy"), nebo načtením **dilatometrické zkoušky (DMT)**.

V případě načítání zkoušek je zobrazena **tabulka** se seznamem zadanych **dilatometrických zkoušek (DMT)**.



Rám "Zkoušky DMT"

Pokud při vyhodnocení dilatometrické zkoušky dojde k naměření nulové hodnoty **dilatometrického modulu M_{DMT}** , pak program umožňuje automatickou korekci chyby měření - místo nulové hodnoty se ve výpočtu uvažuje aritmetický průměr nejbližší spodní a horní nenulové hodnoty **M_{DMT}** .

Dále je v tomto rámu nutné zadat **koeficient redukce B** .

Výsledky **dilatometrické zkoušky (DMT)** je možné importovat pomocí tlačítka "Import" ve formátu **UNI (*.uni)**.

Zkoušky DMT lze přenášet v rámci programů "Patky", "Pažení posudek", "Stabilizační pilota" a "Stratigrafie" pomocí "Geoschránky".

Poznámka: Rám je dostupný pouze v případě, kdy je v rámu "Nastavení" pro modul reakce podloží zvolena možnost "dilatometr DMT" (záložka "Výpočet tlaků").

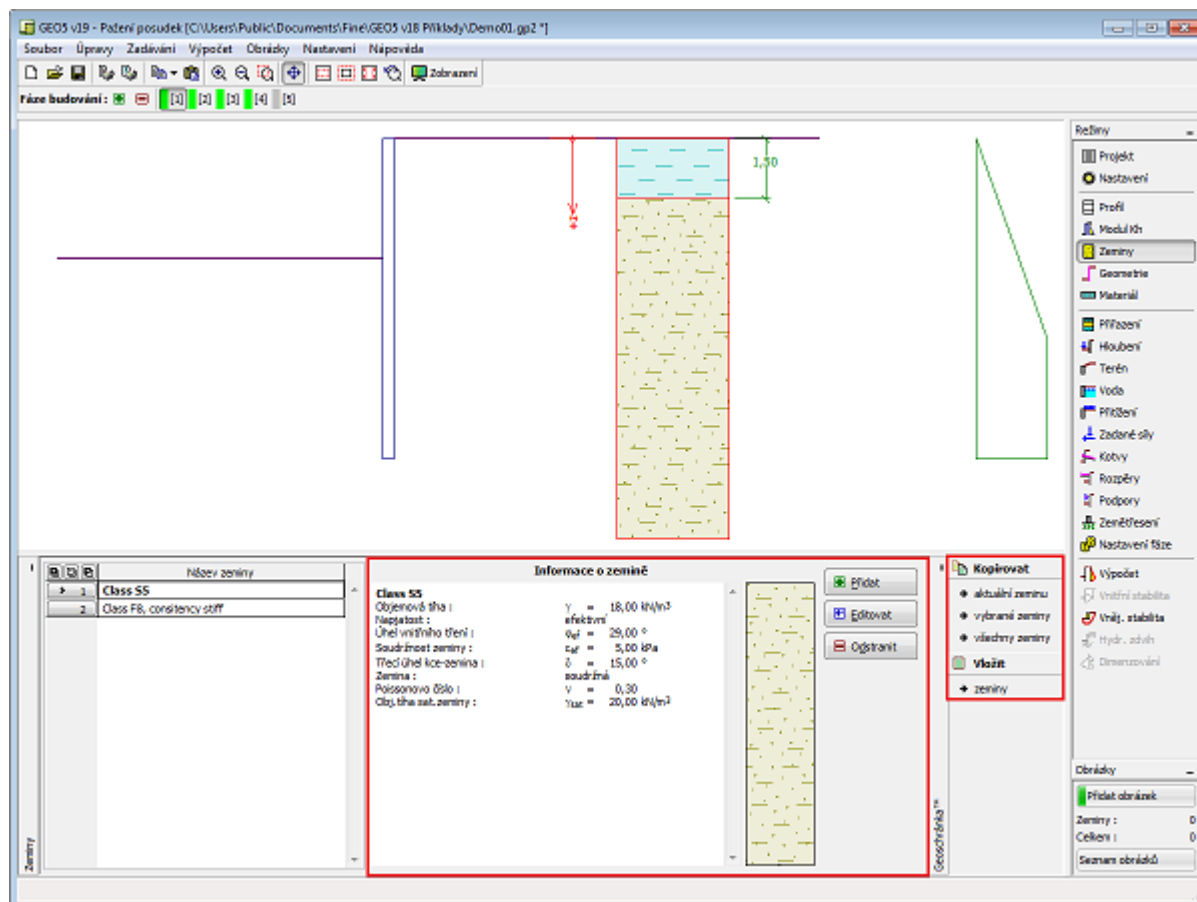
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadanych zemin. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemin"**.

V programu se zadávají charakteristiky zemin, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "Základní data", "Tlak v klidu", "Vztlak" a "Modul reakce podloží".

Data zadanych zemin lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy γ** , **úhel vnitřního tření zeminy ϕ** a **soudržnost zeminy c** . Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického nebo inženýrsko-geologického průzkumu, resp. z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemin**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemin. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní**, resp. **totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu "**Napjatost**". To zda počítat v **efektivní**, resp. **totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí δ** , který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce a** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "**Zemní tlaky**".

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Geometrie

V rámu "Geometrie" se volí **typ konstrukce**:

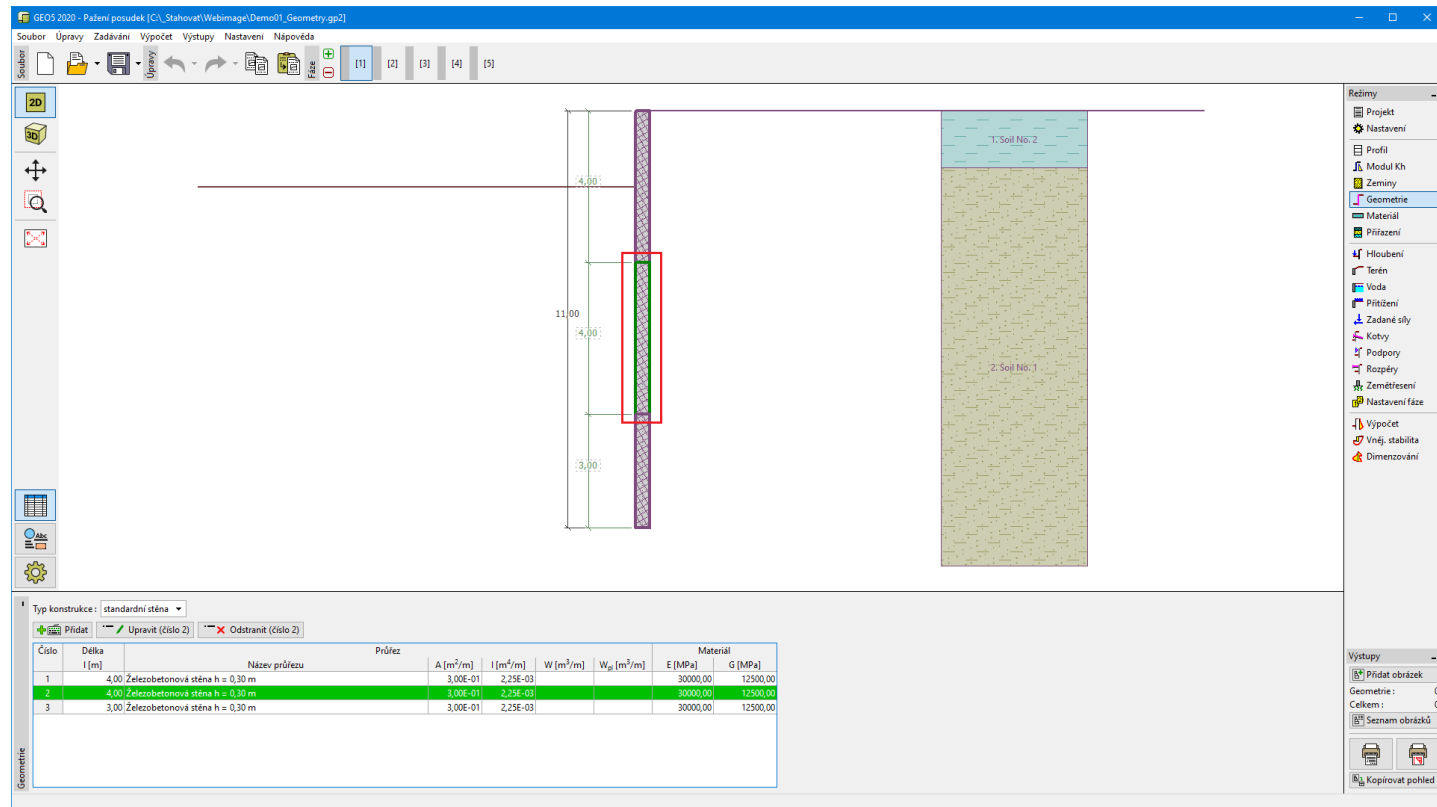
- **standardní stěna**
- **dvě řady pilot** - zadává se hloubka spojovacího nosníku h_1 a celková hloubka výkopu h

Rám také obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných konstrukčních úseků **pažicí stěny**. U každého úseku jsou v tabulce vypsány jeho průřezové charakteristiky (A - Plocha, I - Moment setrvačnosti) a materiálové charakteristiky (E - Modul pružnosti, G - Modul pružnosti ve smyku - tyto veličiny jsou vždy přepočteny na 1 **bm** konstrukce). U kombinovaných průřezů odpovídají moduly E a G materiálu, na který je průřez přepočítán (typicky beton nebo ocel).

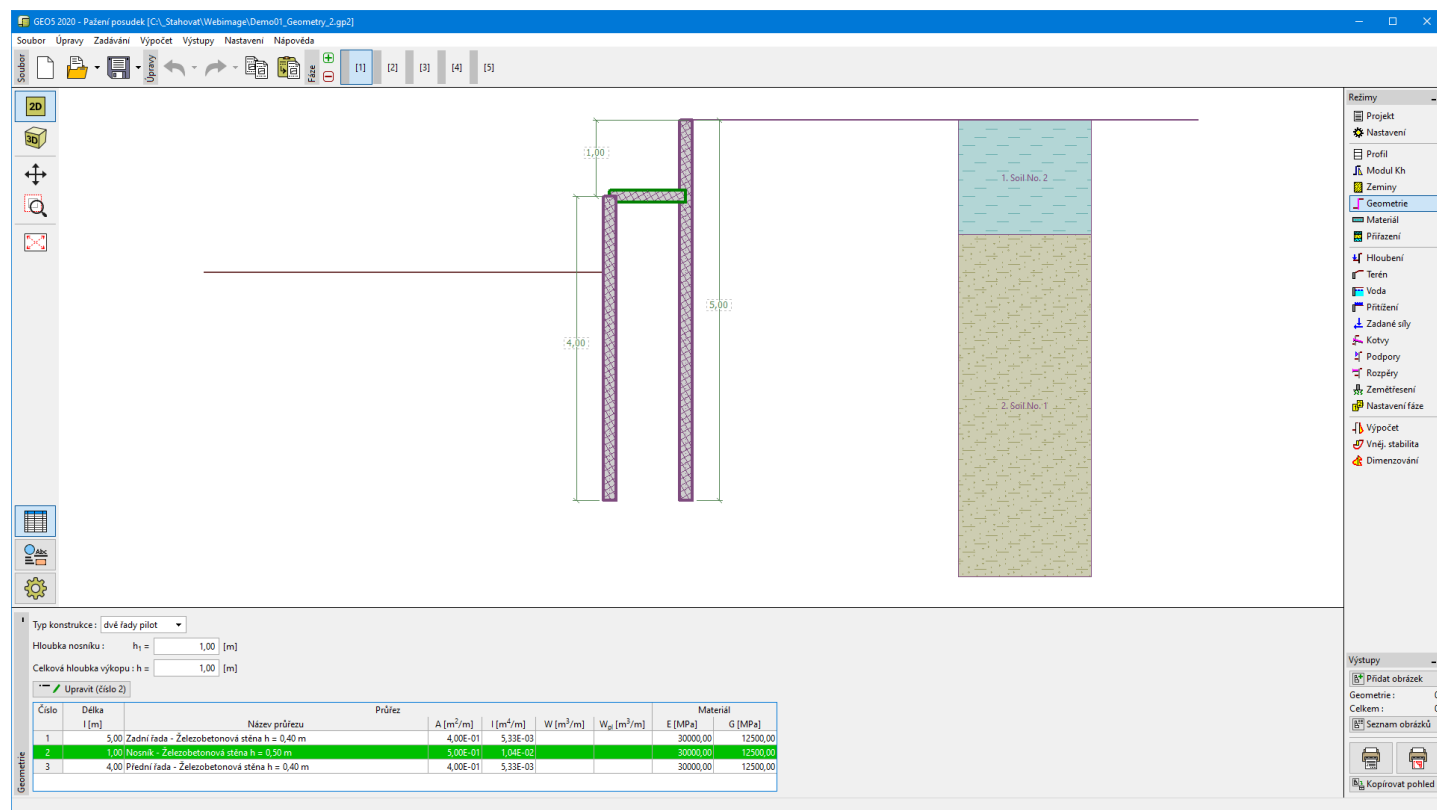
Přidání úseků se provádí v **dialogovém okně "Nový úsek"**.

Zadané úseky lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů** - poklepáním (double-click) na konstrukci se otevře dialogové okno s příslušným úsekem.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie" - standardní stěna



Rám "Geometrie" - dvě řady pilot

Materiál

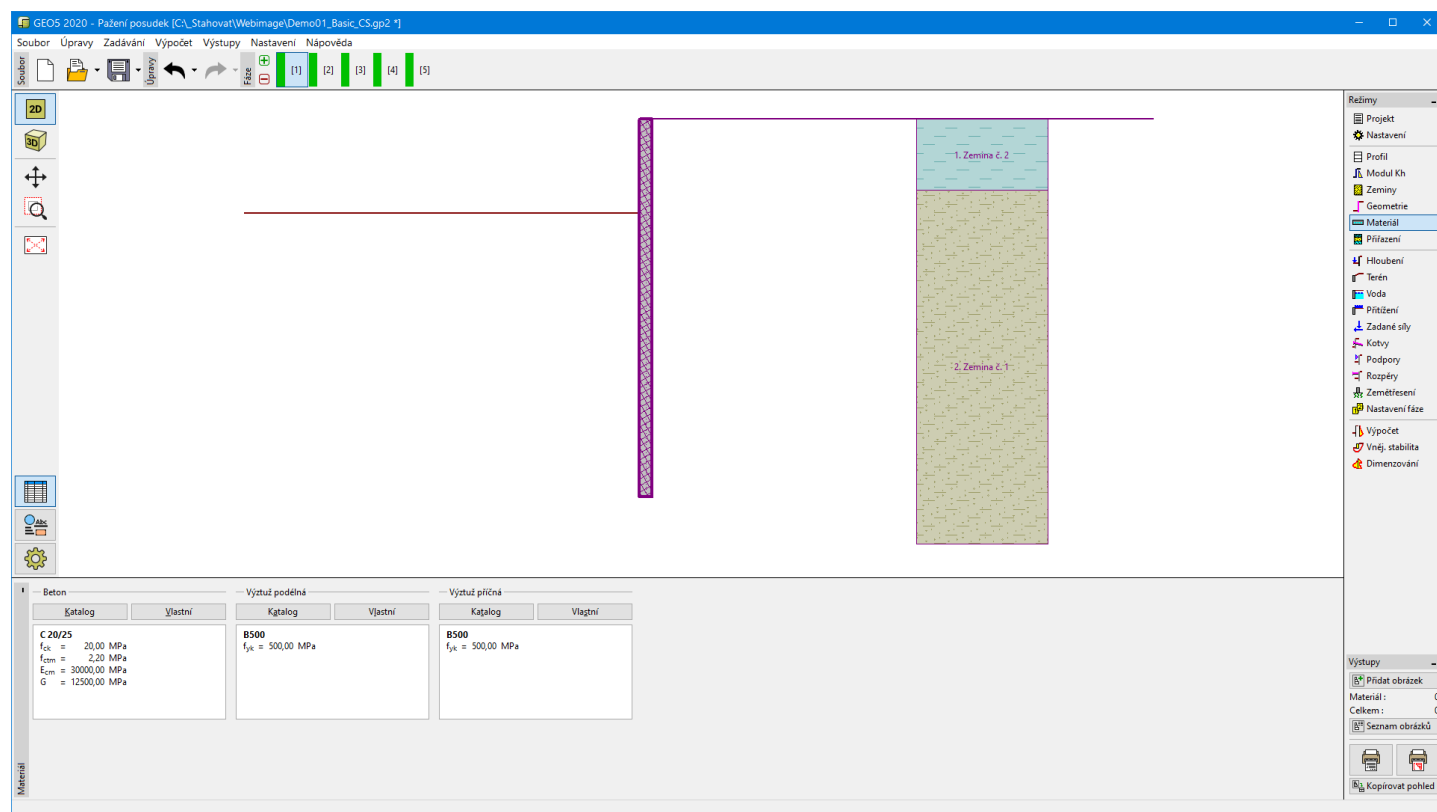
V rámu "**Materiál**" se zadávají materiálové charakteristiky. Vzhled rámu se mění podle zvoleného materiálu (beton, ocel, dřevo, plast, cementozemina) v rámu "**Geometrie**".

Pro nastavení parametrů materiálu lze použít dvě možnosti:

- tlačítkem "**Katalog**" otevřeme dialogové okno "**Katalog materiálů**" a ze seznamu vybereme požadovaný materiál

- tlačítkem "**Vlastní**" otevřeme dialogové okno "**Editor materiálu**" a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy pro navrhování **betonových, ocelových, dřevěných** konstrukcí v záložce "**Materiály a normy**".



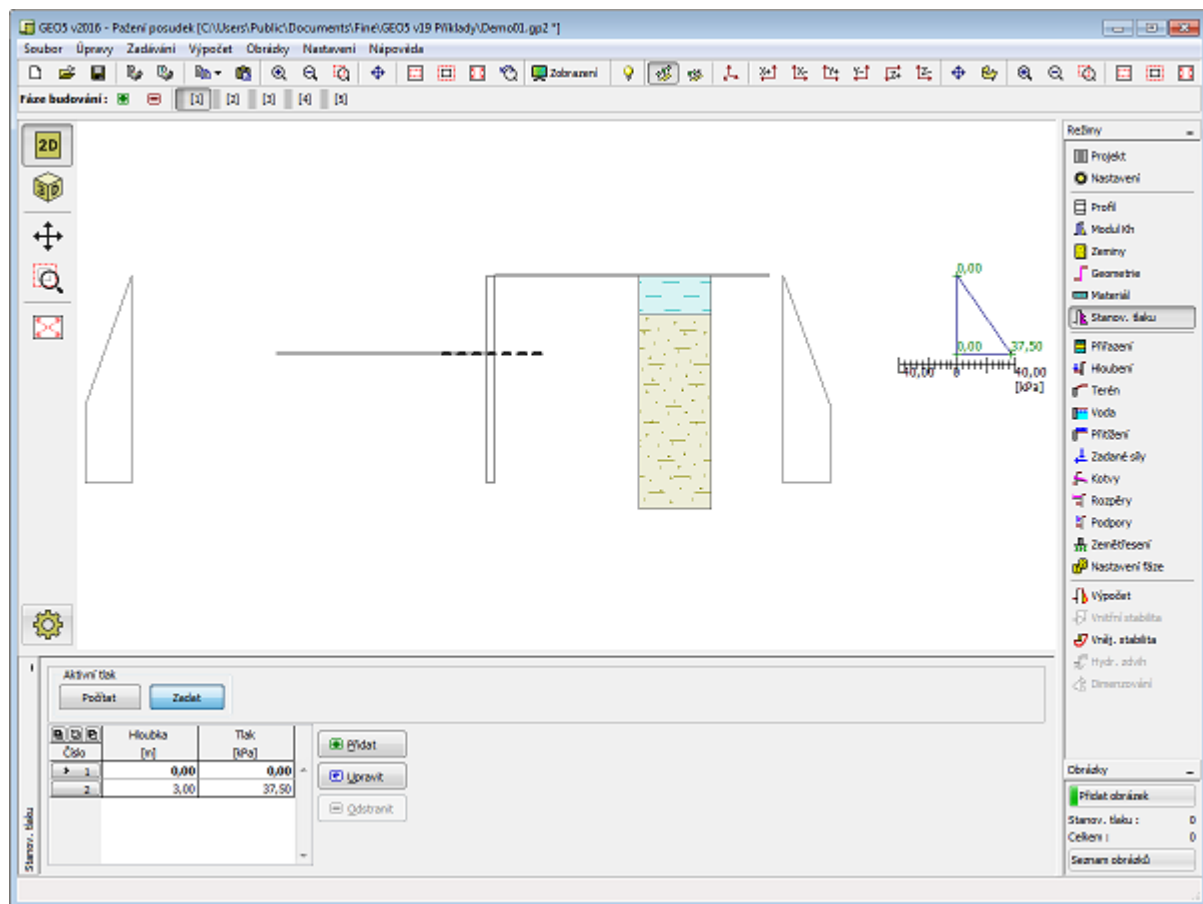
Rám "Materiál"

Stanovení tlaku

V rámu "**Stanovení tlaku**" lze ručně zadat hodnoty zemního tlaku za **pažící konstrukcí** (tlačítko "**Zadat**"). Rám je dostupný pouze v případě, kdy je v rámu "**Nastavení**" pro metodu výpočtu zvolena možnost "**JGJ 120-2012**" (záložka "**Výpočet tlaků**").

Rám obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných hodnot **zemního tlaku**. **Přidání** hodnot tlaku se provádí v **dialogovém okně "Nový bod"**, ve kterém se zadává hloubka bodu [**m**] a hodnota tlaku [**kPa**].

Hodnoty **aktivního zemního tlaku**, resp. **zemního tlaku v klidu** lze rovněž automaticky dopočítat (kliknutím na tlačítko "**Počítat**").

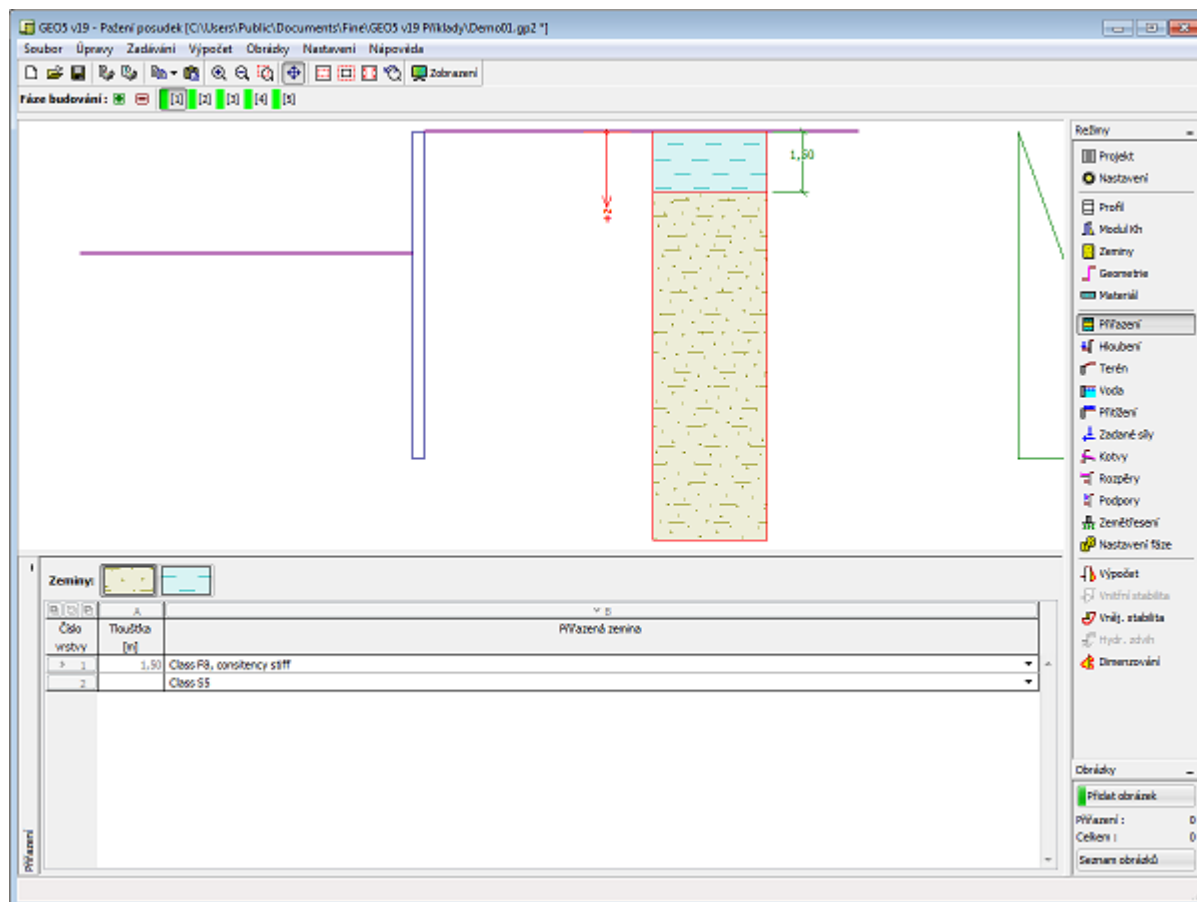


Rám "Stanovení tlaku"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



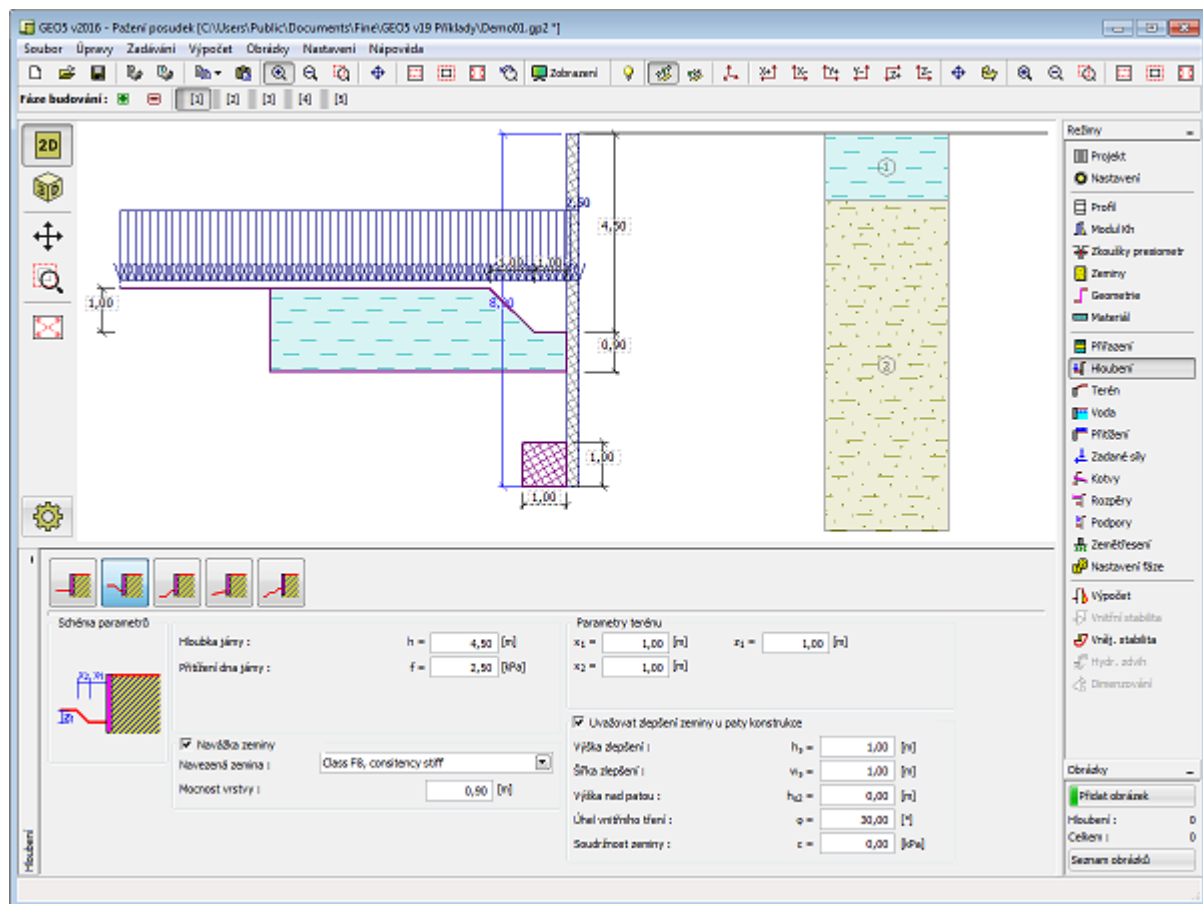
Rám "Přídání"

Hloubení

V rámu "Hloubení" se zadává hloubka stavební jámy h [m] a stiskem tlačítka se volí tvar terénu dna před lícem pažící konstrukce. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Rozměry konstrukce lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí aktivních kót.

V rámu lze také zadat velikost přitížení dna stavební jámy f [kPa] a případně i mocnost vrstvy navážky zeminy pod dnem (zeminu lze vybrat v rozbalitelném seznamu, který obsahuje zeminy zadané v režimu "Zeminy"). V případě zadání navážky u záporového pažení se v místě navážky předpokládá zapažená konstrukce, tj. zemní tlaky působí na celou šířku konstrukce jako nad dnem stavební jámy.

V rámu lze zadat rovněž zlepšení zeminy u paty konstrukce. Princip výpočtu je blíže popsán zde.



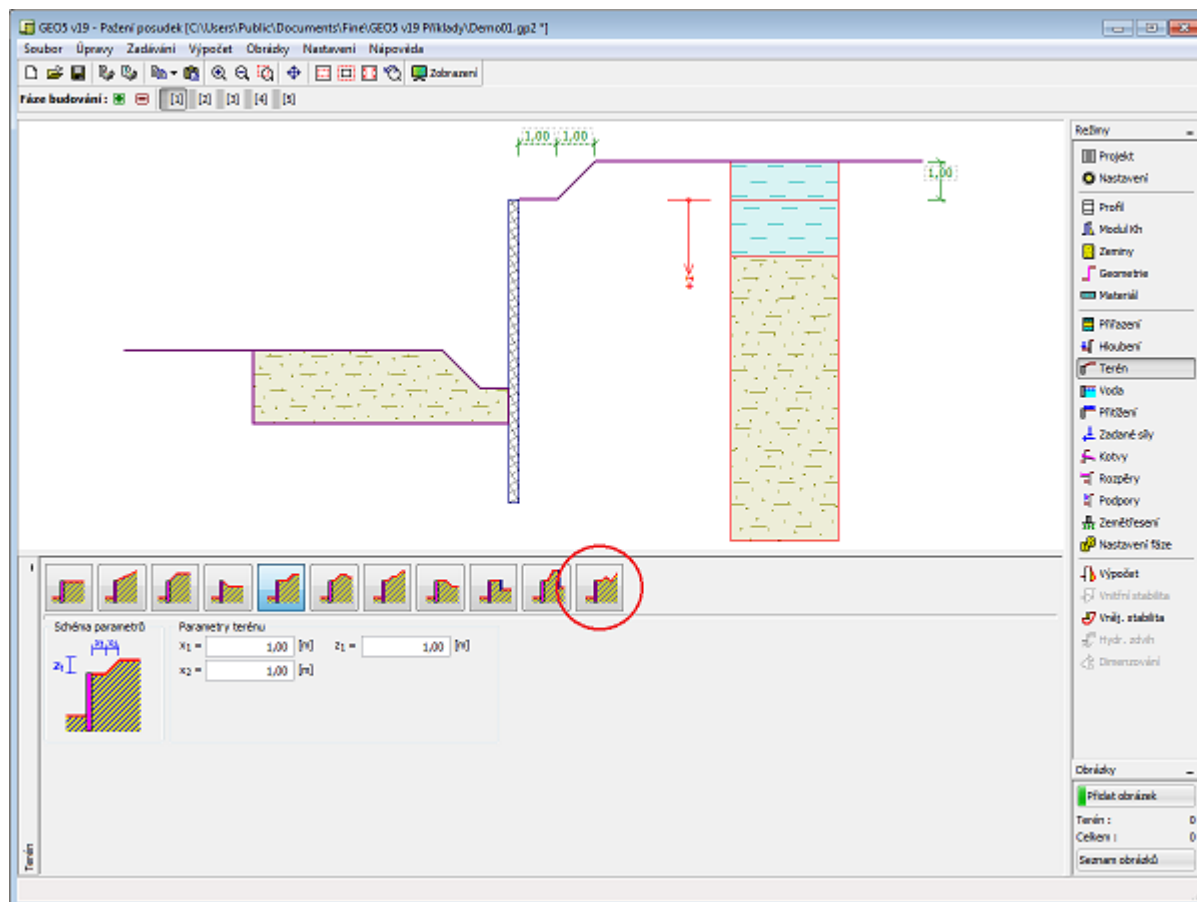
Rám "Hloubení"

Terén

V rámu "Terén" se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí [0; 0] leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".



Rám "Terén"

Voda

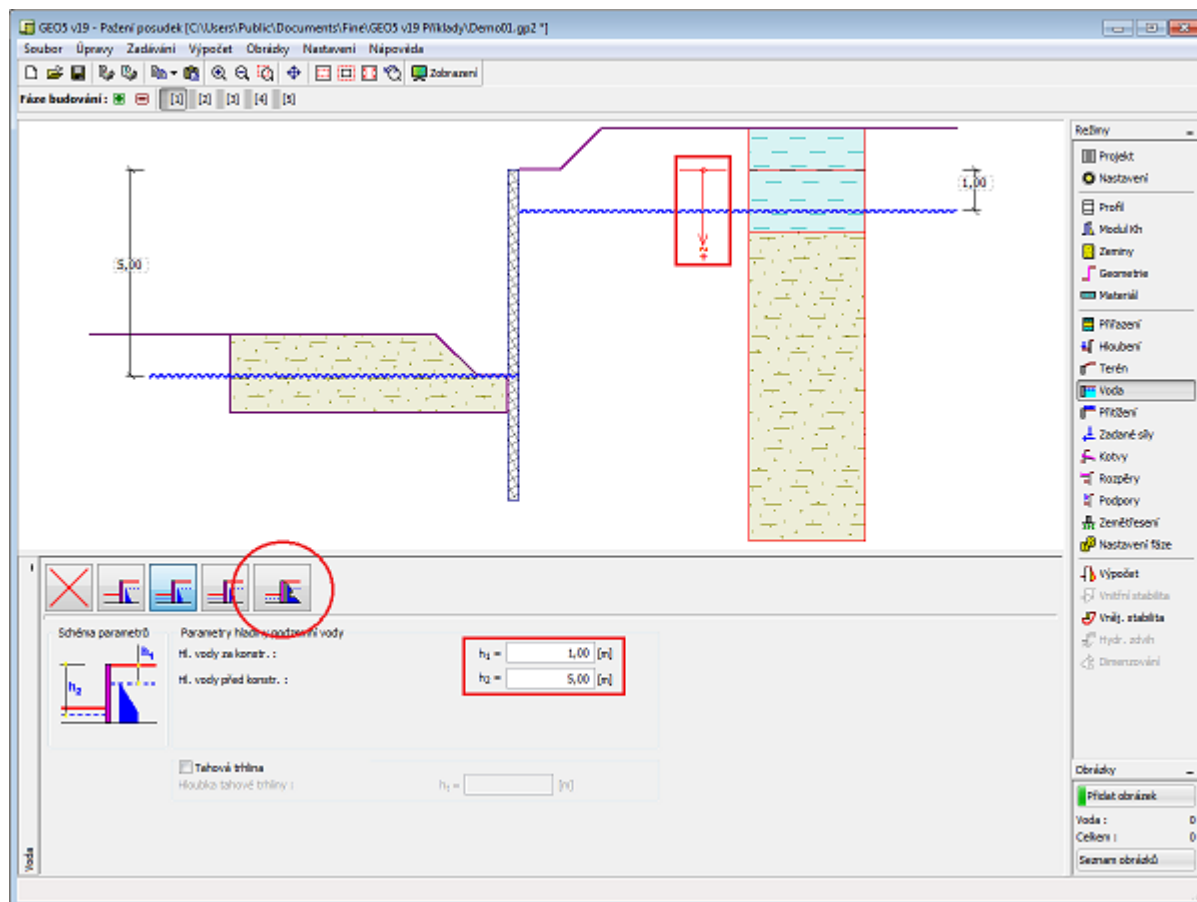
V rámu "**Voda**" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 atd.) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou je ruční zadání pórového tlaku před i za konstrukcí. V rámu se zobrazí dvě záložky "**Před konstrukcí**" a "**Za konstrukcí**" s **tabulkami**. Do tabulek se zadávají hodnoty pórového tlaku před, nebo za konstrukcí v hloubce " z " (viz osa z).

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahové trhliny** h_t vyplněné vodou.



Rám "Voda"

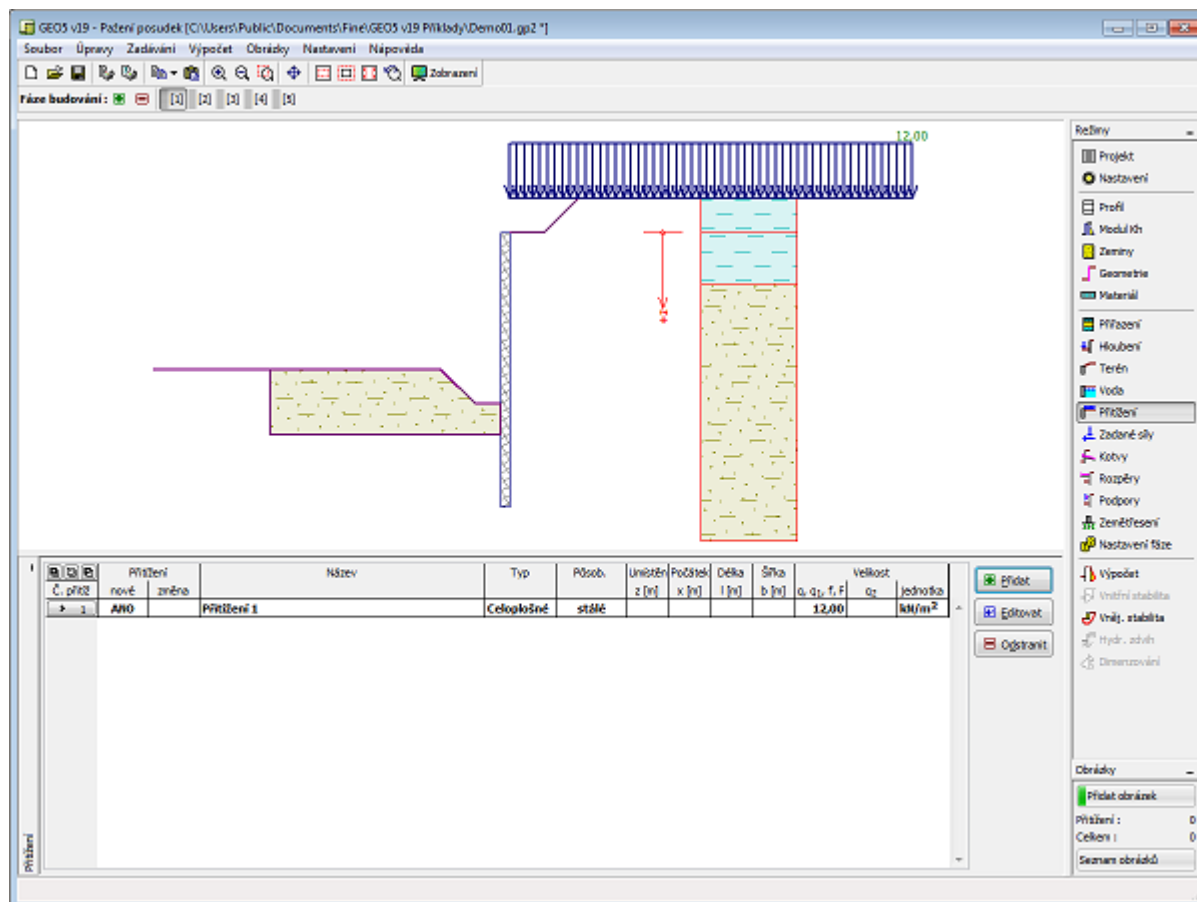
Přetížení

Rám "Přetížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přetížení. Přidání přetížení se provádí v dialogovém okně "Nové přetížení". Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Při zadání přetížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přetížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přetížení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv přetížení".



Rám "Přítížení"

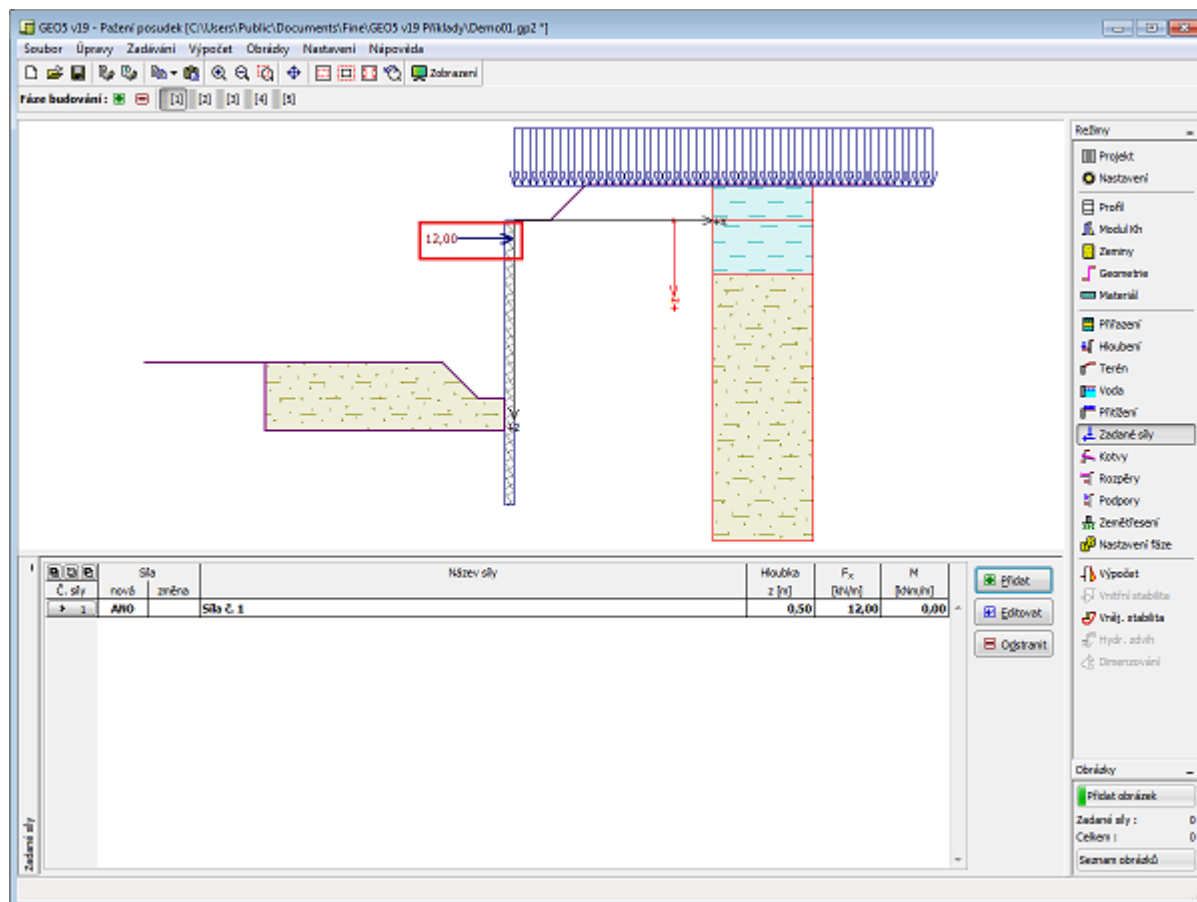
Zadané síly

Rám "Zadané síly" obsahuje tabulku se seznamem zadaných sil působících na konstrukci. Přidání sil se provádí v dialogovém okně "Nová síla". Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadané síly představují přídatné zatížení působící na konstrukci zdi, záporového pažení, respektive vyztuženého náspu. Můžeme jimi modelovat například ukotvení svodidel, náraz vozidla, zatížení od billboardů a reklamních ploch atp. Program takto zadané síly do výpočtu dále nijak neupravuje, s výjimkou přenásobení příslušným koeficientem dle zadaného typu zatížení (EN1997, LRFD).

Typ zadané síly "svislá na zed" se projeví pouze ve výpočtu svislé únosnosti. Účinek zatížení na samotnou stěnu není uvažován.

Vnější zatížení působící na zeminu, resp. na povrch terénu je nutné modelovat jako **přítížení**.



Rám "Zadané síly"

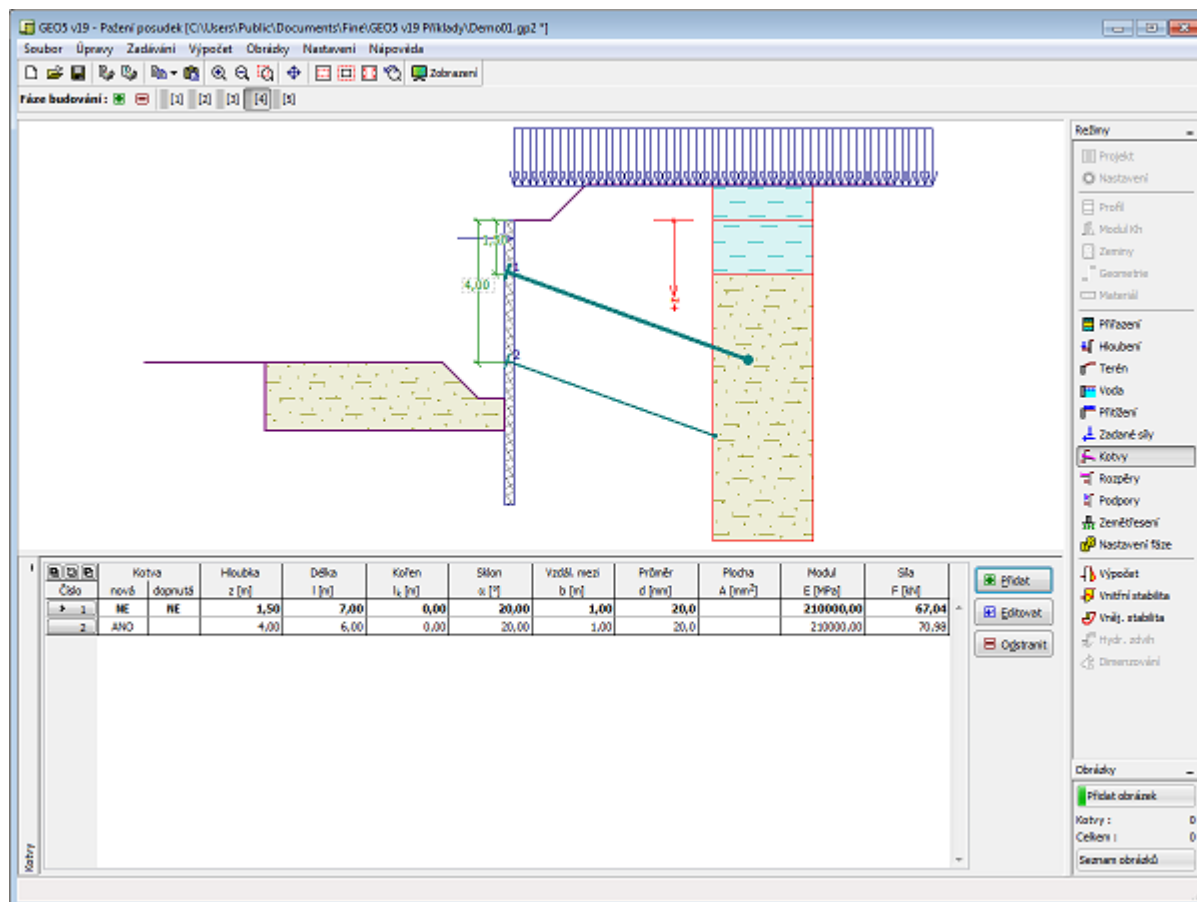
Kotvy

Rám "Kotvy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kotev. Přidání kotev se provádí v dialogovém okně "Nová kotva". Zadané kotvy lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Kotva se zadává automaticky na již **deformovanou konstrukci** (z předchozí fáze budování).

Kotvy lze zadat jako předpjaté (**nedefinováno, tyčové předpínací, pramencové**) i nepředpjaté (**Helix, tyčové nepředpínací, kotevní táhla**). **Tuhost předpjatých kotev** se projevuje ve **vlastním výpočtu** až v následujících fázích budování. Vlivem deformace konstrukce dochází u všech typů kotev ke změně sil v kotevích.

V **následujících fázích** již nejde kotvy editovat, ale pouze **dopnout** na novou předpínací sílu.



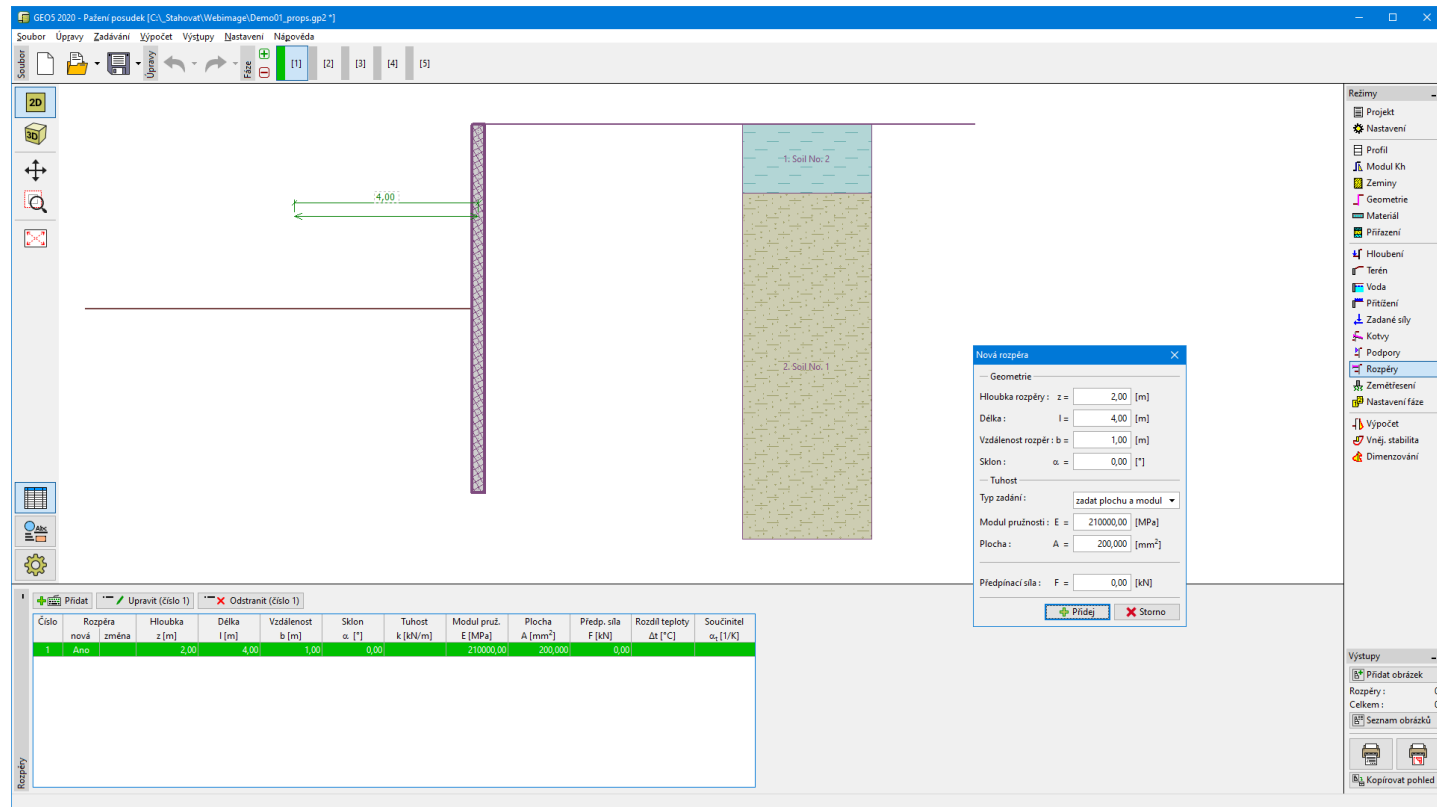
Rám "Kotvy"

Rozpěry

Rám "Rozpěry" obsahuje tabulku se seznamem rozpěr. Přidání rozpěr se provádí v dialogovém okně "Nová rozpěra". Zadané rozpěry lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Rozpěra se zadává automaticky na již **deformovanou konstrukci** (z předchozí fáze budování). V následujících fázích lze měnit pouze tuhost rozpěry nebo uvažovat **zatížení teplotou**. Ve vlastním výpočtu je rozpěra modelována stejně jako **kotva**, pouze s nulovou počáteční silou.

Poznámka: Program neposuzuje únosnost průřezu rozpěry na tlak ani na vzpěr.

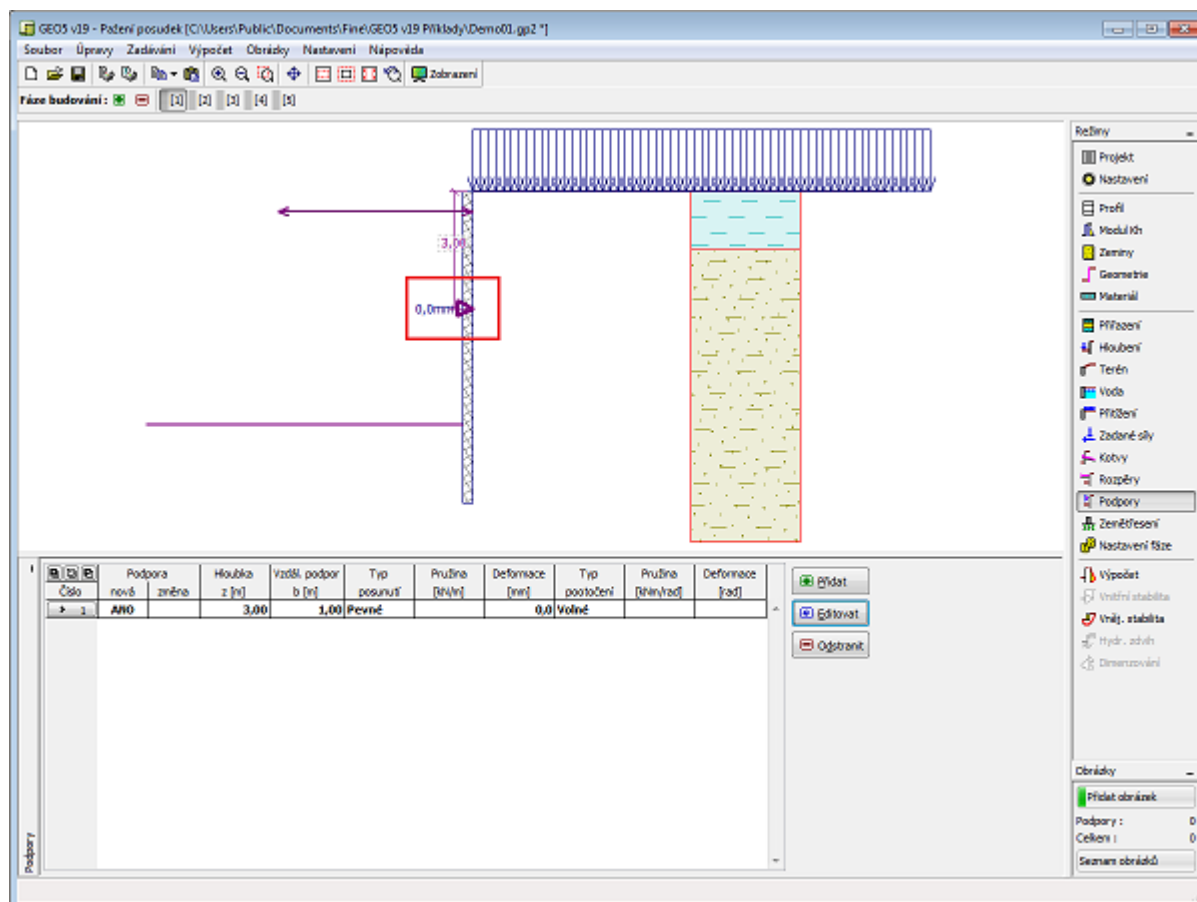


Rám "Rozpěry"

Podpory

Rám "Podpory" obsahuje tabulku se seznamem zadaných podpor. Přidání podpor se provádí v dialogovém okně "Nová podpora". Zadané podpory lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Podpora se zadává automaticky na již deformovanou konstrukci (z předchozí fáze budování). V následujících fázích již nejde podpory editovat, ale pouze zadat vynucenou deformaci.



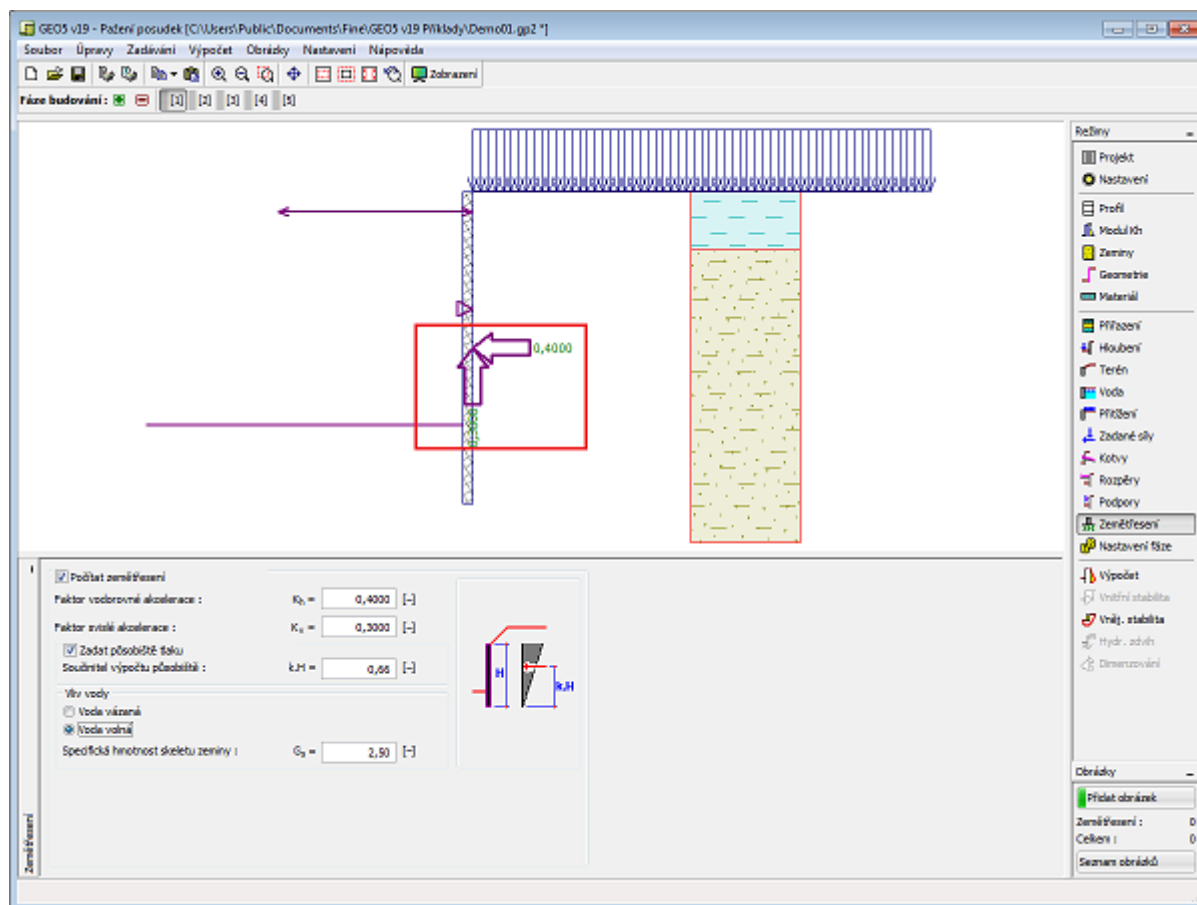
Rám "Podpory"

Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv zemětřesení".



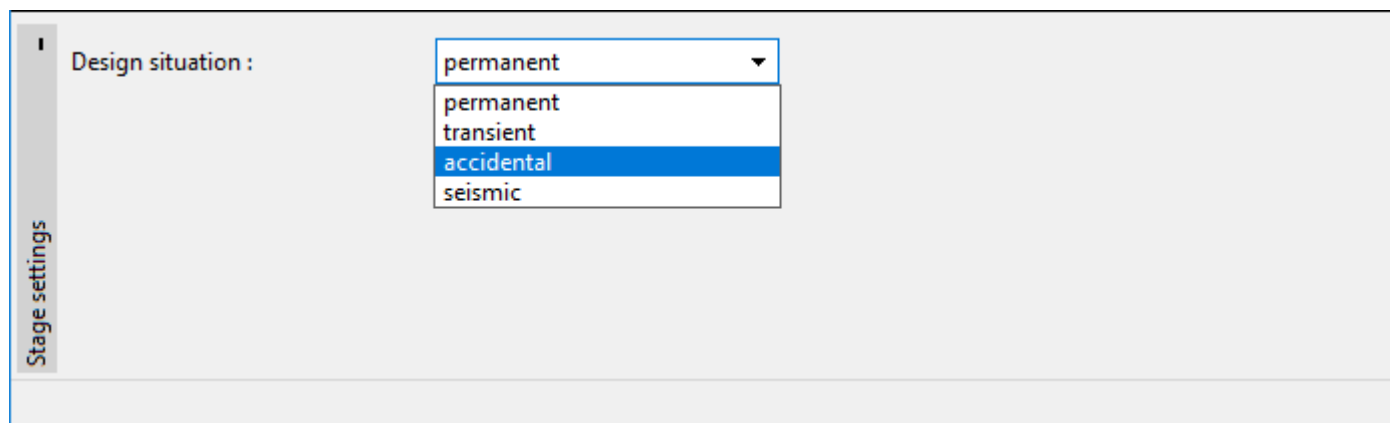
Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.



Rám "Nastavení fáze"

Výpočet

V rámu "Výpočet" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Při přepnutí do tohoto režimu se výpočet provede automaticky. Rám obsahuje šest tlačítek na **zobrazení výsledků výpočtů**:

K_h + tlaky

V levé části desktopu je vykreslen (standardně modrou barvou se šrafováním) průběh **modulu reakce podloží**. Jak plyne z principu **metody závislých tlaků**, některé pružiny (hodnoty modulu reakce podloží v bodech) jsou ve výpočtu vypuštěny, neboli rovny nule. Jestliže není zadán dostatečný počet okrajových podmínek (kotvy, podpory) a před i za konstrukcí bylo dosaženo limitních hodnot zemního tlaku (aktivní, resp. pasivní tlak) pak **úloha není stabilní**. Program nenalezne řešení a informuje o tom ve spodní části rámu - v tomto případě je nutné **změnit zadání konstrukce** (například zadat kotvu, zmenšit hloubku výkopu, zlepšit parametry zemin aj.).

V některých fázích budování se (standardně žlutou tečkovanou čarou) vykresluje deformace, při které dojde během zatlačování konstrukce k aktivaci **zemního tlaku v klidu** - je to doplňující informace ukazující plastickou deformaci konstrukce.

V pravé části okna jsou (standardně zelenou čárkovanou čarou) vykresleny průběhy limitních tlaků (**pasivního tlaku**, **tlaku v klidu** a **aktivního tlaku**). Plnou modrou čarou je pak vykreslen **skutečný průběh tlaku na konstrukci**.

V pravé části desktopu je vykreslena **deformovaná** (standardně červenou silnou čarou) a nedeformovaná konstrukce. Jsou zde znázorněny síly a deformace v kotvách, podporách, resp. rozpěrách.

Vnitřní síly

V levé části desktopu je vykresleno schéma konstrukce se silami v kotvách, reakcemi a deformacemi podpor a rozpěr. V pravé části je vykreslen průběh ohybového momentu a posouvající síly.

Deformace + Napětí

V levé části desktopu je vykresleno schéma konstrukce se silami v kotvách, reakcemi a deformacemi podpor a rozpěr. V pravé části je vykreslen průběh deformace konstrukce a celkového tlaku na **pažící stěnu**.

Sednutí terénu

V levé části desktopu je vykresleno schéma konstrukce. V pravé části je vykreslen průběh **sednutí terénu za konstrukcí**. Metoda pro výpočet sednutí se volí v horní části rámu.

Využití pasivního odporu

V levé části desktopu je vykresleno schéma konstrukce. V pravé části okna jsou vykresleny průběhy limitních tlaků a skutečný průběh tlaku na konstrukci. V horní části rámu se zadává stupeň bezpečnosti **využití pasivního odporu**.

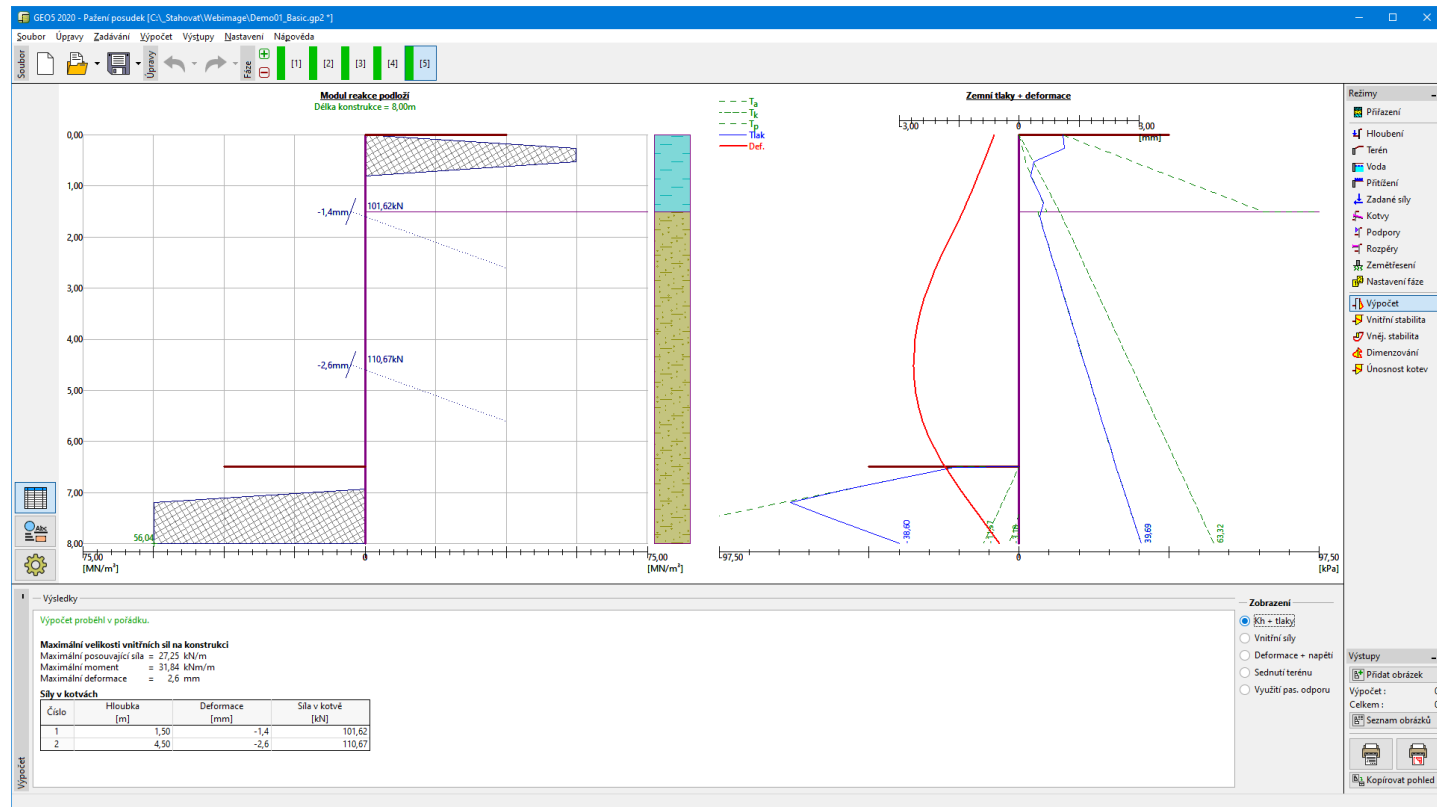
Svislá únosnost

V levé části desktopu je vykresleno schéma konstrukce. V pravé části okna jsou vykresleny průběhy limitních tlaků a skutečný průběh tlaku na konstrukci. V horní části rámu se zadávají parametry výpočtu **svislé únosnosti**.

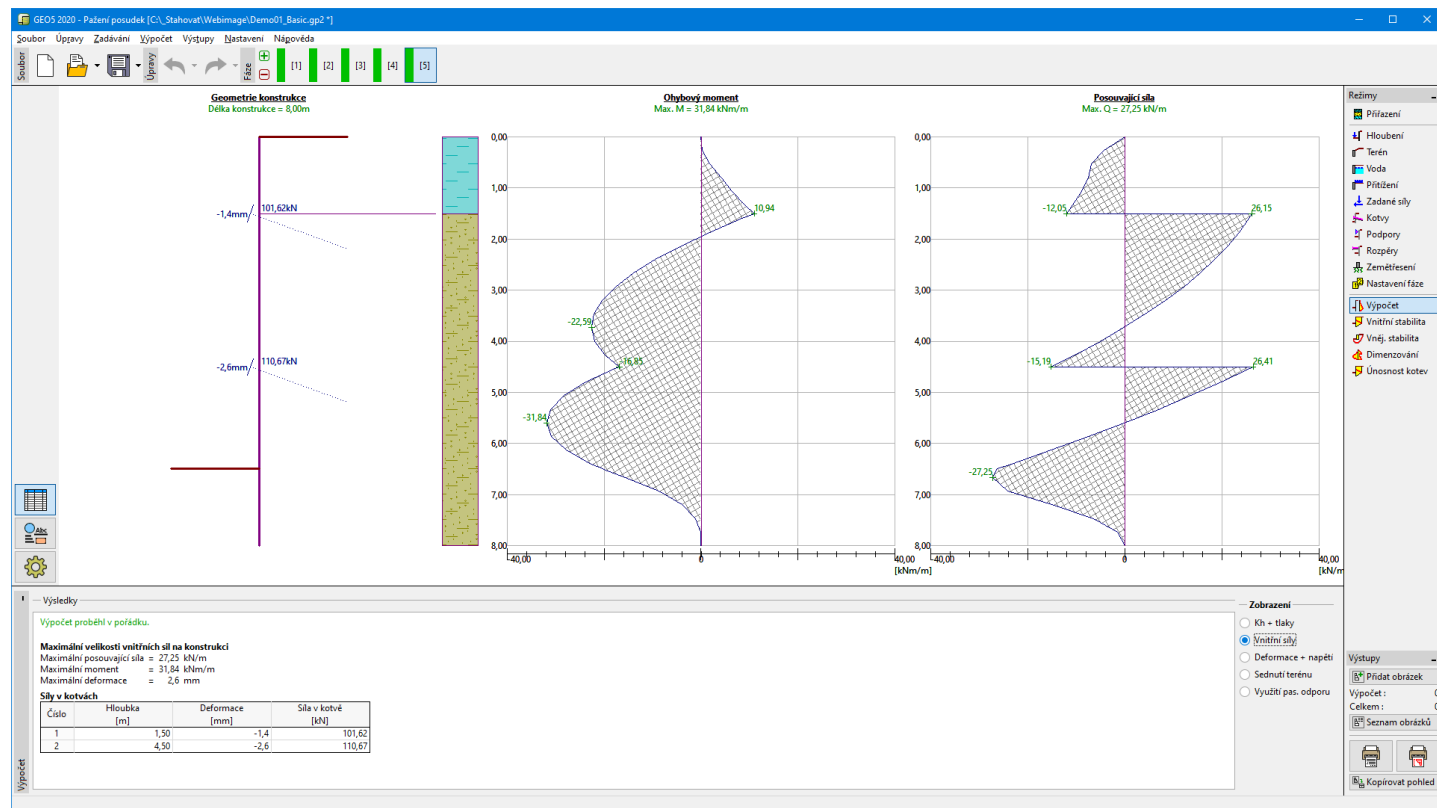
V případě, že je modul reakce podloží iterován, je nutné kontrolovat **průběh manuální iterace** v příslušném dialogovém okně **"Iterace"**. Podrobné informace jsou popsány v teoretické části nápovědy **"Modul reakce podloží určený iterací"**.

Pro **stěnu tvořenou dvěma řadami pilot** lze zobrazit průběh vnitřních sil, deformací a napětí na přední nebo zadní řadě.

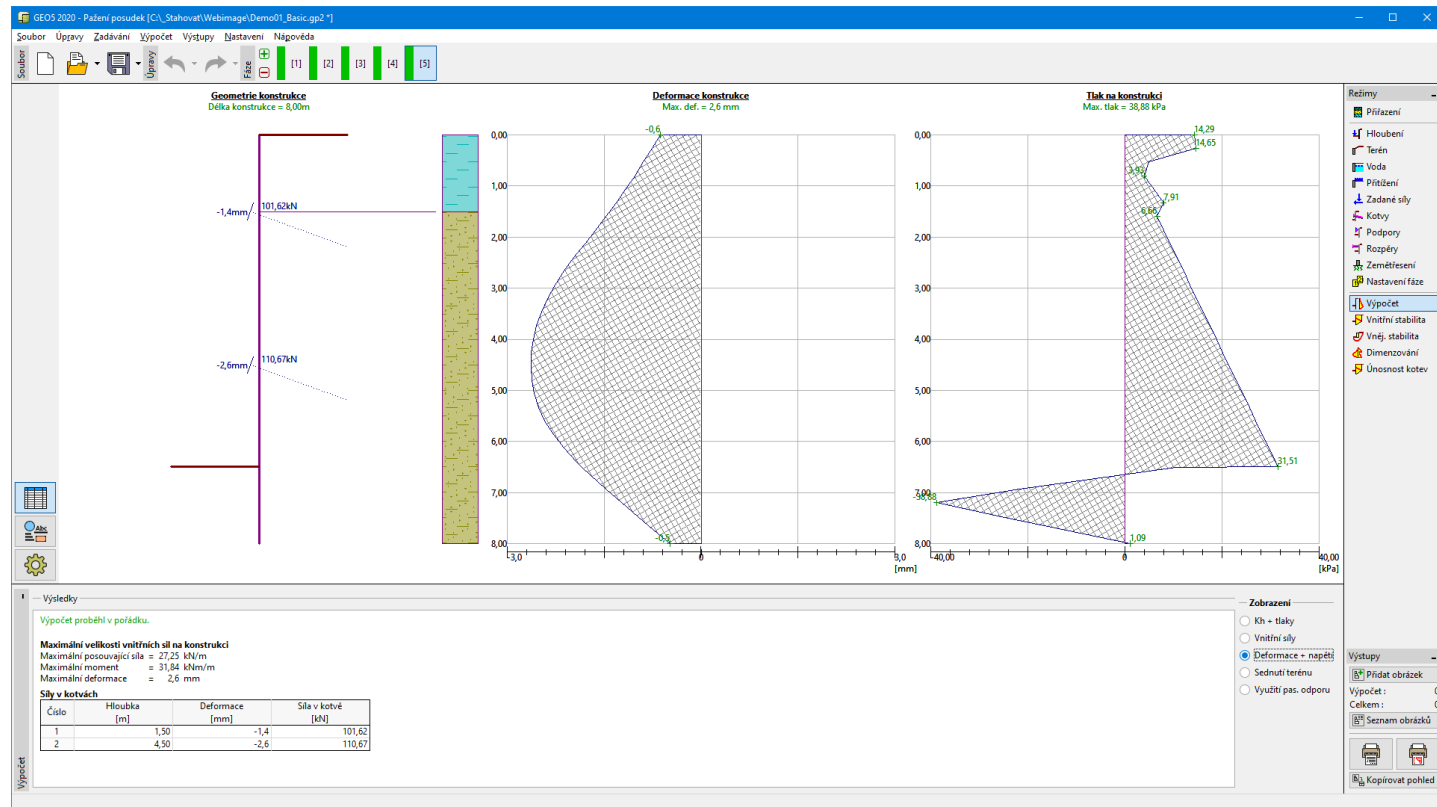
Zobrazení kresby lze měnit v rámu **"Nastavení kreslení"**.



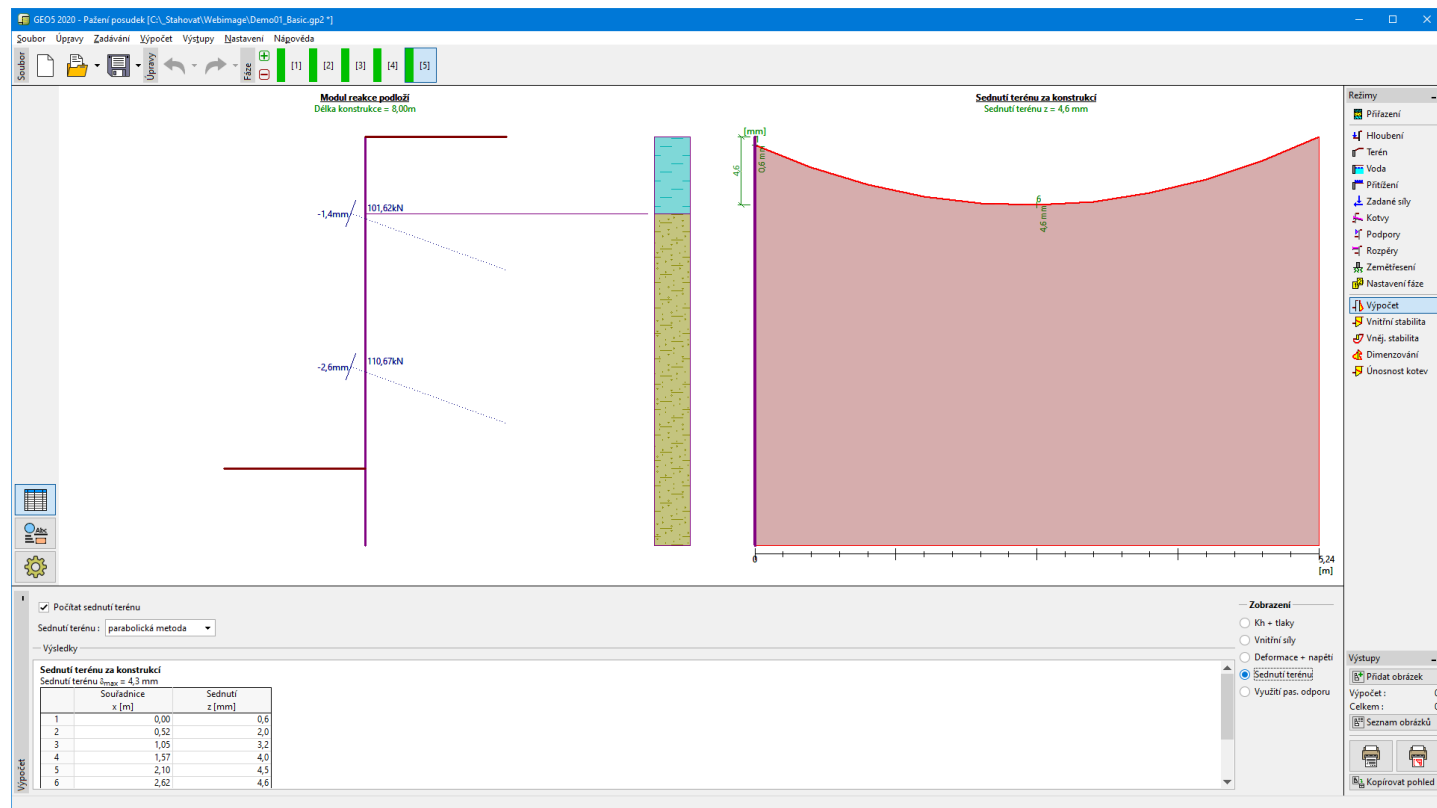
Rám "Výpočet" - modul reakce podloží a zemní tlaky



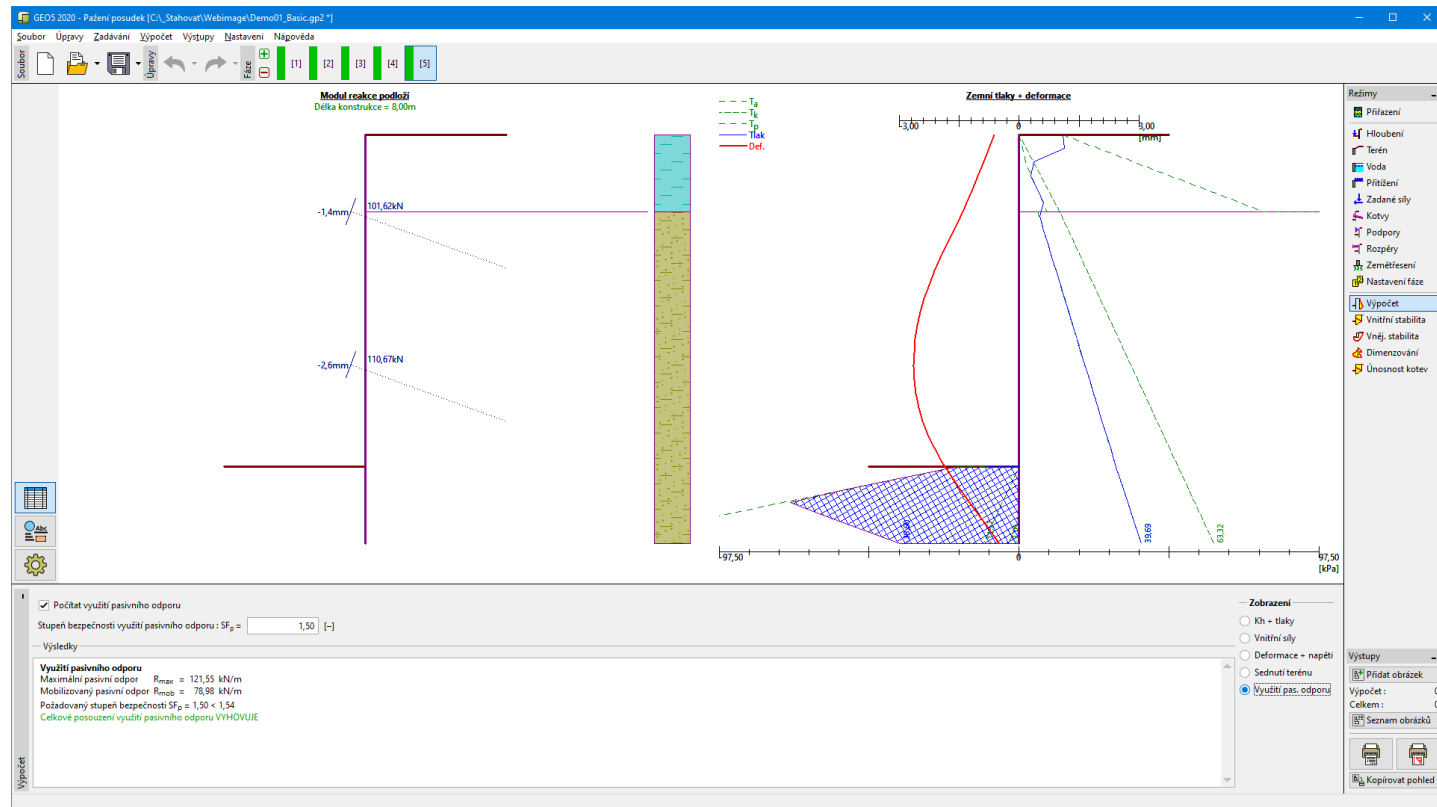
Rám "Výpočet" - vnitřní síly



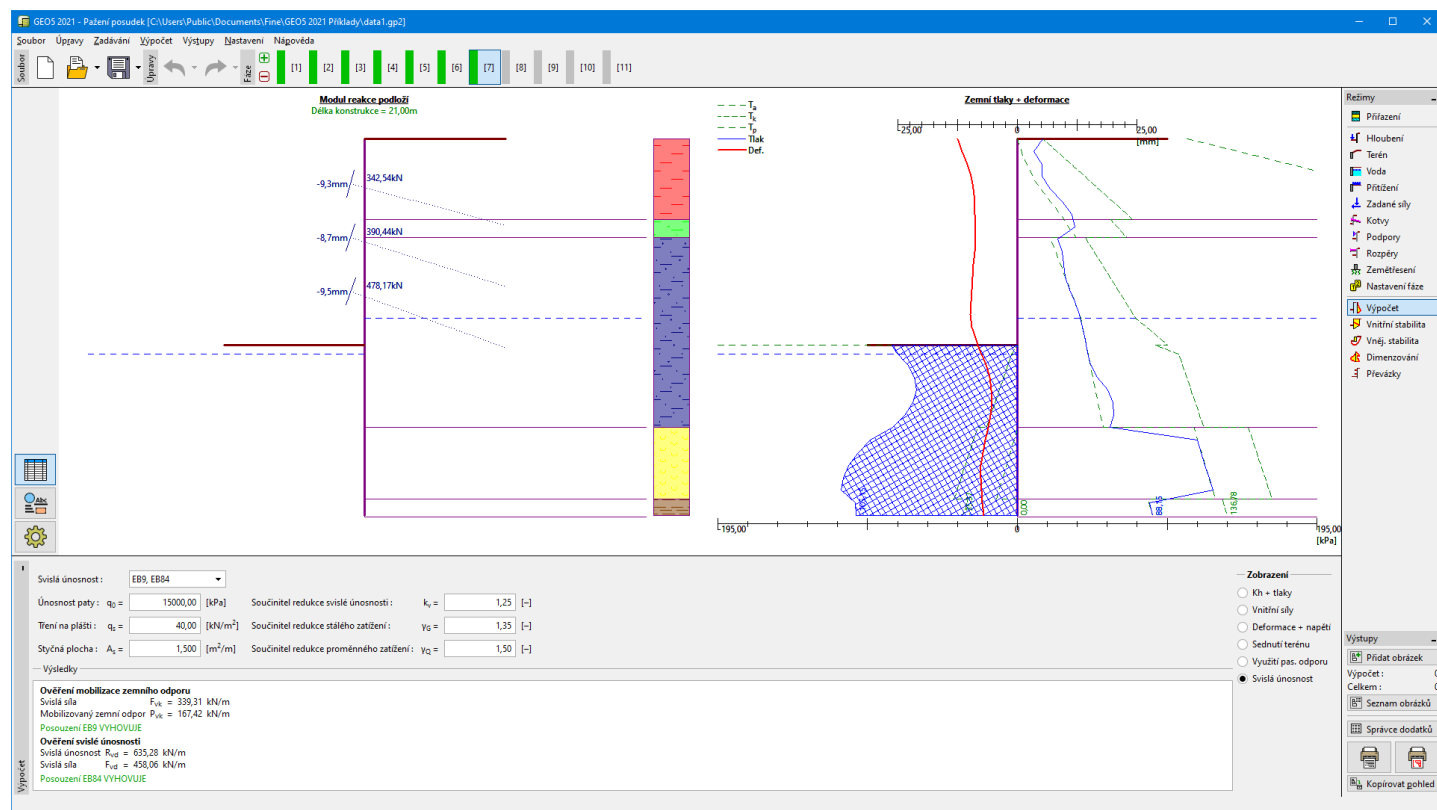
Rám "Výpočet" - deformace a napětí



Rám "Výpočet" - sednutí terénu



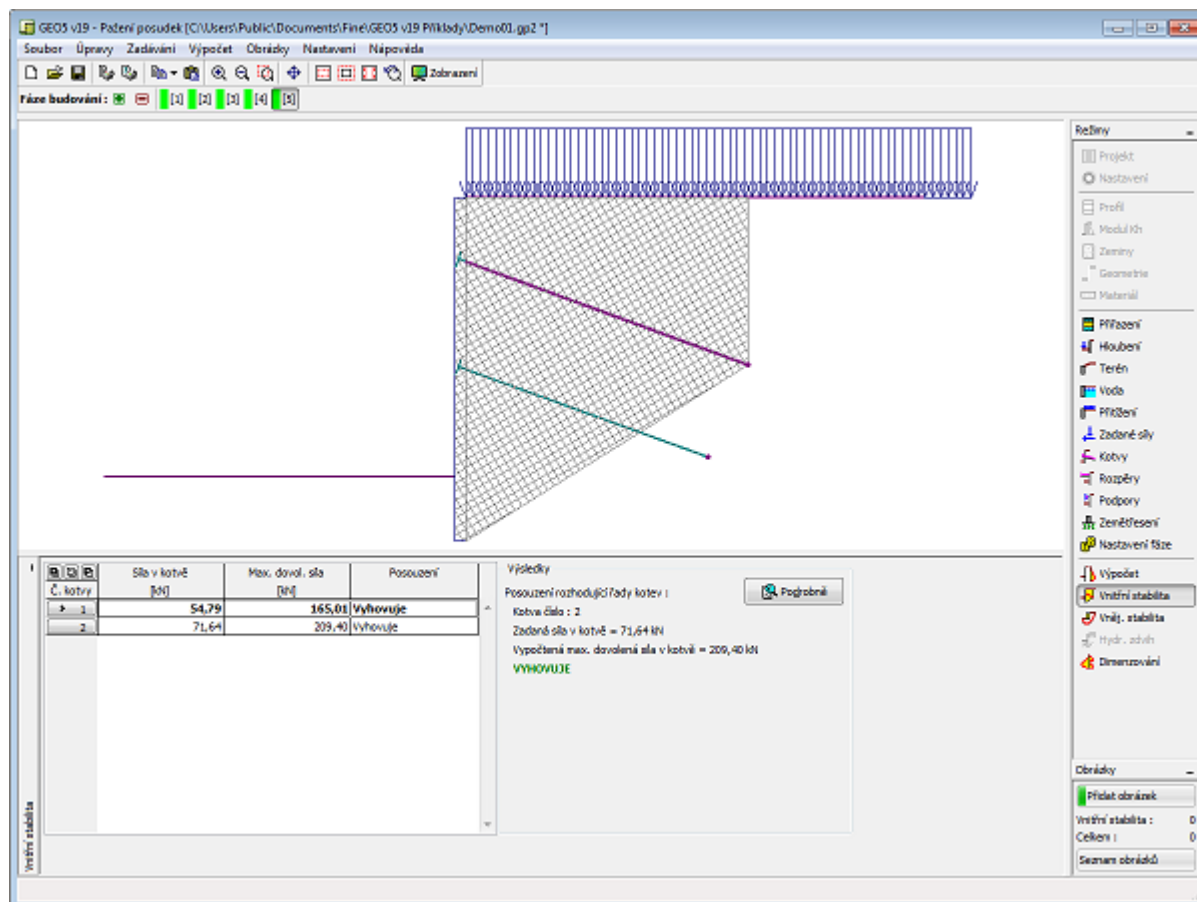
Rám "Výpočet" - využití pasivního odporu



Rám "Výpočet" - svislá únosnost

Vnitřní stabilita

V **rámu** se posuzuje **vnitřní stabilita kotev** - rám je tedy dostupný pouze ve **fázích**, ve kterých jsou kotvy zadány. Pro každou řadu kotev jsou v **tabulce** znázorněny **zadané síly v kotvě** a **maximální přípustné síly** v kotvě. V pravé části rámu je vypsáno celkové posouzení pro nejvíce využitou řadu kotev.

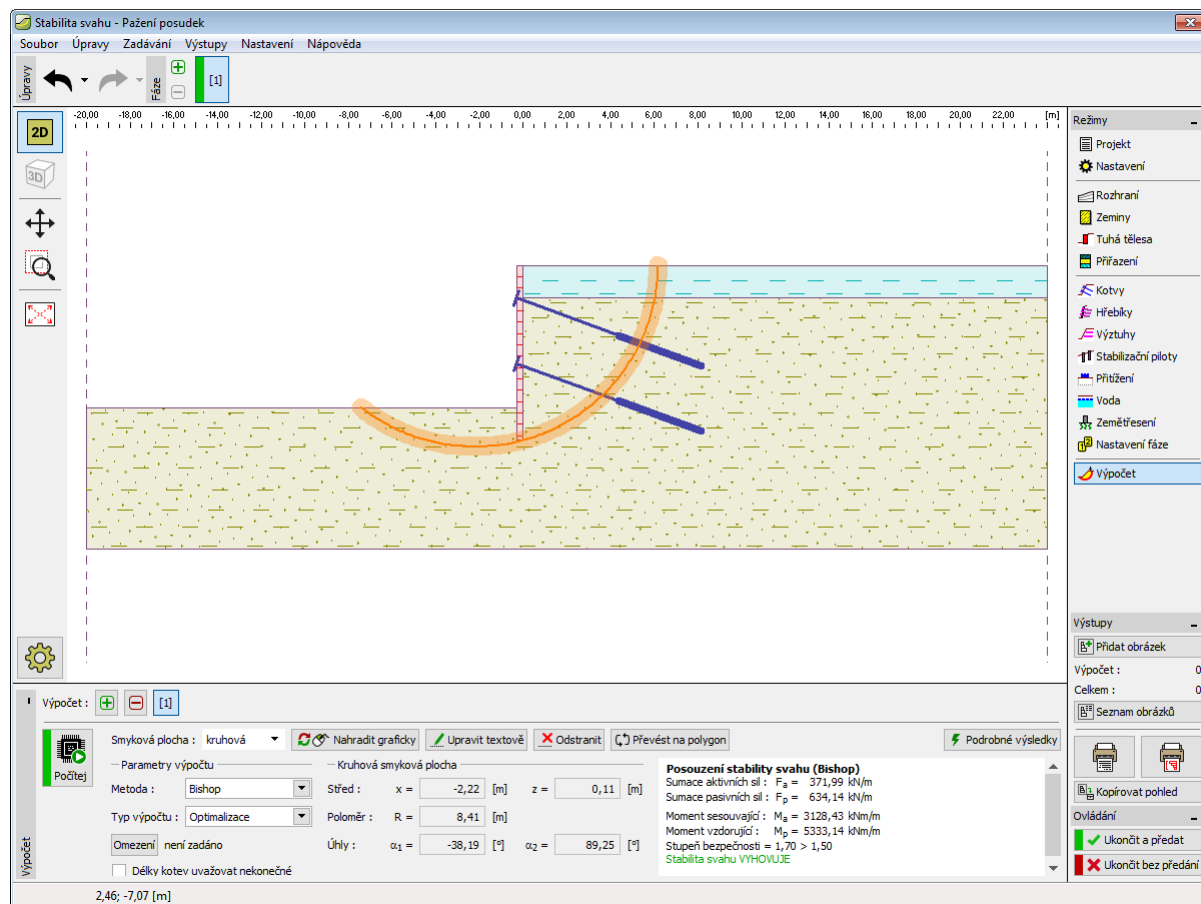


Rám "Vnitřní stabilita"

Vnější stabilita

Při stisknutí tlačítka **"Vnější stabilita"** se spustí program **"Stabilita svahu"** a přenesou se do něj všechna data. V programu stabilita svahu pak můžeme posoudit celkovou stabilitu konstrukce. Pokud program **"Stabilita svahu"** není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem **"Ukončit a předat"** - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu v programu **"Pažení posudek"**.

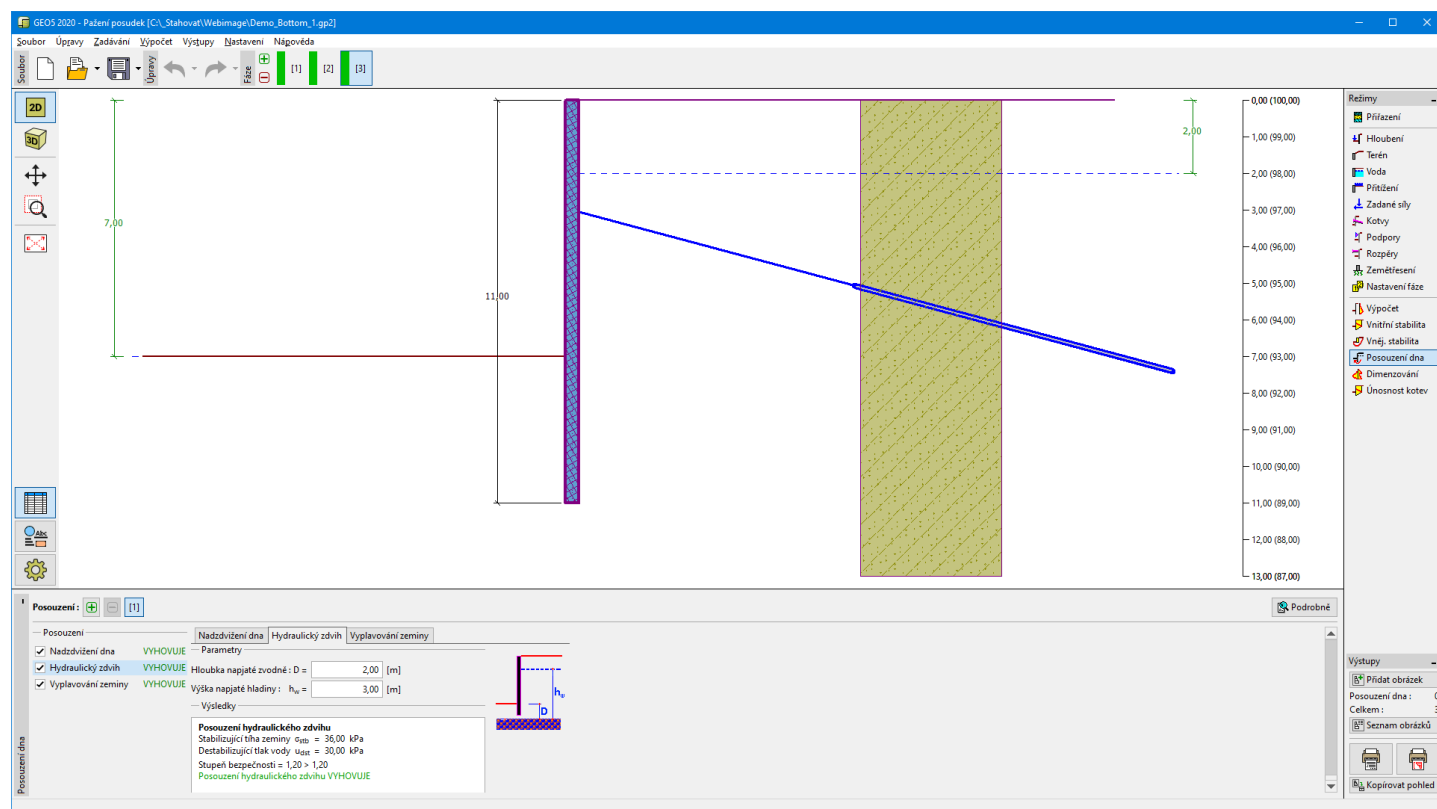


Rám "Vnější stabilita"

Posouzení dna

V rámu "Posouzení dna" se posuzuje nadzdvížení dna, hydraulický zdvih a vyplavování zeminy. Rám je dostupný pouze v případě, kdy je vliv vody uvažován jako "Hydrodynamický tlak" (pata konstrukce je založena v propustném podloží a voda může pod konstrukcí proudit).

V případě výpočtu podle čínských norem, program umožňuje provést tato posouzení i pro jiné typy podzemní vody.



Rám "Posouzení dna"

Dimenzování

V rámu "Dimenzování" lze zobrazit obálku vnitřních sil a deformací přes všechny výpočty (fáze budování). Obálka je standardně sestavena ze všech fází budování, ale lze ji sestavit pouze z vybraných fází. Tlačítko "Změnit" otevírá dialogové okno "Výběr fází", ve kterém lze stisknutím tlačítek vybrat jednotlivé fáze budování pro sestavení aktuální obálky.

Maximální hodnoty spočtených vnitřních sil (ohybových momentů a posouvajících sil) a velikost deformace jsou zobrazeny ve spodní části rámu.

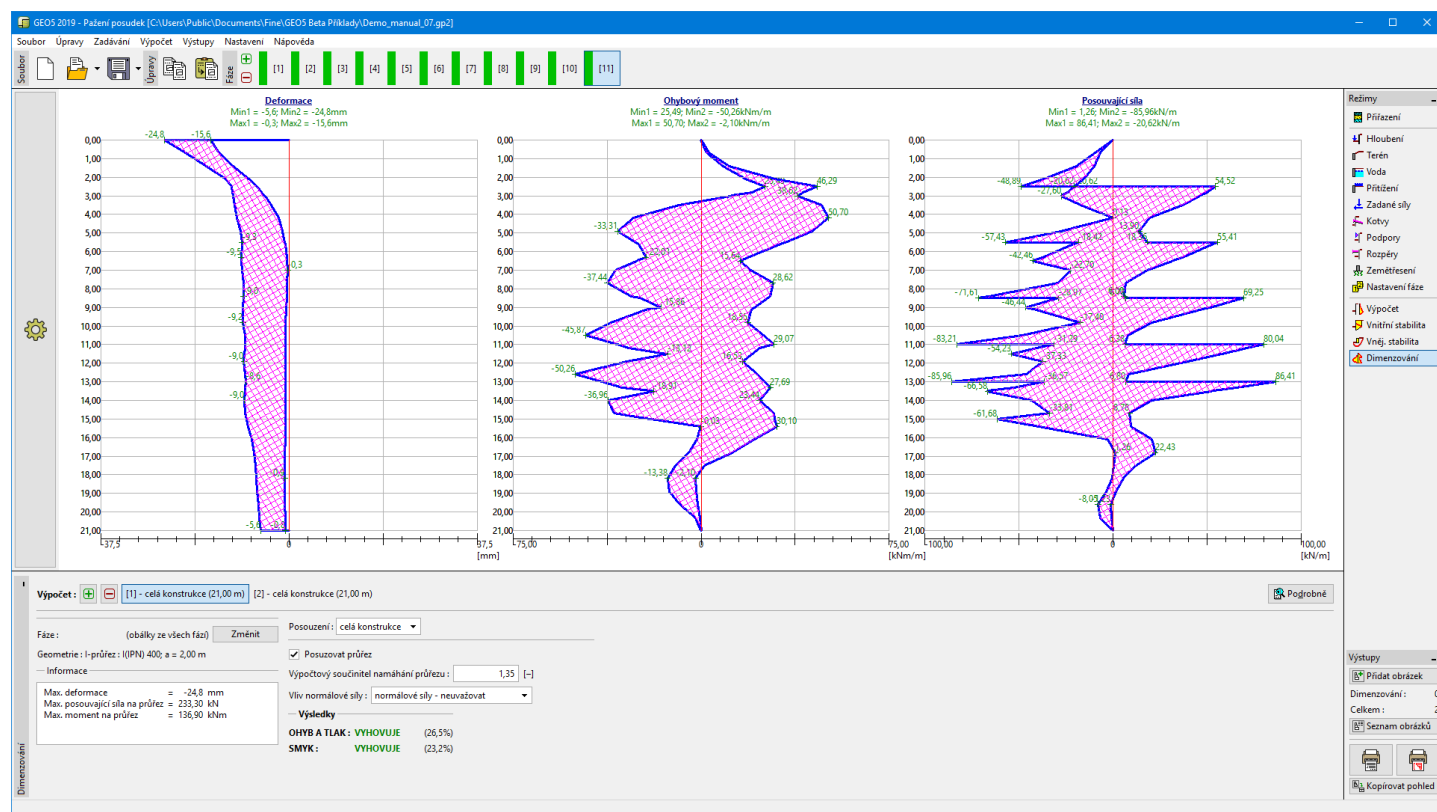
Program umožňuje dimenzování železobetonových, ocelových, dřevěných, plastových a kombinovaných průřezů (zaškrtnutím volby "Posuzovat průřez"). Pro podrobnější návrh výztuže betonového průřezu je možné rozdělit konstrukci na úseky, které se posuzují samostatně.

Při posuzování průřezu lze zadat výpočtový součinitel namáhání průřezu, který redukuje celkovou únosnost průřezu. V případě výpočtu s redukcí zemních tlaků se tento součinitel standardně uvažuje hodnotou 1,0. Při výpočtu bez redukcí zemních tlaků (aby se zajistilo reálné chování pažící konstrukce) je nutné spočtené vnitřní síly zvětšit výpočtovým koeficientem větším než 1,0 (pro EN 1997 je hodnota tohoto koeficientu v rozmezí 1,35-1,5).

V případě dimenzování ocelových průřezů lze uvažovat rovněž vliv normálové síly následujícím způsobem:

- normálové síly - neuvažovat:** program neuvažuje vliv normálové síly ve výpočtu
- normálové síly - lokální pod kotvou:** program uvažuje největší lokální hodnotu normálové síly v okolí dané kotvy jako $N = F \cdot \sin \alpha$, kde α představuje sklon dané kotvy
- normálové síly - sečíst vliv kotev:** program sečte vliv všech normálových sil pro zadané kotvy a následně automaticky dopočítá celkovou hodnotu normálové síly N
- normálové síly - zadat:** uživatelsky zadaná hodnota normálové síly N [kN/m, lbf/ft]

V rámu lze provést více výpočtů pro dimenzování průřezu. Tlačítko "Podrobně" v pravé části rámu otevírá dialogové okno "Dimenzování", kde jsou zobrazeny podrobné výsledky.



Rám "Dimenzování"

Únosnost kotev

Rám "Únosnost kotev" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kotev.

V rámu se posuzuje celková únosnost kotev.

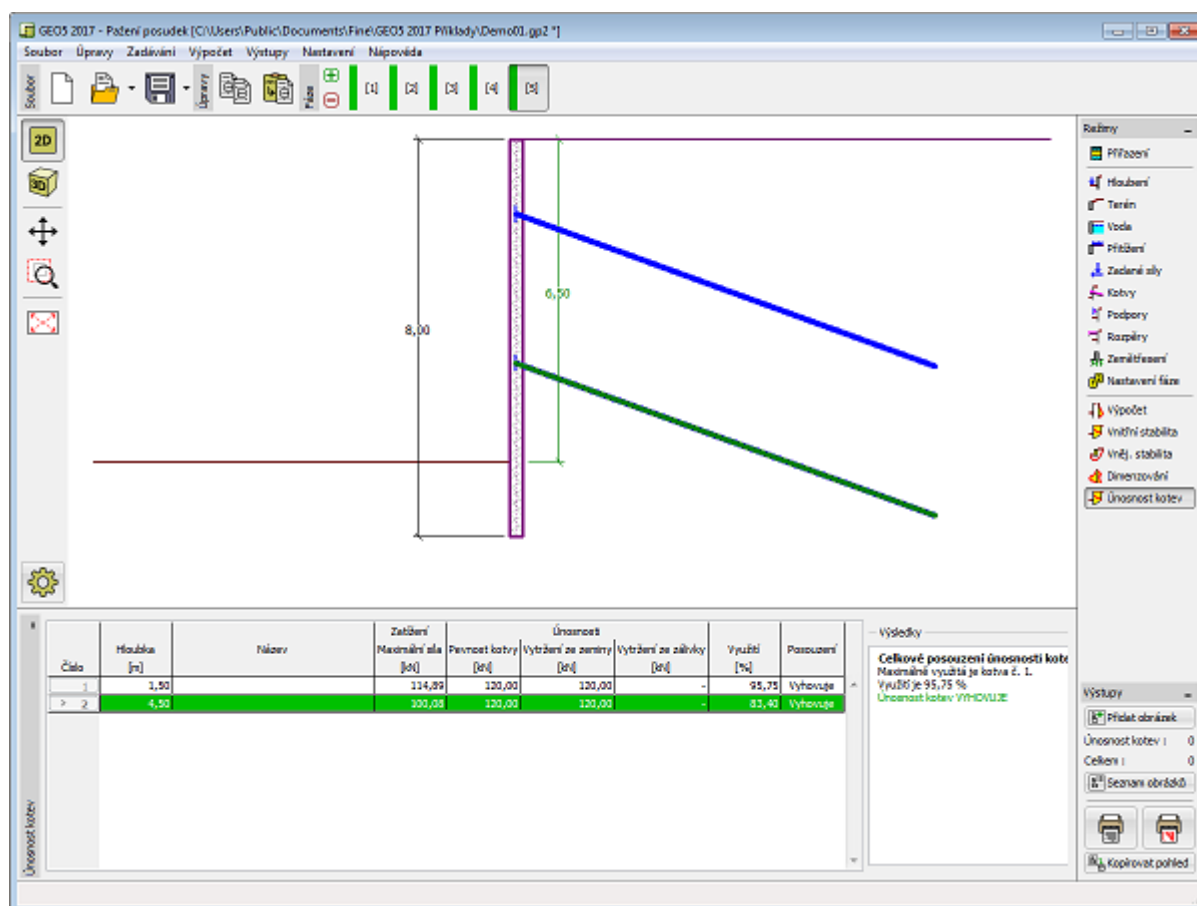
Kotvy se posuzují na tři různé stavy:

- Únosnost na přetržení (Pevnost kotvy) R_t

- Únosnost na vytržení ze zeminy R_e
- Únosnost na vytržení ze zálivky R_c

Spočtené **únosnosti kotev jsou redukovány** příslušným stupněm bezpečnosti nebo koeficientem redukce, který se zadává v rámu "**Nastavení**", záložka "**Kotvy**". Aby posouzení kotvy vyhovovalo, musí platit, že žádná z únosností nesmí být nižší než maximální síla v kotvě P_{max} .

$$\min \left(\frac{R_t}{SF_t}; \frac{R_s}{SF_s}; \frac{R_c}{SF_c} \right) \geq P_{max}$$



Rám "Únosnost kotev"

Pažiny

V rámu "**Pažiny**" se provádí **návrh a posouzení pažin**. Rám je dostupný pouze pro **záporové pažení**.

Program umožňuje dimenzování **železobetonových** a **dřevěných** průřezů (zaškrtnutím volby "**Posuzovat průřez**").

V dialogové okně "**Editace pažin**" (tlačítko "**Materiál, Průřez**") se v rozbalitelném seznamu vybírá **materiál** (dřevo, beton) a **průřez** (obdélník, kruh). Pro nastavení parametrů materiálu lze použít tlačítka "**Katalog**" a "**Vlastní**" stejně jako v rámu "**Materiál**".

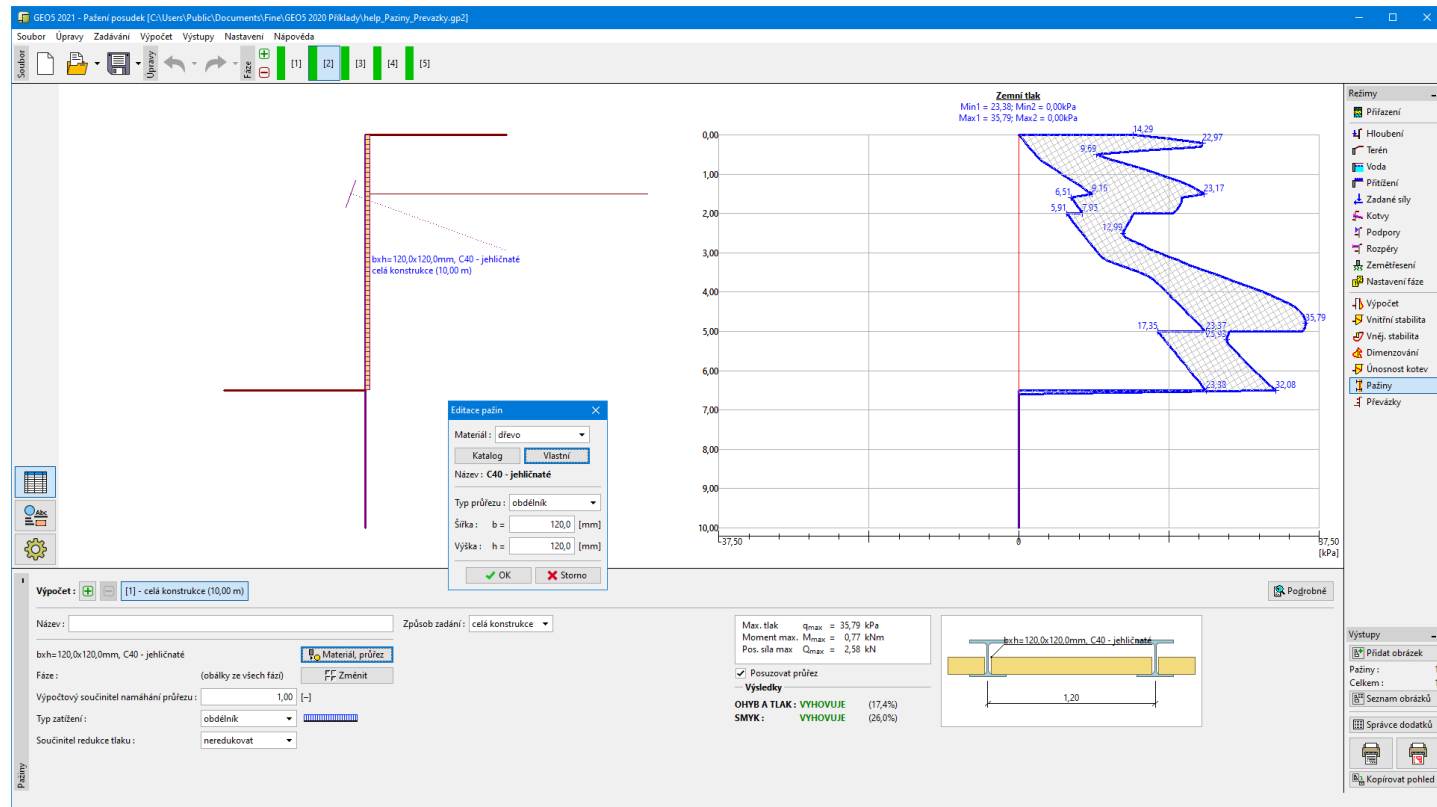
V rámu lze zobrazit obálku tlaků působících na zeď přes všechny výpočty (**fáze budování**). Obálka je standardně sestavena ze všech fází budování. Tlačítko "**Změnit**" otevírá dialogové okno "**Výběr fází**", ve kterém lze stisknutím tlačítek vybrat jednotlivé fáze budování pro sestavení aktuální obálky.

V rámu se dále volí **typ zatížení** (obdélník, trojúhelník) a **součinitel pro redukcí tlaku**, který snižuje hodnotu maximálního tlaku působícího na pažiny. Při posuzování průřezu lze zadat **výpočtový součinitel namáhání průřezu**, který zvětšuje hodnoty vnitřních sil.

Hodnoty **spočtených vnitřních sil** (ohybových momentů a posouvajících sil) a maximálního tlaku jsou zobrazeny ve střední části rámu.

V rámu lze provést **více výpočtů** pro dimenzování průřezu. Pro podrobnější návrh pažin je možné rozdělit konstrukci na úseky, které se posuzují samostatně.

Tlačítko "**Podrobně**" v pravé části rámu otevírá **dialogové okno "Dimenzování"**, kde jsou zobrazeny podrobné výsledky.



Rám "Pažiny"

Zeminová směs

V rámu "Zeminová směs" se provádí **posouzení zeminové směsi**. Rám je dostupný pouze pro **cementozeminovou stěnu s ocelovým průřezem**.

V pravé části je zobrazena obálka tlaků působících na zeď přes všechny výpočty. Obálka je standardně sestavena ze všech **fází budování**. Tlačítko "Změnit" otevírá dialogové okno "Výběr fází", ve kterém lze stisknutím tlačítek vybrat jednotlivé fáze budování pro sestavení aktuální obálky.

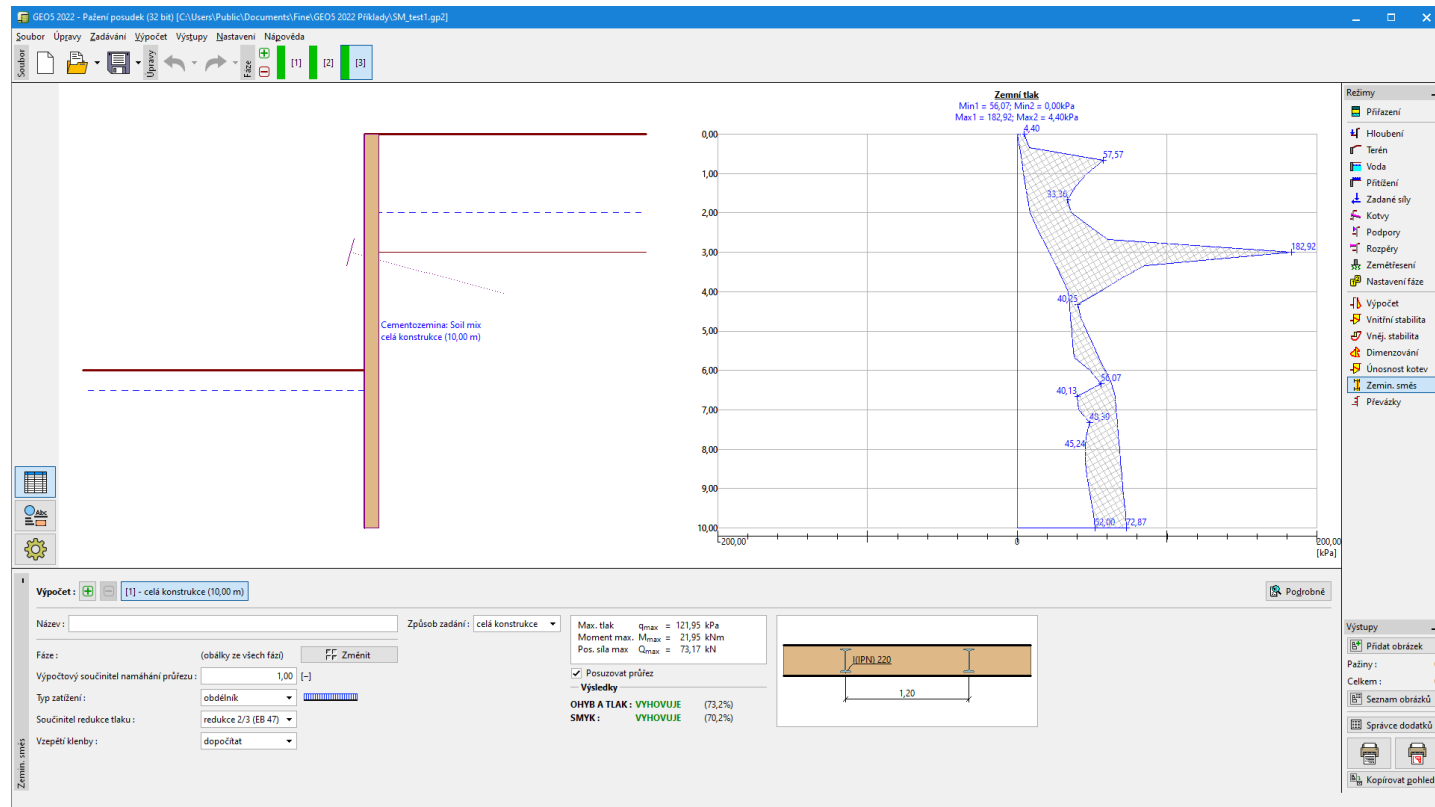
V rámu se dále volí **typ zatížení** (obdélník, trojúhelník), **vzepětí klenby** a **součinitel pro redukci tlaku**, který snižuje hodnotu maximálního tlaku působícího na stěnu.

Hodnoty spočtených **vnitřních sil (ohybových momentů a posouvajících sil)** a **maximálního tlaku** jsou zobrazeny ve střední části rámu a princip jejich stanovení je shodný jako u **výpočtu pažin**.

Posouzení může být provedeno na **celou výšku stěny**, popř. jen do **hloubky jámy**. V případě stěny kombinované z více průřezů je třeba vybrat konkrétní úsek.

Tlačítko "Podrobně" v pravé části rámu otevírá **dialogové okno** s podrobnými výsledky.

V rámu lze provést **více výpočtů**.



Rám "Zeminová směs"

Převázky

V rámu se provádí **návrh a posouzení převázek** pro zvolenou **kotvu** nebo **rozpěru**.

Program umožňuje dimenzování **železobetonových** a **ocelových** průřezů (zaškrtnutím volby "**Posuzovat průřez**"). V rámu lze provést **více výpočtů**.

V dialogové okně "**Editace převázky**" (tlačítko "**Materiál, Průřez**") se v rozbalitelném seznamu vybírá **materiál** (ocel, beton) a **průřez**. Pro nastavení parametrů materiálu lze použít tlačítka "**Katalog**" a "**Vlastní**" stejně jako v rámu "**Materiál**".

Pro ocelové převázky se **typ průřezu** (I-průřez, 2xI-průřez nebo 2xU-průřez) vybírá v dialogovém okně "**Katalog průřezů**" (tlačítko "**Katalog**"), nebo v dialogovém okně "**Editor průřezu**" (tlačítko "**Svařovaný**").

Natočení převázky lze uvažovat podle **kotvy (rozpěry)** nebo **stěny**.

Tlačítko "**Změnit**" otevírá dialogové okno "**Výběr fází**", ve kterém lze stisknutím tlačítek vybrat jednotlivé fáze budování pro určení maximální síly.

Při posuzování průřezu lze zadat **výpočtový součinitel namáhání průřezu**, který zvětšuje hodnoty vnitřních sil. V případě dimenzování **ocelových průřezů** lze uvažovat rovněž **vliv normálové síly**.

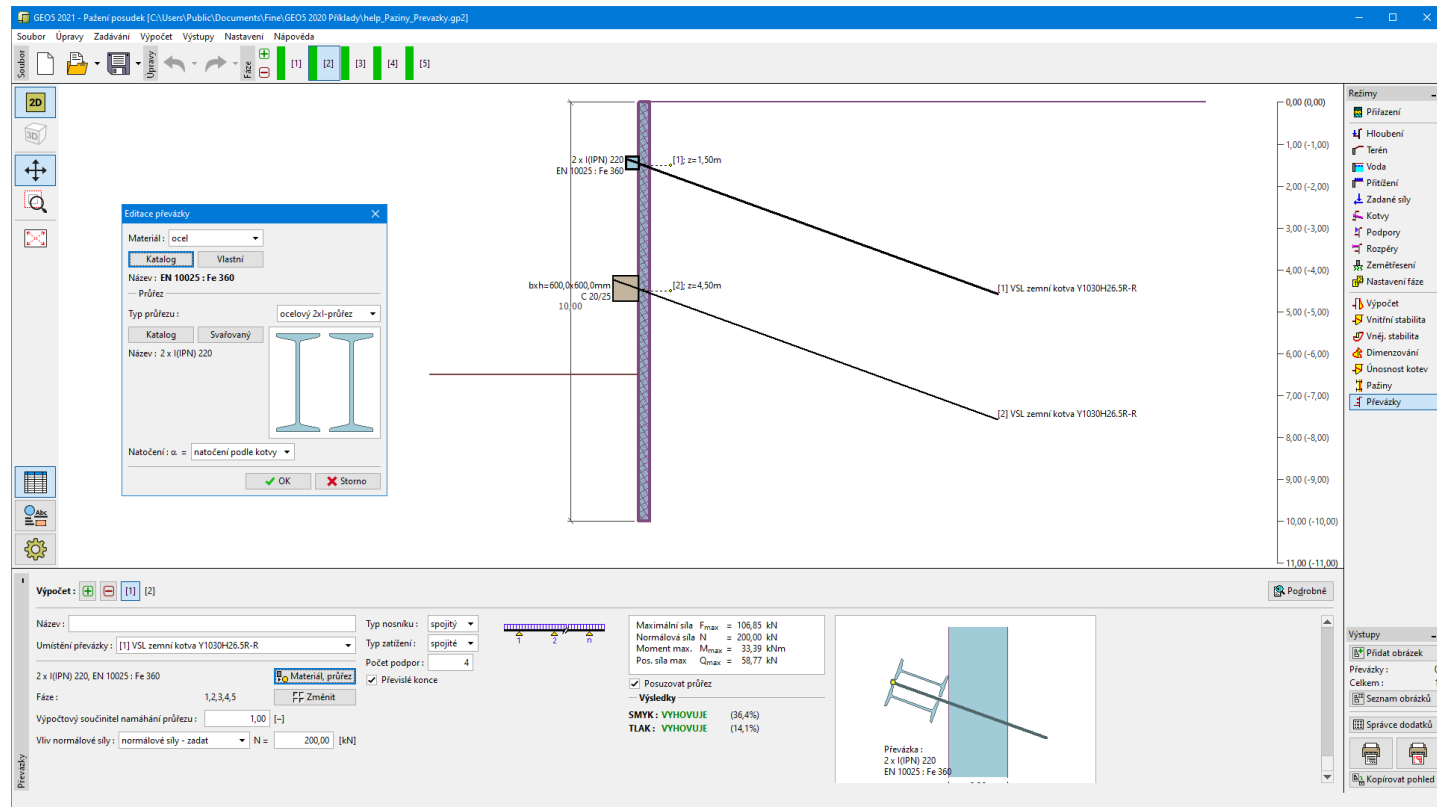
V rámu se dále volí **statické schéma**:

- **Typ nosníku** (prostý, spojitý)
- **Typ zatížení** (bodové, spojité)
- **Počet podpor**
- **Převíslé konce**

Pro **prostý nosník** zatížený **bodovým zatížením** se určuje vzdálenost podpor **L** .

Hodnoty **spočtených vnitřních sil** (ohybový moment a posouvající síla) a maximální síla z kotvy (resp. rozpěry) jsou zobrazeny v pravé části rámu.

Tlačítko "**Podrobně**" v pravé části rámu otevírá **dialogové okno "Dimenzování"**, kde jsou zobrazeny podrobné výsledky.



Rám "Převázky"

Program Stabilizační pilota

Program je určen k návrhu pilotových stěn, které stabilizují sesuv svahu resp. zpevňují svah. Základem je výpočet konstrukce v programu **Stabilita svahu**, ze kterého se přenesou spočtené zatížení do programu Stabilizační pilota. Zde lze dále ověřit navrženou konstrukci - spočítat vnitřní síly na pilotách, jejich deformace a posoudit únosnost materiálu a výtuže pilot.

Nápověda k programu "Stabilizační pilota" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadáání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Profil	Modul Kh	Zkoušky presiometr	Zkoušky DMT	Zeminy
Geometrie	Materiál	Stanovení tlaku	Hornina	Přizpůsobení	Líc konstrukce	Terén
Voda	Přítížení	Zadané síly	Kotvy	Podpory	Zemětřesení	Nastavení fáze
Výpočet	Dimenzování	Únosnost kotev	Pažiny	Převázky		

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu **"Stabilizační pilota"**:

Napětí v země	Zemní tlaky	Pažení posudek	Stabilizační pilota	Dimenzování železobetonových konstrukcí	Dimenzování ocelových průřezů
------------------	-------------	-------------------	------------------------	---	-------------------------------

- Informace k **výstupům**

- Obecné informace pro práci v **uživatelském prostředí** programů GEO5

- Společné zadávání** pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "**Nastavení**". Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "**Vybrat**" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "**Seznamu nastavení**".

Tlačítko "**Správce nastavení**" otevře dialogové okno "**Správce nastavení**", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "**Přidat do správce**" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "**Upravit**" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "**Přidat do správce**".

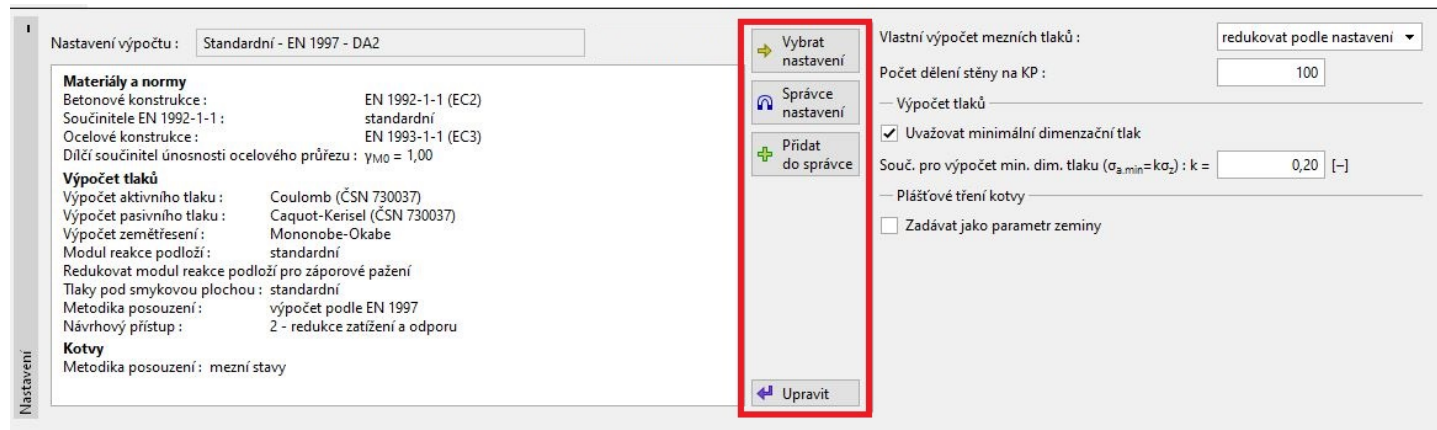
Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Výpočet tlaků**".

Při výpočtu podle **EN 1997** nebo podle **mezních stavů** program umožňuje nastavit, zda budou parametry zemin redukovány pro vlastní výpočet mezních tlaků. Při modelování reálného chování konstrukce doporučujeme tyto tlaky neredukovat.

V rámu lze také zadat počet dělení stěny na konečné prvky (standardní nastavení je **100** prvků) a zda na konstrukci působí **minimální dimenzační tlak**.

Při výpočtu únosnosti kotvy na vytržení ze zeminy lze zadat **plášťové tření** jako parametr zeminy.



Rám "Nastavení"

Profil

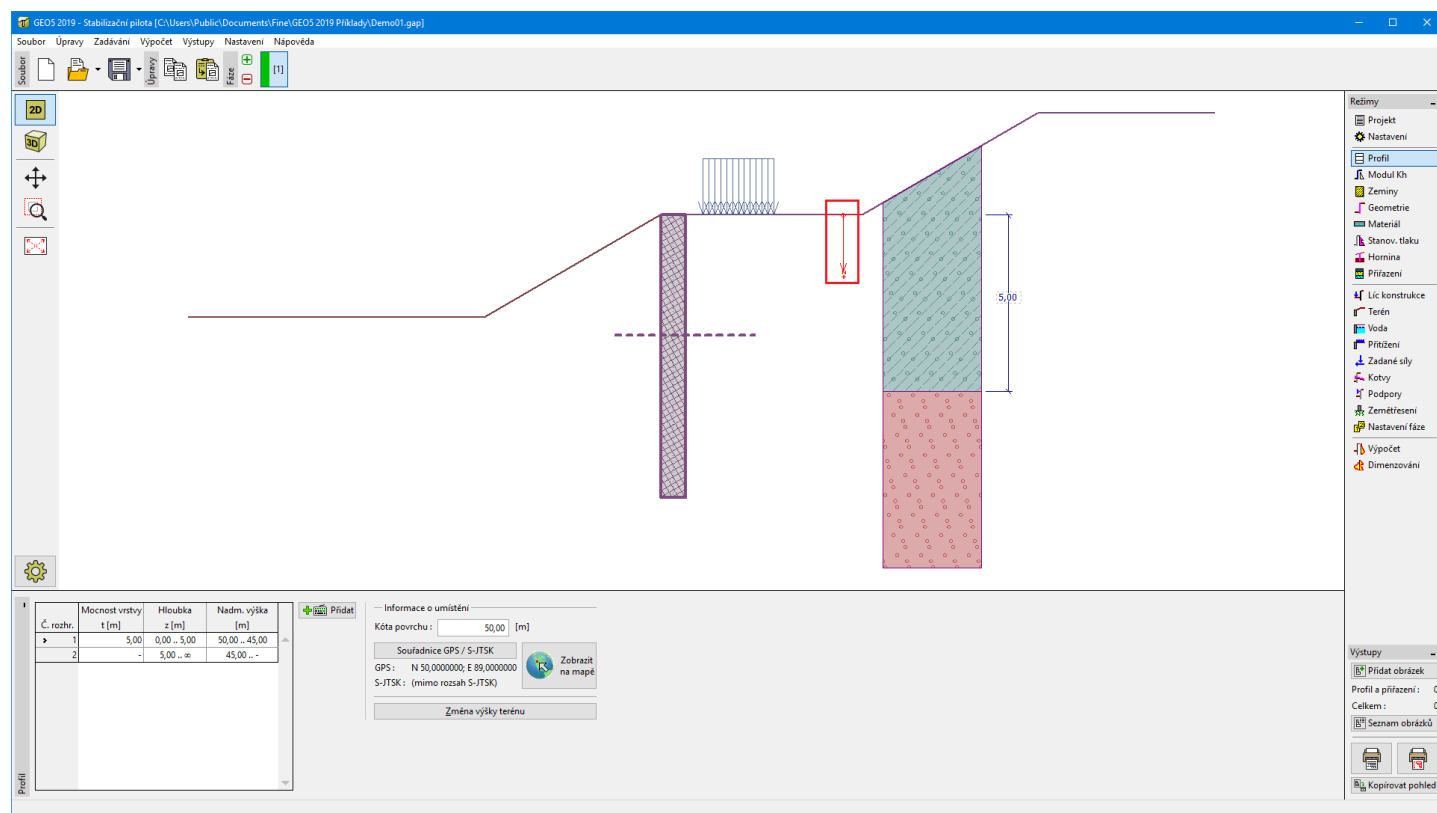
Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrstvy (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit, resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

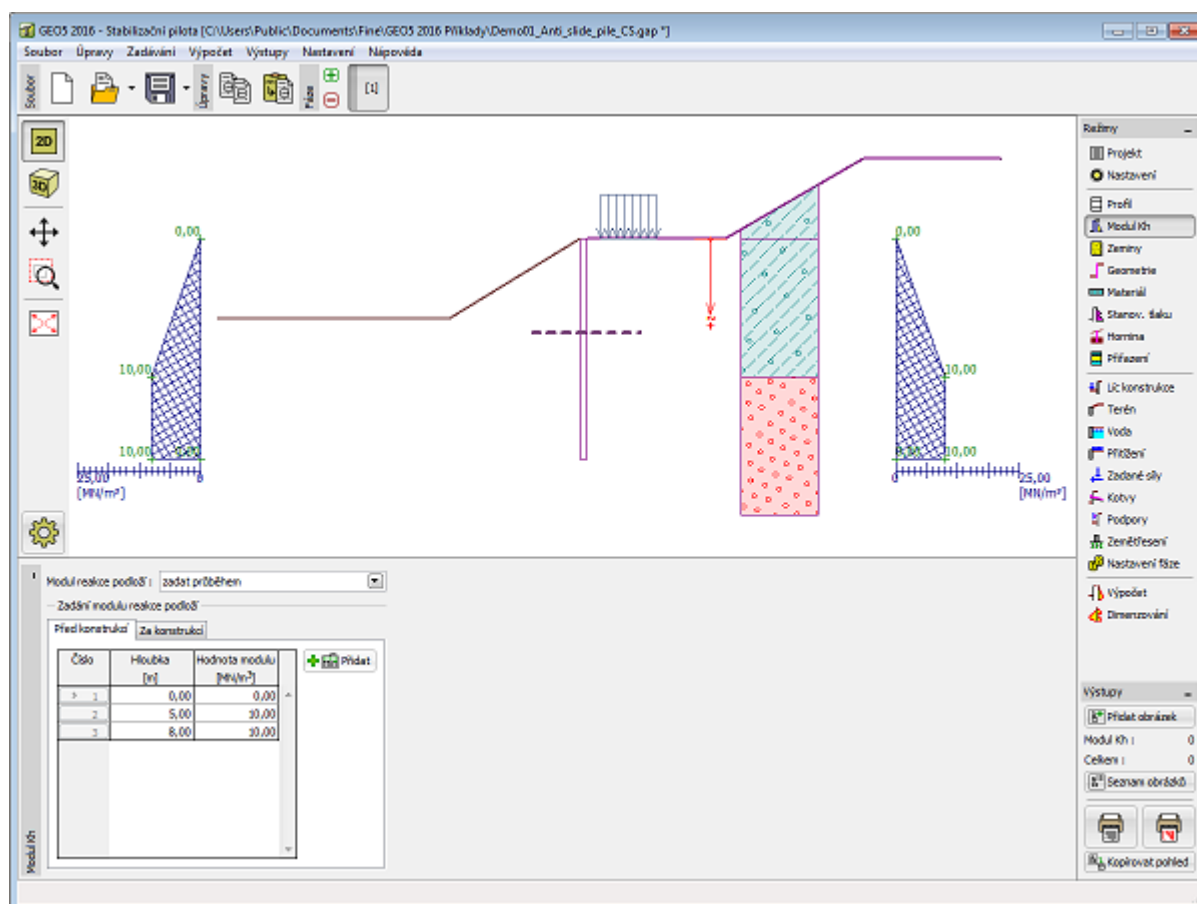
Modul Kh

V tomto **rámu** se zadávají doplňující data pro zvolenou metodu výpočtu **modulu reakce podloží**, který je důležitým vstupním údajem při **výpočtu** pažící konstrukce prostřednictvím **metody závislých tlaků**.

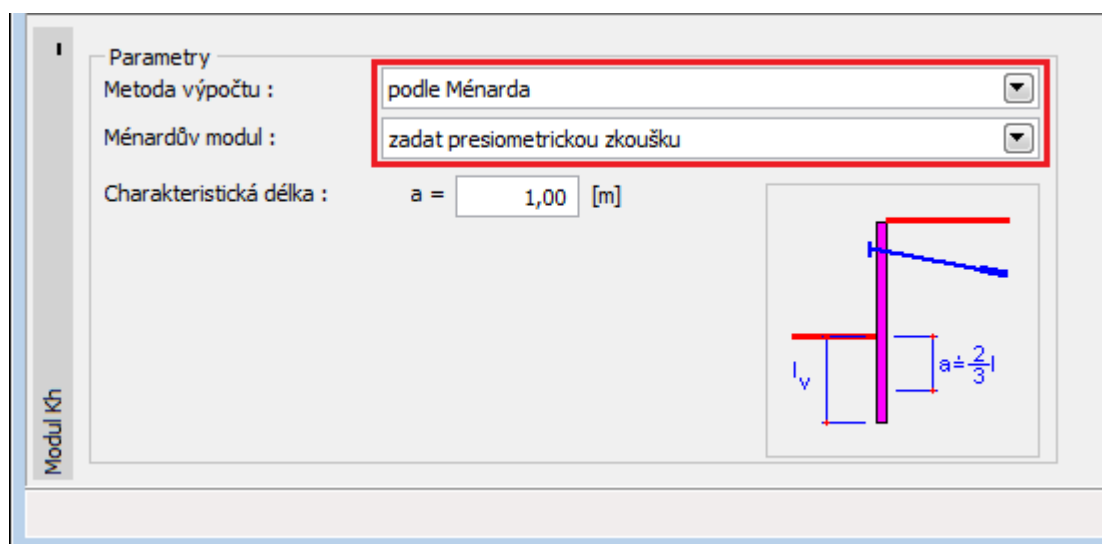
Způsob výpočtu modulu reakce podloží k_h se volí v rámu "Nastavení" (v dialogovém okně "Úprava nastavení pro aktuální úlohu" v záložce "Výpočet tlaků").

Rám může mít několik podob podle zvolené metody výpočtu:

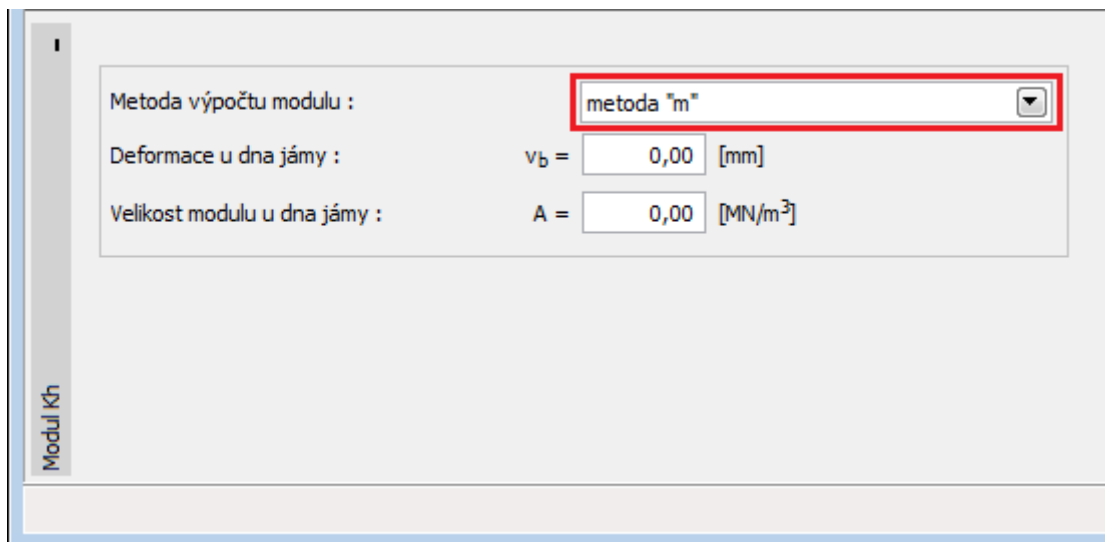
- **standardní** (volba "počítat – Schmitt", "počítat – Chadeisson", "manuální iterace" nebo "automatická iterace")
- **zadat** (při volbě "zadat" se v tabulce pro možnost "zadat průběhem" zadávají hodnoty modulu reakce podloží k_h před a za konstrukcí. Pro možnost "zadat jako parametr zeminy" se modul k_h zadává v rámu "Zeminy", v němž lze modul reakce podloží uvažovat buď jako lineární, nebo jako nelineární - křivka)
- **presiometr PMT** (modul reakce podloží k_h se zadává buď pomocí presiometrické zkoušky, nebo jako parametr zeminy v rámu "Zeminy". Dále se zadává metoda výpočtu - podle NF P 94-282 nebo podle Ménarda)
- **čínské normy** (metoda "m" - zadává se vodorovná deformace u dna jámy v_b [mm] a velikost modulu u dna jámy A [MN/m³], volba **zadat** jako parametr **zeminy** – metoda "c", "k" nebo "m")



Rám "Modul k_h " - volba "zadat průběhem"

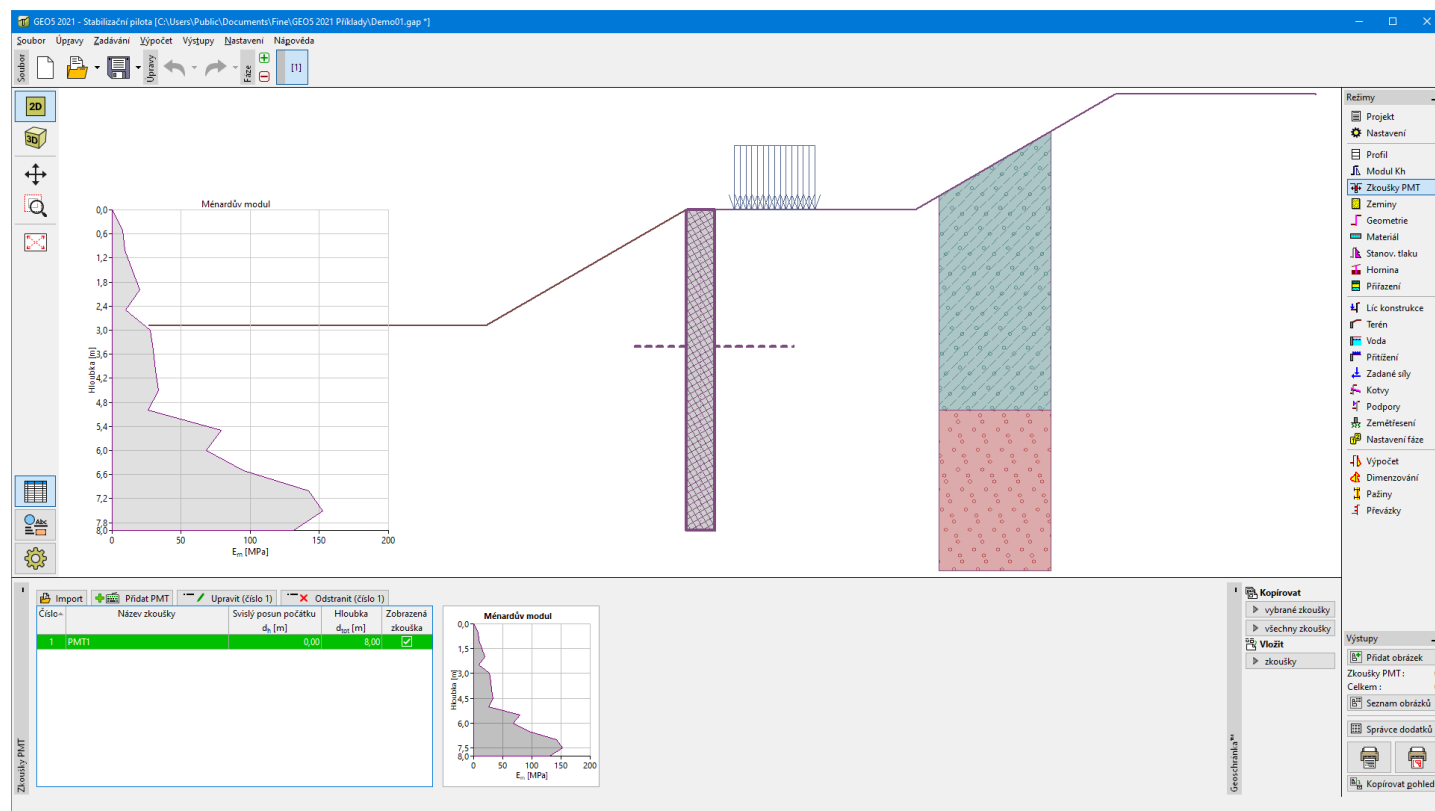


Rám "Modul k_h " - volba "presiometr Ménard"

Rám "Modul k_h " - volba "čínské normy"

Zkoušky PMT

Rám "Zkoušky PMT" obsahuje tabulku se seznamem zadaných presiometrických zkoušek (PMT).



Rám "Zkoušky presiometr"

Hodnoty presiometrických zkoušek (PMT) lze do programu importovat pomocí souboru v různých formátech (např. *.TXT, *.CSV, *.XLSX, *.ODS).

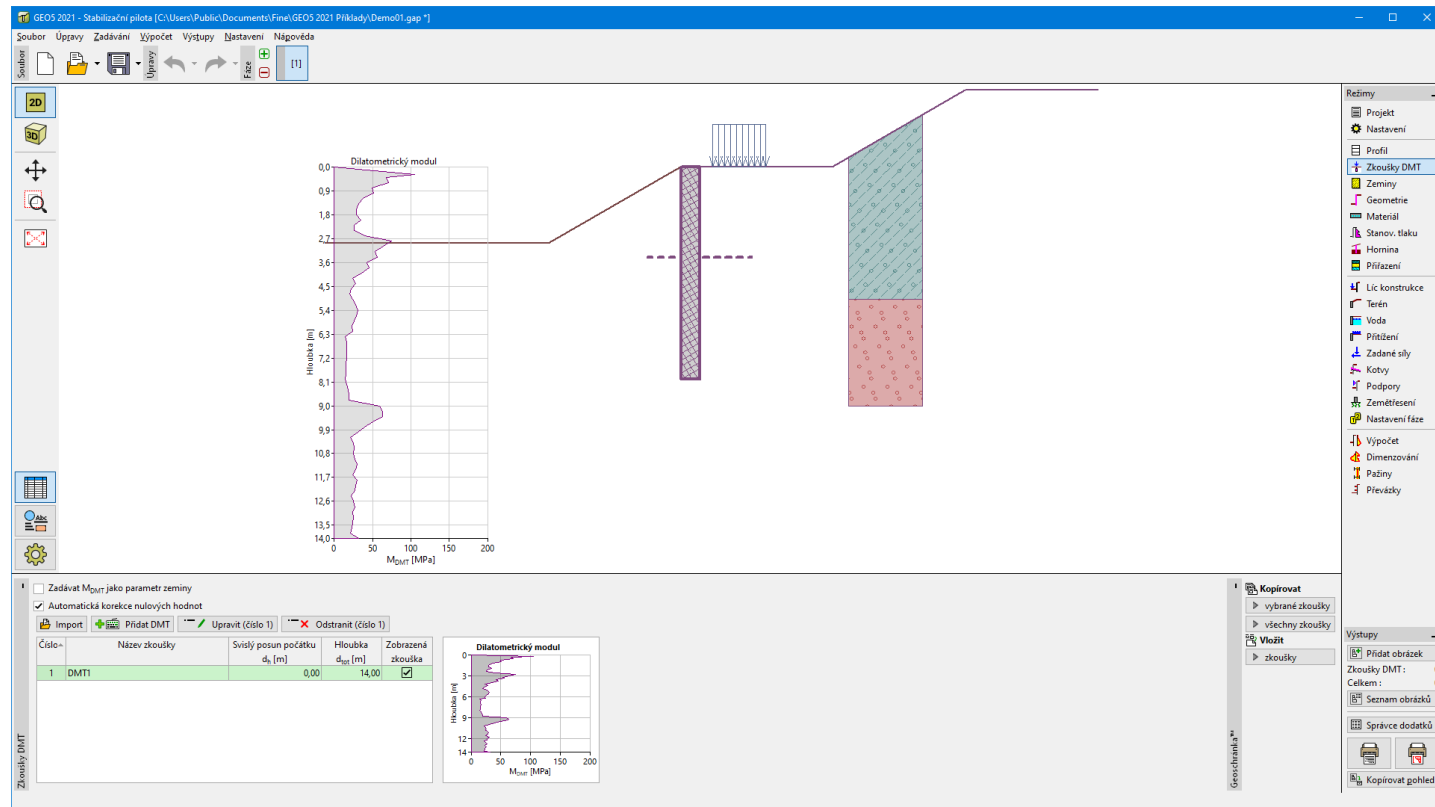
Zkoušky PMT lze přenášet v rámci programů "Mikropilota", "Paženíposudek", "Stabilizačnípilota", "Patka CPT" a "Stratigrafie" pomocí "Geoschránky".

Poznámka: Rám je dostupný pouze v případě, kdy je v rámu "Nastavení" pro modul reakce podloží zvolena možnost "presiometr PMT" (záložka "Výpočet tlaků").

Zkoušky DMT

V rámu "Zkoušky DMT" se zadává způsob zavedení dilatometrického modulu do programu - buď jako parametr zeminy (zaškrtnutím volby "Zadávat M_{DMT} jako parametr zeminy"), nebo načtením dilatometrické zkoušky (DMT).

V případě načítání zkoušek je zobrazena tabulka se seznamem zadaných dilatometrických zkoušek (DMT).



Rám "Zkoušky DMT"

Pokud při vyhodnocení dilatometrické zkoušky dojde k naměření nulové hodnoty **dilatometrického modulu M_{DMT}** , pak program umožňuje automatickou korekci chyby měření - místo nulové hodnoty se ve výpočtu uvažuje aritmetický průměr nejbližší spodní a horní nenulové hodnoty **M_{DMT}** .

Dále je v tomto rámu nutné zadat **koeficient redukce B** .

Výsledky **dilatometrické zkoušky (DMT)** je možné importovat pomocí tlačítka "**Import**" ve formátu **UNI (*.uni)**.

Zkoušky DMT lze přenášet v rámci programů "**Patky**", "**Pažení posudek**", "**Stabilizační pilota**" a "**Stratigrafie**" pomocí "**Geoschránky**".

Poznámka: Rám je dostupný pouze v případě, kdy je v rámu "**Nastavení**" pro **modul reakce podloží** zvolena možnost "**dilatometr DMT**" (záložka "**Výpočet tlaků**").

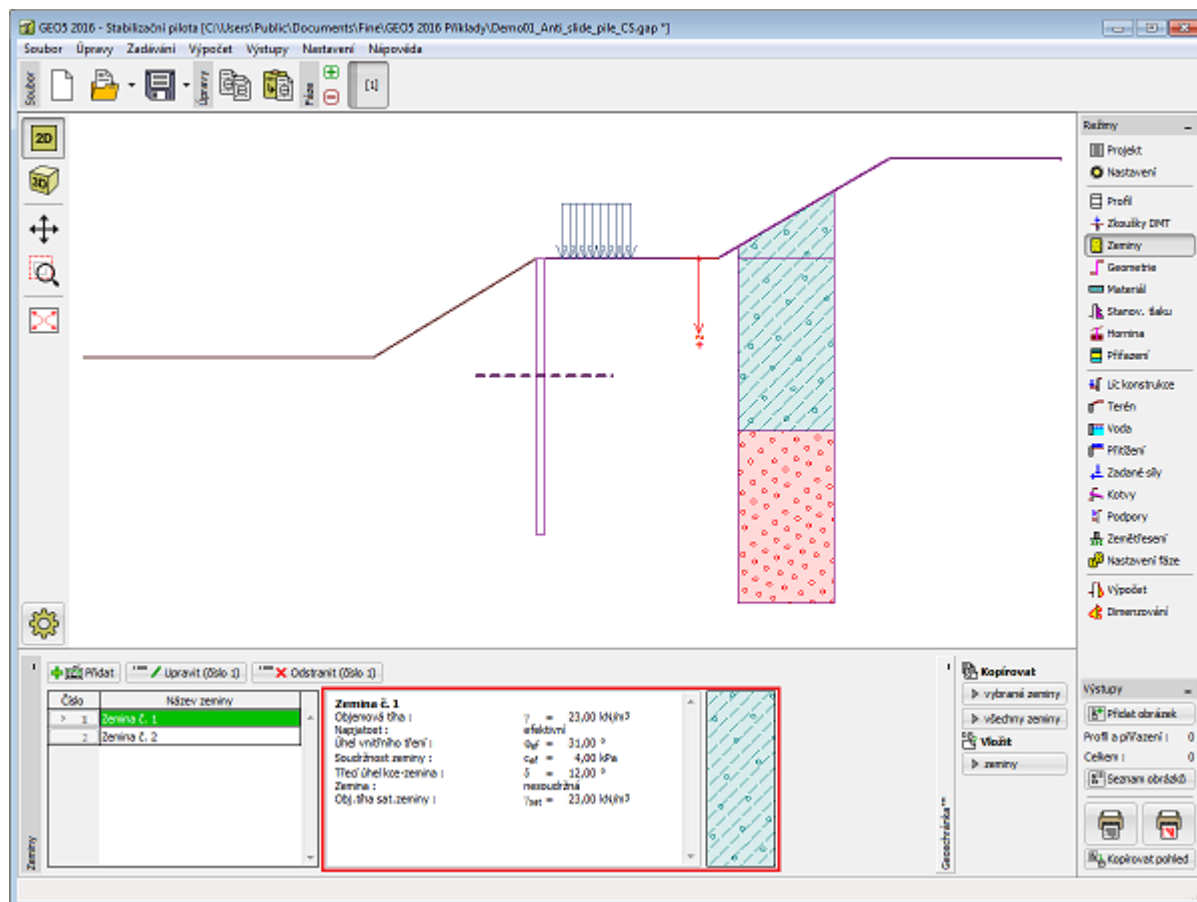
Zeminy

Rám "**Zeminy**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání (editace) zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "**Základní data**", "**Tlak v klidu**", "**Vztlak**" a "**Modul reakce podloží**".

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy γ** , **úhel vnitřního tření zeminy ϕ** a **soudržnost zeminy c** . Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického nebo inženýrsko-geologického průzkumu, resp. z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemin**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemin. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Úhel vnitřního tření a soudržnost se zadávají **efektivní**, resp. **totální** v závislosti na nastavení v rozbalitelném seznamu "**Napjatost**". To zda počítat v **efektivní**, resp. **totální napjatosti** závisí především na typu zeminy, charakteru zatížení, délce trvání konstrukce a na vodním režimu.

Pro **efektivní napjatost** se dále zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí δ** , který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Pro **totální napjatost** se dále zadává **přilnavost zeminy ke stěně stavební konstrukce a** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "**Zemní tlaky**".

Přidání nových zemin

Identifikace
Název : Třída F1, konzistence měkká

Základní data

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Napjatost :

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} =$ [°] 26 - 32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa] 4 - 12

Třecí úhel ke-zemina : $\delta =$ [°]

Tlak v klidu

Zemina :

Poissonovo číslo : $\nu =$ [-] 0,35

Vztlak

Způsob výp.vztaku :

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Výpočet modulu reakce podloží

Poissonovo číslo : $\nu =$ [-] 0,35

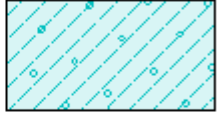
Výpočet sedání :

Modul přetvárnosti : $E_{def} =$ [MPa] 5 - 10

Zobrazení

Barva

Kategorie vzorků

Vzorek  Hlína štěrkovitá

Zatřídění

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Geometrie

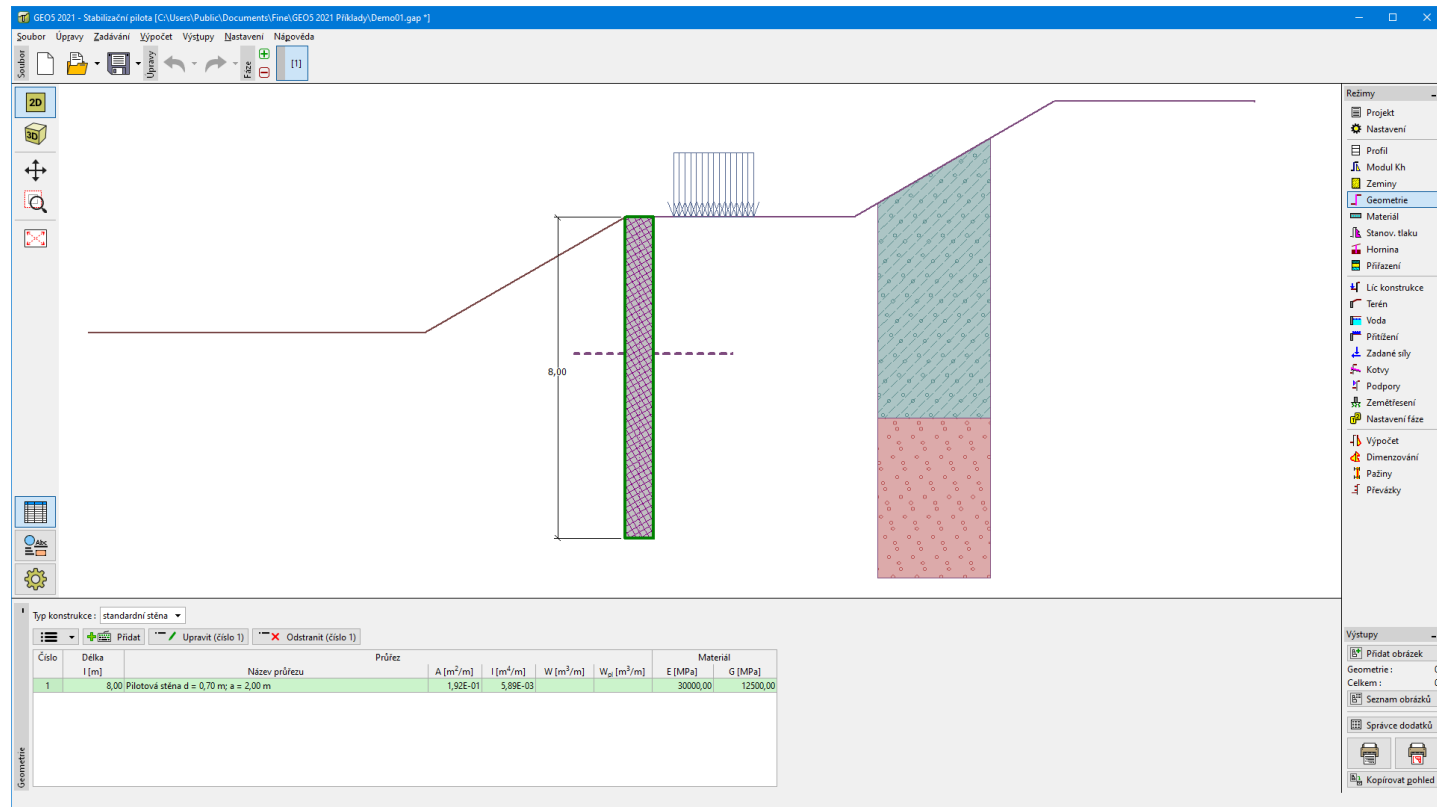
V rámu "Geometrie" se volí **typ konstrukce**:

- **standardní stěna**
- **dvě řady pilot** - zadává se hloubka spojovacího nosníku h_1 a celková hloubka výkopu h

Rám také obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných konstrukčních úseků **stabilizační piloty**. U každého úseku jsou v tabulce vypsány jeho průřezové charakteristiky (A - Plocha, I - Moment setrvačnosti) a materiálové charakteristiky (E - Modul pružnosti, G - Modul pružnosti ve smyku - tyto veličiny jsou vždy přepočteny na 1 **bm** konstrukce).

Přidání úseků se provádí v **dialogovém okně "Nový úsek"**.

Zadané úseky lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů** - poklepnutím (double-click) na konstrukci se otevře dialogové okno s příslušným úsekem.



Rám "Geometrie"

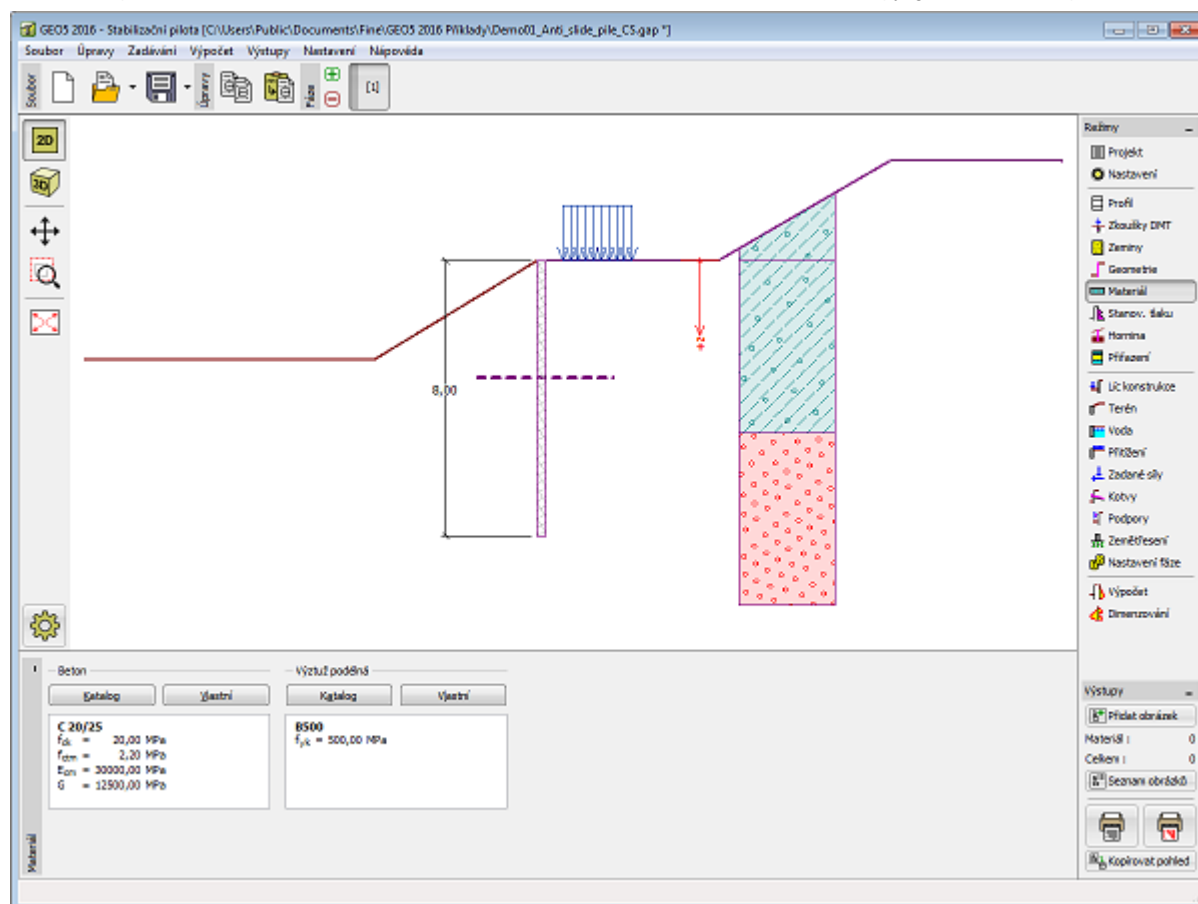
Materiál

V **rámu "Materiál"** se zadávají materiálové charakteristiky. Vzhled rámu se mění podle zvoleného materiálu (**beton, ocel, dřevo, plast**) v rámu **"Geometrie"**.

Pro nastavení parametrů materiálu lze použít dvě možnosti:

- tlačítkem **"Katalog"** otevřeme dialogové okno **"Katalog materiálů"** a ze seznamu vybereme požadovaný materiál
- tlačítkem **"Vlastní"** otevřeme dialogové okno **"Editor materiálů"** a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy pro navrhování **betonových, ocelových, dřevěných** nebo **plastových** konstrukcí v záložce **"Materiály a normy"**.



Rám "Materiál"

Stanovení tlaku

V rámu "Stanovení tlaku" se zadává **hloubka smykové plochy** a **zatížení piloty** nad touto smykovou plochou.

Aktivní vodorovná síla působí **za konstrukcí** a je definována jednou z následujících možností:

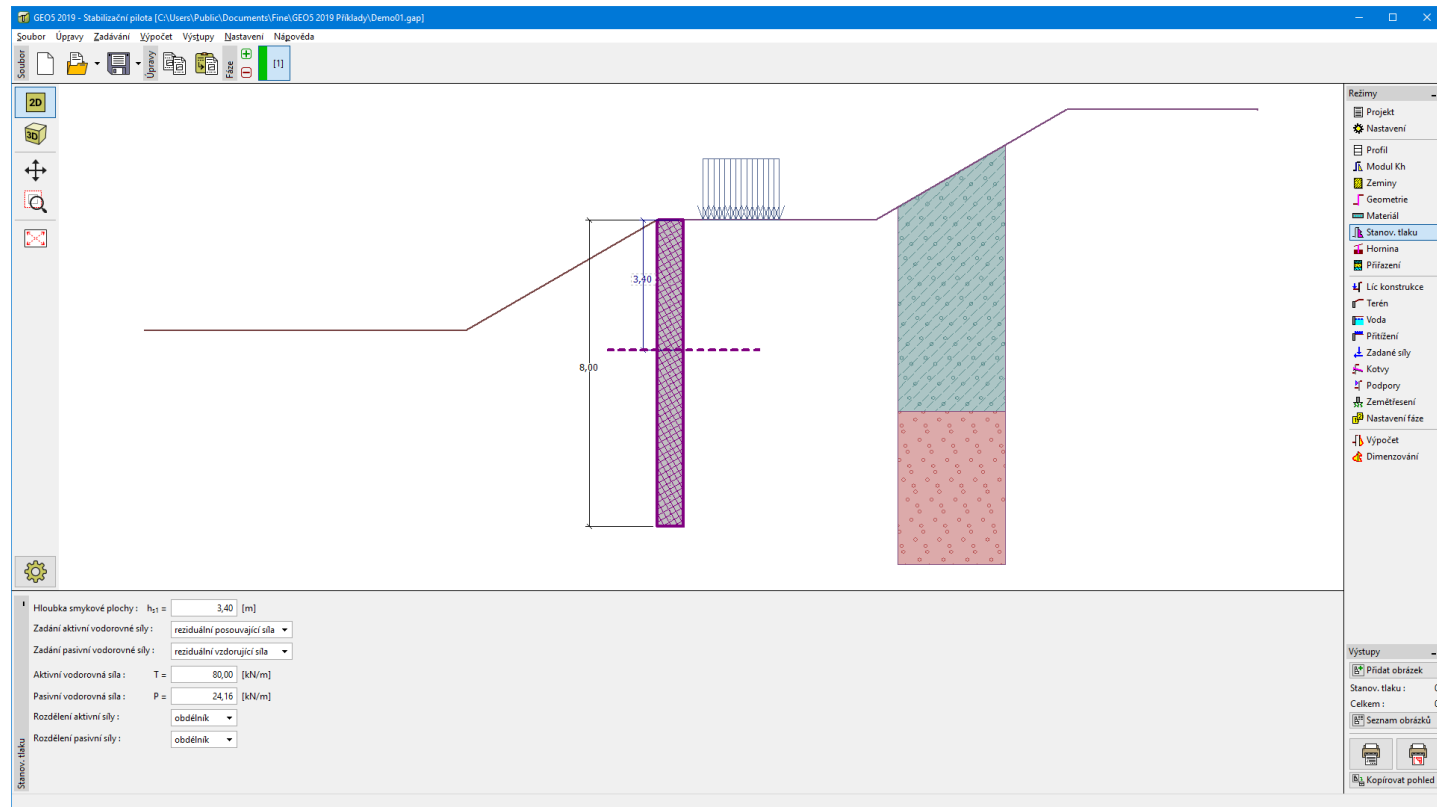
- **reziduální posouvající síla** - v následujících fázích může být velikost síly změněna
- **aktivní zemní tlak**
- **zadat průběh tlaku** - v tomto případě se v tabulce zadává **celkový** tlak působící na pilotu nad smykovou plochou, pasivní vodorovná síla se již nezadá.

Pasivní vodorovná síla působí **před konstrukcí** a je definována jednou z následujících možností:

- **reziduální vzdorující síla** - v následujících fázích může být velikost síly změněna nebo **automaticky dopočtena** dle změny terénu před konstrukcí.
- **pružiny**

Reziduální **aktivní a pasivní síly** lze nejlépe získat **výpočtem v programu "Stabilita svahu"** a přenést do programu **"Stabilizační pilota"**. Dále se zadává předpokládaný **tvár rozdělení napětí**. Program zadané aktivní a pasivní síly nijak dále **NEREDUKUJE** - je tedy nutné je stanovit podle příslušných norem a upravit příslušným výpočtovým součinitelem.

Pokud jsou síly získány z programu **"Stabilita svahu"**, odpovídají způsobu výpočtu nastavenému v programu. Např. při výpočtu podle Eurokódu EN 1997-1 se do programu **"Stabilizační pilota"** přenesou již výpočtové hodnoty sil.



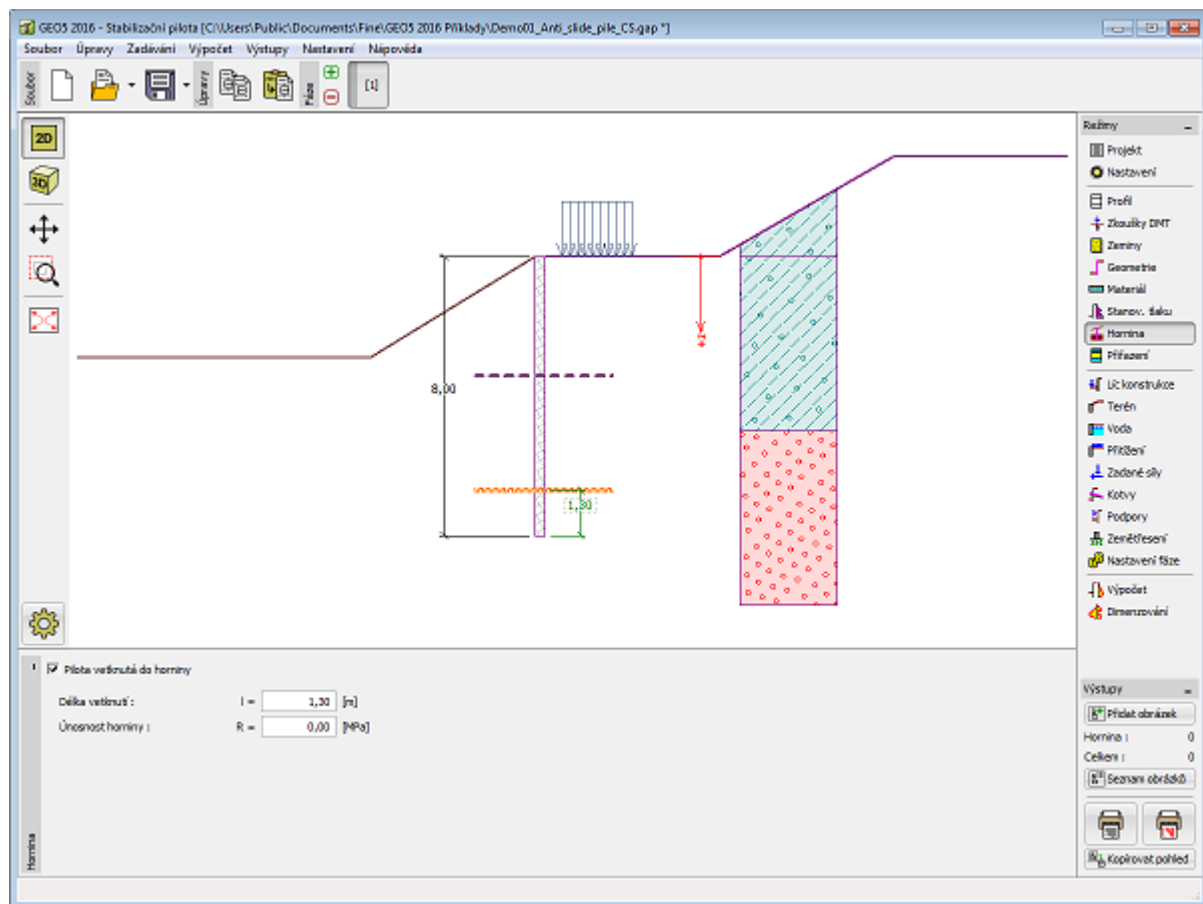
Rám "Stanovení tlaku"

Hornina

V rámu "Hornina" se v případě **piloty vetknuté do horniny** (zaškrtnutím příslušné volby v dolní části desktopu) zadává délka vetknutí l [m] a únosnost horniny R [MPa].

V tomto případě se neuvažuje maximální velikost napětí jako pasivní tlak - hornina je modelována jako pružné uložení, kde napětí může dosahovat libovolné hodnoty. V rámu "Výpočet" program kontroluje, zda **vypočtené napětí** nepřekročilo **výpočtovou pevnost horniny**. Aktivní tlak horniny je uvažován jako nulový.

Pozn.: Místo vetknutí piloty do horniny většinou odpovídá i poloze smykové plochy, tento případ by měl být v případě existence horninového prostředí vždy vyšetřen..

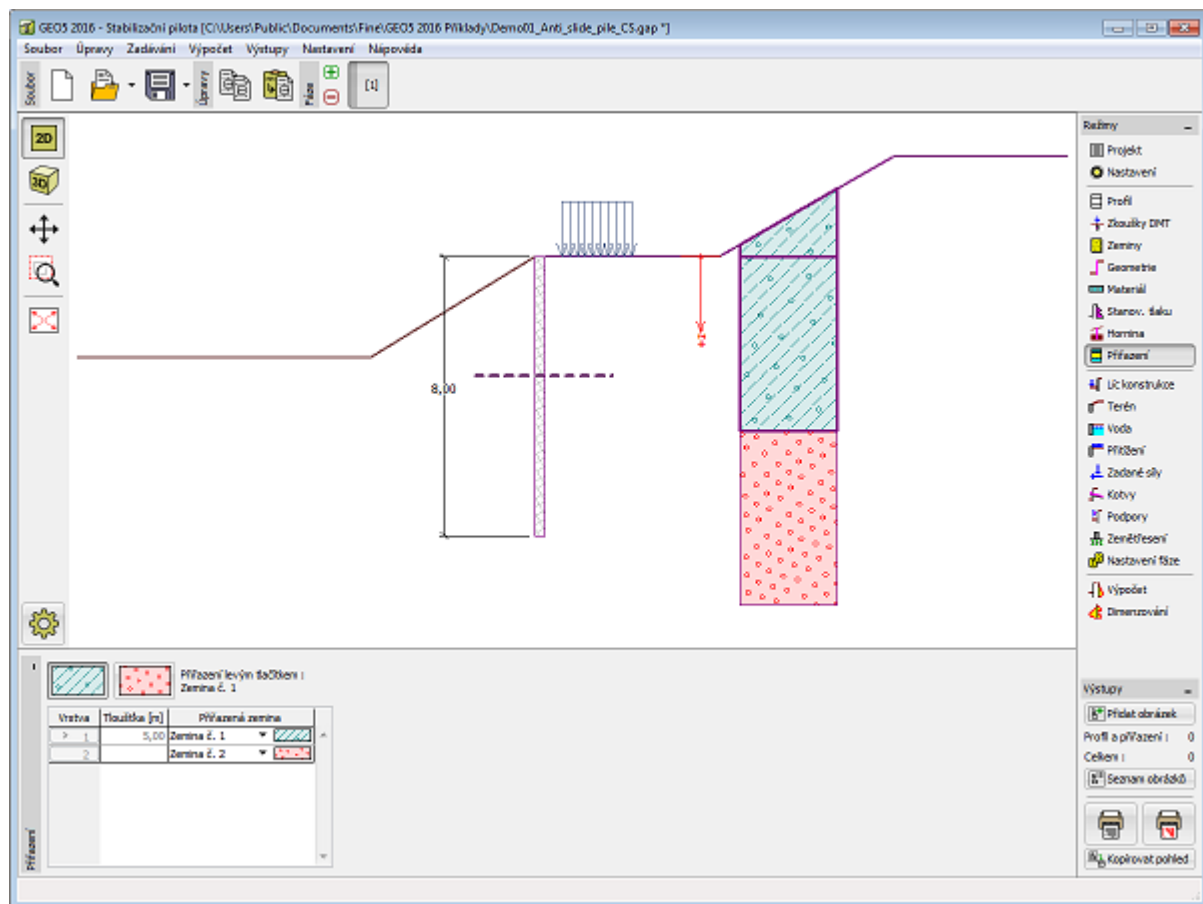


Rám "Hornina"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).

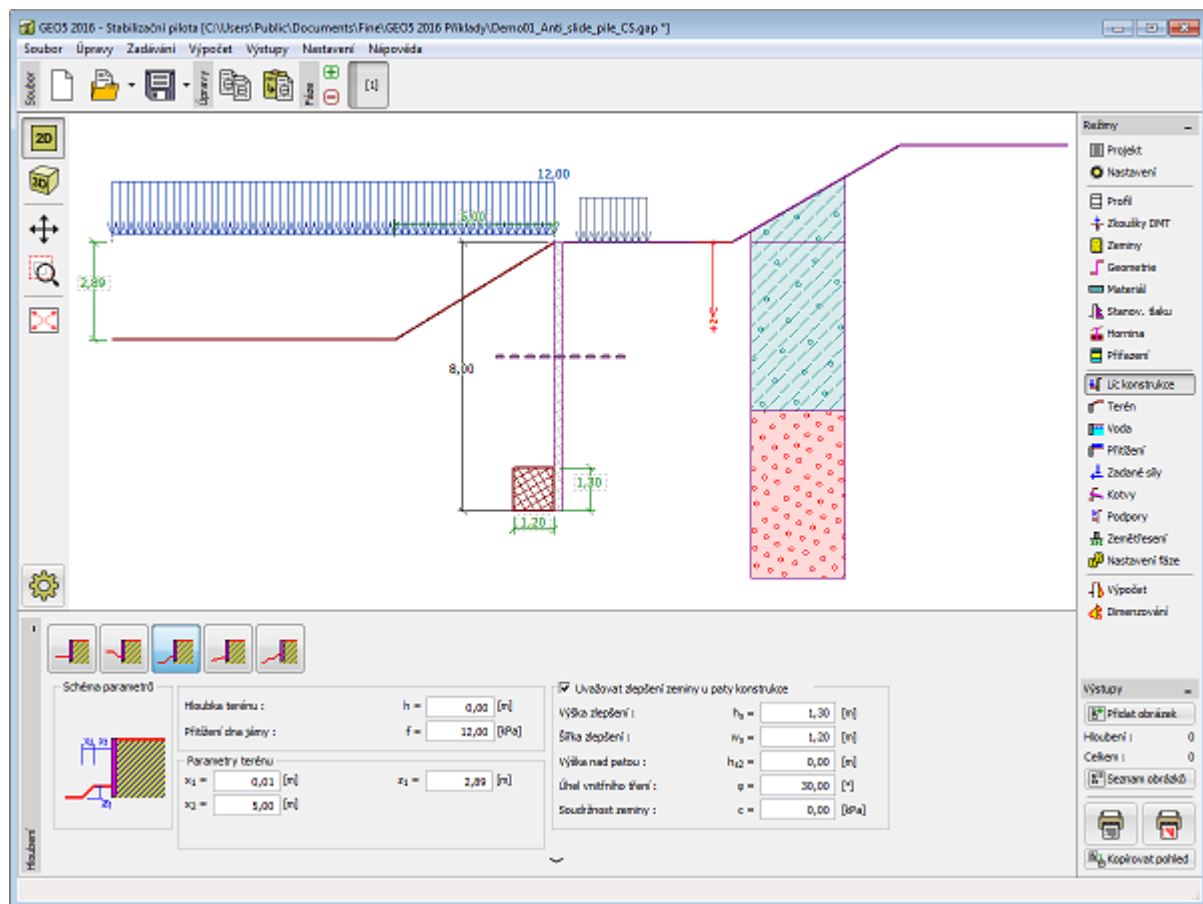


Rám "Přiřazení"

Líc konstrukce

V rámu "Líc konstrukce" se volí tvar terénu před lícem konstrukce. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Rozměry konstrukce lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

V rámu lze zadat rovněž **zlepšení zeminy u paty konstrukce**. Princip výpočtu je blíže popsán [zde](#).



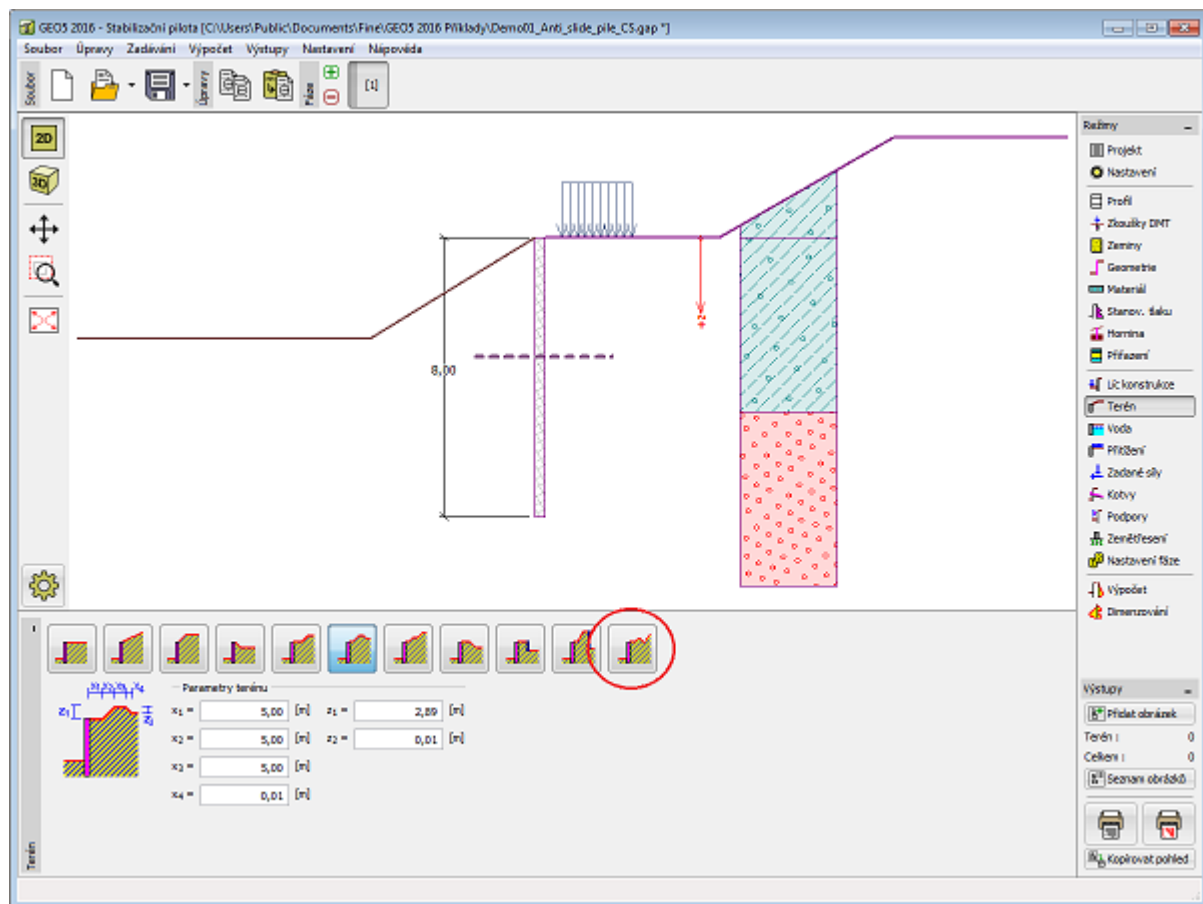
Rám "Lic konstrukce"

Terén

V rámu "Terén" se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí $[0, 0]$ leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".

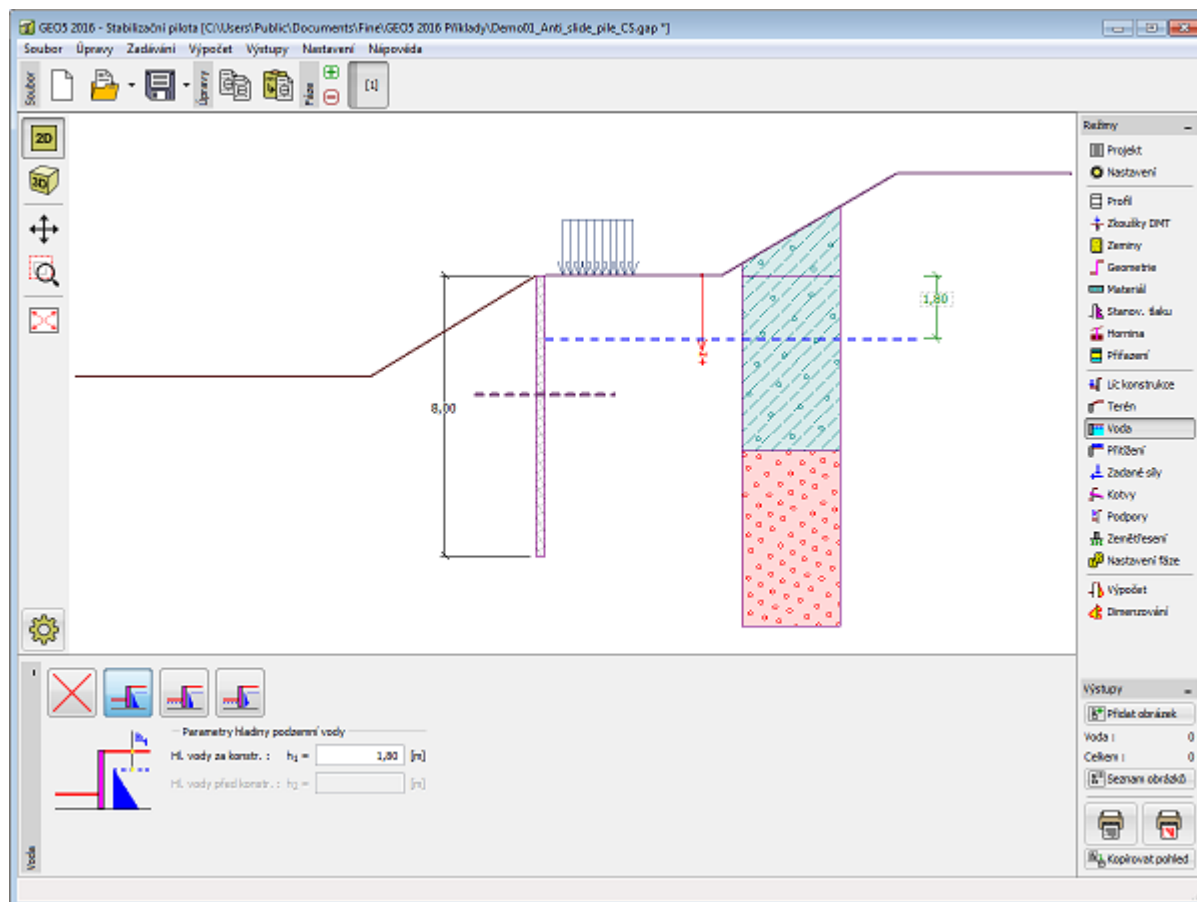


Rám "Terén"

Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 atd.) lze editovat buď v rámu vložení hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv vody".



Rám "Voda"

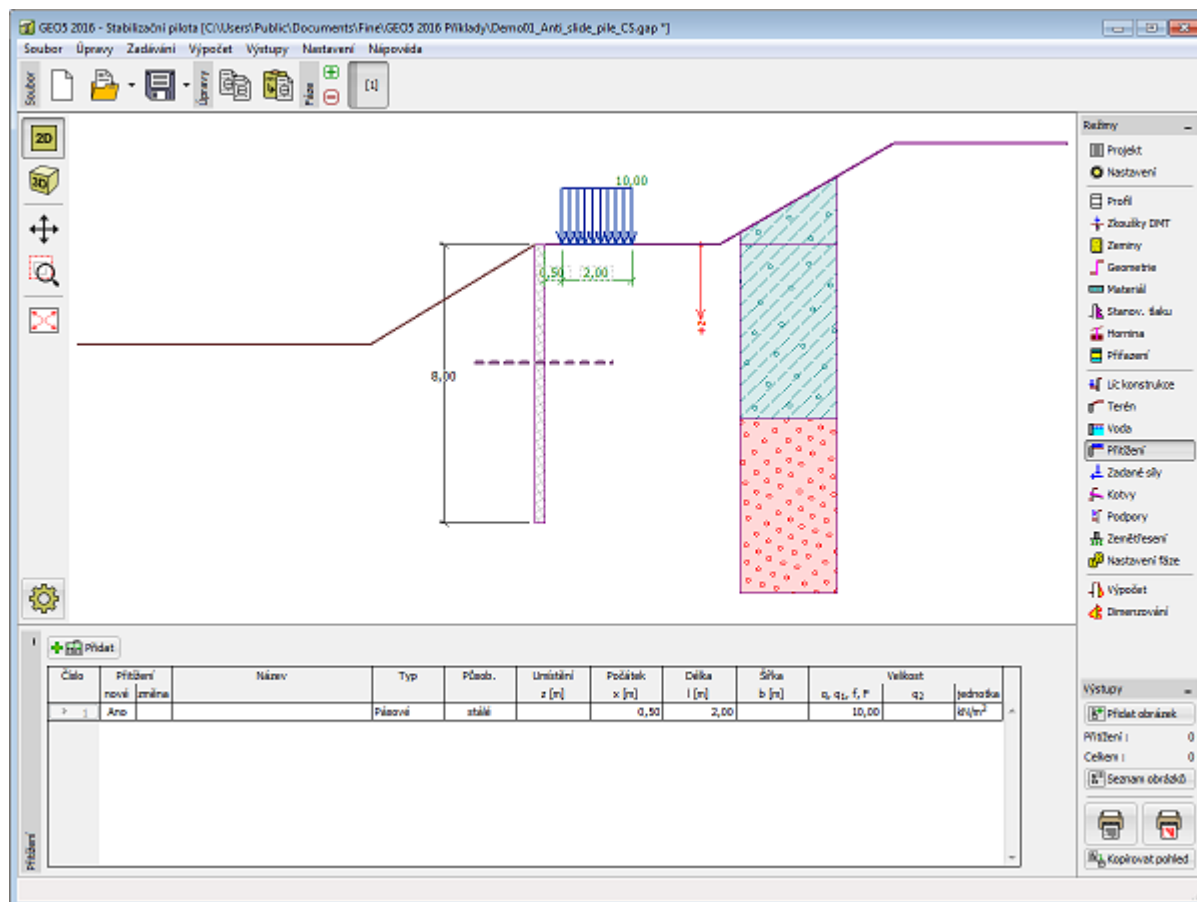
Přetížení

Rám "Přetížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přetížení. Přidání (editace) přetížení se provádí v dialogovém okně "Nové přetížení". Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Při zadání přetížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přetížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přetížení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv přetížení".



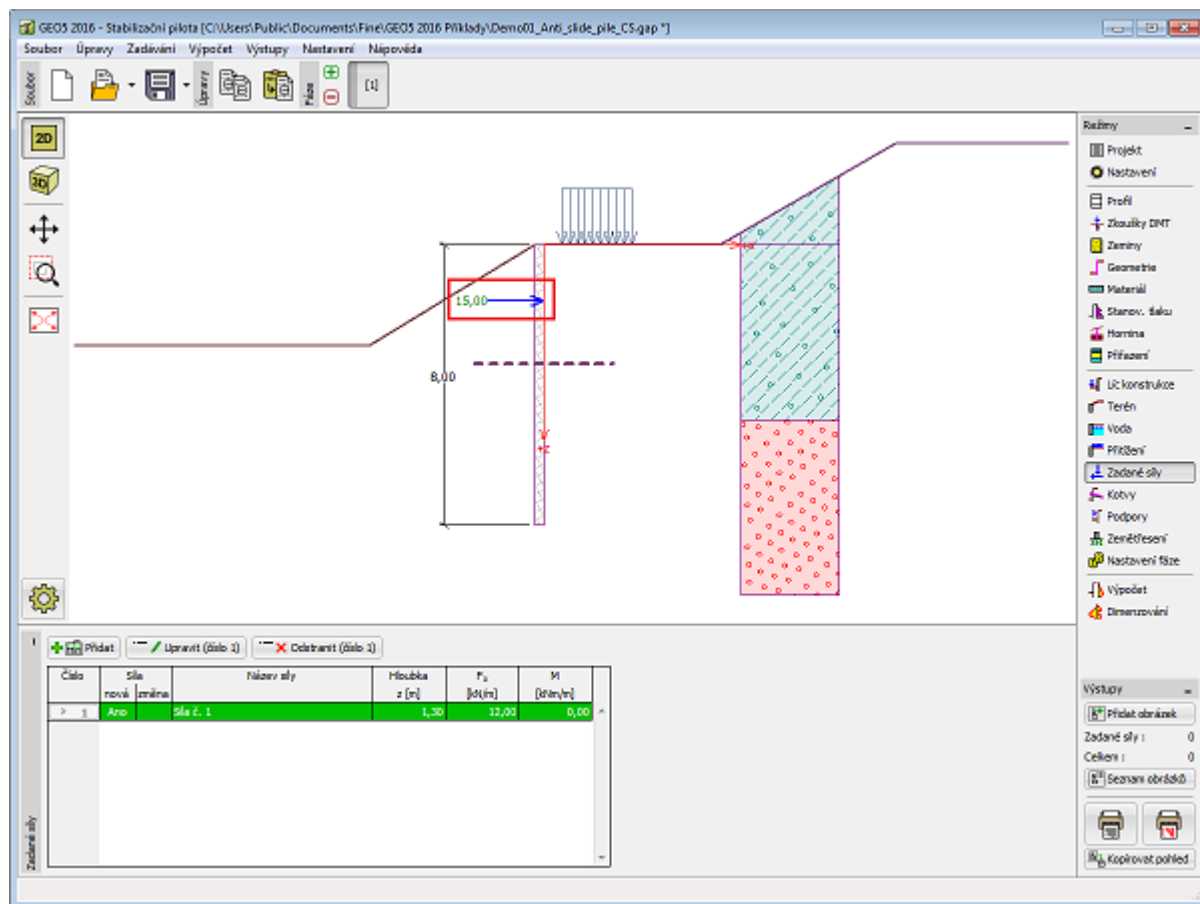
Rám "Přítížení"

Zadané síly

Rám "Zadané síly" obsahuje tabulku se seznamem zadaných sil působících na konstrukci. Přidání (editace) sil se provádí v dialogovém okně "Nová síla". Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadané síly představují přídavné zatížení působící na konstrukci zdi, záporového pažení, respektive vyztuženého náspu. Můžeme jimi modelovat například ukotvení svodidel, náraz vozidla, zatížení od billboardů a reklamních ploch atp. Program takto zadané síly do výpočtu dále nijak neupravuje, s výjimkou přenásobení příslušným koeficientem dle zadaného typu zatížení (EN1997, LRFD).

Vnější zatížení působící na zeminu, resp. na povrch terénu je nutné modelovat jako **přítížení**.



Rám "Zadané síly"

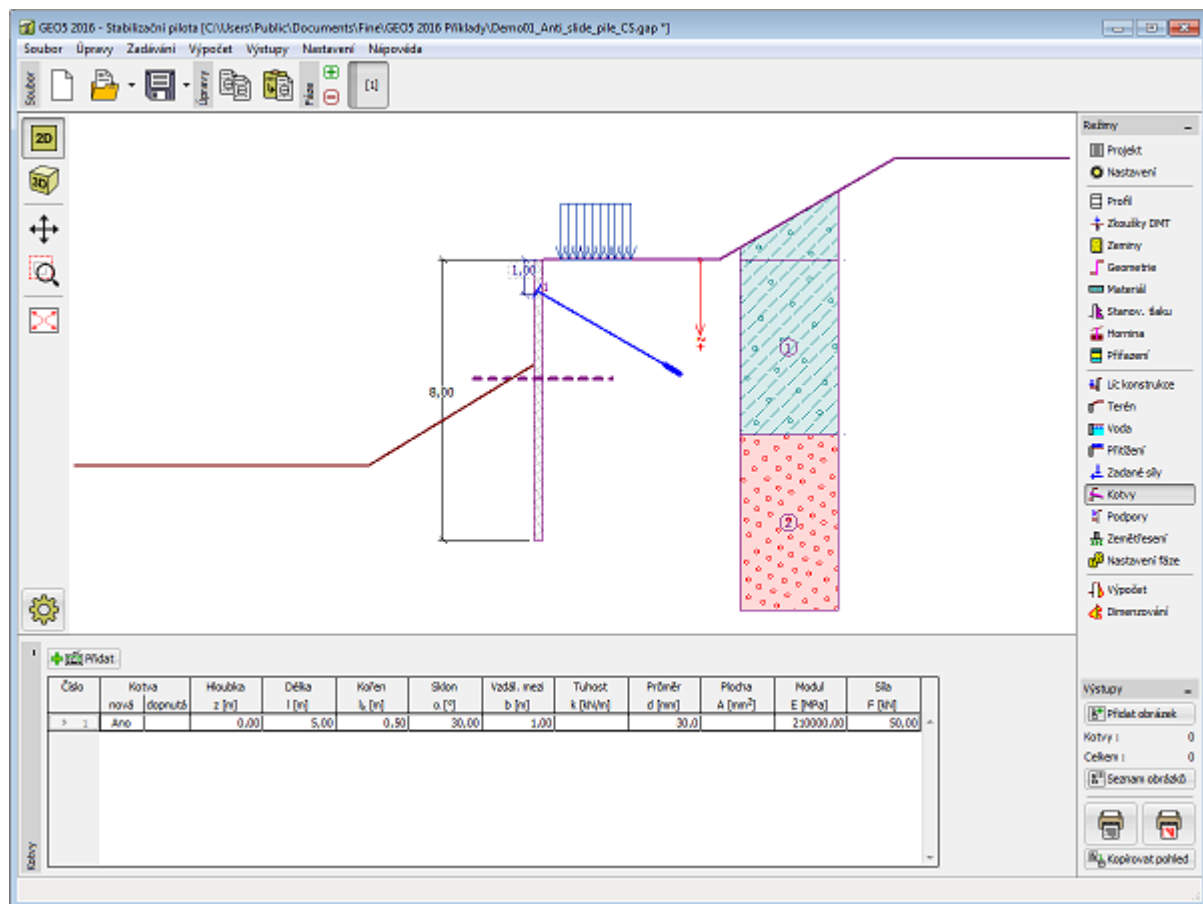
Kotvy

Rám "Kotvy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kotev. Přidání (editace) kotev se provádí v dialogovém okně "Nová kotva". Zadané kotvy lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Kotva se zadává automaticky na již deformovanou konstrukci (z předchozí fáze budování).

Kotvy lze zadat jako předpjaté (nedefinováno, tyčové předpínací, pramencové) i nepředpjaté (Helix, tyčové nepředpínací, kotevní táhla). Tuhost předpjatých kotev se projevuje ve vlastním výpočtu až v následujících fázích budování. Vlivem deformace konstrukce dochází u všech typů kotev ke změně sil v kotvách.

V následujících fázích již nejde kotvy editovat, ale pouze dopnout na novou předpínací sílu.

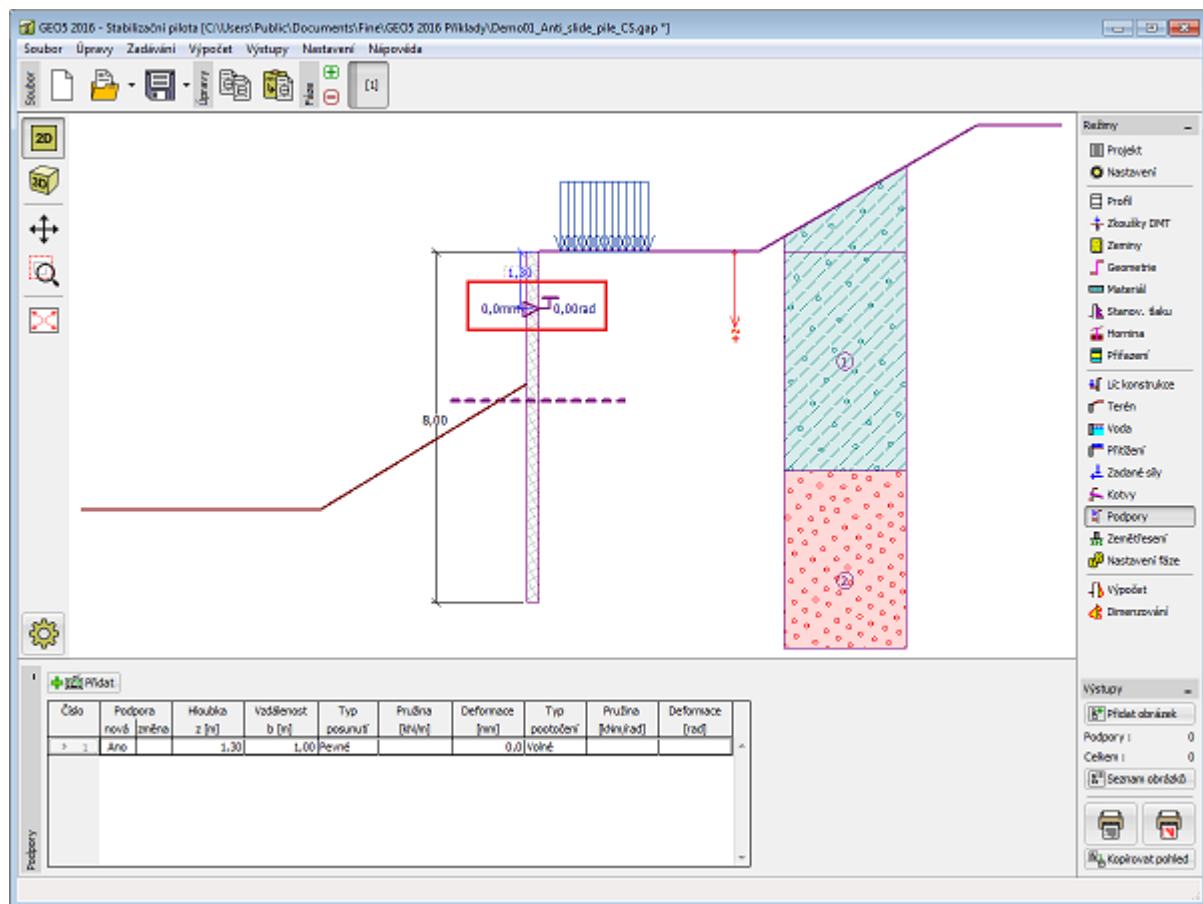


Rám "Kotvy"

Podpory

Rám "Podpory" obsahuje tabulku se seznamem zadaných podpor. Přidání podpor se provádí v dialogovém okně "Nová podpora". Zadané podpory lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Zadáva se umístění podpory (hloubka z), vzdálenost podpor b a dále typ posunutí a pootočení (pevné, volné, pružina, vynucená deformace). Podpora se zadává automaticky na již deformovanou konstrukci (z předchozí fáze budování). V následujících fázích již nejde podpory editovat, ale pouze zadat vynucenou deformaci.



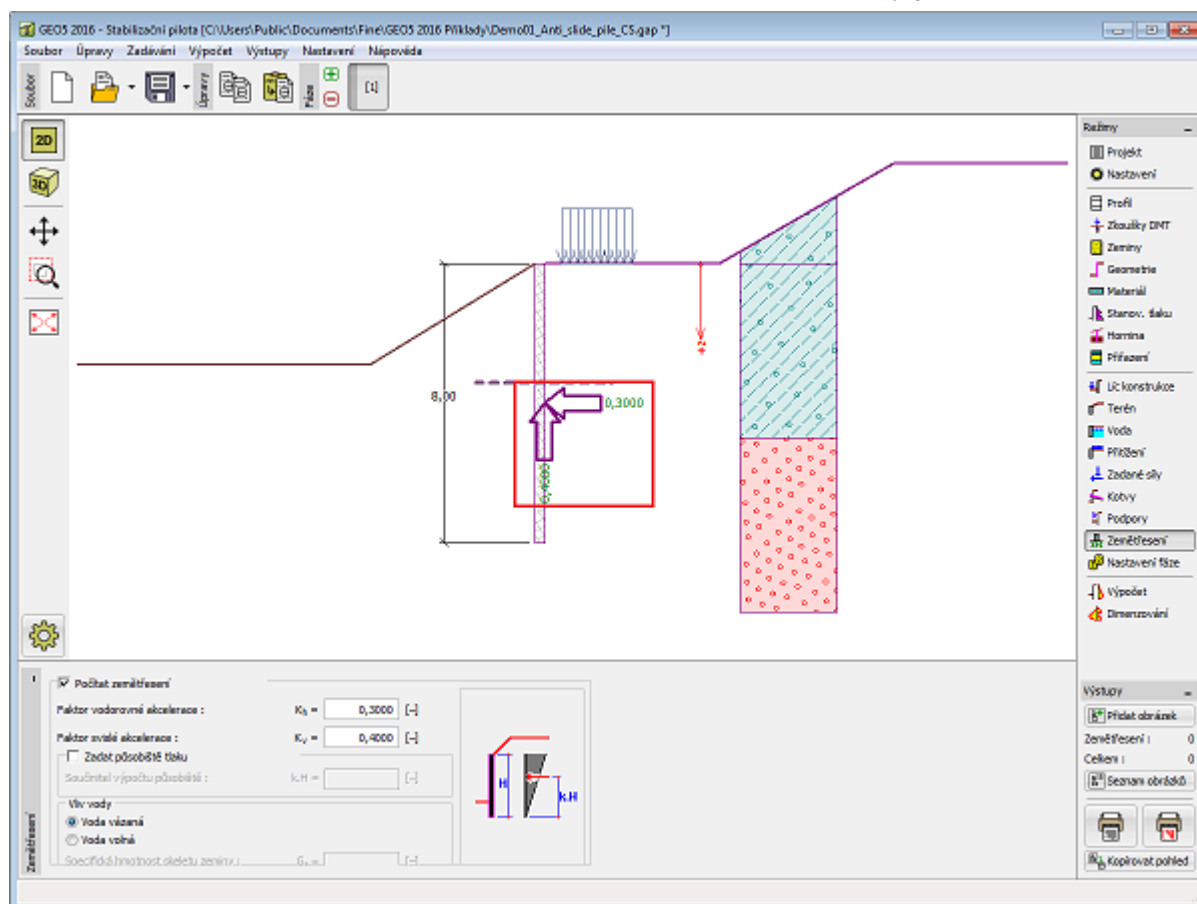
Rám "Podpory"

Zemětřesení

V rámu "**Zemětřesení**" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv zemětřesení**".



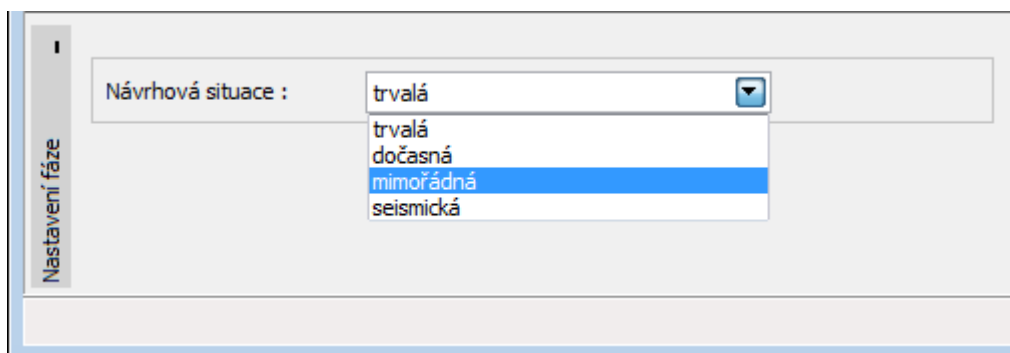
Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** (trvalá, dočasná, mimořádná, seismická) určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.



Rám "Nastavení fáze"

Výpočet

V rámu "Výpočet" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Rám obsahuje pět tlačítek na zobrazení výsledků výpočtů:

Modul reakce podloží + Zemní tlaky

V levé části desktopu je vykreslen (standardně modrou barvou se šrafováním) průběh **modulu reakce podloží**. Jak plyne z principu **metody závislých tlaků**, některé pružiny (hodnoty modulu reakce podloží v bodech) jsou ve výpočtu vypuštěny, neboli rovny nule. Jestliže není zadán dostatečný počet okrajových podmínek (kotvy, podpory) a před i za konstrukcí bylo dosaženo limitních hodnot zemního tlaku (aktivní, resp. pasivní tlak) pak **úloha není stabilní**. Program nenalezne řešení a informuje o tom ve spodní části rámu - v tomto případě je nutné **změnit zadání konstrukce** (například zadat kotvu, zmenšit hloubku výkopu, zlepšit parametry zemin aj.).

V pravé části okna jsou (standardně zelenou čárkovanou čarou) vykresleny průběhy limitních tlaků (**pasivního tlaku**, **tlaku v klidu** a **aktivního tlaku**). Plnou modrou čarou je pak vykreslen **skutečný průběh tlaku na konstrukci**.

V pravé části desktopu je také vykreslena **deformovaná** (standardně červenou silnou čarou) a nedeformovaná konstrukce. Jsou zde znázorněny síly a deformace v kotvách, podporách, resp. rozpěrách.

Moment + Posouvající síla

V levé části desktopu je vykresleno schéma konstrukce. V pravé části je vykreslen průběh ohybového momentu a posouvající síly.

Deformace + Napětí

V levé části desktopu je vykresleno schéma konstrukce se silami v kotvách, reakcemi a deformacemi podpor a rozpěr. V pravé části je vykreslen průběh deformace konstrukce a celkového tlaku na **pažící stěnu**.

Sednutí terénu

V levé části desktopu je vykresleno schéma konstrukce. V pravé části je vykreslen průběh **sednutí terénu za konstrukcí**. Metoda pro výpočet sednutí se volí v horní části rámu.

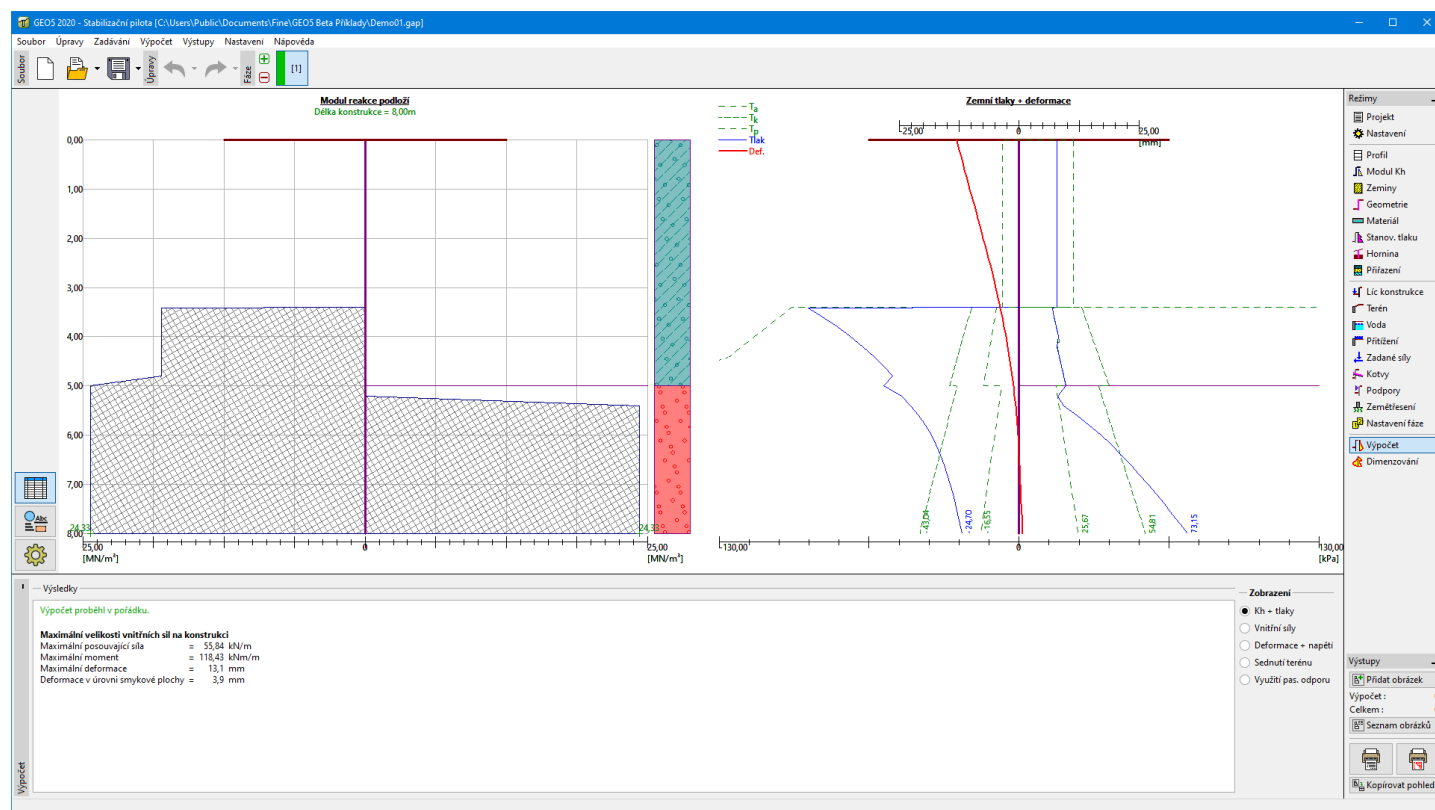
Využití pasivního odporu

V levé části desktopu je vykresleno schéma konstrukce. V pravé části okna jsou vykresleny průběhy limitních tlaků a skutečný průběh tlaku na konstrukci. V horní části rámu se zadává stupeň bezpečnosti **využití pasivního odporu**.

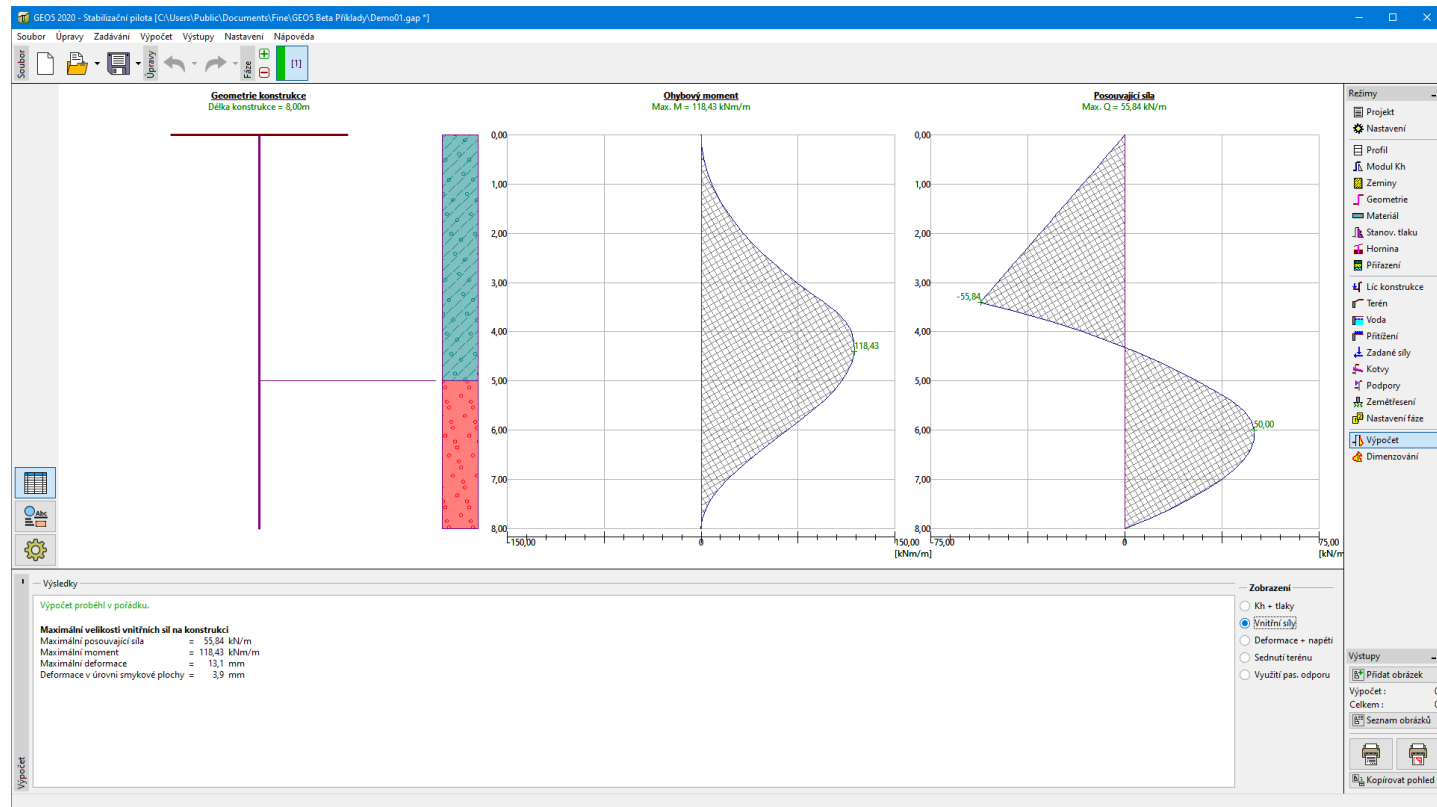
V případě, že je modul reakce podloží iterován, je nutné kontrolovat **průběh manuální iterace** v příslušném dialogovém okně **"Iterace"**. Podrobné informace jsou popsány v teoretické části nápovědy **"Modul reakce podloží určený iterací"**.

Pro **stěnu tvořenou dvěma řadami pilot** lze zobrazit průběh vnitřních sil, deformací a napětí na přední nebo zadní řadě.

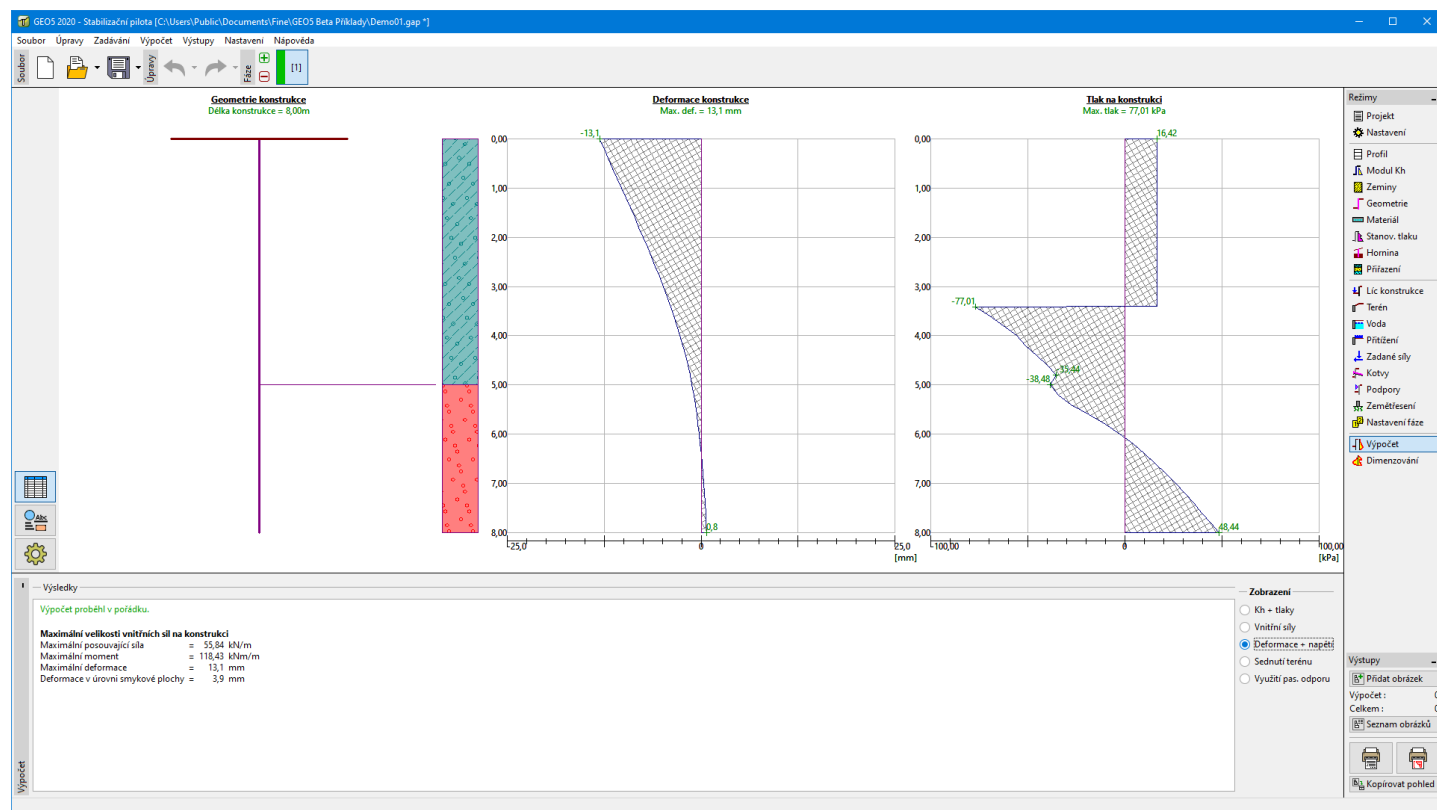
Zobrazení kresby lze měnit v rámu **"Nastavení kreslení"**.



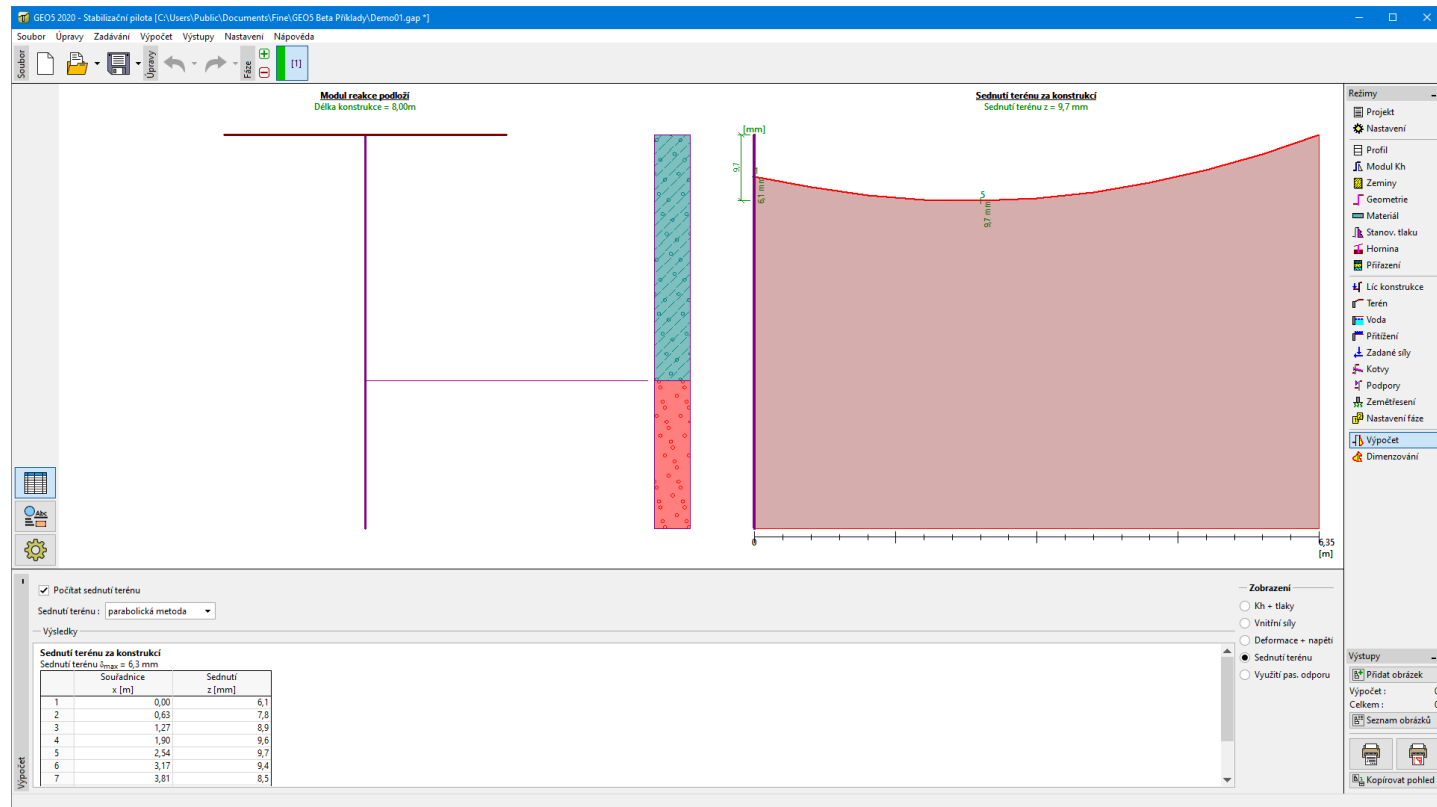
Rám "Výpočet" - modul reakce podloží a zemní tlaky



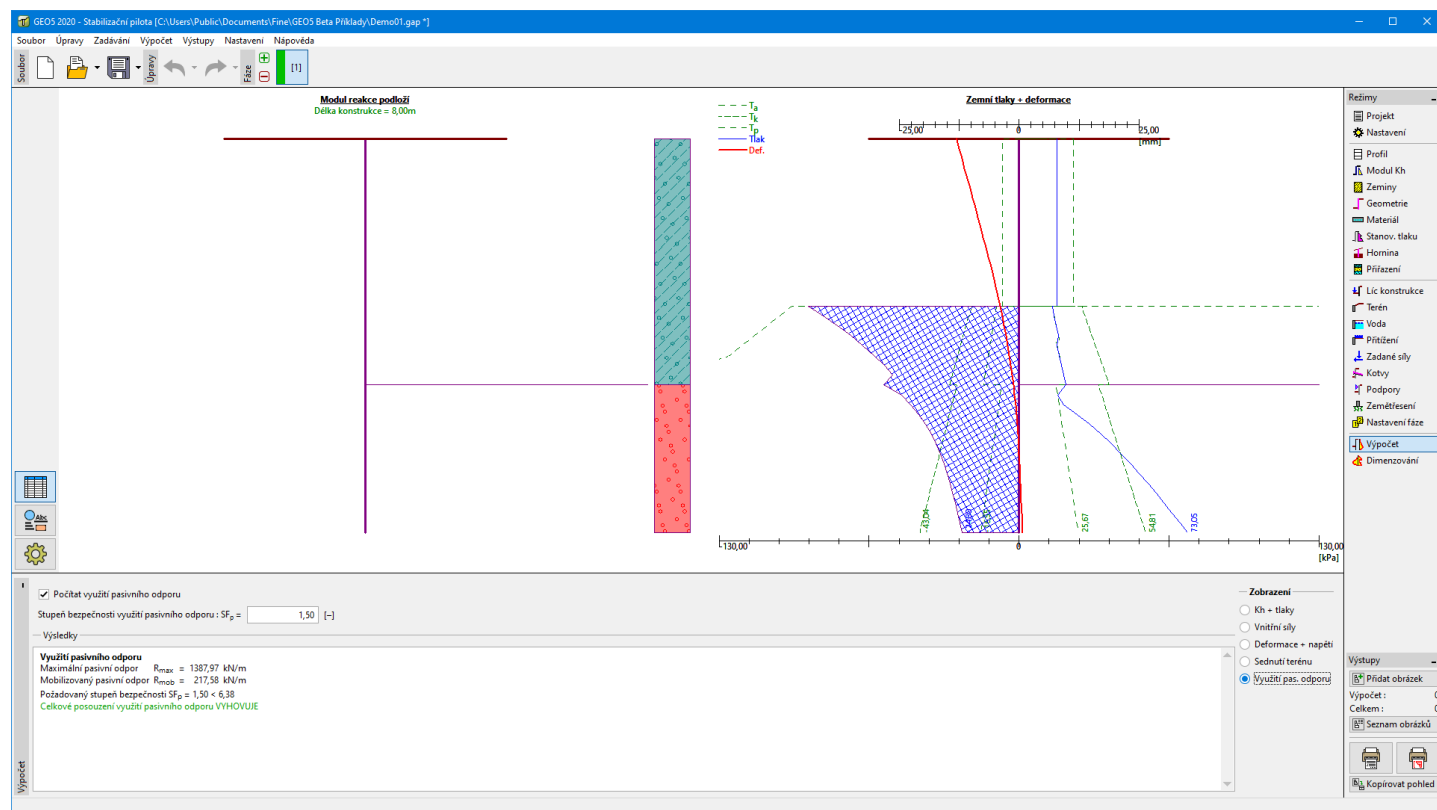
Rám "Výpočet" - vnitřní síly



Rám "Výpočet" - deformace a napětí



Rám "Výpočet" - sednutí terénu



Rám "Výpočet" - využití pasivního odporu

Dimenzování

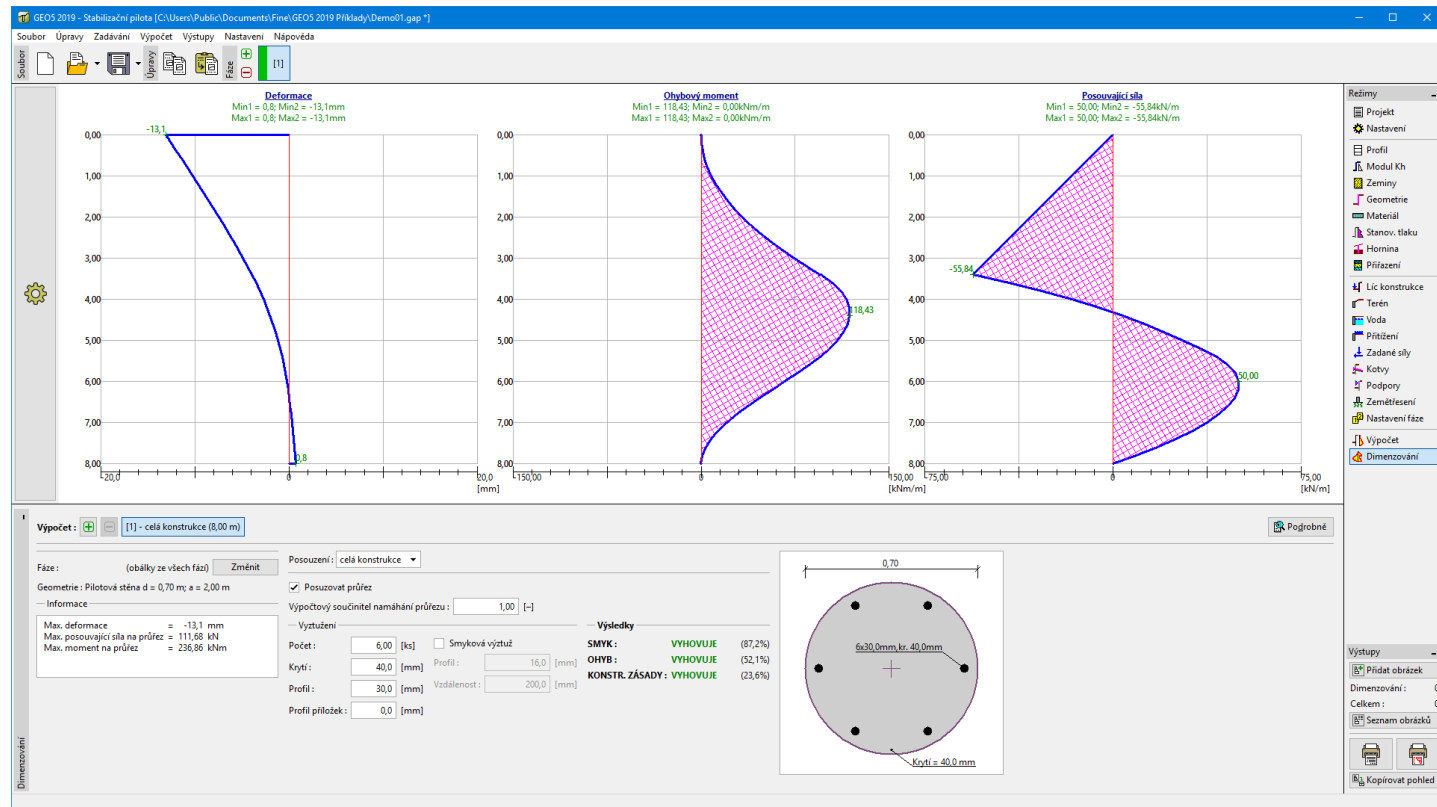
V rámu "Dimenzování" lze zobrazit obálku vnitřních sil a deformací přes všechny výpočty (fáze budování). Obálka je standardně sestavena ze všech fází budování, ale lze ji sestavit pouze z vybraných fází. Tlačítko "Změnit" otevírá dialogové okno "Výběr fází", ve kterém lze stisknutím tlačítek vybrat jednotlivé fáze budování pro sestavení aktuální obálky.

Maximální hodnoty spočtených vnitřních sil (ohybových momentů a posouvajících sil) a velikost deformace jsou zobrazeny ve spodní části rámu.

Program umožňuje dimenzování **železobetonových** a **ocelových průřezů** (zaškrtnutím volby "**Posuzovat průřez**"). Pro podrobnější návrh výztuže betonového průřezu je možné rozdělit konstrukci na úseky, které se posuzují samostatně. Při posuzování průřezu lze zadat **výpočtový součinitel namáhání průřezu**, který redukuje celkovou únosnost průřezu. Velikost součinitele závisí na zavedení aktivních a pasivních sil (v rámu "**Stanovení tlaku**") do výpočtu. Pokud jsou zavedeny jako výpočtové, pak je tento součinitel roven 1.0 - pokud jako normové, pak je nutné únosnost průřezu redukovat výpočtovým koeficientem větším než 1,0 (pro **EN 1997** je hodnota tohoto koeficientu v rozmezí 1,35 - 1,5).

V rámu lze provést **více výpočtů** pro dimenzování průřezu. Tlačítko "**Podrobně**" v pravé části rámu otevírá **dialogové okno "Dimenzování"**, kde jsou zobrazeny podrobné výsledky.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Dimenzování" - železobetonové průřezy

Únosnost kotev

Rám "**Únosnost kotev**" obsahuje **tabulku** se seznamem **zadaných** kotev.

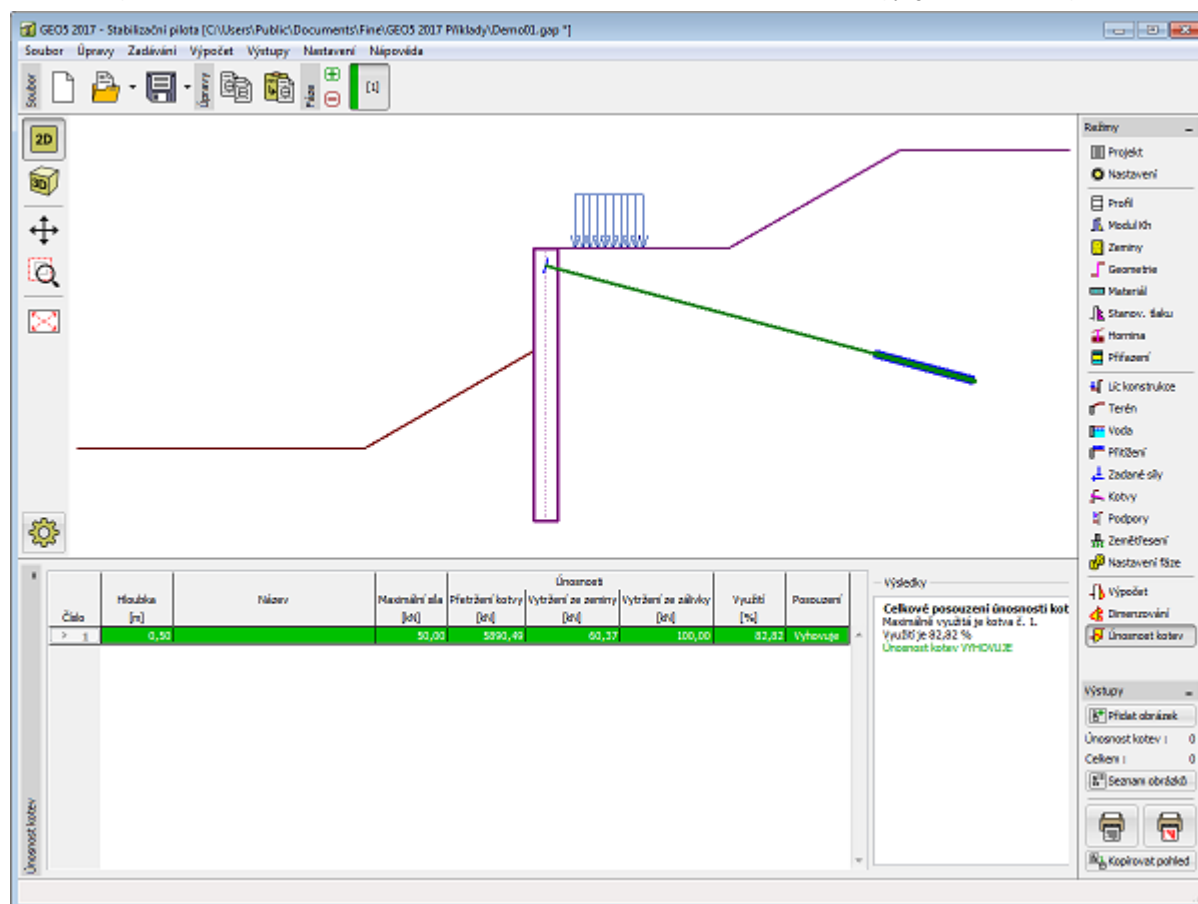
V rámu se posuzuje **celková únosnost kotev**.

Kotvy se posuzují na tři různé stavy:

- **Únosnost na přetržení** (Pevnost kotvy) R_t
- **Únosnost na vytržení ze zeminy** R_e
- **Únosnost na vytržení ze záhlavky** R_c

Spočtené **únosnosti kotev** jsou **redukovány** příslušným stupněm bezpečnosti nebo koeficientem redukce, který se zadává v rámu "**Nastavení**", záložka "**Kotvy**". Aby posouzení kotvy vyhovovalo, musí platit, že žádná z únosností nesmí být nižší než maximální síla v kotvě P_{max} .

$$\min \left(\frac{R_t}{SF_t}; \frac{R_e}{SF_e}; \frac{R_c}{SF_c} \right) \geq P_{max}$$



Rám "Únosnost kotev"

Pažiny

V rámu "**Pažiny**" se provádí **návrh a posouzení pažin**. Rám je dostupný pouze pro **záporové pažení**.

Program umožňuje dimenzování **železobetonových** a **dřevěných** průřezů (zaškrtnutím volby "**Posuzovat průřez**").

V dialogové okně "**Editace pažin**" (tlačítko "**Materiál, Průřez**") se v rozbalitelném seznamu vybírá **materiál** (dřevo, beton) a **průřez** (obdélník, kruh). Pro nastavení parametrů materiálu lze použít tlačítka "**Katalog**" a "**Vlastní**" stejně jako v rámu "**Materiál**".

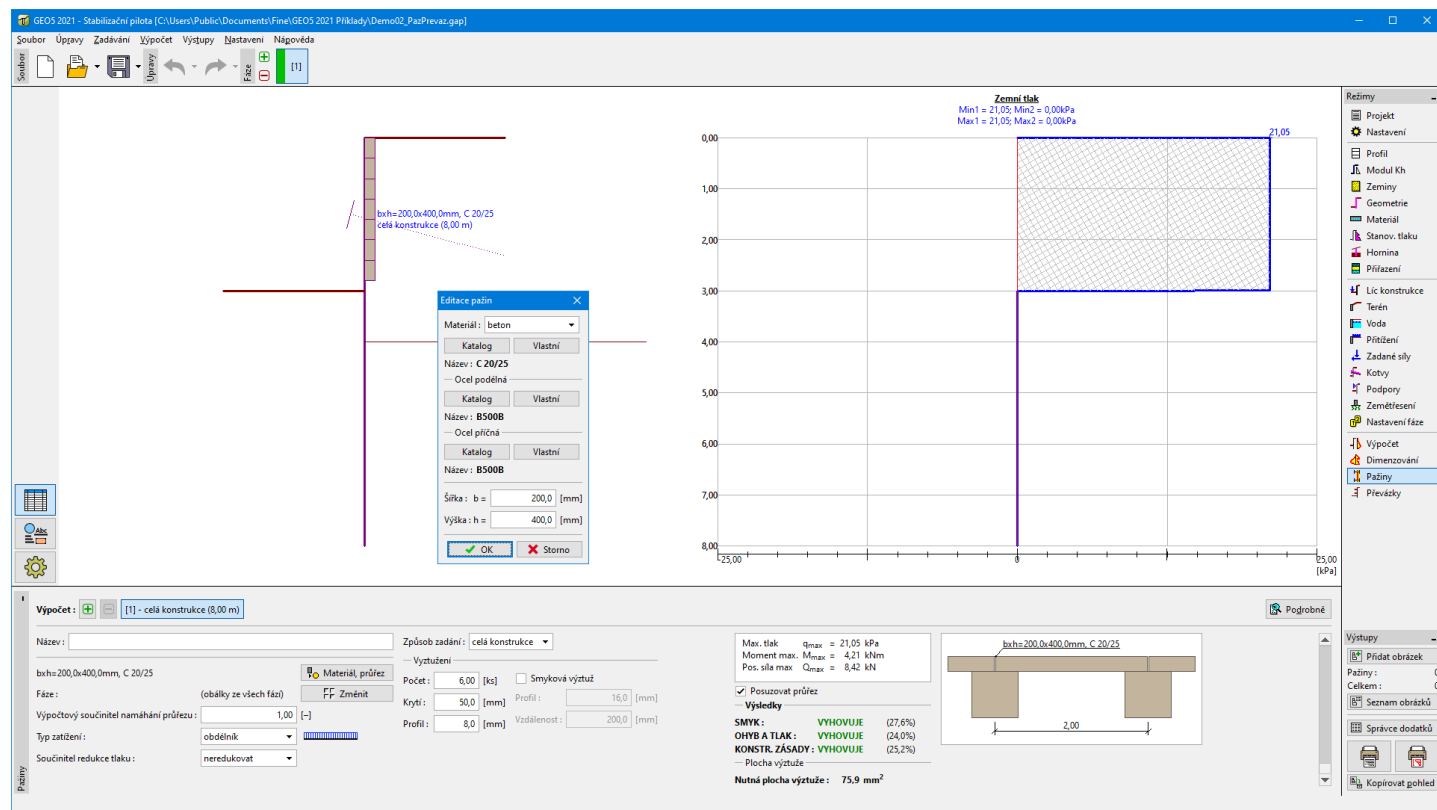
V rámu lze zobrazit obálku tlaků působících na zeď přes všechny výpočty (**fáze budování**). Obálka je standardně sestavena ze všech fází budování. Tlačítko "**Změnit**" otevírá dialogové okno "**Výběr fází**", ve kterém lze stisknutím tlačítek vybrat jednotlivé fáze budování pro sestavení aktuální obálky.

V rámu se dále volí **typ zatížení** (obdélník, trojúhelník) a **součinitel proredukcí tlaku**, který snižuje hodnotu maximálního tlaku působícího na pažiny. Při posuzování průřezu lze zadat **výpočtový součinitel namáhání průřezu**, který zvětšuje hodnoty vnitřních sil.

Hodnoty **spočtených vnitřních sil** (ohybových momentů a posouvajících sil) a maximálního tlaku jsou zobrazeny ve střední části rámu.

V rámu lze provést **více výpočtů** pro dimenzování průřezu. Pro podrobnější návrh pažin je možné rozdělit konstrukci na úseky, které se posuzují samostatně.

Tlačítko "**Podrobně**" v pravé části rámu otevírá **dialogové okno "Dimenzování"**, kde jsou zobrazeny podrobné výsledky.



Rám "Pažiny"

Převázky

V rámu se provádí **návrh** a **posouzení převázek** pro zvolenou **kotvu**.

Program umožňuje dimenzování **železobetonových** a **ocelových** průřezů (zaškrtnutím volby "**Posuzovat průřez**"). V rámu lze provést **více výpočtů**.

V dialogové okně "**Editace převázky**" (tlačítko "**Materiál, Průřez**") se v rozbalitelném seznamu vybírá **materiál** (ocel, beton) a **průřez**. Pro nastavení parametrů materiálu lze použít tlačítka "**Katalog**" a "**Vlastní**" stejně jako v rámu "**Materiál**".

Pro ocelové převázky se **typ průřezu** (I-průřez, 2xI-průřez nebo 2xU-průřez) vybírá v dialogovém okně "**Katalog průřezů**" (tlačítko "**Katalog**"), nebo v dialogovém okně "**Editor průřezu**" (tlačítko "**Svařovaný**").

Natočení převázky lze uvažovat podle **kotvy** nebo **stěny**.

Tlačítko "**Změnit**" otevírá dialogové okno "**Výběr fází**", ve kterém lze stisknutím tlačítek vybrat jednotlivé fáze budování pro určení maximální síly.

Při posuzování průřezu lze zadat **výpočtový součinitel namáhání průřezu**, který zvětšuje hodnoty vnitřních sil. V případě dimenzování **ocelových průřezů** lze uvažovat rovněž **vliv normálové síly**.

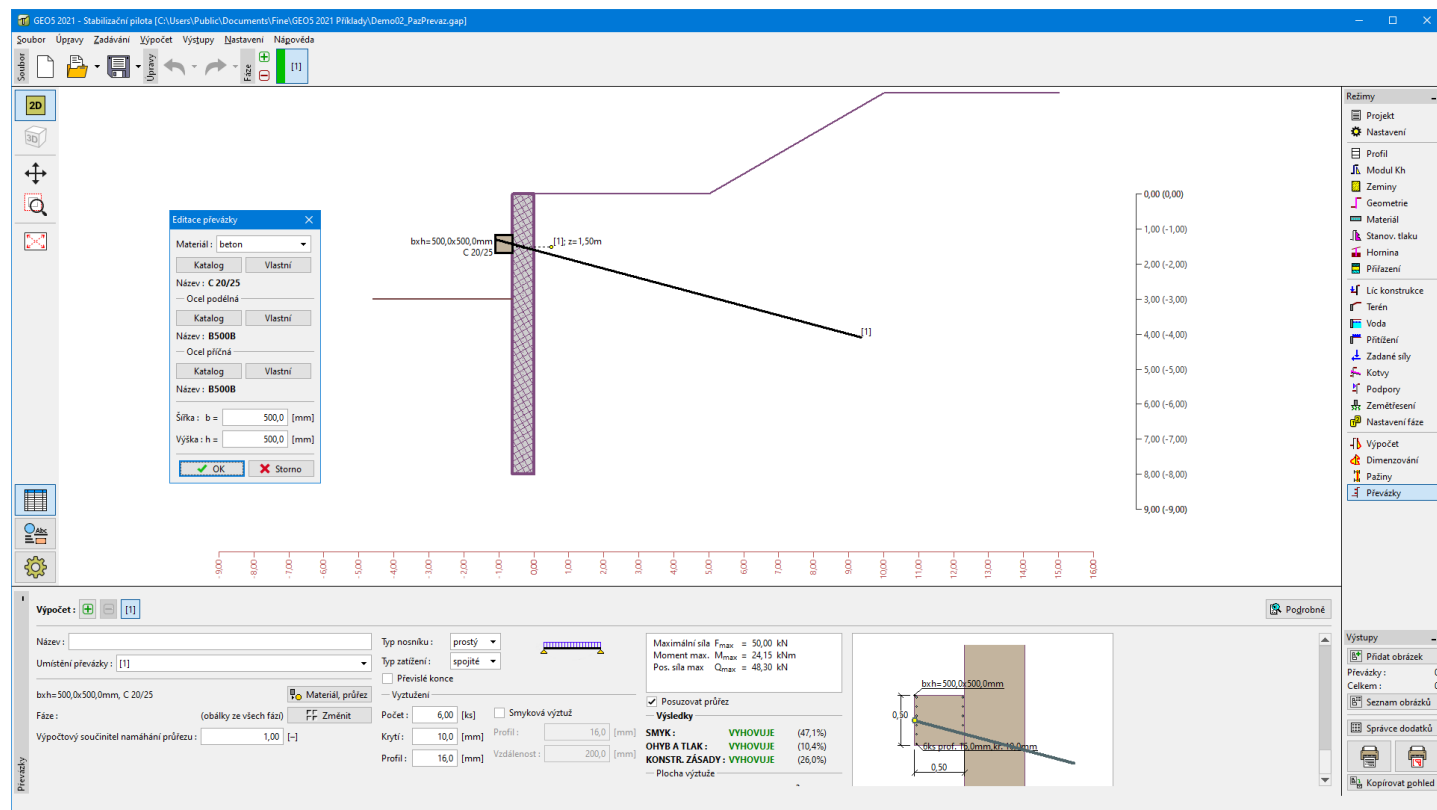
V rámu se dále volí **statické schéma**:

- **Typ nosníku** (prostý, spojitý)
- **Typ zatížení** (bodové, spojité)
- **Počet podpor**
- **Převíslé konce**

Pro **prostý nosník** zatížený **bodovým zatížením** se určuje vzdálenost podpor **L**.

Hodnoty **spočtených vnitřních sil** (ohybový moment a posouvající síla) a maximální síla z kotvy jsou zobrazeny v pravé části rámu.

Tlačítko "**Podrobně**" v pravé části rámu otevírá **dialogové okno "Dimenzování"**, kde jsou zobrazeny podrobné výsledky.



Rám "Převázky"

Program Šachta

Program je určen pro výpočet prostorového zemního tlaku na kruhové šachty a vnitřních sil na konstrukci.

Nápověda k programu "Šachta" zahrnuje mimo jiné následující oblasti.

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Geometrie	Profil	Zeminy	Přiřazení
Voda	Přetížení	Nastavení fáze	Výpočet	Dimenzování	

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "Šachta":

Geostatické napětí, výpočet vztřaku	Pásové přetížení - aktivní zemní tlak	Bodové přetížení - aktivní zemní tlak	Přímkové přetížení - aktivní zemní tlak	Bodové přetížení - zemní tlak v klidu	Šachta
---	--	--	--	--	--------

- Informace k výstupům

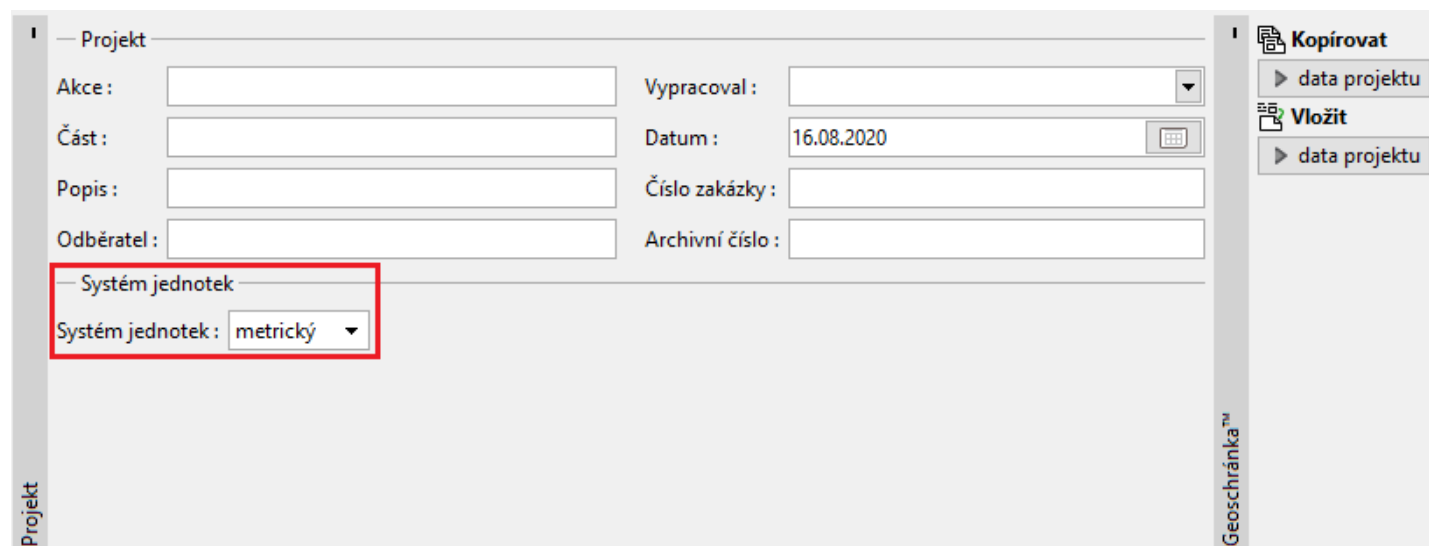
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5

- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při textových a grafických výstupech.

V rámu lze také přepínat jednotky (metrické / imperiální). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5



Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat nastavení" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

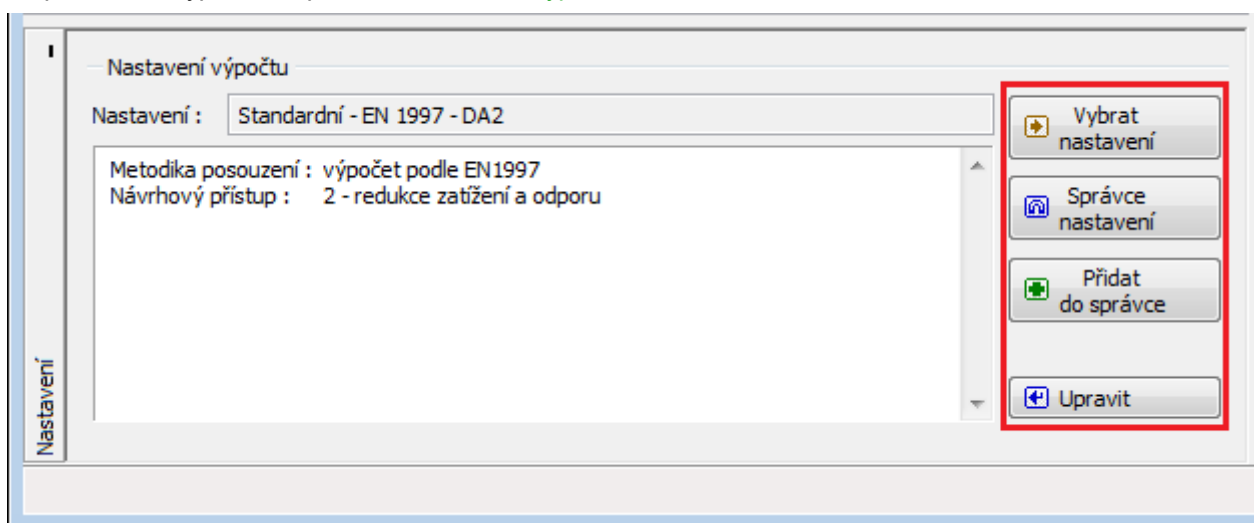
Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat** a **importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložce "**Výpočet tlaků**".



Rám "Nastavení"

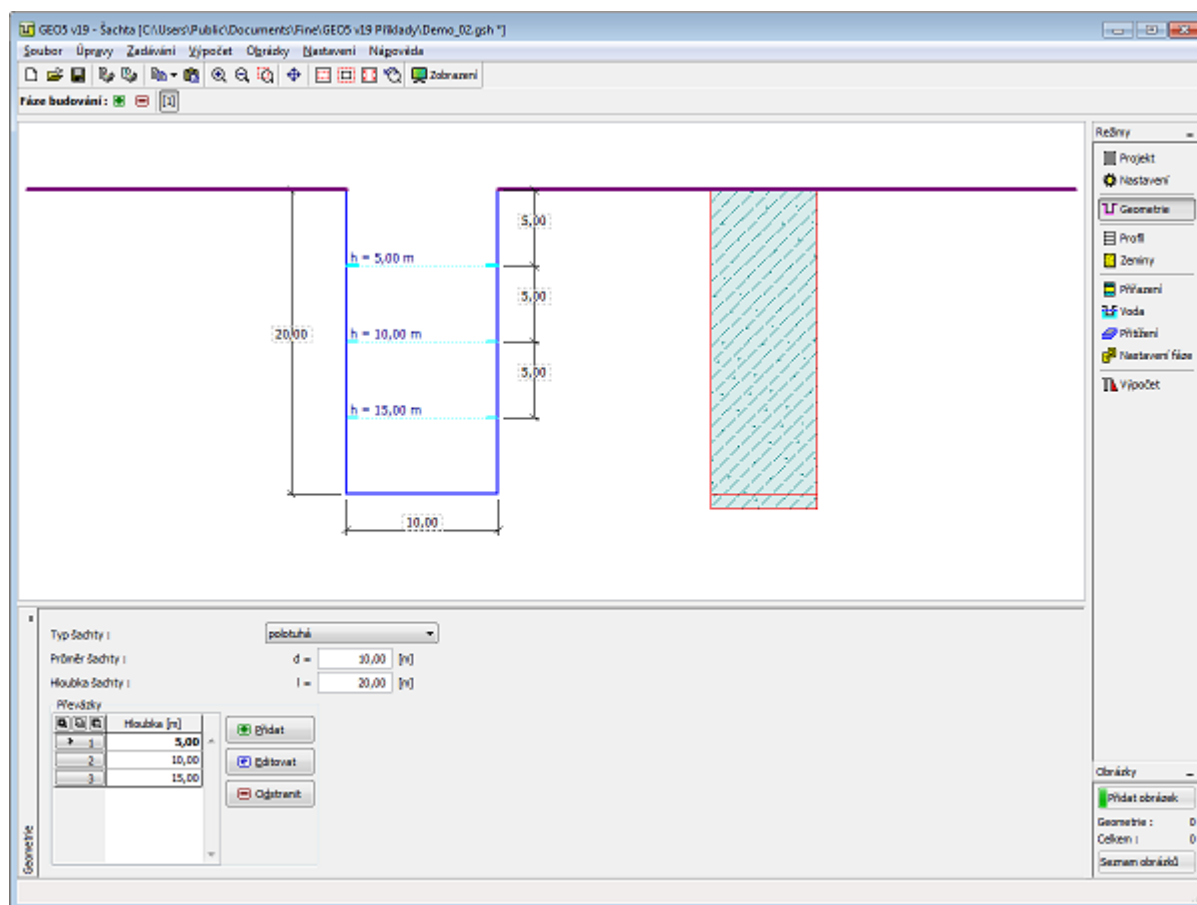
Geometrie

V rámu "Geometrie" se zadává **typ šachty** (poddajná, polotuhá, tuhá), **průměr šachty d** , **hloubka šachty l** a případně **hloubka převázek**.

Rám obsahuje **tabulku** se seznamem hloubek převážek. **Přidání** úseků se provádí v **dialogovém okně "Nová převážka"**.

Rozměry konstrukce a hloubku převážek lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie"

Profil

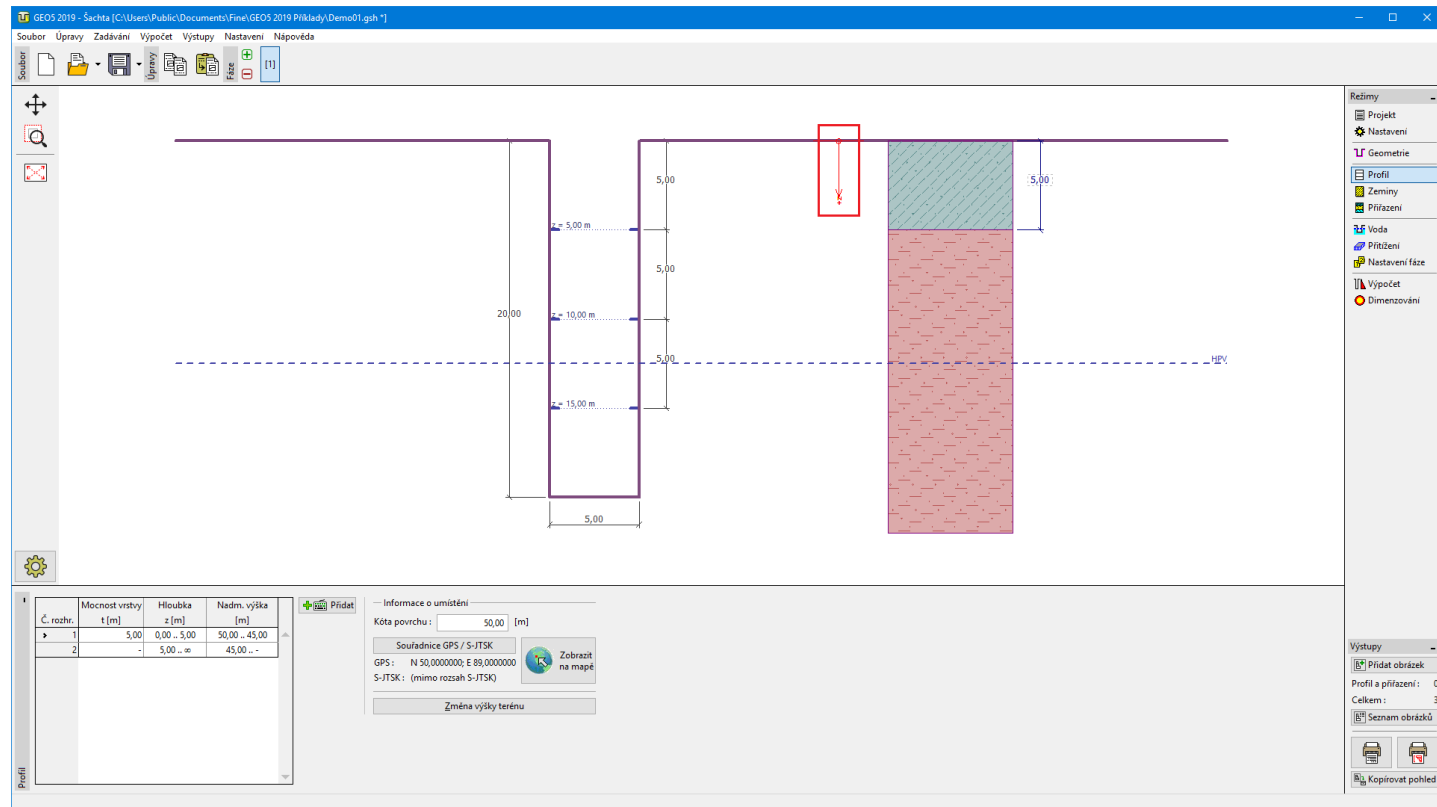
Rám "**Profil**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrty (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

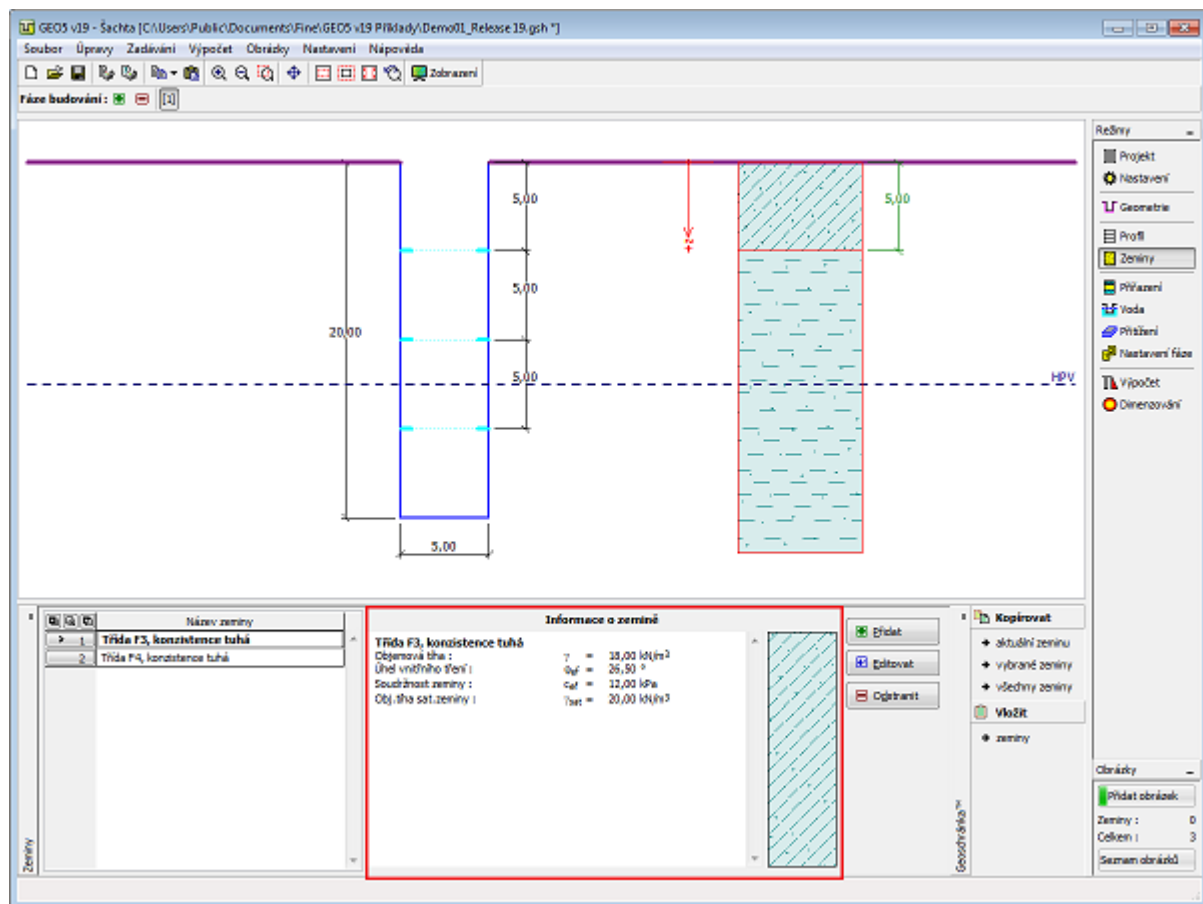
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v dialogovém okně "Přidání nových zemín".

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "Základní data" a "Vztlak".

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemín**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemín. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "**Zemní tlaky**".

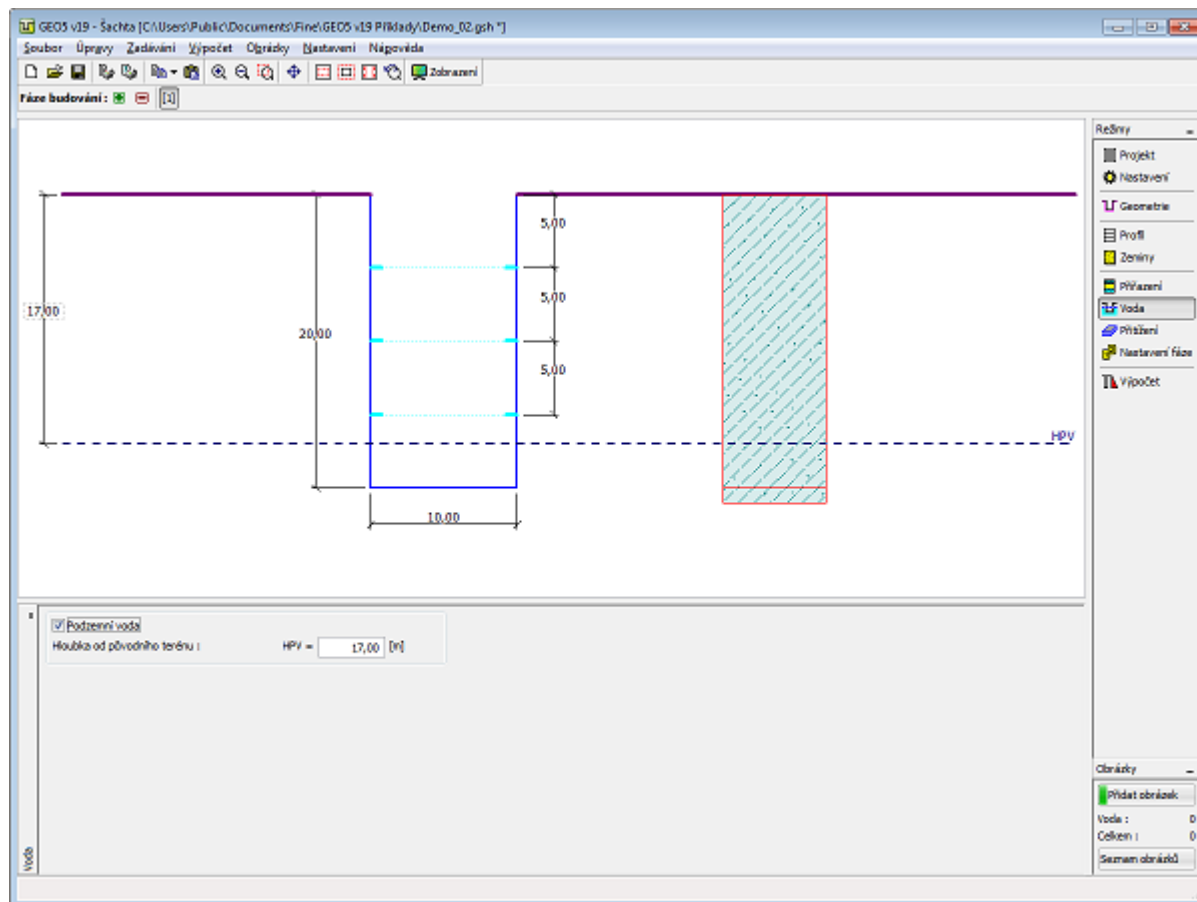
Rám "Přirazení"

Voda

V rámu "Voda" se zadává **hloubka hladiny podzemní vody**.

Hodnotu lze editovat buď v rámu vložením hodnoty do zadávacího pole, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Vliv vody se projevuje ve změně **geostatického napětí**.



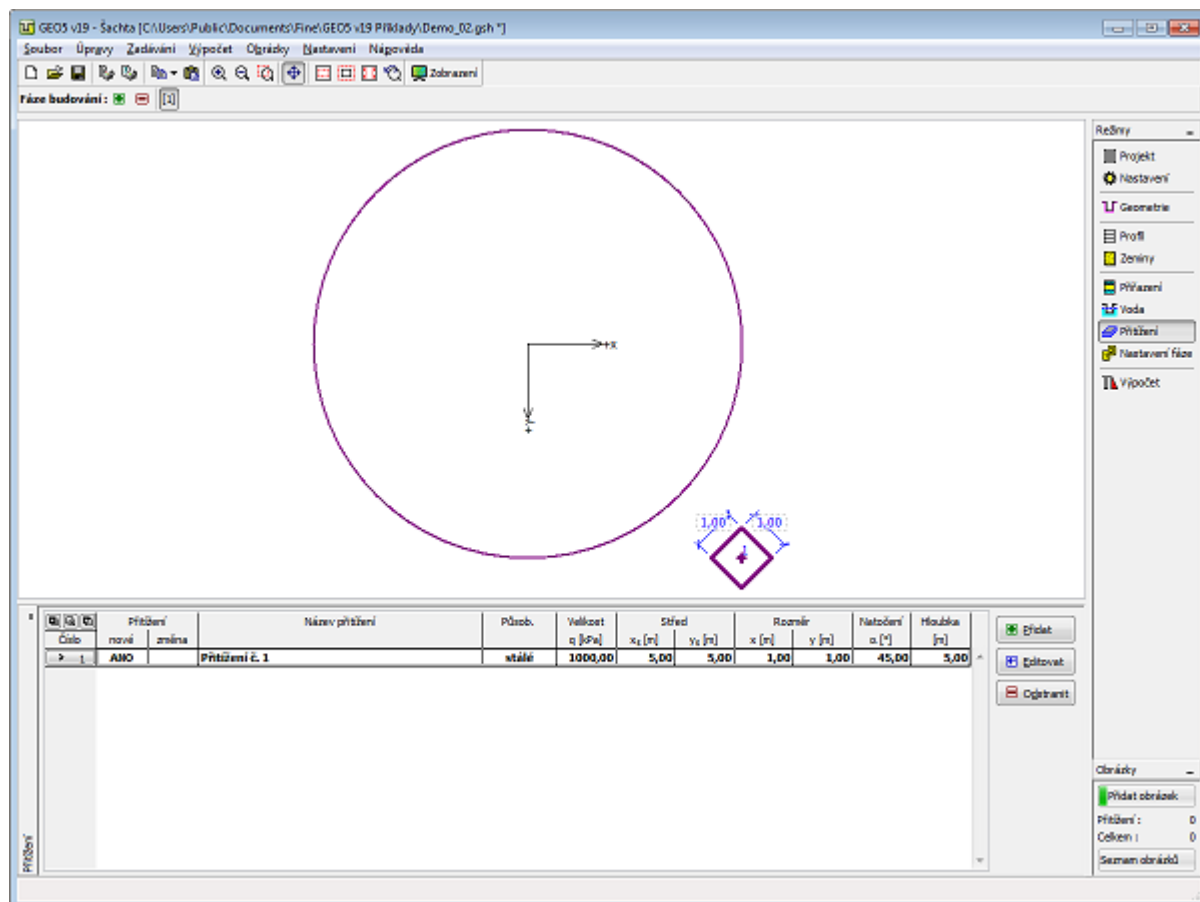
Rám "Voda"

Přetížení

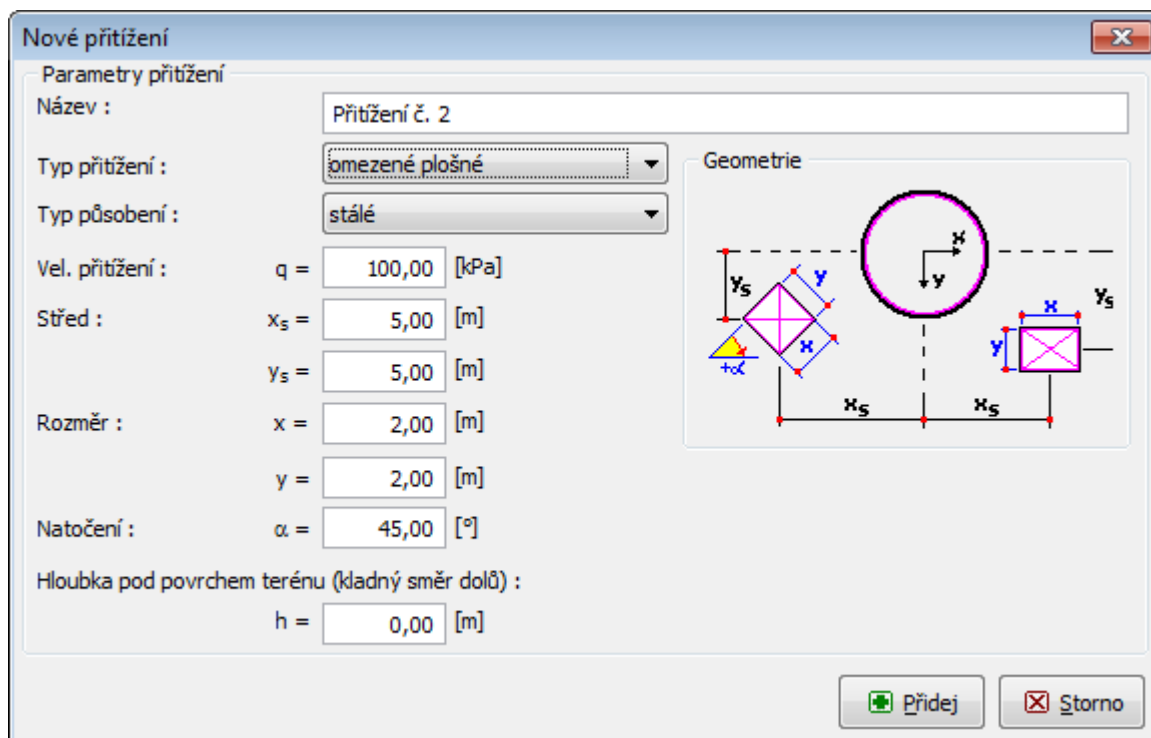
Rám "Přetížení" obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných přetížení. **Přidání** přetížení se provádí v **dialogovém okně "Nové přetížení"**. Zadaná omezená plošná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné** a podle typu přetížení na **celoplošné**, resp. **omezené plošné** (bodové). Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem.

V případě uvažování přetížení v jiné hloubce než je úroveň povrchu terénu (např. stávající základ okolní zástavby v blízkosti šachty), se zadává hloubka pod povrchem terénu **h** (kladný směr dolů).



Rám "Přítížení"



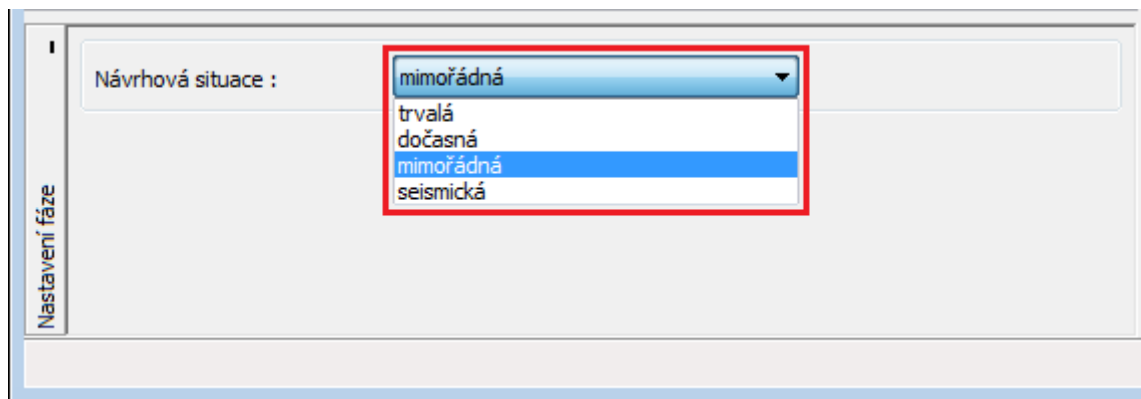
Dialogové okno "Nové přetížení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.



Rám "Nastavení fáze"

Výpočet

V rámu "Výpočet" se počítá definitivní zatížení šachty a to buď v **zadané hloubce** (pro šachtu bez převážek) nebo **na příslušnou převážku**. Program spočte jednotlivé složky tlaku na šachtu a zobrazí výsledný tlak na šachtu, resp. převážku.

Vypočtený rovnoměrný tlak lze upravit (ve smyslu norem DIN a SNiP) redukčním součinitelem, tak že rovnoměrné "kruhové" zatížení šachty se mění na "eliptické". V rámu lze zadat typ redukce bočního zatížení převážky (zatížení lze zvětšit i zmenšit, nebo pouze redukovat) a vlastní součinitel redukce. Doporučená hodnota **redukce zatížení** je 25 %.

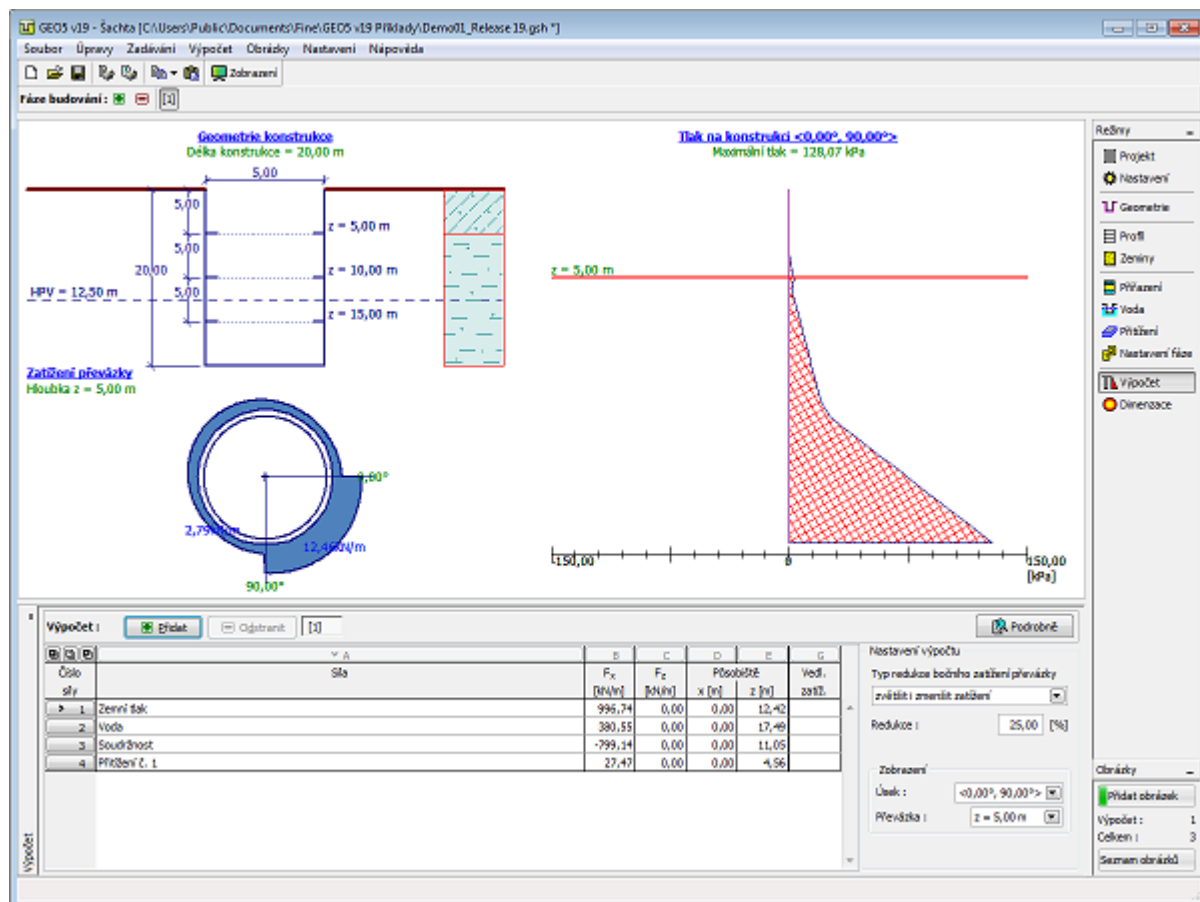
Výsledné **zatížení** je vstupem pro výpočet **vnitřních sil** v rámu "Dimenzování". Program **automaticky počítá** zatížení na všechny převážky nebo v zadané hloubce (konstrukce bez převážek).

Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**. V tomto případě je to velice výhodné pro vytvoření kombinací zatížení - s výsledky jednotlivých výpočtů se pak pracuje v rámu "Dimenzování".

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci pouze jako vedlejší zatížení. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.

Výsledky **výpočtu** jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Výpočet"

Dimenzování

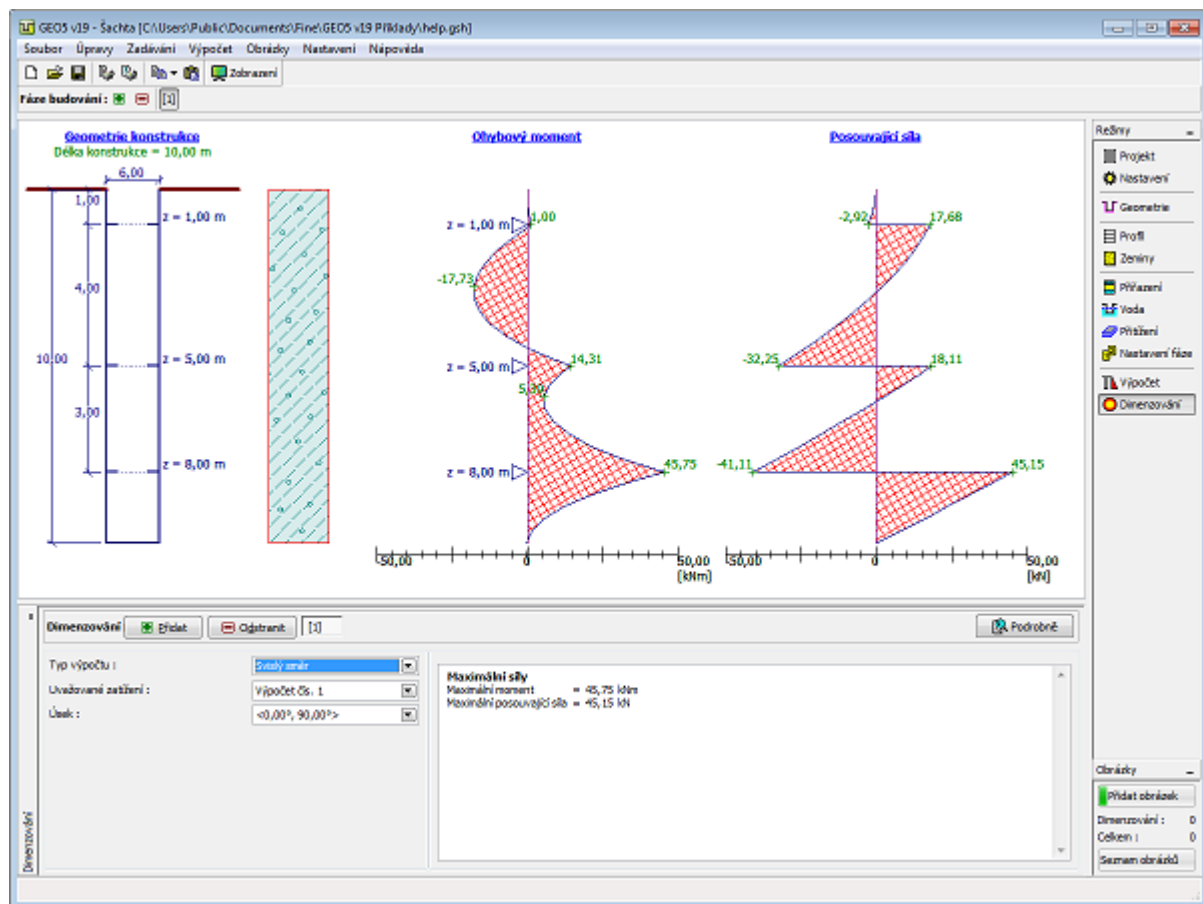
V rámu "Dimenzování" program přebírá **zatížení** spočtené v rámu "Výpočet". Lze vybrat **typ výpočtu**:

- svislý směr
- výpočet vnitřních sil na převážce - ve vodorovném řezu

Dále se zadává číslo výpočtu zatížení, popřípadě obálka všech provedených výpočtů.

Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**. Maximální hodnoty spočtených vnitřních sil jsou zobrazeny ve výstupním okně. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků výpočtu.

Při výpočtu ve svislém směru program umožňuje dále vybrat vyšetřovaný úsek (za předpokladu že je zadáno osamělé plošné přetížení), nebo rovnou počítat obálku vnitřních sil přes všechny úseky.



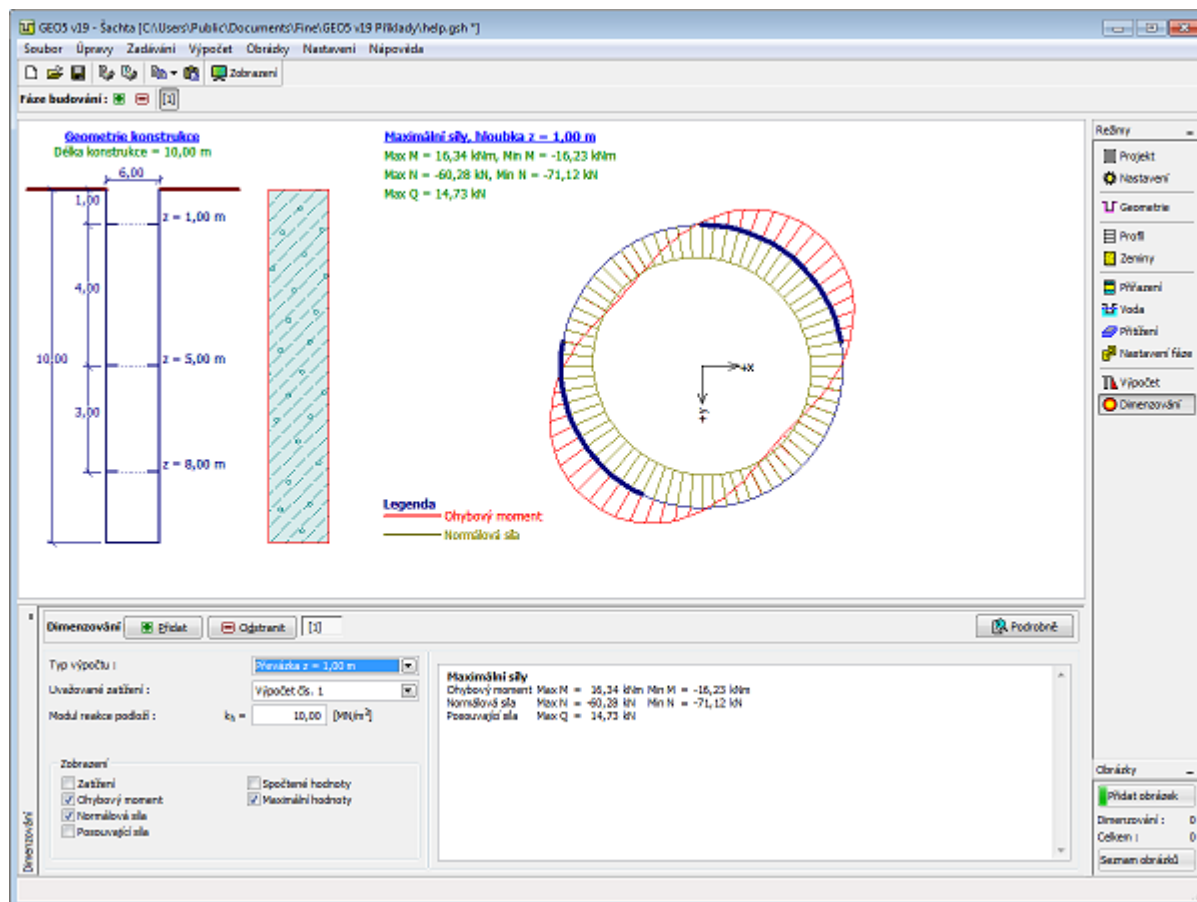
Rám "Dimenzování" - svislý směr

Při výpočtu ve vodorovném směru (výpočet vnitřních sil na převážce, resp. na 1 *bm* hloubky konstrukce) se zadává **modul reakce podloží** zeminy v dané hloubce.

Program umožňuje zobrazení zatížení, ohybového momentu, normálové síly a posouvající síly - podobu vykreslení volíme v části "**Zobrazení**". Volba "**Maximální hodnoty**" skryje všechny hodnoty kromě maximálních hodnot veličin.

Na obrázku je také část obrysu konstrukce vyznačena tlustou čarou - je to část šachty, která se deformuje směrem do zeminy. V této části je uvažováno podloží při výpočtu konstrukce polygonální metodou.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Dimenzování - převážka"

Program Stabilita svahu

Program je určen k výpočtu stability svahů obecně vrstevnatého zemního tělesa. Smyková plocha může být kruhová (Bishopova, Pettersonova, resp. Spencerova metoda) nebo polygonální (Sarmova metoda, resp. Spencerova). Program lze využít k výpočtu stability např. zářezů, náspů a kotvených opěrných konstrukcí.

Náповěда k programu "Stabilita svahu" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Rozhraní	Násep	Zářez	Zeminy	Tuhá tělesa
Přirazení	Kotvy	Hřebíky	Výztuhy	Stabilizační piloty	Přetížení	Voda
Zemětřesení	Nastavení fáze	Výpočet				

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "Stabilita svahu":

Napětí v zemině	Stabilizační pilota	Stabilita svahu	Výpočet proudění
-----------------	---------------------	-----------------	------------------

- Informace k výstupům

- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5

- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat nastavení" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "Správce nastavení" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Stabilitní výpočty**".

Při výpočtu únosnosti hřebíku na vytržení ze zeminy lze zadat **plášťové tření** jako parametr zeminy.

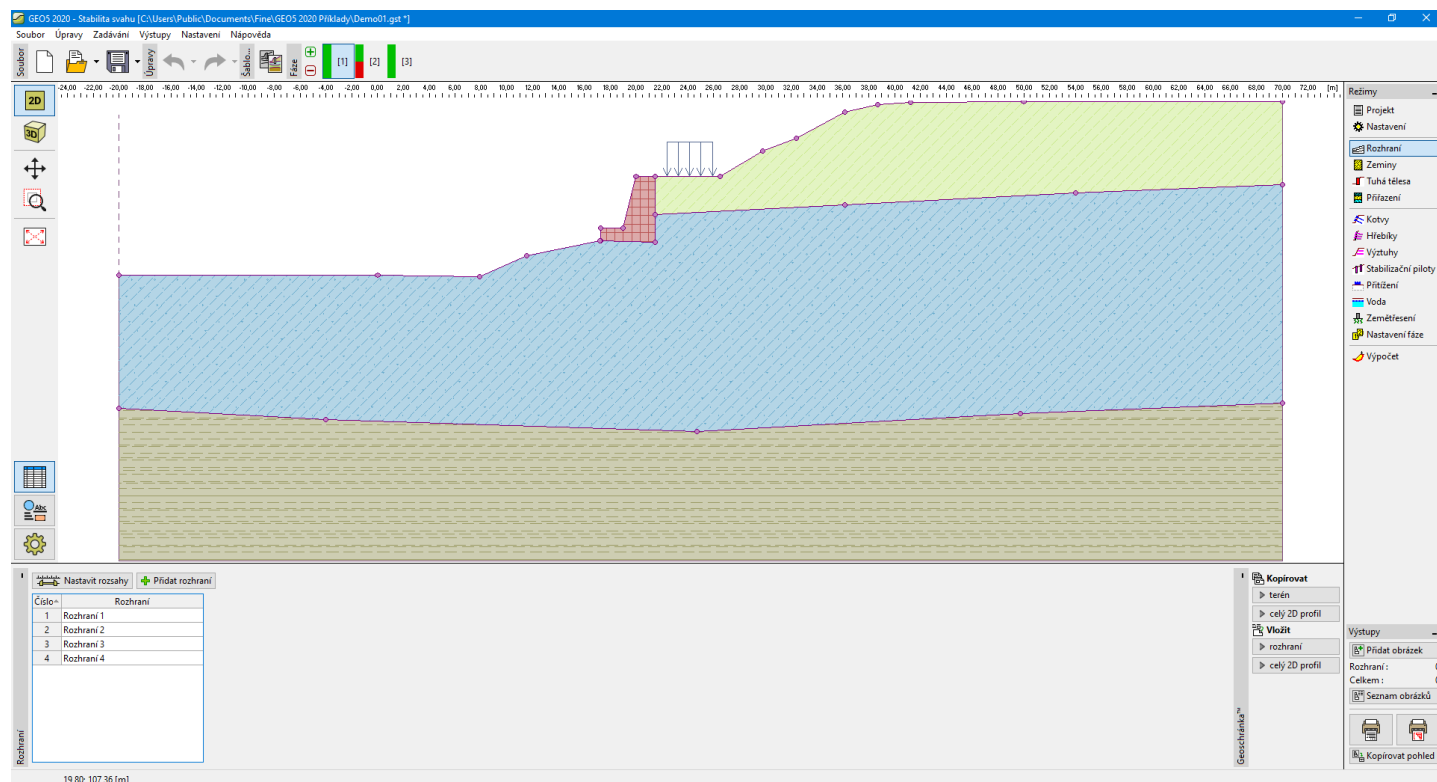
Program umožňuje zadat rozdílné **smyskové parametry zemín pod HPV** nebo je přímo **zadávat na úsecích smyskové plochy**.

Rám "Nastavení"

Rozhraní

V **rámu "Rozhraní"** se zadávají jednotlivá rozhraní zemin. Podrobný popis práce s rozhraními je popsán [zde](#).

Program umožňuje **import a export** rozhraní ve formátu *.DXF. Zadaná rozhraní lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.



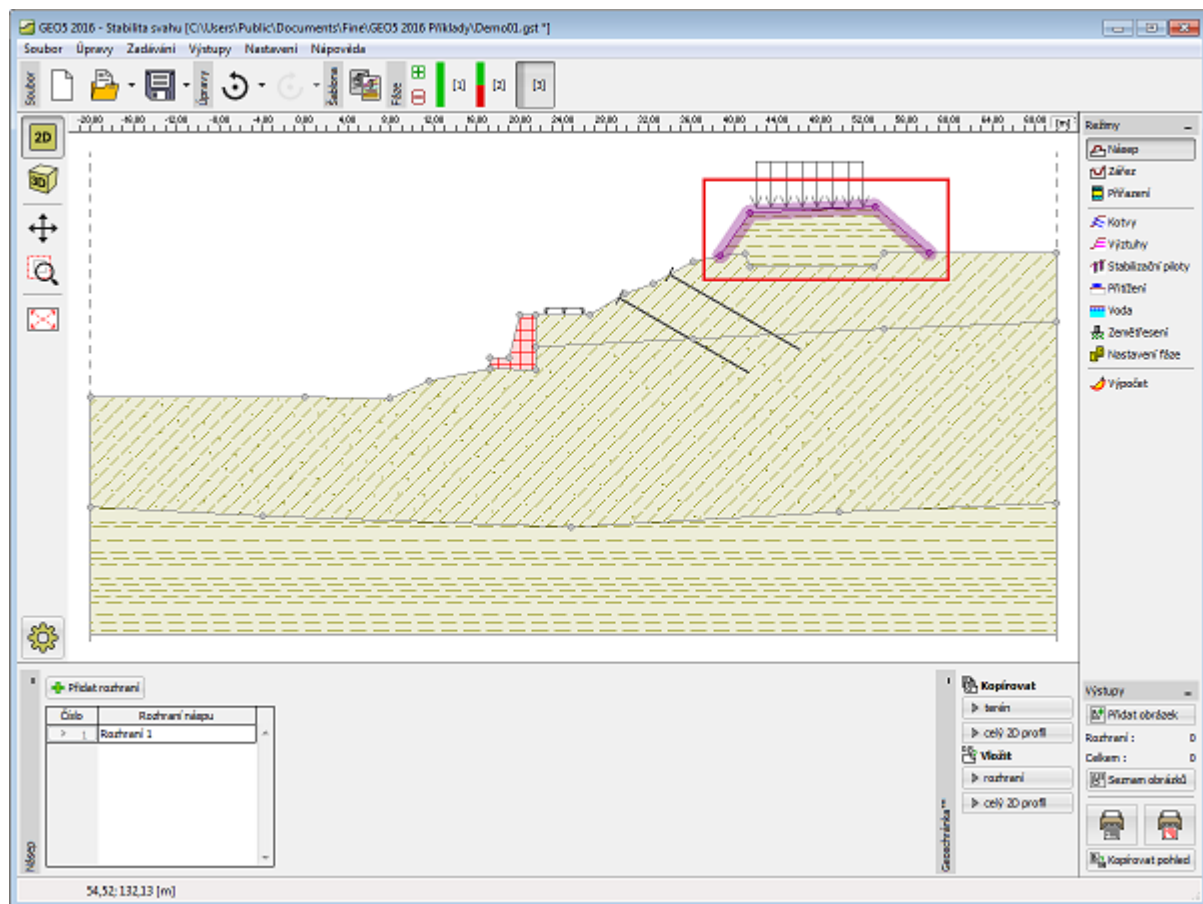
Rám "Rozhraní"

Násep

V **rámu "Násep"** se **zadávají rozhraní** tvořící násyp nad stávajícím terénem. Rám obsahuje **tabulku** se seznamem rozhraní zemin v násypu. V prostřední části rámu se zobrazuje tabulka s body aktuálně vybraného rozhraní násypu. Zadávání rozhraní násypu je zcela shodné se standardním **zadáváním rozhraní**.

Násep nelze zadat v první **fázi budování**. Násep nelze také zadat, pokud je již v příslušné fázi zadán **zářez** - v tomto případě je nutné zadat další fázi budování, ve které se násep zadá, nebo smazat zářez.

Zadaná rozhraní násypu lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.



Rám "Násep"

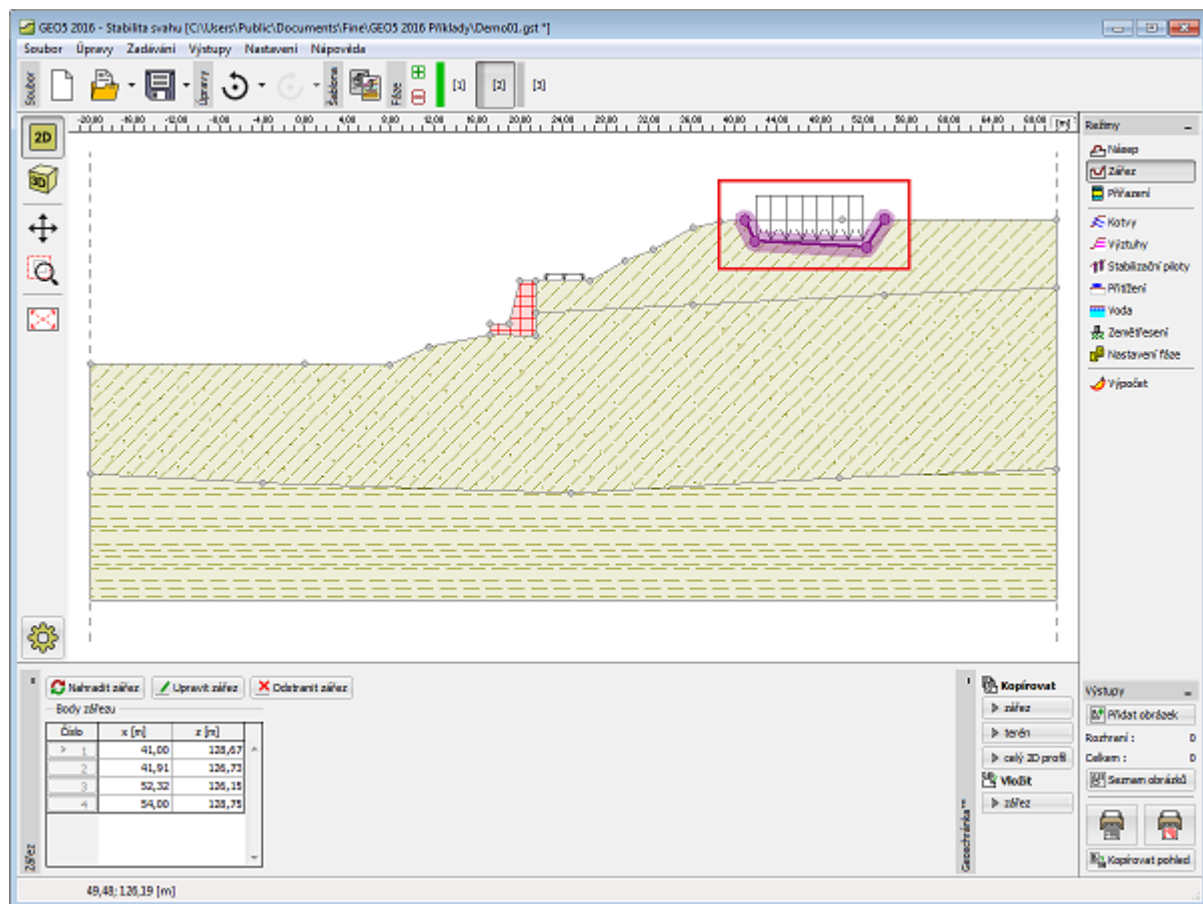
Zářez

V **rámu "Zářez"** se zadává tvar zářezu. Tato funkce umožňuje měnit tvar terénu v rámci **fázi budování** svahu. Lze zadat i **více zářezů** najednou v tomto případě některé linie zářezu běží z části nad terénem.

V levé části rámu je umístěna **tabulka** se seznamem jednotlivých bodů rozhraní. Zadáání rozhraní zářezu je zcela shodné se standardním **zadááním rozhraní**.

Zářez nelze zadat v první **fázi budování**. Zářez nelze také zadat, pokud je již v příslušné fázi zadán **násep**. - v tomto případě je nutné zadat další fázi budování, ve které se zářez zadá, nebo smazat rozhraní náspu.

Zadaná rozhraní zářezu a terén lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.



Rám "Zářez"

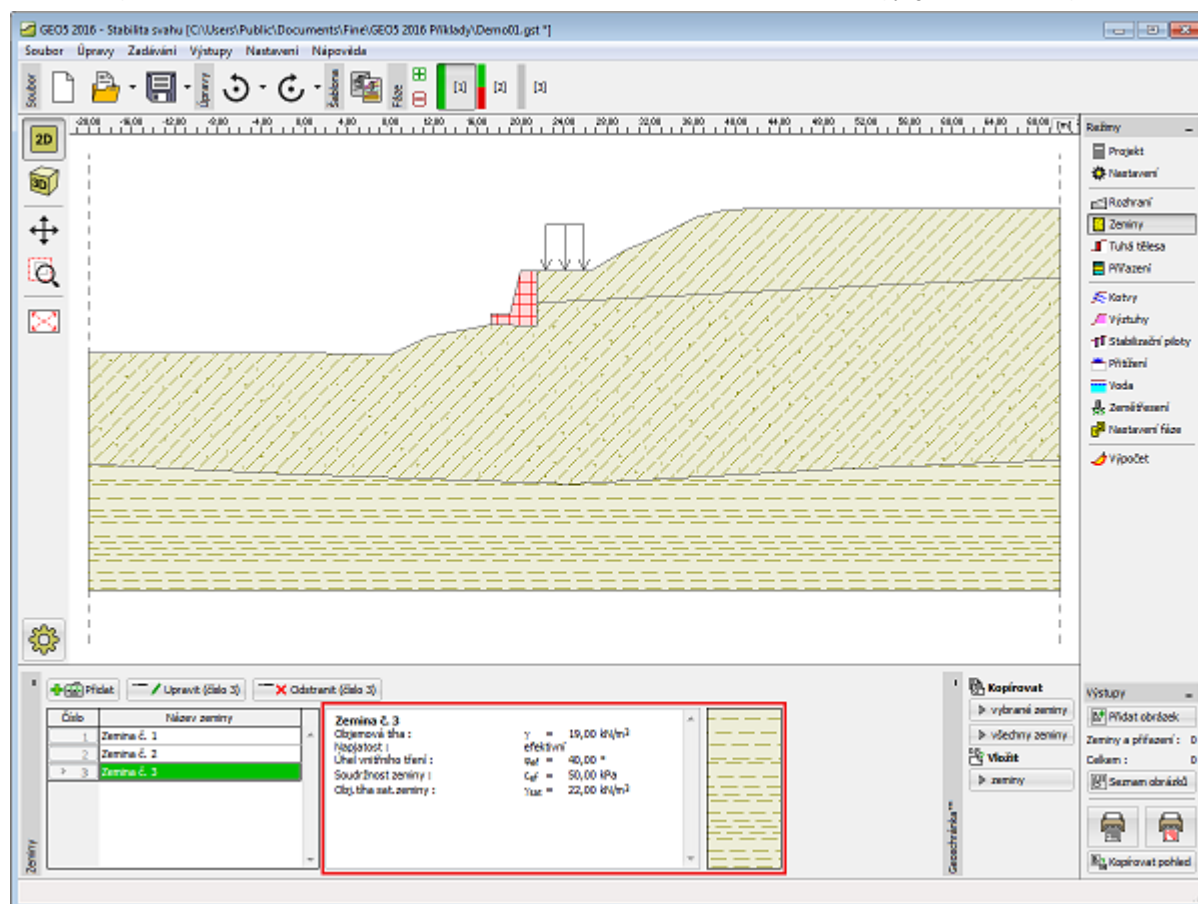
Zeminy

Rám "**Zeminy**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zemin. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemin), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemin"**.

V programu se zadávají charakteristiky zemin, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "**Základní data**", "**Vztlak**", "**Foliace**", "**Parametry pro prudké snížení HPV**", a "**Plášťové tření**" (viz rám "**Nastavení**"). Zadání parametrů zemin je také ovlivněno volbou výpočtu (**efektivní/totální** napjatost), která se volí v rozbalitelném seznamu.

Data zadaných zemin lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemín**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemín. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně. Orientační parametry hornin jsou uvedeny v teoretické části nápovědy [zde](#).

Způsob výpočtu stability svahu se liší pro:

- **odvodněné podmínky:** při stabilizačních výpočtech se pro určení podmínky rovnováhy na smykové ploše (**kruhová**, **polygonální**) uvažuje **efektivní napjatost** podle vztahu $N \cdot \tan \varphi_{ef} + c_{ef} \cdot l$.
- **neodvodněné podmínky:** pro případ **totální napjatosti** výpočet vzdorujících sil na smykové ploše (**kruhová**, **polygonální**) vychází ze vztahu $c_u \cdot l$.

V některých zemích je při výpočtu **totální napjatosti** zvykem definovat oba parametry smykové pevnosti zemin φ_u , c_u . V tomto případě je nutné v programu "Stabilita svahu" zadat úlohu jako pro případ **efektivní napjatosti** pomocí parametrů φ_{ef} , c_{ef} .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "Výpočet stability svahu".

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

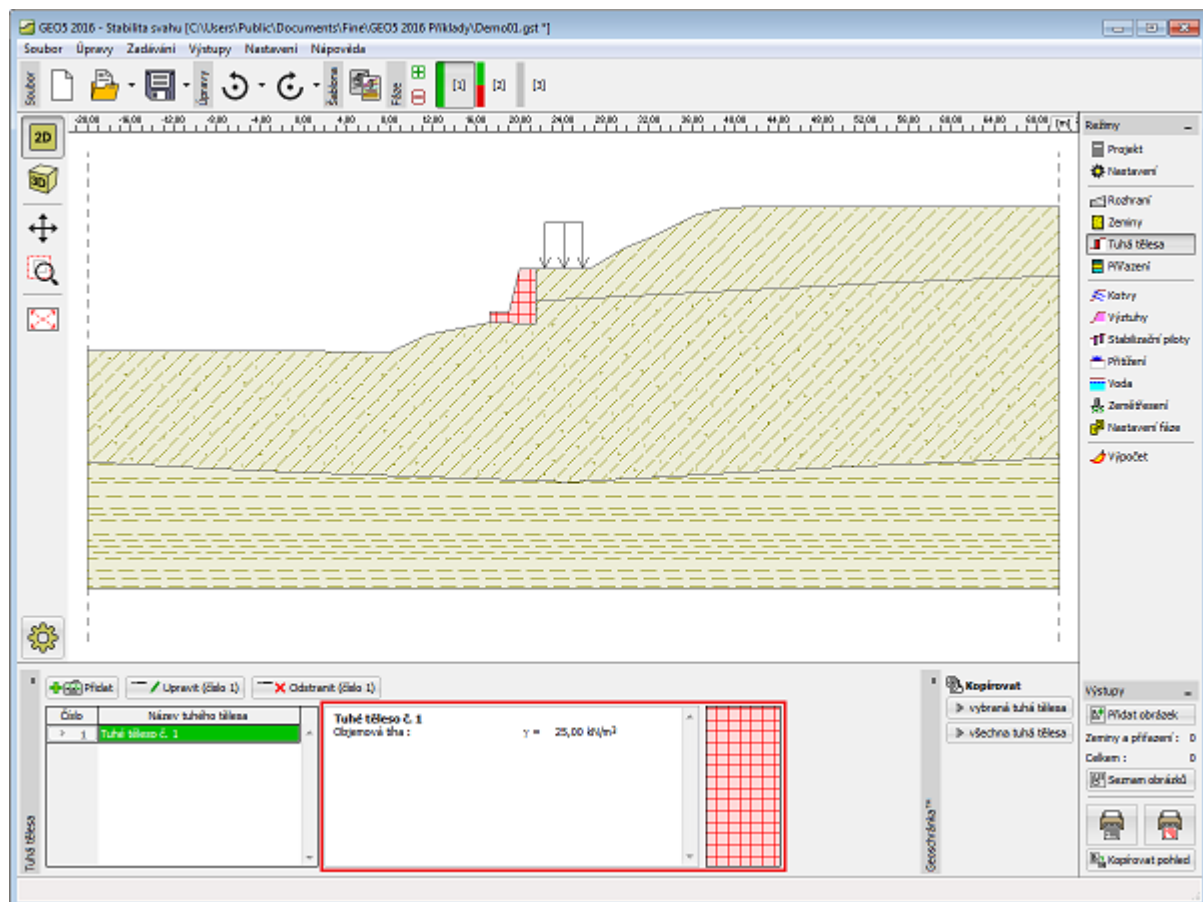
Tuhá tělesa

Rám "Tuhá tělesa" obsahuje tabulku se seznamem zadaných tuhých těles. Pomocí tuhých těles se modelují oblasti s vysokou pevností - např. **opěrné konstrukce** nebo **skalní podloží**. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybraném tuhém tělese v pravé části rámu.

Přidání tuhých těles se provádí v dialogovém okně "Přidání nových tuhých těles". V dialogovém okně se zadává objemová tíha materiálu tuhého tělesa a volí barva a vzorek. Zadaná tuhá tělesa se v rámu "Přifazení" řadí za zadané zeminy.

Tuhá tělesa jsou v programu započítána jako oblasti s velkou pevností, takže jimi **neprochází smyková plocha**. V případě, že chceme modelovat smykovou plochu procházející např. pilotovou stěnou, je lepší pilotovou stěnu zadat jako oblast tvořenou zeminou a zadat její soudržnost tak, aby odpovídala únosnosti piloty na smyk.

Zadaná tuhá tělesa lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



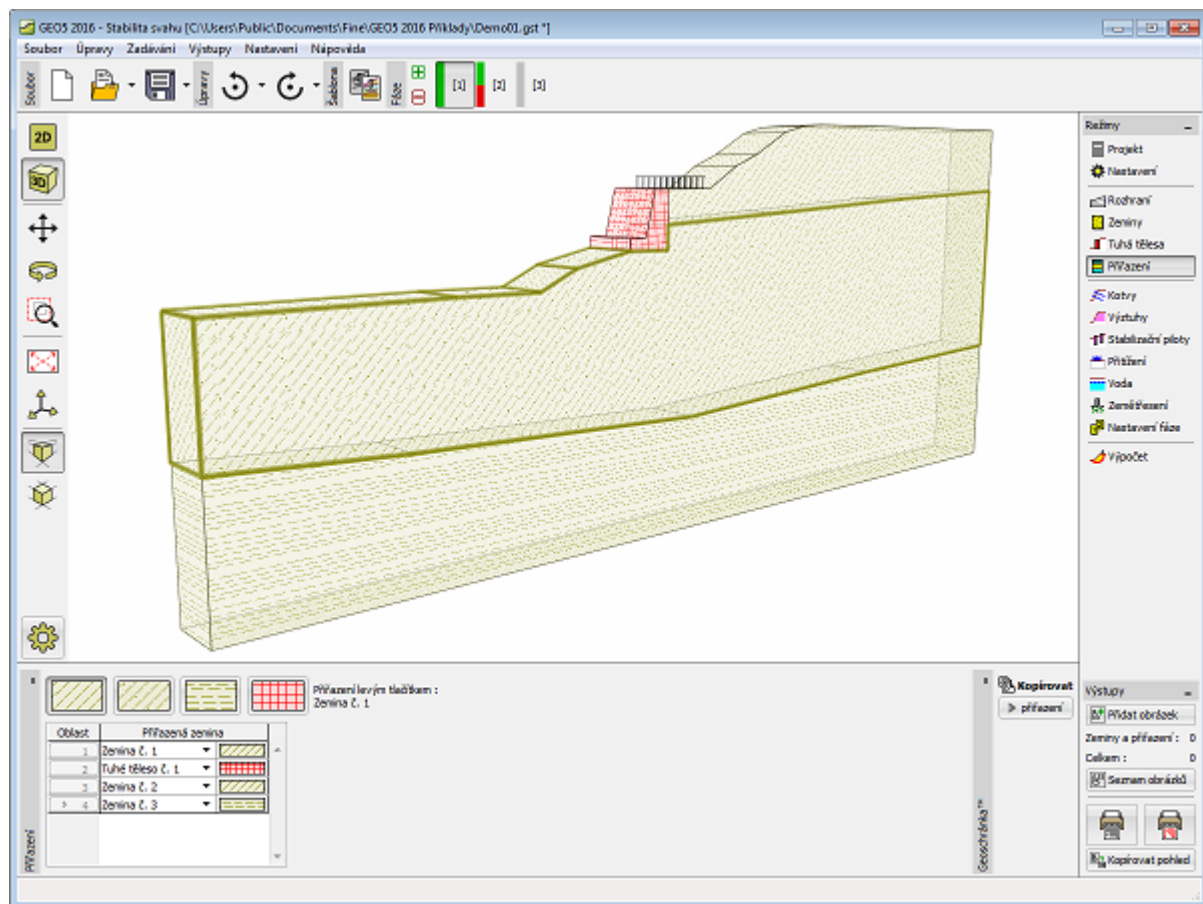
Rám "Tuhá tělesa"

Přirazení

Rám "Přirazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).

Přiřazení zemin lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



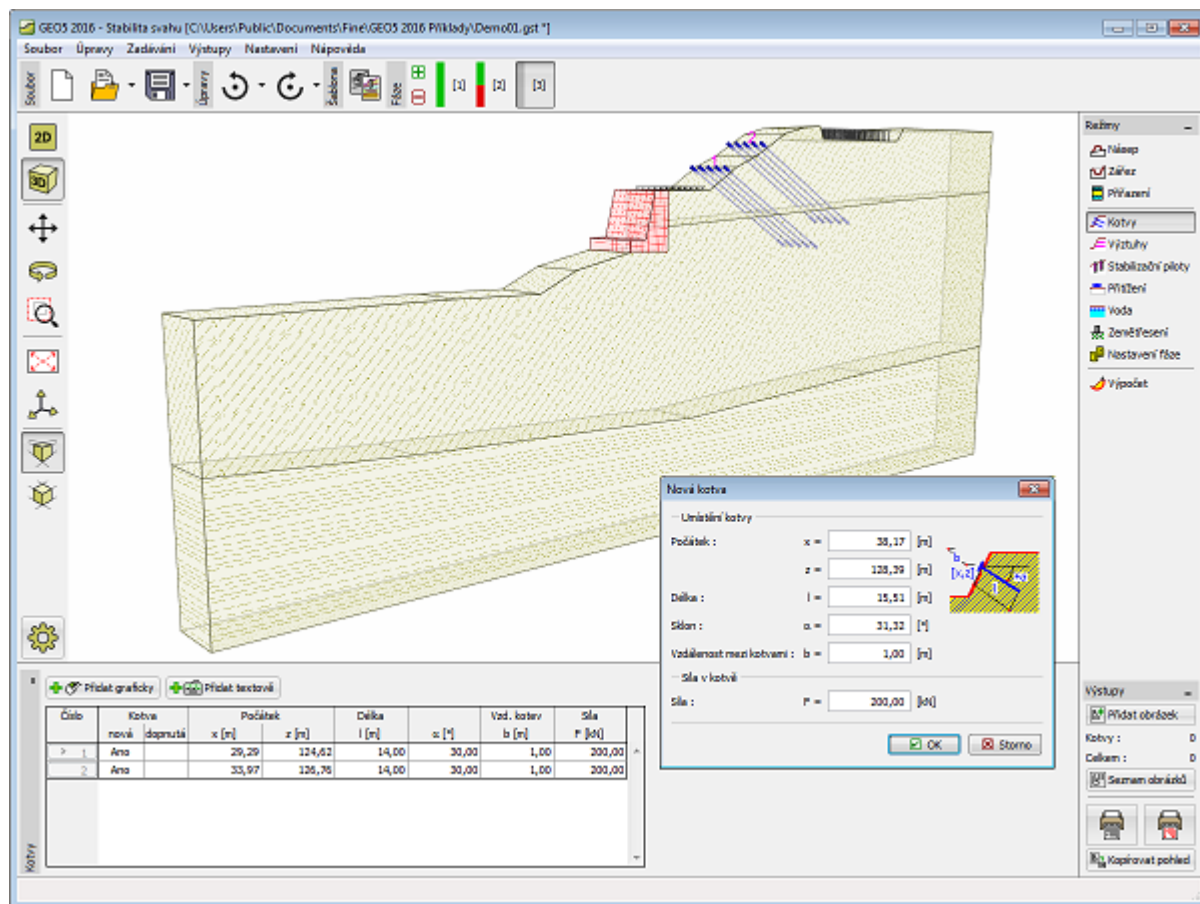
Rám "Přřazení"

Kotvy

Rám "Kotvy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kotev. Přidání kotev se provádí v dialogovém okně "Nové kotvy". Zadané kotvy lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

V dialogovém okně se zadává umístění (počátek x, z), volná délka kotvy l , délka kořene kotvy l_k , sklon kotvy α , vzdálenost mezi kótami b , posun řady kotev b_s a síla v kotvě F . Při zadávání se počátek (hlava) kotvy automaticky umístí na povrch terénu. Všechny zadané parametry kotvy lze měnit ve fázi budování, kde byla zadána. V následujících fázích budování lze měnit pouze velikost předpínací síly v kotvě (pomocí volby "Dopnutí kotvy").

Vliv kotev na výpočet je blíže popsán v teoretické části nápovědy.

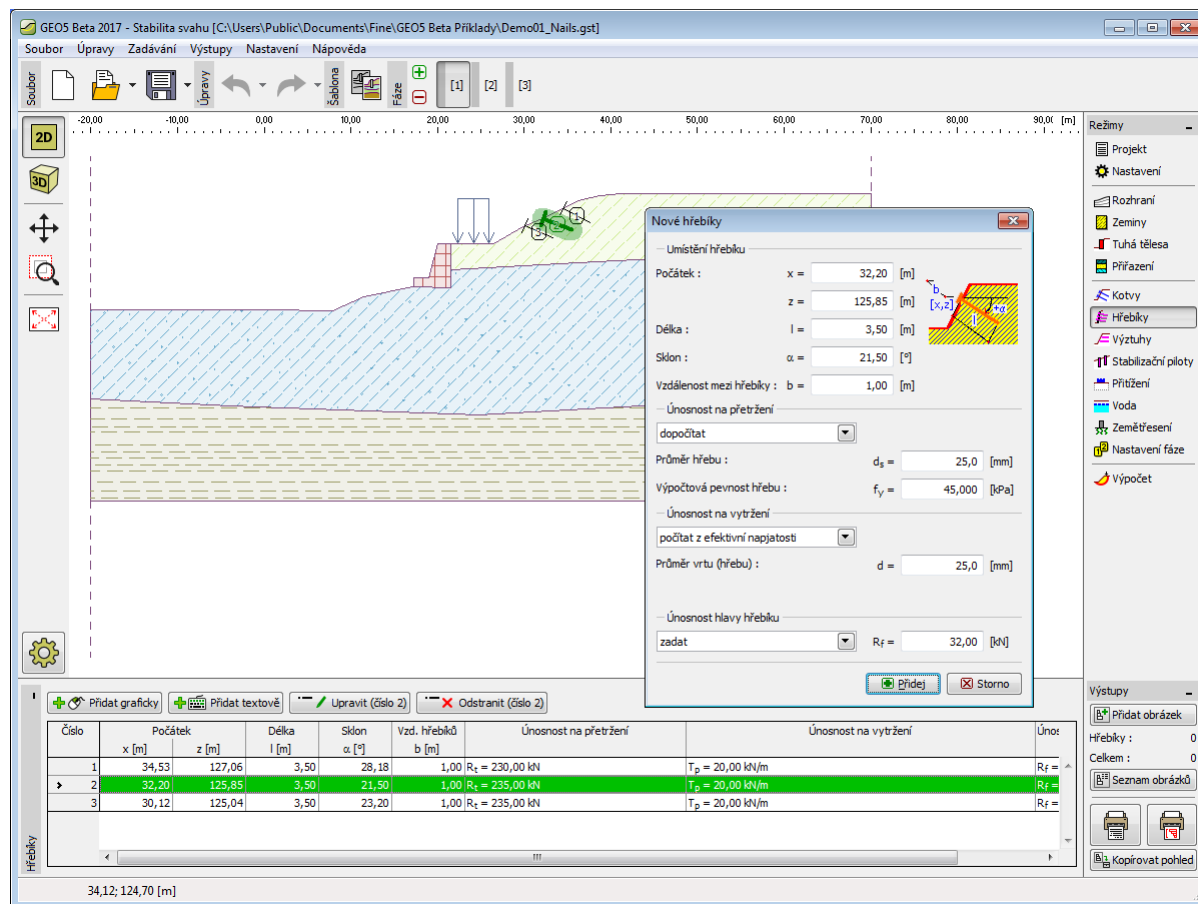


Rám "Kotvy"

Hřebíky

Rám "Hřebíky" obsahuje tabulku se seznamem zadaných hřebíků. Přidání hřebíků se provádí v dialogovém okně "Nové hřebíky". Zadané hřebíky lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

V dialogovém okně se zadává umístění (počátek x , z), délka l a sklon hřebíku α , vzdálenost mezi hřebíky b , únosnost na přetržení R_t a, únosnost na vytržení T_p a únosnost hlavy hřebíku R_f . Při zadávání se počátek (hlava) hřebíku automaticky umístí na povrch terénu. Všechny zadané parametry hřebíku lze měnit ve fázi budování, kde byl zadán.



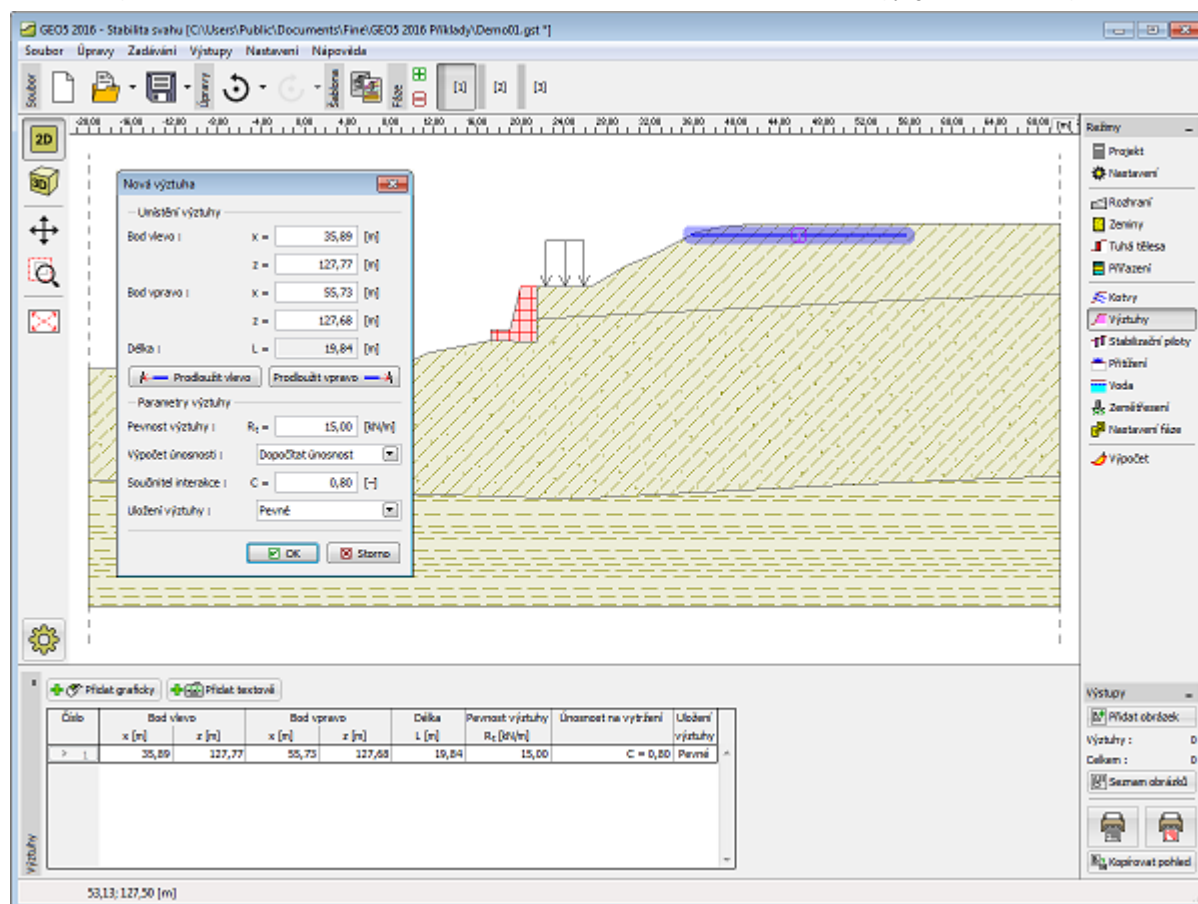
Rám "Hřebíky"

Výztuhy

Rám "Výztuhy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných výztuh. Přidání výztuh se provádí v dialogovém okně "Nová výztuha". Zadané výztuhy lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

V dialogovém okně se zadává se umístění výztuhy, kotevní délka (vlevo a vpravo), návrhová pevnost výztuhy R_t a uložení výztuhy (pevné, resp. volné). Pro výpočet únosnosti výztuhy lze v rozbalitelném seznamu volit jednu ze tří možností: "Dopočítat únosnost" (zadáva se součinitel interakce C), "Zadat kotevní délku" l_k nebo "Zadat únosnost" (zadáva se únosnost na vytržení T_p). Všechny zadané parametry výztuhy lze měnit pouze ve fázi budování, kde byla zadána. V následujících fázích budování lze geovýztuhu pouze odstranit.

Započítání geovýztuh ve výpočtu je blíže popsáno v teoretické části nápovědy.



Rám "Výztuhy"

Stabilizační piloty

Rám "Stabilizační piloty" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných stabilizačních pilot. Piloty lze **zadat** jedním ze dvou způsobů (tlačítka "Přidat graficky" nebo "Přidat textově").

V **dialogovém okně "Nové piloty"**, resp. "Úprava vlastností piloty" se zadává **umístění piloty**.

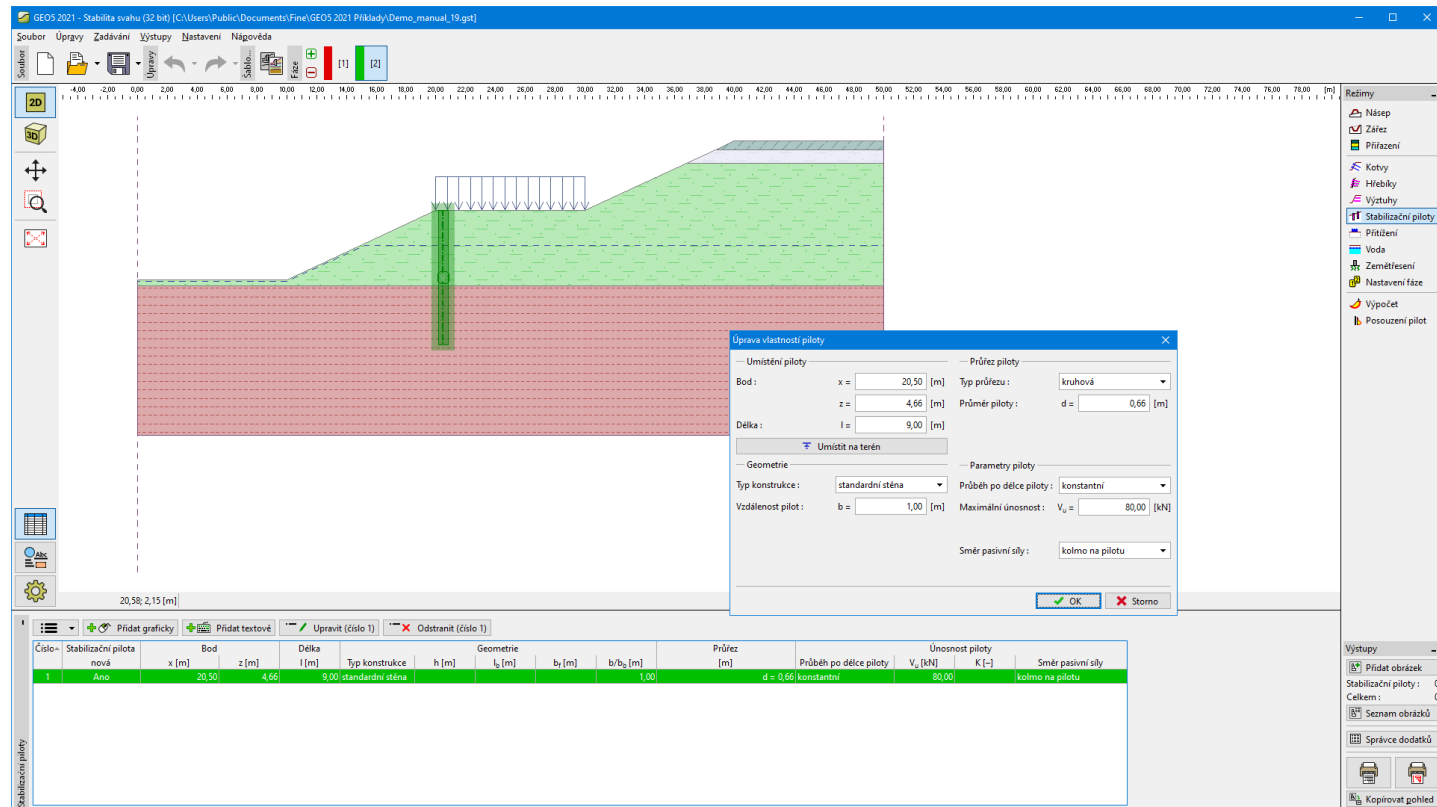
Tlačítko "Umístit na terén" umístí počátek hlavy piloty na povrch terénu. Někdy může být stabilizační pilota umístěna přímo v masivu (v těchto případech lze s pilotou počítat v rámci posouzení **stability svahu**, avšak není možné spustit program "Stabilizační pilota").

Dále se volí **typ konstrukce**:

- **standardní stěna** - zadává se vzdálenost pilot
- **dvě řady pilot** - zadává se vzdálenost pilot v přední a zadní řadě, poloha a délka spojovacího nosníku

Dále se zadává **průřez piloty** (kruhová - průměr piloty d , obdélníková - rozměry s_x , s_y) a **parametry piloty** - **průběh po délce piloty** (lineární, konstantní), maximální **únosnost** V_u , **gradient** K a směr pasivní síly (kolmo na piloty, podél smykové plochy). Všechny zadané parametry stabilizační piloty lze měnit pouze ve **fázi budování**, kde byla zadána. V následujících fázích budování lze stabilizační pilotu pouze odstranit.

Vliv stabilizačních pilot na posouzení **stability svahu** je blíže popsán v teoretické části nápovědy. Další posouzení stabilizačních pilot (výpočet **vnitřních sil**, deformací, **dimenzování výztuže** pilot) se provádí na základě spočtených **aktivních a pasivních sil** v programu "Stabilizační pilota".



Rám "Stabilizační piloty"

Přetížení

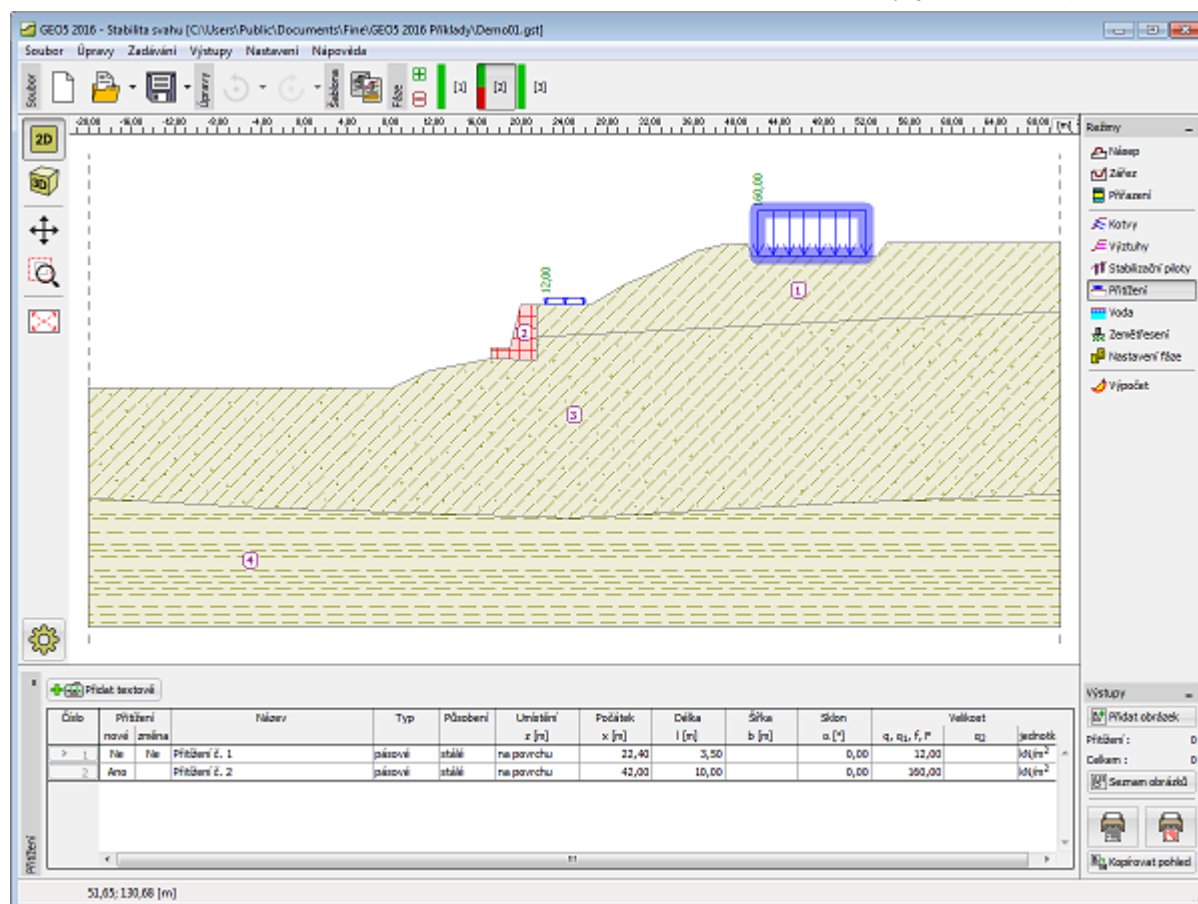
Rám "Přetížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přetížení. Přidání přetížení se provádí v dialogovém okně "Nové přetížení". Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Všechny zadané parametry přetížení lze měnit ve fázi budování, kde bylo zadáno. V dalších fázích budování lze měnit pouze velikost přetížení (volbou "Změna velikosti").

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné zatížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Vliv přetížení na výpočet stability svahu je popsán v teoretické části nápovědy.

V tomto rámu lze také zadat speciální typ přetížení - voda nad terénem.



Rám "Přítížení"

Voda

V rámu "**Voda**" se nastavuje typ hladiny podzemní vody. V rozbalovacím seznamu vybereme jednu ze šesti variant **uvažování podzemní vody**.

Zadávání hladiny vody resp. izolinií je zcela shodné se standardním **zadáváním rozhraní**.

U zadávání vlivu vody pomocí izolinií **rozhraní R_u** nebo **pórového tlaku** je v seznamu vedle čísla rozhraní uvedena hodnota koeficientu resp. pórového napětí. Mezi jednotlivými izoliniemi rozhraní program **lineárně interpoluje** výsledek v bodě z hodnot příslušných izolinií. Pro zadání volby "**Koeficient R_u** " je první (vrchní) izolinie vždy **totožná s terénem** - nelze ji tedy ani smazat.

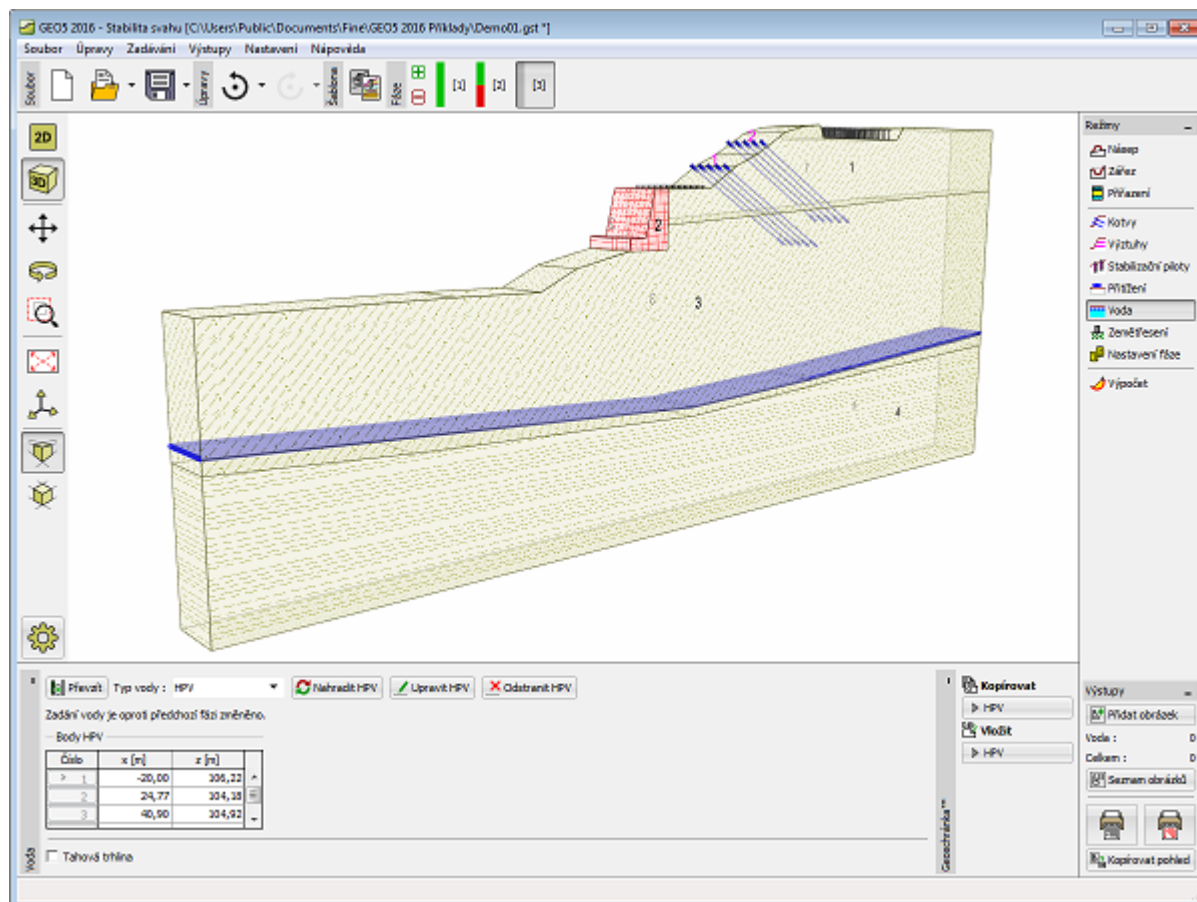
Hladina podzemní vody (příp. **hladina sání** nebo **původní HPV**) se zadává jako jedno průběžné rozhraní, které může být umístěno i **nad terénem**.

Pro uživatele se zakoupeným modulem "**Stabilita svahu - výpočet proudění**" je dostupná možnost zadání podzemní vody pomocí **numerického výpočtu proudění**.

Jsou-li zadane údaje v jednotlivých fázích rozdílné, program umožňuje převzít zadaná data z předchozí fáze budování stisknutím tlačítka "**Převzít**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlin** vyplněných vodou.

Zadaná rozhraní vody lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".

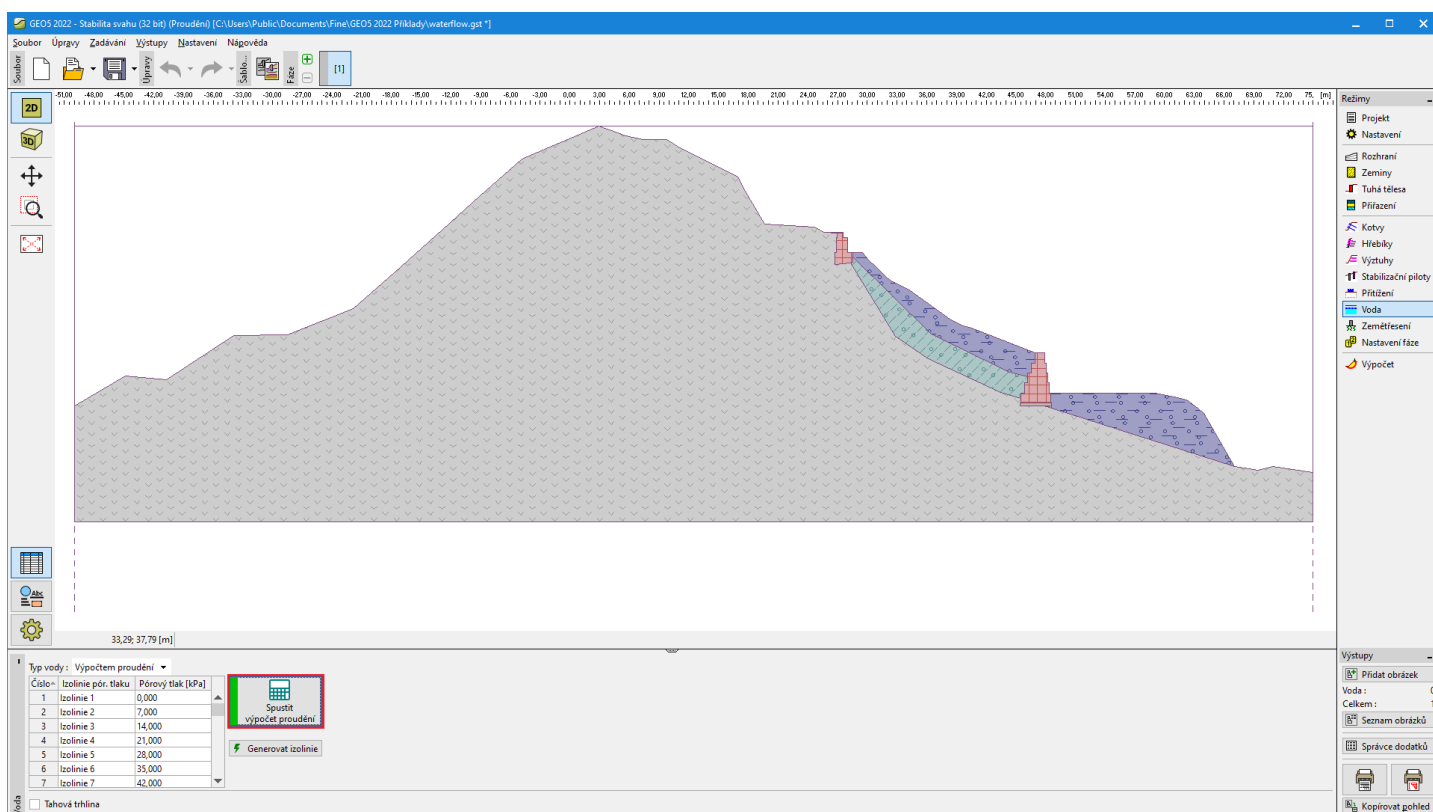


Rám "Voda"

Vodu, která nijak nevstupuje do zemního tělesa (např. nádrže a bazény oddělené nepropustnými membránami), je nutné modelovat jako **přítížení**.

Výpočet proudění

Pro uživatele se zakoupeným modulem **"Stabilita svahu - výpočet proudění"** je dostupná možnost zadání podzemní vody pomocí **numerického výpočtu proudění**. Výpočet se spouští tlačítkem **"Spustit výpočet proudění"**.

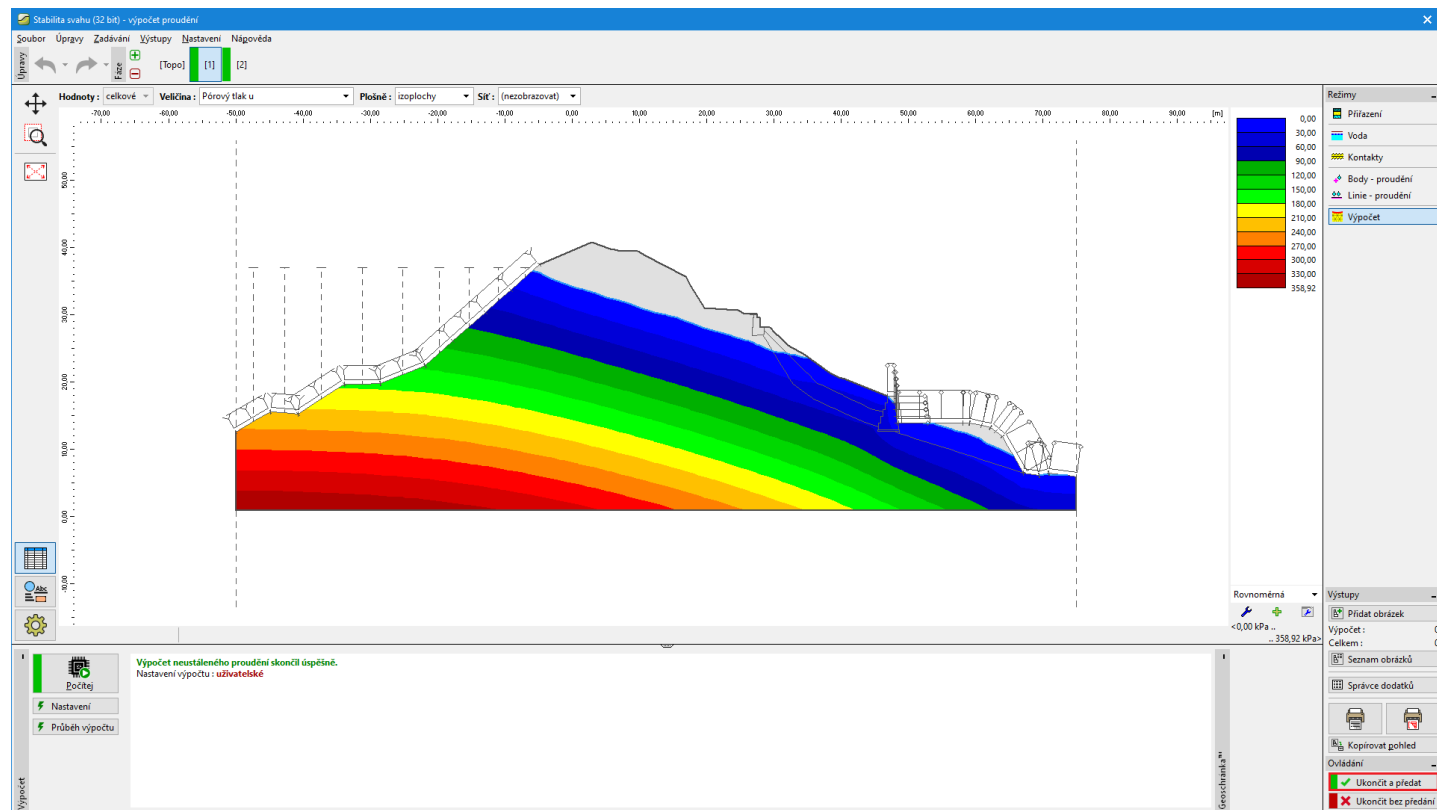


Spuštění numerického výpočtu proudění

Po stisknutí se otevře modul **"Stabilita svahu - výpočet proudění"**, ve kterém je třeba **vygenerovat síť KP** a zadat **další potřebné vstupy**:

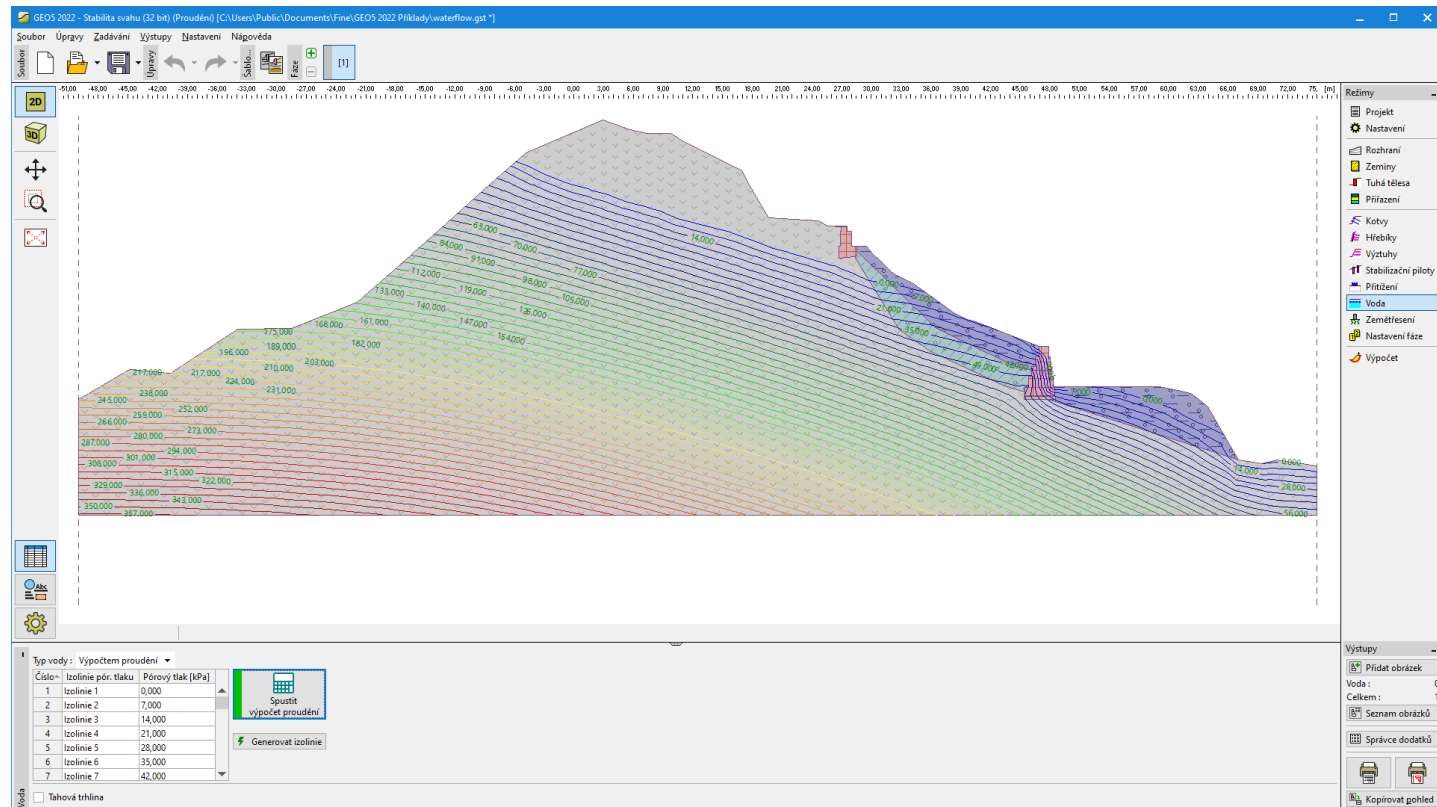
- koeficienty filtrace
- parametry materiálových modelů proudění
- okrajové podmínky (liniové, bodové)

Výsledkem numerického výpočtu proudění je **rozložení pórových tlaků** v celé úloze.



Spočtené pórové tlaky v modulu "Stabilita svahu - proudění"

Po stisknutí tlačítka **"Ukončit a předat"** se pórové tlaky přenesou zpět do programu "Stabilita svahu". Počet izoliní lze upravit pomocí tlačítka **"Generovat izolinie"**.



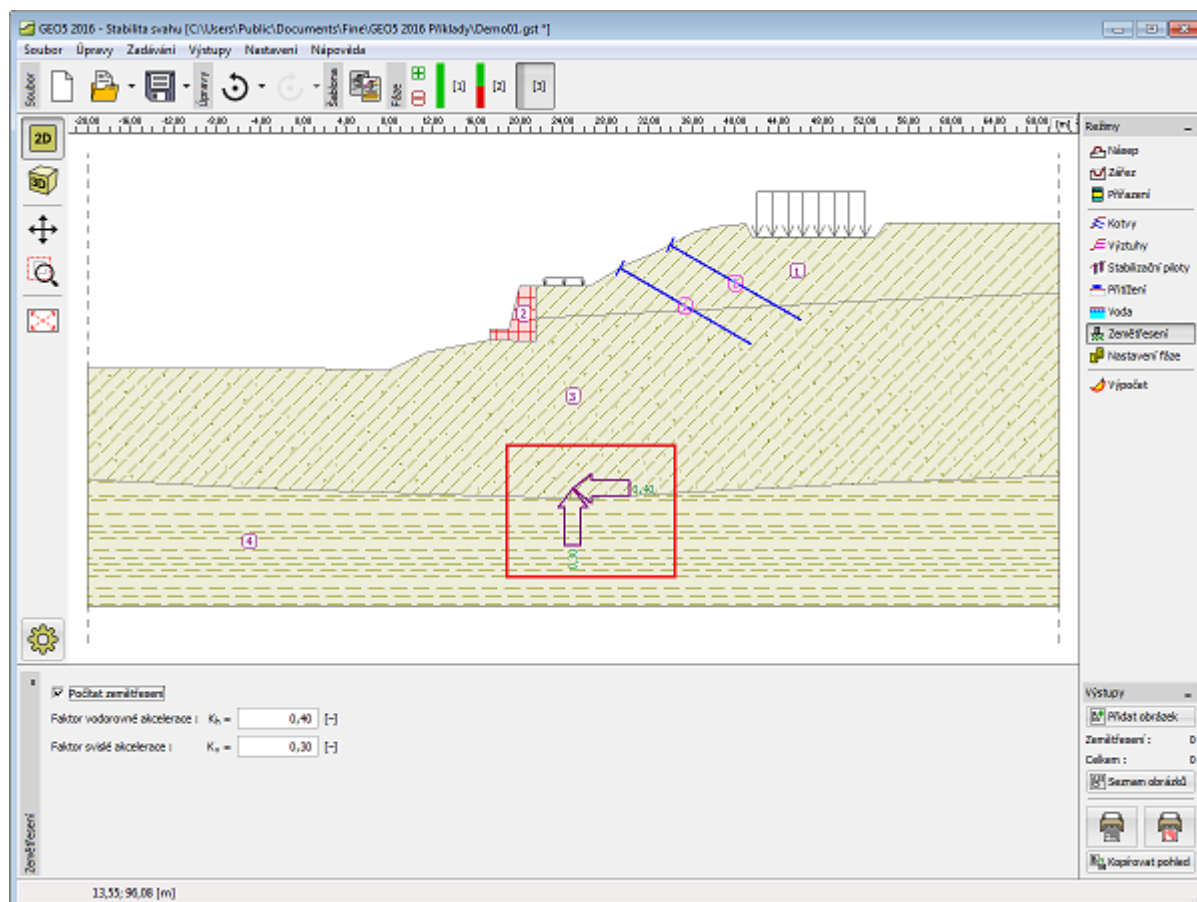
Přenesené pórové tlaky (počet izoliní - 50)

Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty K_h a K_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet stability stavu s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv zemětřesení".



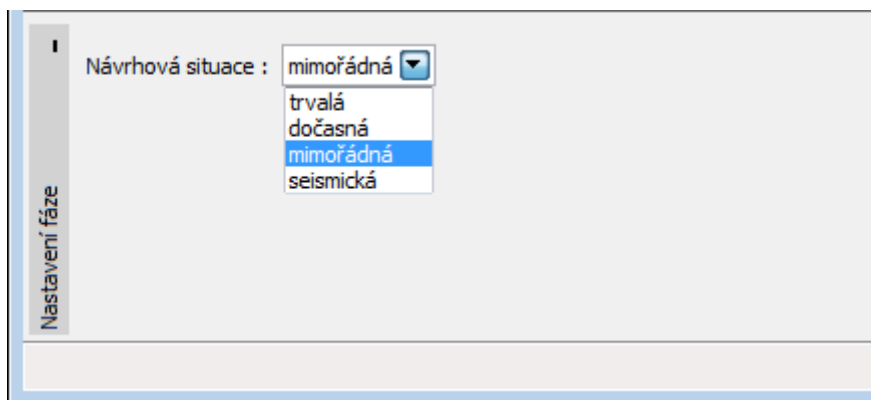
Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.



Rám "Nastavení fáze"

Výpočet

V rámu "Výpočet" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

Základní volbou při **výpočtu stability svahu** je typ smykové plochy. Zadává se v rozbalitelném seznamu v levé horní části rámu a obsahuje dvě volby, **kruhovou smykovou plochu** a **polygonální smykovou plochu**. Po zadání smykové plochy se výpočet spustí zeleně podbarveným tlačítkem "Výpočet". Výsledky výpočtu jsou zobrazeny v pravé části rámu.

Ve střední části rámu se volí **metoda výpočtu** - pro **kruhovou smykovou plochu** lze v rozbalitelném seznamu nastavit jednu ze sedmi metod výpočtu (Bishop, Fellenius / Petterson, Spencer, Janbu, Morgenstern-Price, Šachuňanc nebo metoda ITF) a pro **polygonální smykovou plochu** je k dispozici šest metod výpočtu (Sarma, Spencer, Janbu, Morgenstern-Price, Šachuňanc nebo metoda ITF). V obou případech zadání smykové plochy lze zvolit výpočet všemi metodami současně (potom nelze optimalizovat smykovou plochu).

Vlastní posouzení stability svahu se provádí v závislosti na nastavení v záložce "Stabilitní výpočty"

- Posouzení podle EN 1997, kde je **zatížení redukováno** dílčími součiniteli výpočtu a posouzení provedeno podle **teorie mezních stavů**.
- Posouzení podle stupně bezpečnosti
- Posouzení podle teorie mezních stavů
- Posouzení podle DIN1054

V rozbalitelném seznamu lze zvolit **typ výpočtu**:

- Standard
- Optimalizace (pro **kruhovou** i **polygonální** smykovou plochu)
- **Síť smykových ploch** (pouze pro **kruhovou** smykovou plochu)

V případě volby "Optimalizace" se aktivuje tlačítko "Omezení" - po jeho stisknutí se změní vzhled rámu a lze zadat **omezení optimalizace smykové plochy**.

Pokud je v rámu "Nastavení" vybrána možnost "zadávat smykové parametry zemín na smykové ploše", zobrazí se tlačítko "Parametry".

V rámu lze také zadat **způsob uvažování kotev ve výpočtu** (políčko "Délky kotev uvažovat nekonečné").

Smykovou plochu je nutné v rámu **zadat** (i při optimalizaci).

Výsledky výpočtu jsou zobrazeny v pravé části rámu, optimalizovaná smyková plocha na desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".

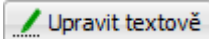
Zadání smykové plochy

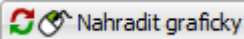
V rozbalitelném seznamu zvolíme typ smykové plochy (kruhová, polygonální). Zadání lze podle typu smykové plochy provést několika způsoby:

- Kruhová smyková plocha**

Graficky - po stisknutí tlačítka  zadáme stisknutím levého tlačítka myši tři body, kterými definujeme kruhovou smykovou plochu.

Zadanou smykovou plochu lze změnit v dialogovém okně "**Kruhová smyková plocha**" po stisknutí tlačítka

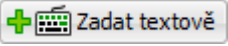
 , nebo znovu zadat myší po stisknutí tlačítka

.

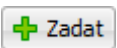
Tlačítko  přeruší zadávání smykové plochy.

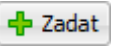
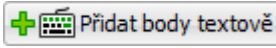
Tlačítkem  lze kruhovou smykovou plochu převést na polygonální.

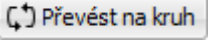
Tlačítkem  lze kruhovou smykovou smazat.

Textově - stisknutím tlačítka  otevřeme dialogové okno "**Kruhová smyková plocha**" a zadáme souřadnice středu x , y , a poloměr.

- Polygonální smyková plocha**

Graficky - stisknutím tlačítka  na liště aktivujeme režim zadávání plochy - při zadávání postupujeme stejně jako při práci s rozhraními.

Textově - stiskneme tlačítko  a pomocí tlačítka nad tabulkou  se otevře dialogové okno "**Nové body**". V dialogovém okně se pomocí souřadnic x , y , zadávají body smykové plochy.

Tlačítkem  lze polygonální smykovou plochu převést na kruhovou.
Funkce ostatních tlačítek jsou shodné jako v případě kruhové smykové plochy.

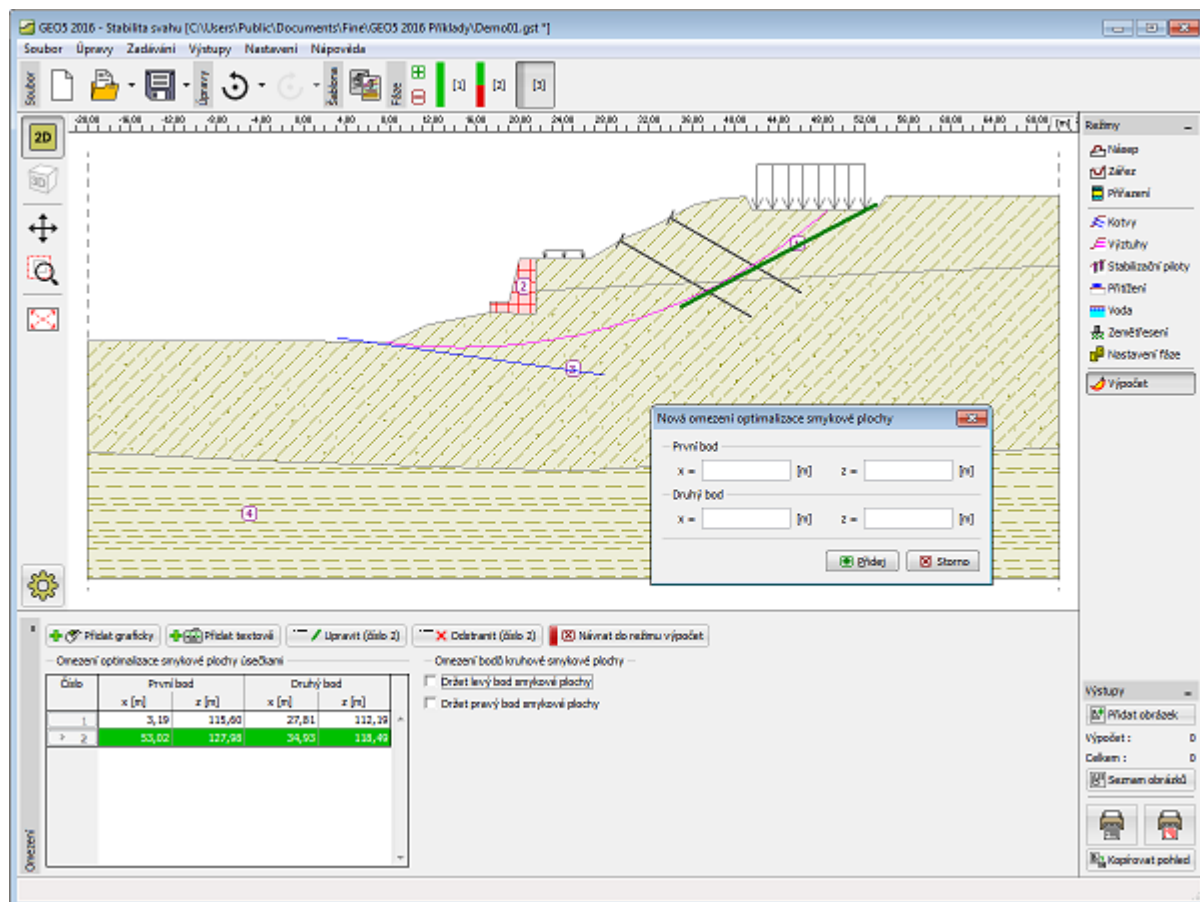
Omezení optimalizace smykové plochy

V rámu "**Výpočet**" lze (po stisknutí tlačítka "**Omezení**") zadat omezení optimalizace smykové plochy.

Bez ohledu na předpokládaný typ smykové plochy (kruhově, polygonálně) lze v dialogovém okně resp. pomocí myši zadávat úsečky ležící v zemním profilu, které smyková plocha při optimalizaci nesmí protnout. Tyto úsečky se zapisují do tabulky v levé části rámu.

U **polygonální smykové plochy** lze některé body smykové plochy vyloučit z optimalizace polygonální smykové plochy, a to buď úplně, nebo v některém směru. "**Držení bodu**" při optimalizaci se zadá zaškrtnutím příslušného políčka v tabulce v pravé části rámu.

Mód zadávání omezení optimalizace smykových ploch opustíme stisknutím červeně podbarveného tlačítka "**Návrat do režimu výpočet**".



Rám "Výpočet" - mód omezení optimalizace smykové plochy úsečkami

Parametry na úsecích smykové plochy

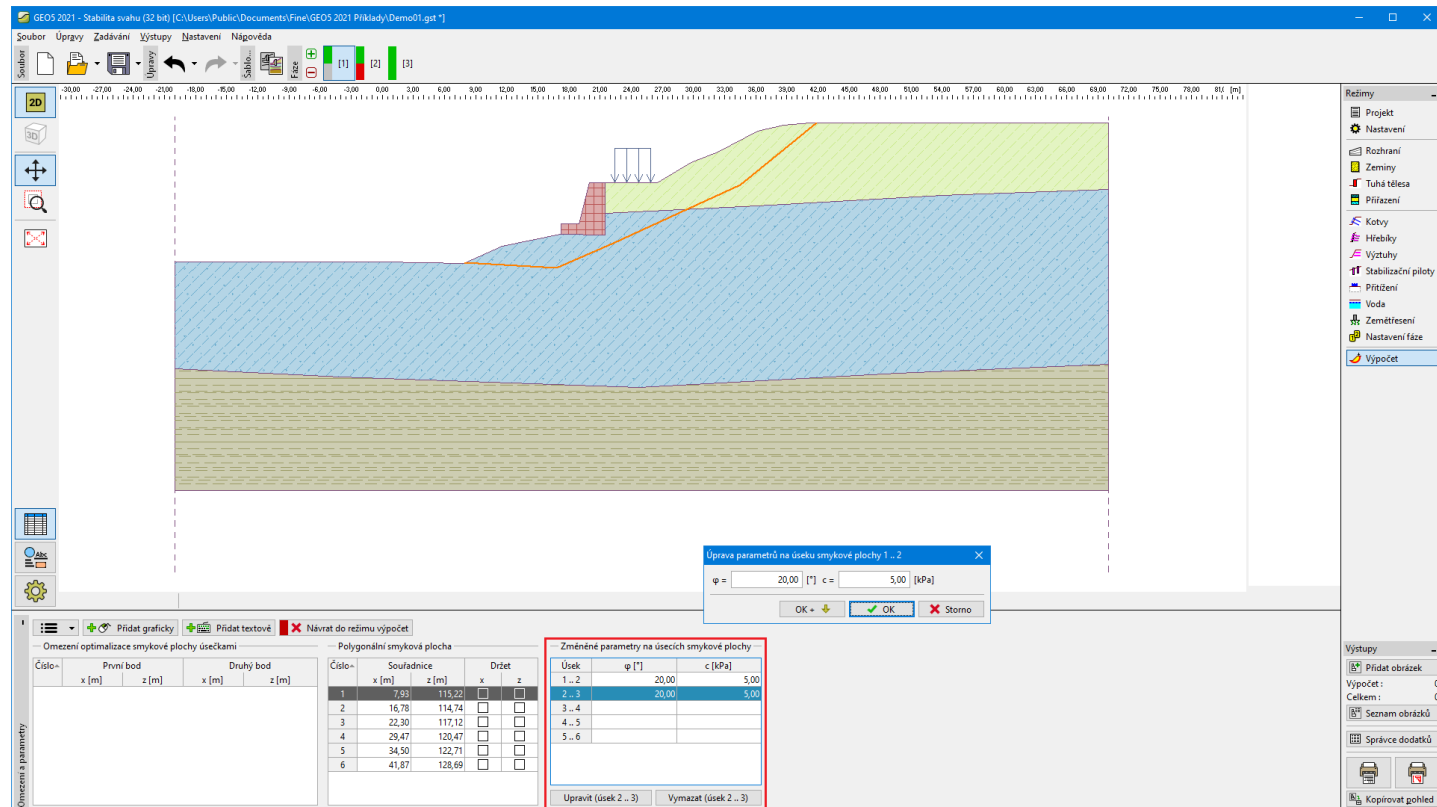
V rámu "Výpočet" lze (po stisknutí tlačítka "Parametry") zadat parametry na úsecích **polygonální smykové plochy**.

Tabulka v levé části rámu obsahuje **úseky smykové plochy**, na kterých lze zadat **úhel vnitřního tření ϕ** a **soudržnost c** .

Pokud nejsou hodnoty ϕ a c na úseku definované, jsou jejich hodnoty přebrány ze zemin v profilu.

Parametry na úsecích smykové plochy lze zadat i v kombinaci s **omezením optimalizace smykové plochy**. Úseky s upravenými parametry jsou během optimalizace **drženy ve stejné poloze**.

Mód zadávání parametrů opustíme stisknutím tlačítka "Návrat do režimu výpočet".

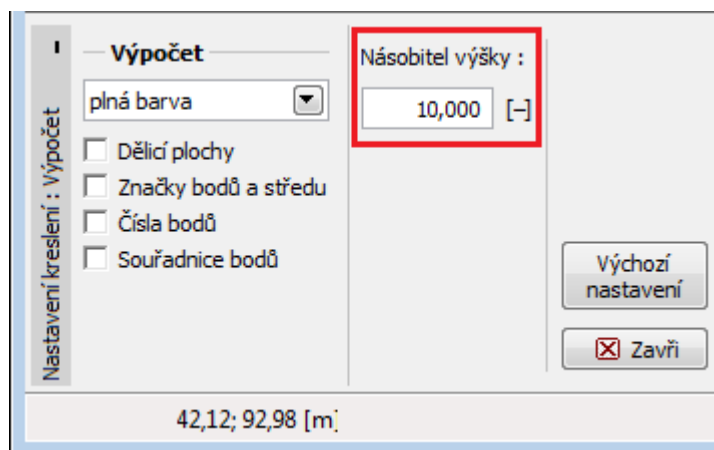


Rám "Výpočet" - parametry na úsecích smykové plochy

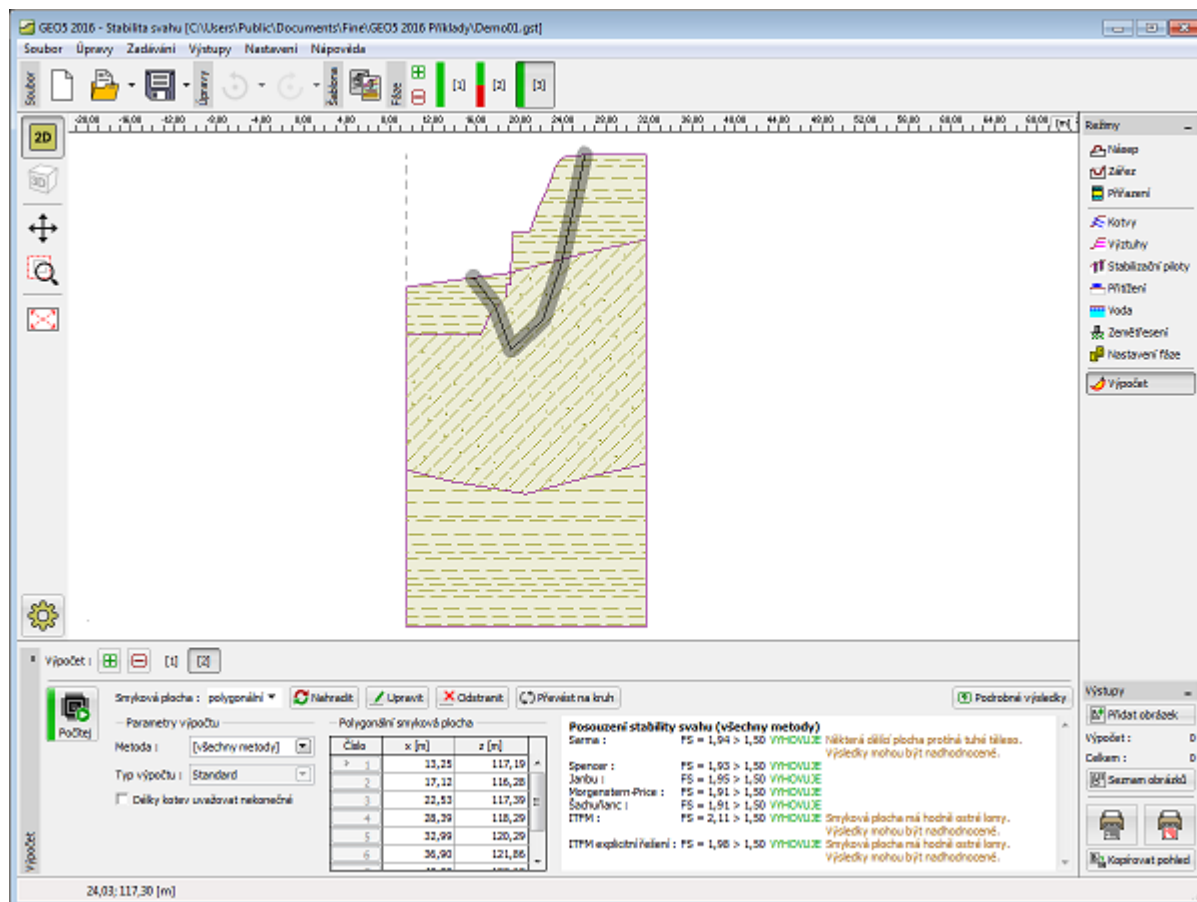
Násobitel výšky

V případě, že zadaný svah je velmi dlouhý a má malou výšku, při vykreslení nemusí být smyková plocha dobře zřetelná. To lze řešit nastavením hrubšího měřítka ve svislém směru, což se provádí změnou násobitele výšky. Hodnota násobitele výšky se nastavuje v rámu "Nastavení kreslení", v záložce "Globální 2D". Při zadání "Násobitele výšky" jedna (standardní nastavení) se vykresluje konstrukce proporcčně nezdeformovaná.

Při použití násobitele výšky lze graficky zadat pouze polygonální smykovou plochu. Kruhovou smykovou plochu lze zadat číselně v dialogovém okně "Kruhá smyková plocha" pomocí tlačítka "Zadat".



Nastavení násobitele výšky



Výsledek zobrazení smykové plochy při použití násobitele výšky

Program Skalní svah

Program počítá stabilitu skalních svahů a stěn s ohledem na typ sesutí. Nabízí možnost zadání rovinné i polygonální smykové plochy, resp. horninového klínu.

Nápověda k programu "Skalní svah" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Rámy **společné pro všechny módy** programu:

Projekt Nastavení

- Rámy pro výpočet **rovné a lomené smykové plochy**

Terén	Hornina	Smyková plocha (rovinná)	Smyková plocha (polygonální)	Voda (rovinná smyková plocha)	Voda (rovinná smyková plocha)	Přetížení
Zadané síly	Kotvy	Zemětřesení	Nastavení fáze	Výpočet (Rovinná smyková plocha)	Výpočet (Polygonální smyková plocha)	

- Rámy pro výpočet **horninového klínu**

Geometrie	Smyková plocha	Parametry	Voda	Přetížení	Kotvy	Zemětřesení
Nastavení fáze	Výpočet					

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "Skalní svah":

Skalní svah

- Informace k **výstupům**
- Obecné informace pro práci v **uživatelském prostředí** programů GEO5
- **Společné zadávání** pro všechny programy

Projekt

Rám "**Projekt**" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "**Nastavení**" je určen k zadání základních "**Nastavení**" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "**Vybrat**" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "**Seznamu nastavení**".

Tlačítko "**Správce nastavení**" otevře dialogové okno "**Správce nastavení**", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat** a **importovat**.

Tlačítko "**Přidat do správce**" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

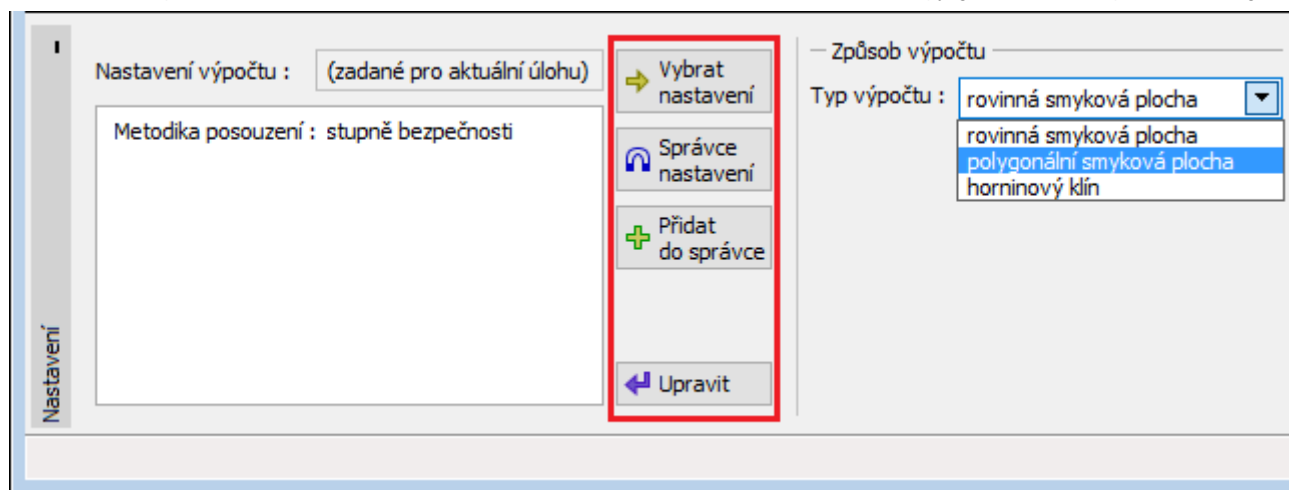
Tlačítko "**Upravit**" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "**Přidat do správce**".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložce "**Stabilitní výpočty**".

V rámu se dále volí typ smykové plochy:

- **rovinná smyková plocha**
- **polygonální smyková plocha**
- **horninový klín**



Rám "Nastavení"

Terén - rovinná a polygonální smyková plocha

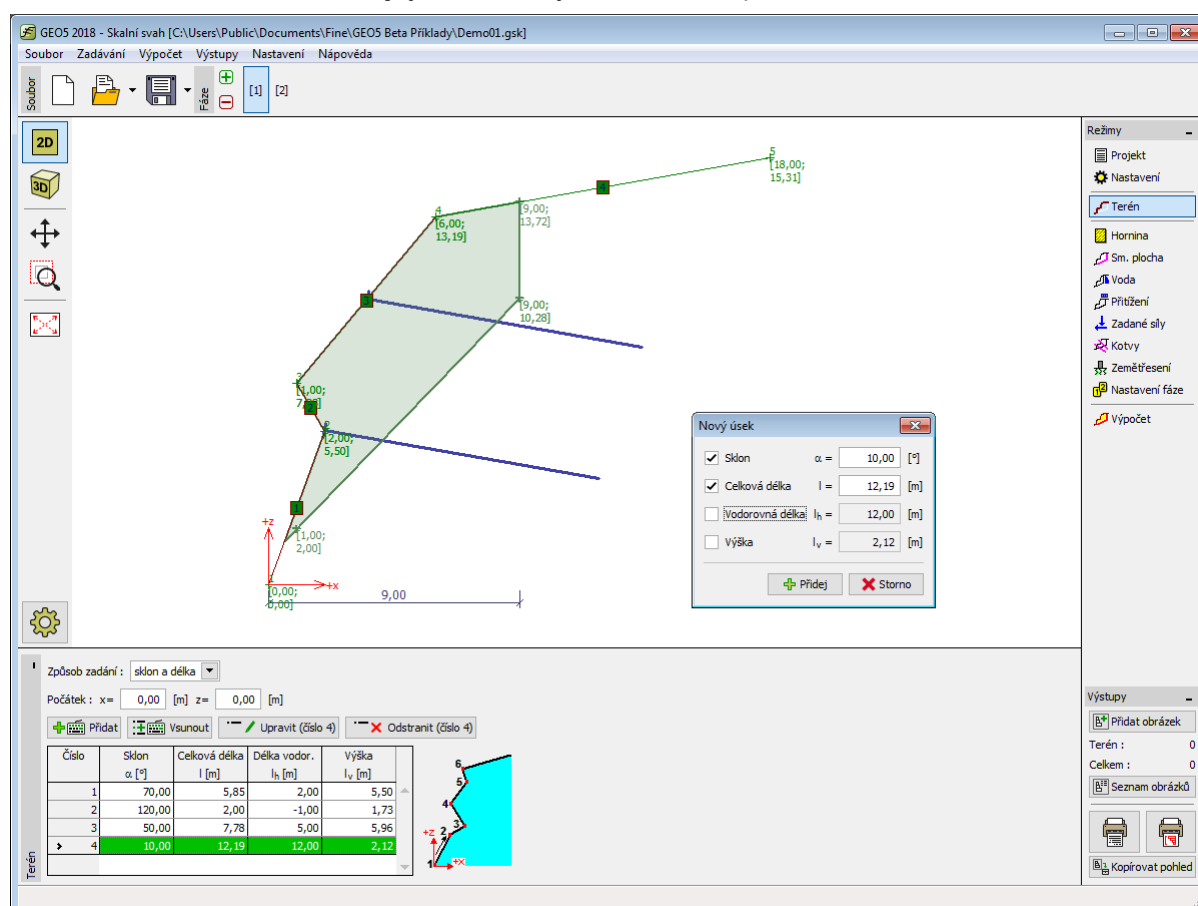
V rámu "Terén" jsou pro zadání terénu dostupné dvě volby. Terén se může zadat pomocí úseků skalního svahu nebo pomocí souřadnic X a Z . Rám obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných úseků skalního svahu nebo se seznamem souřadnic jednotlivých bodů terénu. Svah je v program orientován vždy **zleva doprava**.

Při způsobu zadávání **úseků skalního svahu** (sklon a délka) se v horní části rámu zadávají **souřadnice počátku** - prvního bodu terénu, na který pak navazují zadané úseky.

Přidání úseků se provádí v **dialogovém okně "Nový úsek"**. Zadání úseky lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

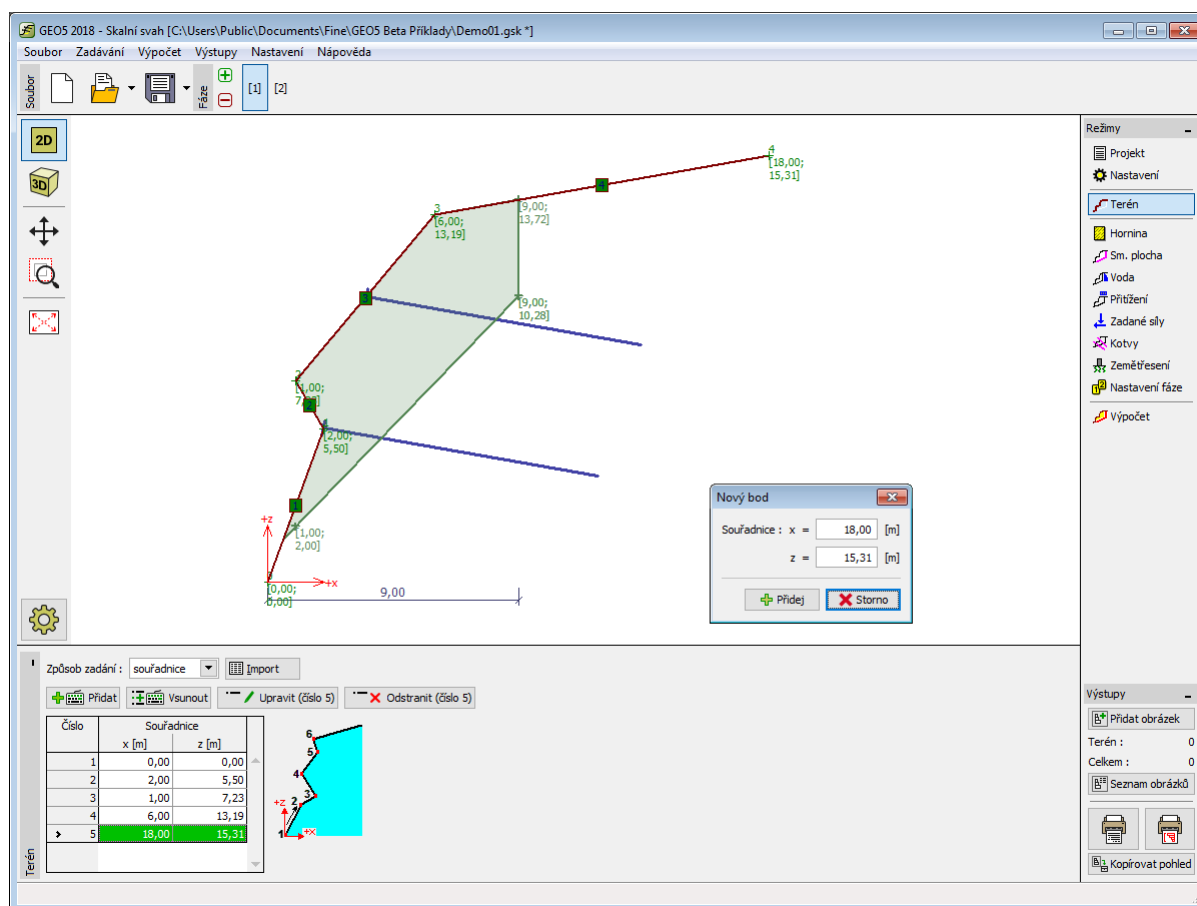
Úsek je možno zadat sklonem úseku, celkovou délkou úseku, vodorovnou délkou a výškou úseku skalního svahu. Zadávají se vždy jen **dvě zvolené hodnoty** - ostatní hodnoty program dopočte automaticky (je-li zatrženo více vstupních políček, dopočet a zadání se neprovede). Lze modelovat svislé i vodorovné úseky a převisy. Terén musí být zadán zdola nahoru.

Je-li zadání korektní, **program automaticky vykresluje zadávaný úsek** na desktopu čárkovanou čarou, takže před potvrzením zadání úseku tlačítkem "**Přidej**" je vidět, zda je úsek zadán správně.



Rám "Terén - Sklon a délka"

Při způsobu zadávání pomocí **souřadnic** se terén zadává vždy zdola nahoru. **Přidání** bodů se provádí v **dialogovém okně "Nový bod"**. Zadané body lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**. Lze modelovat svislé i vodorovné úseky a převisy. Program také umožňuje **import bodů** pomocí tabulkových dat.



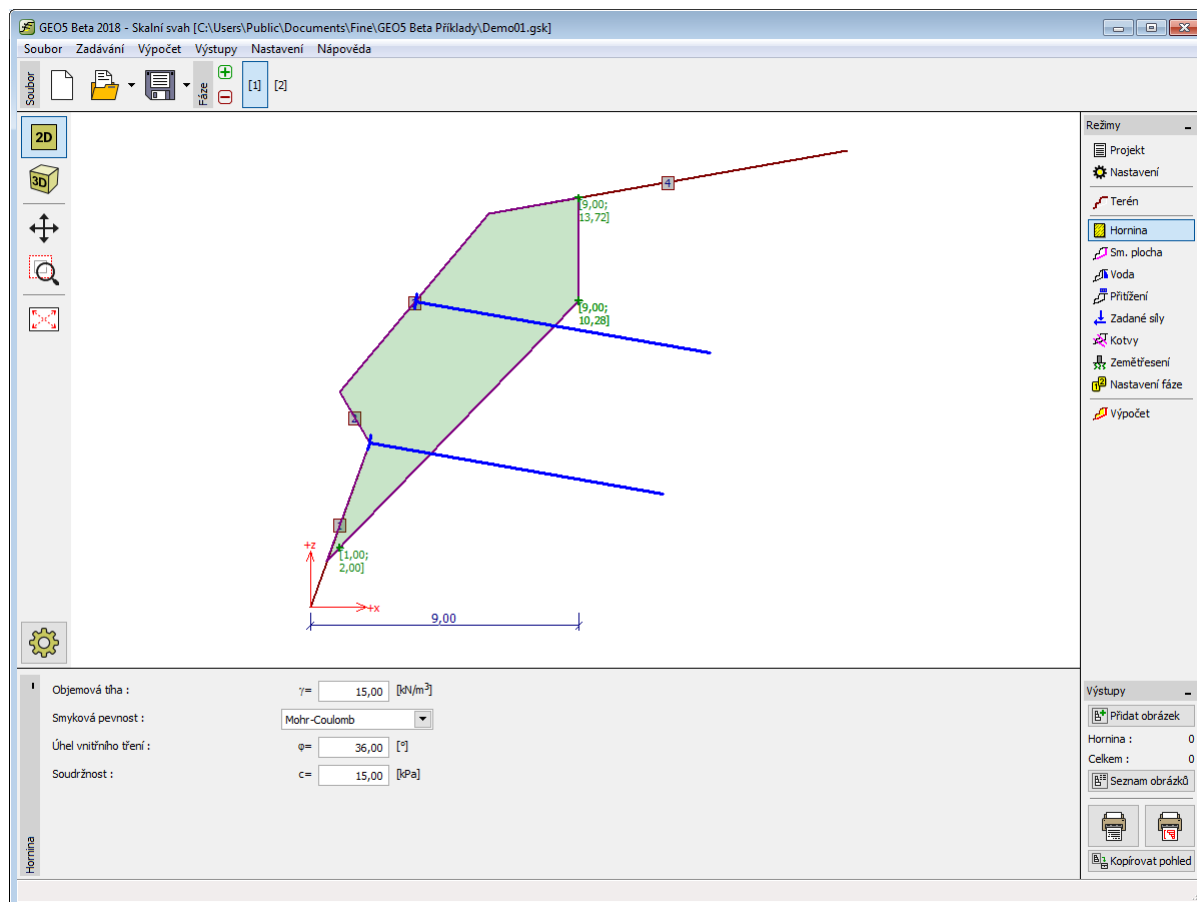
Rám "Terén - Souřadnice"

Hornina

V rámu "**Hornina**" se zadávají vlastnosti horniny skalního svahu (podle typu smykové pevnosti) a **objemová tíha horniny**. Program umožňuje počítat se třemi **typy smykové pevnosti** na smykové ploše:

- Mohr - Coulomb
- Barton - Bandis
- Hoek - Brown

Podle zvolené metody se pak zadávají parametry horniny.



Rám "Hornina"

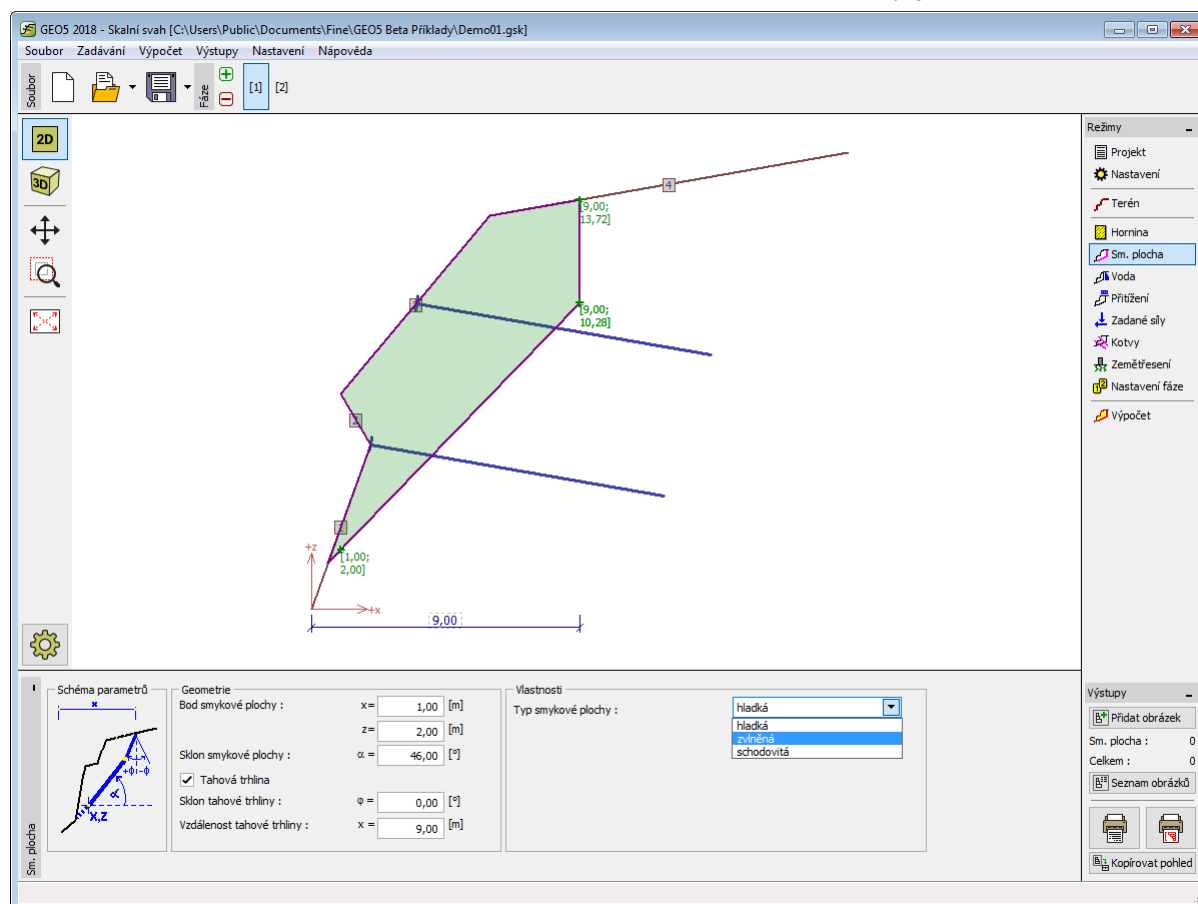
Smyková plocha - rovinná

V rámu "**Smyková plocha**" se zadává tvar a parametry smykové plochy. Smyková plocha je definována bodem v masívu a sklonem. Program automaticky dopočte průsečíky smykové plochy s terénem.

Program umožňuje definovat libovolně skloněnou **tahovou trhlinu** (nelze zadat pro schodovitou smykovou plochu). Trhlina je definována vodorovnou vzdáleností od **počátku** a sklonem.

Rovinná smyková plocha může být dále definovaná jako hladká, **zvlněná** nebo **schodovitá**.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Smyková plocha" - rovinná

Smyková plocha - polygonální

Rám "Smyková plocha" obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných úseků smykové plochy. **Přidání** (editace) úseků se provádí v **dialogovém okně "Nový úsek (Editace úseku)"**. Zadané úseky lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

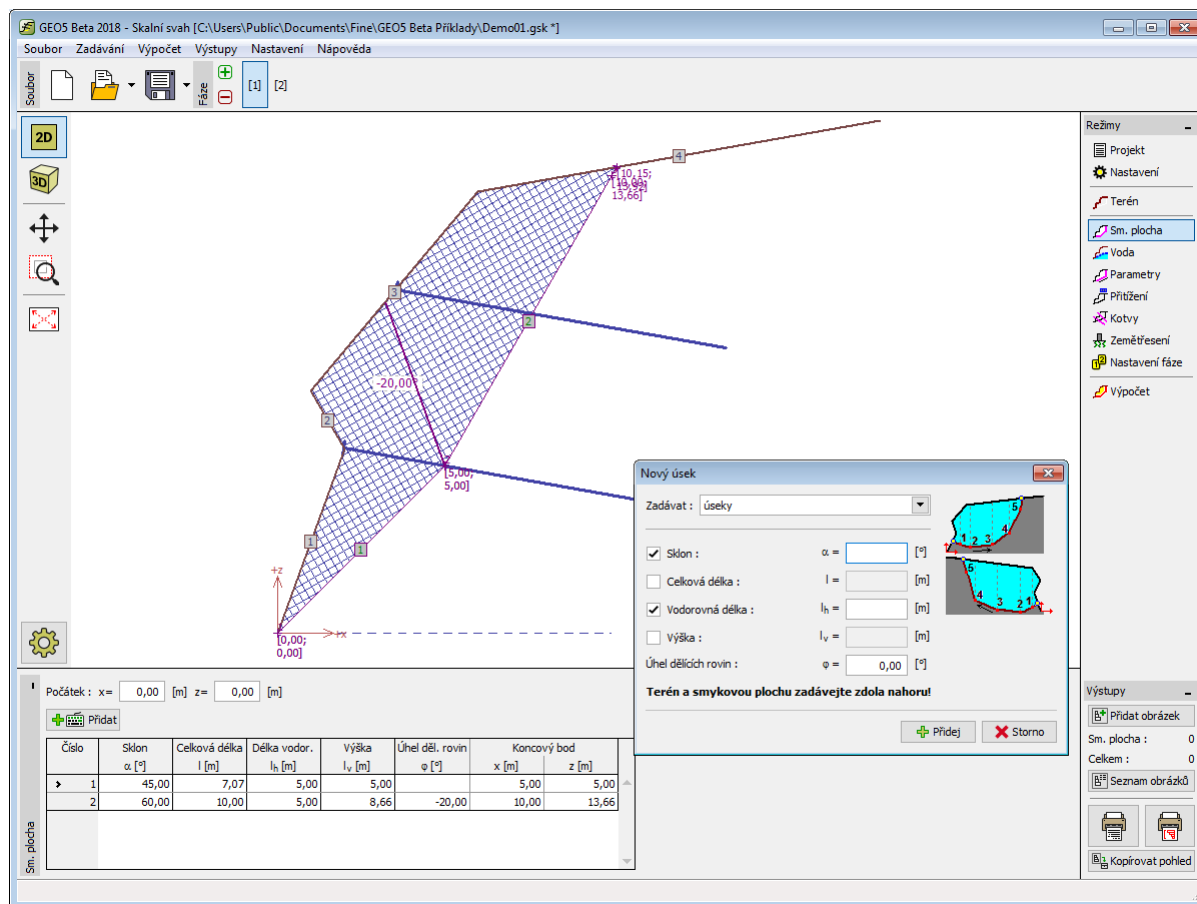
V horní části rámu se zadávají **souřadnice počátku** - bodu smykové plochy, na který pak navazují další úseky. Tento bod může ležet vně i mimo masív - program automaticky dopočte průnik smykové plochy s terénem.

Úseky smykové plochy je možno zadat sklonem úseku, celková délkou úseku, vodorovná délka a výška úseku skalního svahu. Zadávají se vždy jen **dvě zvolené hodnoty** - ostatní hodnoty program dopočte automaticky (je-li zatrženo více vstupních políček, dopočet a zadání se neprovede). Lze modelovat i svislé a vodorovné úseky a převisy.

Je-li zadání korektní, **program automaticky vykresluje zadávaný úsek** na desktopu čárkovanou čarou, takže před potvrzením zadání úseku tlačítkem "**Přidej**" je vidět, zda je úsek zadán správně.

Obecné předpoklady pro výpočet **polygonální smykové plochy** jsou uvedeny **zde**.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.

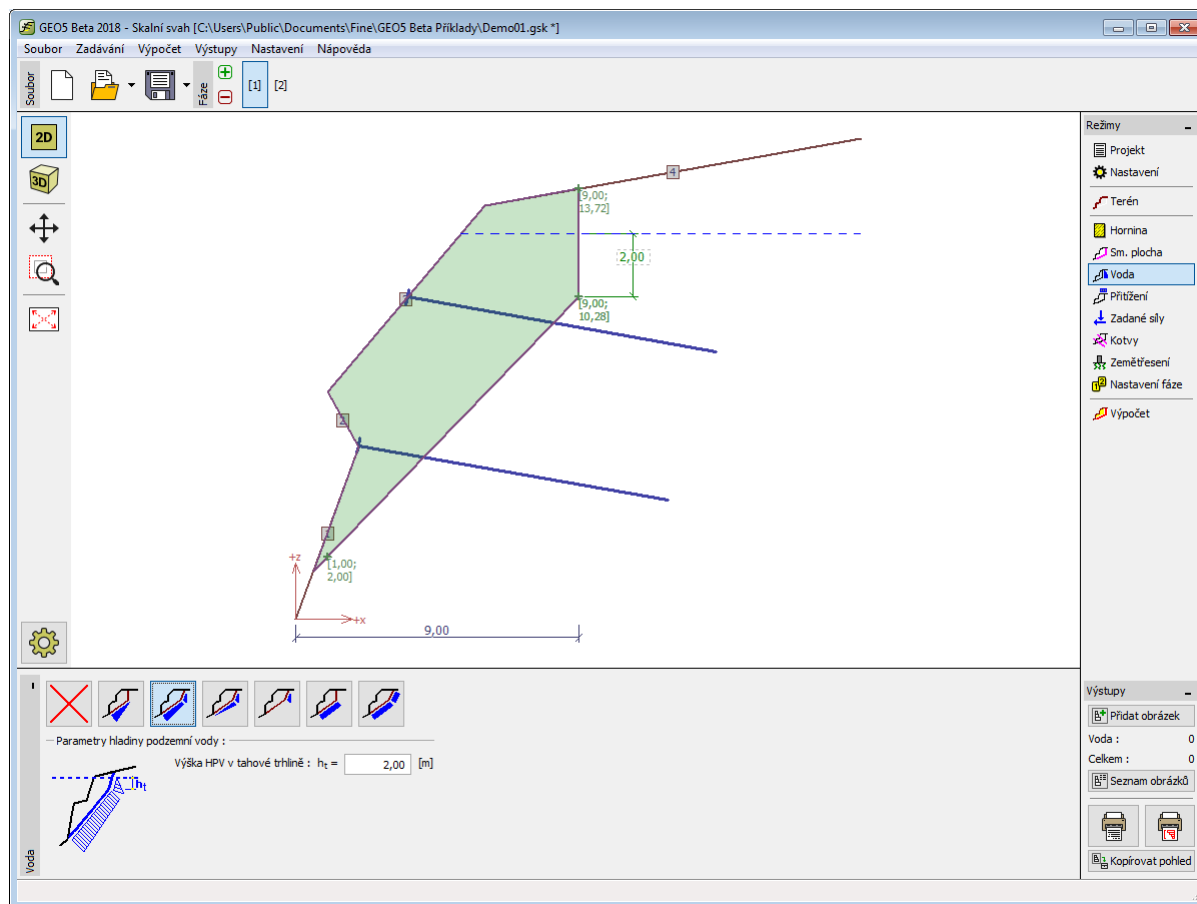


Rám "Smyková plocha" - polygonální

Voda - rovinná smyková plocha

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí **typ vody**. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Postup výpočtu s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody na smykové ploše**".



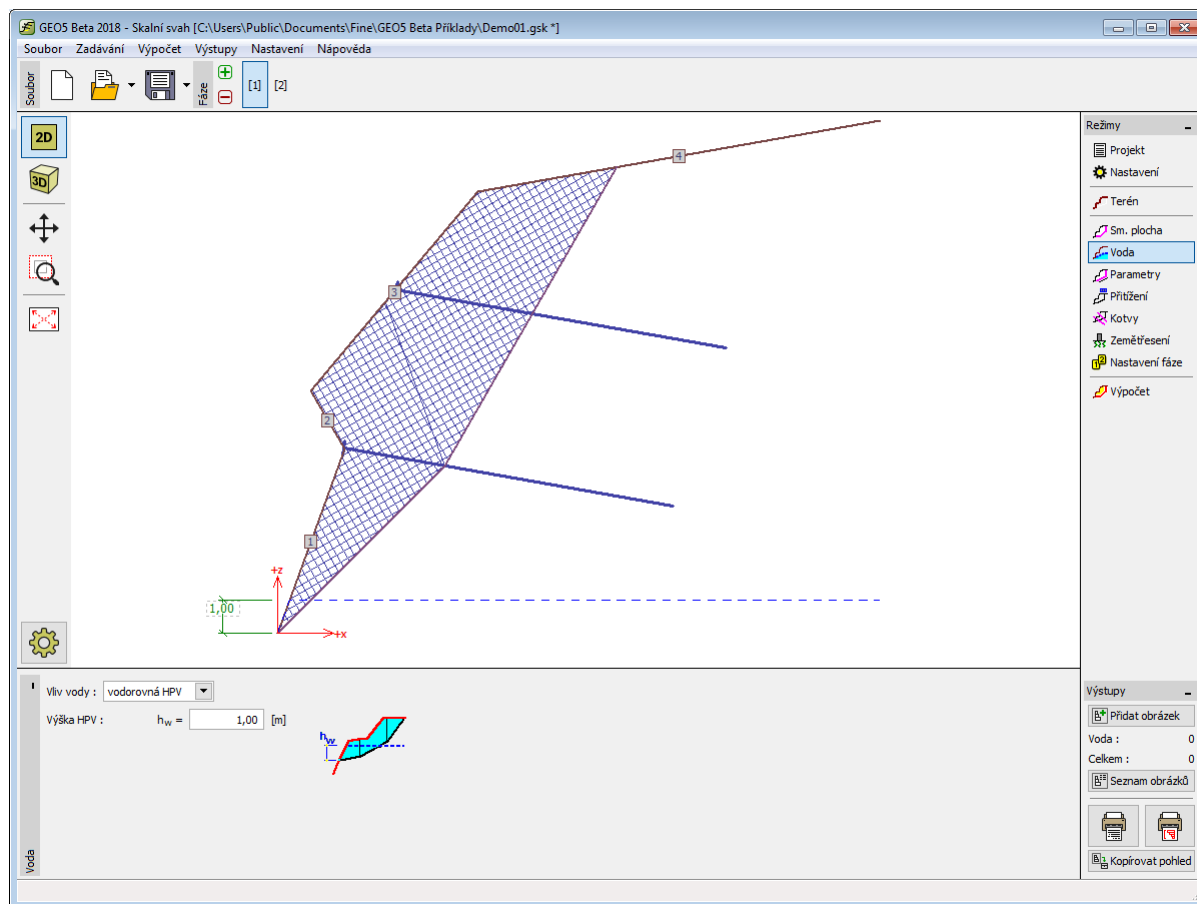
Rám "Voda" - rovinná smyková plocha

Voda - polygonální smyková plocha

V rámu "Voda" se zadává **vliv vody** (voda není, zadávat na bloky, vodorovná HPV, obecný tvar HPV). Parametry vody lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Postup výpočtu s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody na polygonální smykové ploše**".

Při volbě "**zadávat na bloky**" se síly od vody působící na smykovou plochu F_v , resp. síly od vody působící na vnitřní kluznou plochu U zadávají v rámu "**Parametry**" (při stisknutí tlačítka "**Editovat**").



Rám "Voda" - polygonální smyková plocha

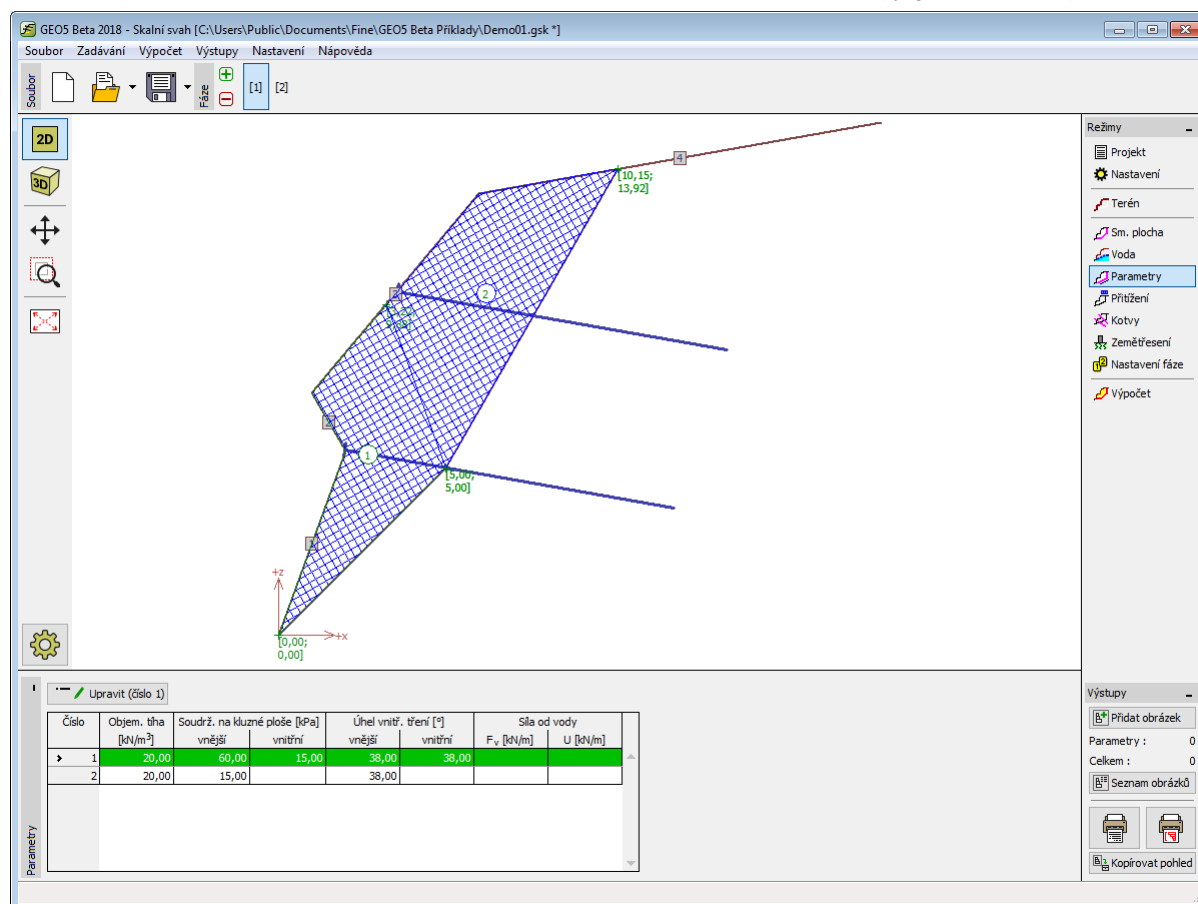
Parametry - polygonální smyková plocha

Rám "**Parametry**" obsahuje **tabulku** se seznamem bloků, které vzniknou zadáním **polygonální smykové plochy**. Editace parametrů bloků se provádí v **dialogovém okně "Editace bloku"**. Bloky lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

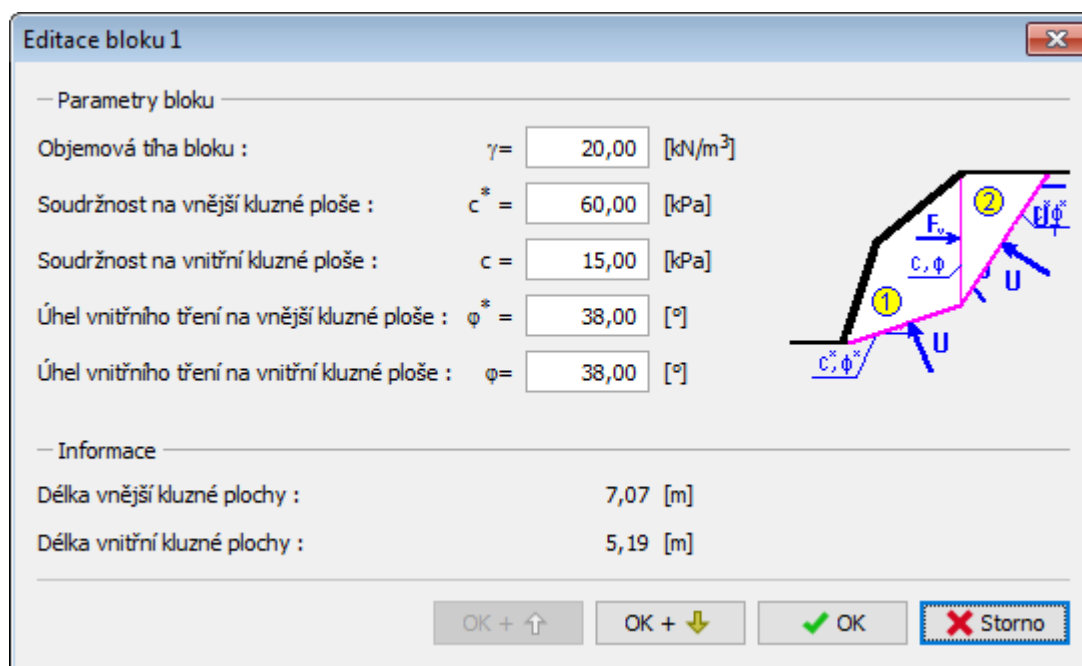
Zde se zadávají **Mohr-Coulombovy** parametry smykové pevnosti na smykové ploše a ve spárách oddělující jednotlivé **bloky** a **objemová tíha horniny** bloku.

V tomto okně se také zadávají **síly od vody** ve skalních blocích.

Obečné předpoklady pro výpočet **polygonální smykové plochy** jsou uvedeny **zde**.



Rám "Parametry" - polygonální smyková plocha



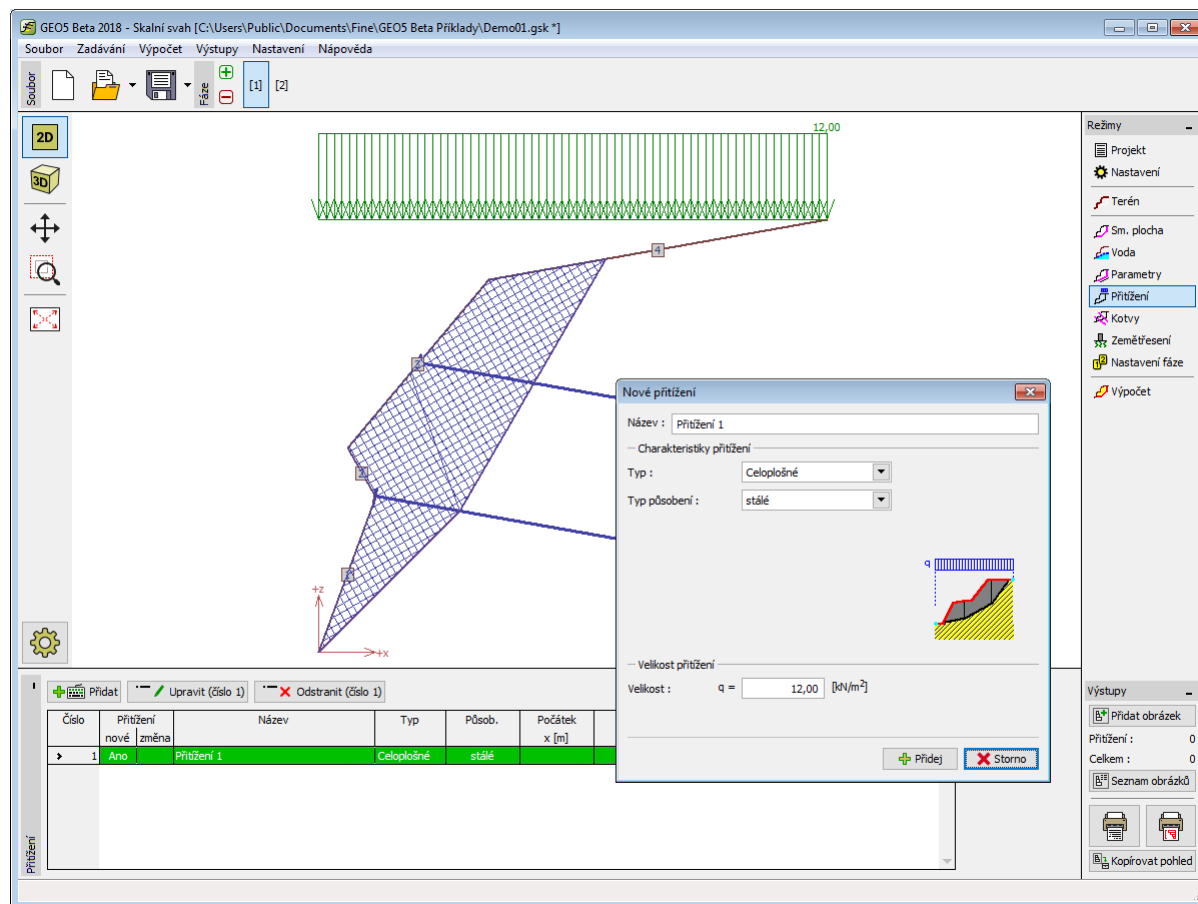
Dialogové okno "Editace bloku"

Přetížení - rovinná a polygonální smyková plocha

Rám "Přetížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přetížení. Přidání přetížení se provádí v dialogovém okně "Nové přetížení". Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních kót, resp. aktivních objektů.

Přetížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přetížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přetížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Započtení sil od přetížení do výpočtu je rozdílné u rovinné smykové plochy a polygonální smykové plochy.



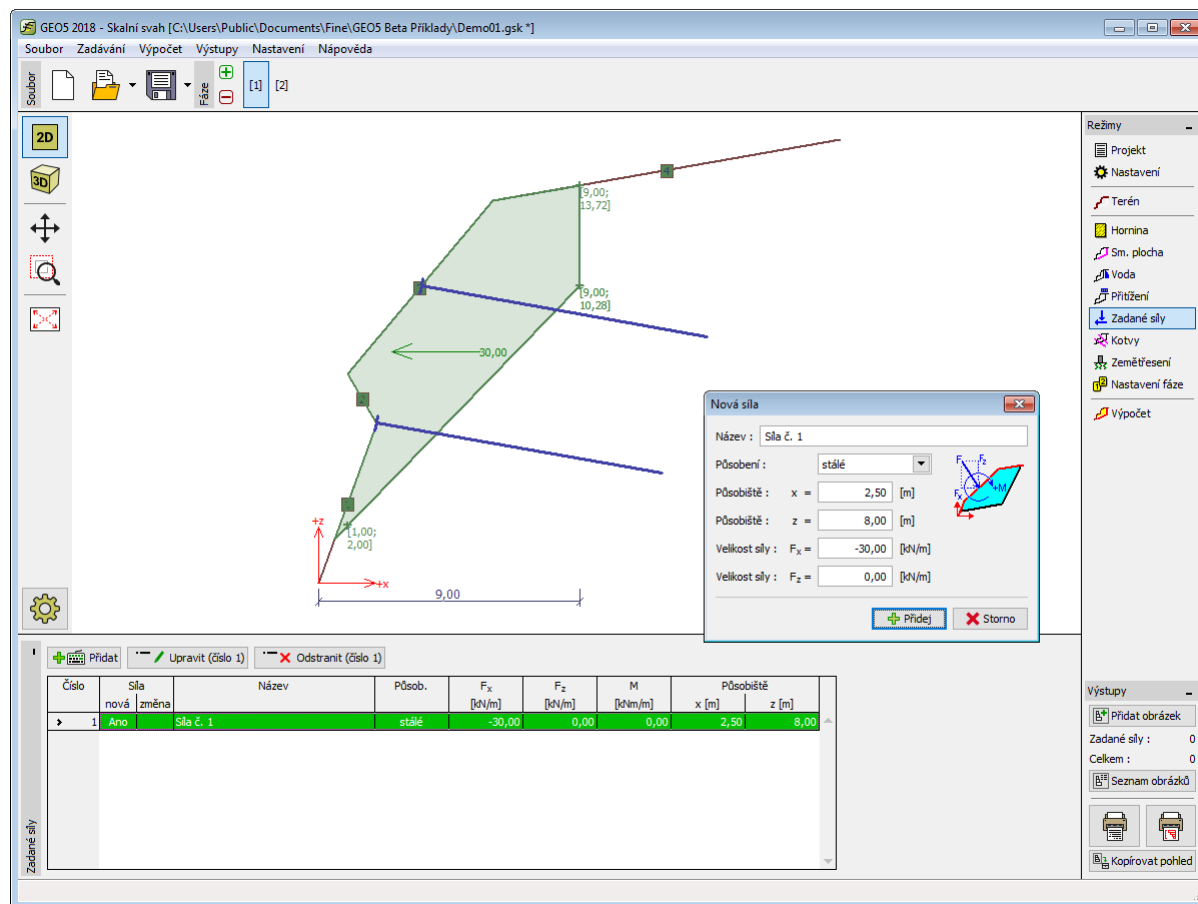
Rám "Přítížení" - rovinná a polygonální smyková plocha

Zadané síly - rovinná smyková plocha

Rám "Zadané síly" obsahuje tabulku se seznamem zadaných sil působících na horninový blok. Přidání sil se provádí v dialogovém okně "Nová síla". Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadané síly představují přídavné zatížení působící na horninový blok. Můžeme jimi modelovat například ukotvení lan mostů, lávek atp. Program takto zadané síly do výpočtu dále nijak neupravuje, s výjimkou přenásobení příslušným koeficientem dle zadaného typu zatížení (EN1997, LRFD).

Vnější zatížení působící na horninový blok, resp. na povrch terénu je nutné modelovat jako **přítížení**.



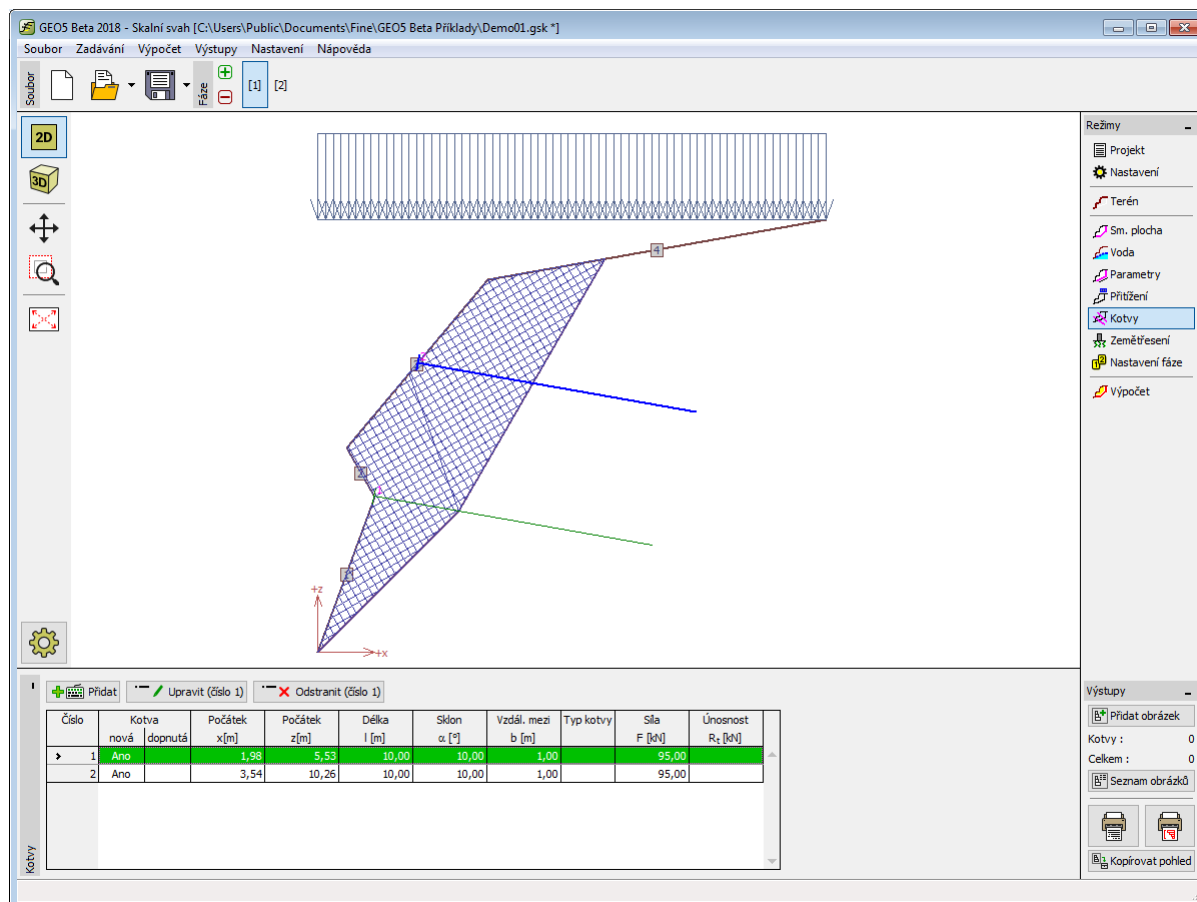
Rám "Zadané síly"

Kotvy - rovinná a polygonální smyková plocha

Rám "Kotvy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kotev. Přidání kotev se provádí v dialogovém okně "Nové kotvy". Zadané kotvy lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadáva se umístění (počátek), hloubka, volná délka, sklon kotvy, vzdálenost mezi kotvami a síla v kotvě. Počátek kotvy lze automaticky **chytnat na terén** (zapnutím v zaškrťovacím políčku). Všechny zadané parametry kotvy lze měnit ve **fázi budování**, kde byla zadána. V dalších fázích budování lze měnit pouze sílu v kotvě (volbou "Dopnutí kotvy").

U **rovinné smykové plochy** lze zadávat aktivní a pasivní kotvy. U **polygonální smykové plochy** jsou kotvy zavedeny do výpočtu jako aktivní.

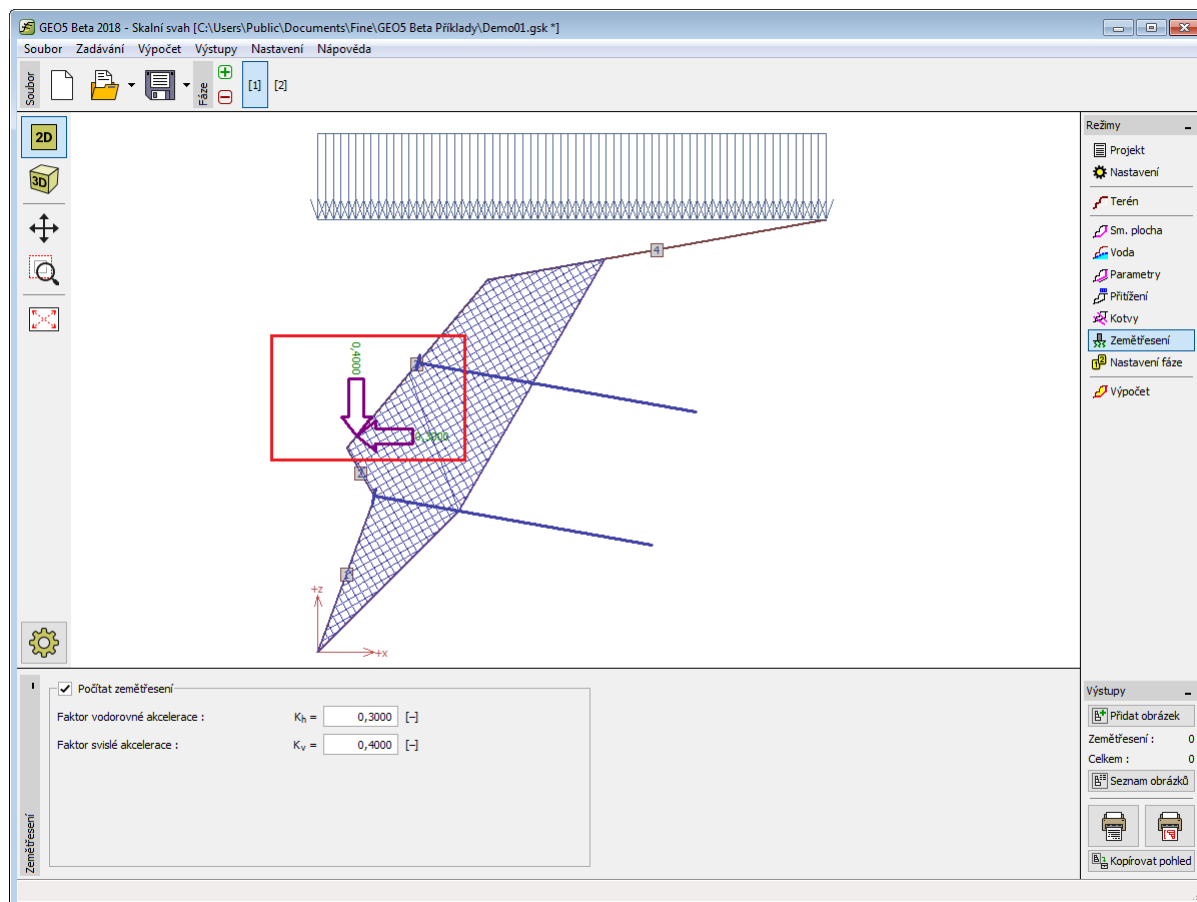


Rám "Kotvy" - rovinná a polygonální smyková plocha

Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Výpočet skalního svahu s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "Vliv seismických účinků".



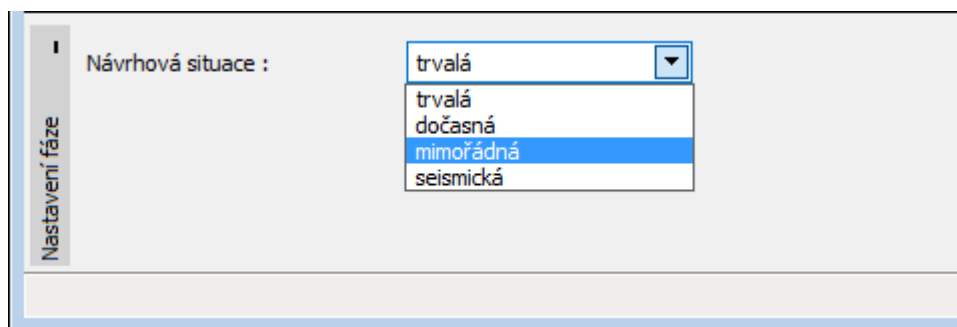
Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.



Rám "Nastavení fáze"

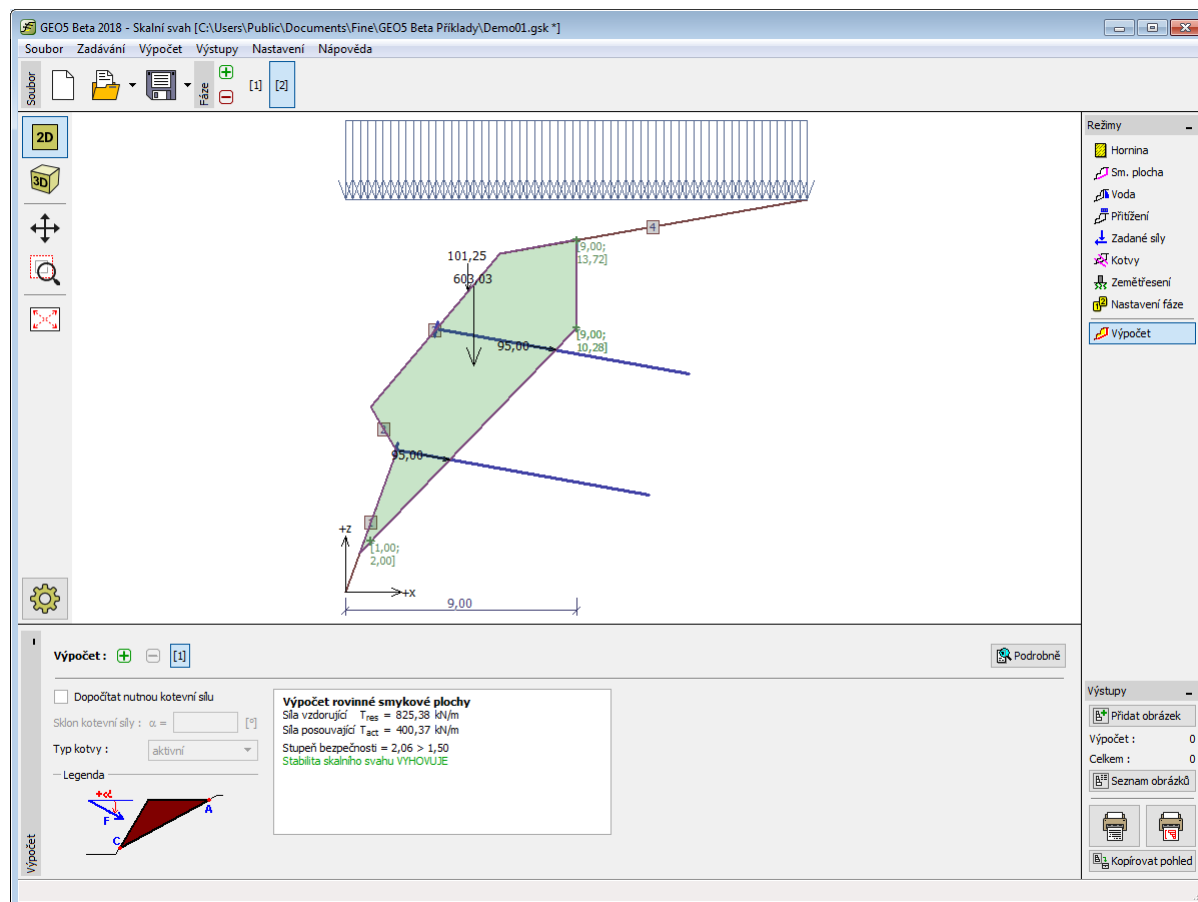
Výpočet - rovinná smyková plocha

V rámu "Výpočet" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

Posouzení skalního svahu pro **rovinnou smykovou plochu** lze provést podle zvolené **metodiky posouzení** v závislosti na zadání v rámu "Nastavení". Výsledky **výpočtu** jsou zobrazeny v rámu v dolní části desktopu.

Program v tomto rámu umožňuje dopočítat **nutnou kotevní sílu** tak, aby byl dosažen požadovaný stupeň bezpečnosti. V tomto případě je nutné zatrhnout tlačítko "**Dopočítat nutnou kotevní sílu**" a zadat sklon kotevní síly od vodorovné.

Zobrazení kresby lze měnit v dialogovém okně "**Nastavení stylu zobrazení**".



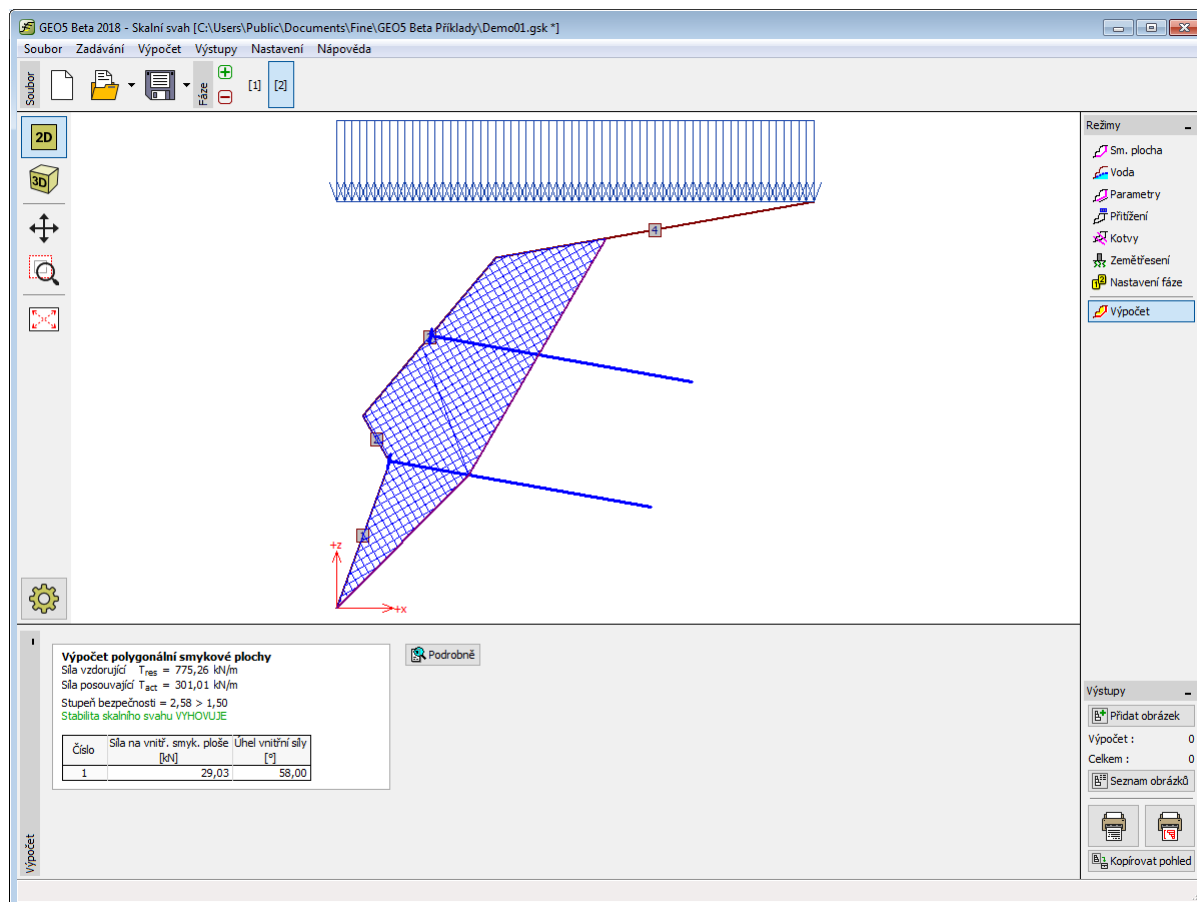
Rám "Výpočet" - rovinná smyková plocha

Výpočet - polygonální smyková plocha

V rámu "Výpočet" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

Posouzení skalního svahu pro **polygonální smykovou plochu** lze provést podle zvolené **metodiky posouzení** v závislosti na zadání v rámu "Nastavení". Výsledky **výpočtu** jsou zobrazeny v rámu v dolní části desktopu.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



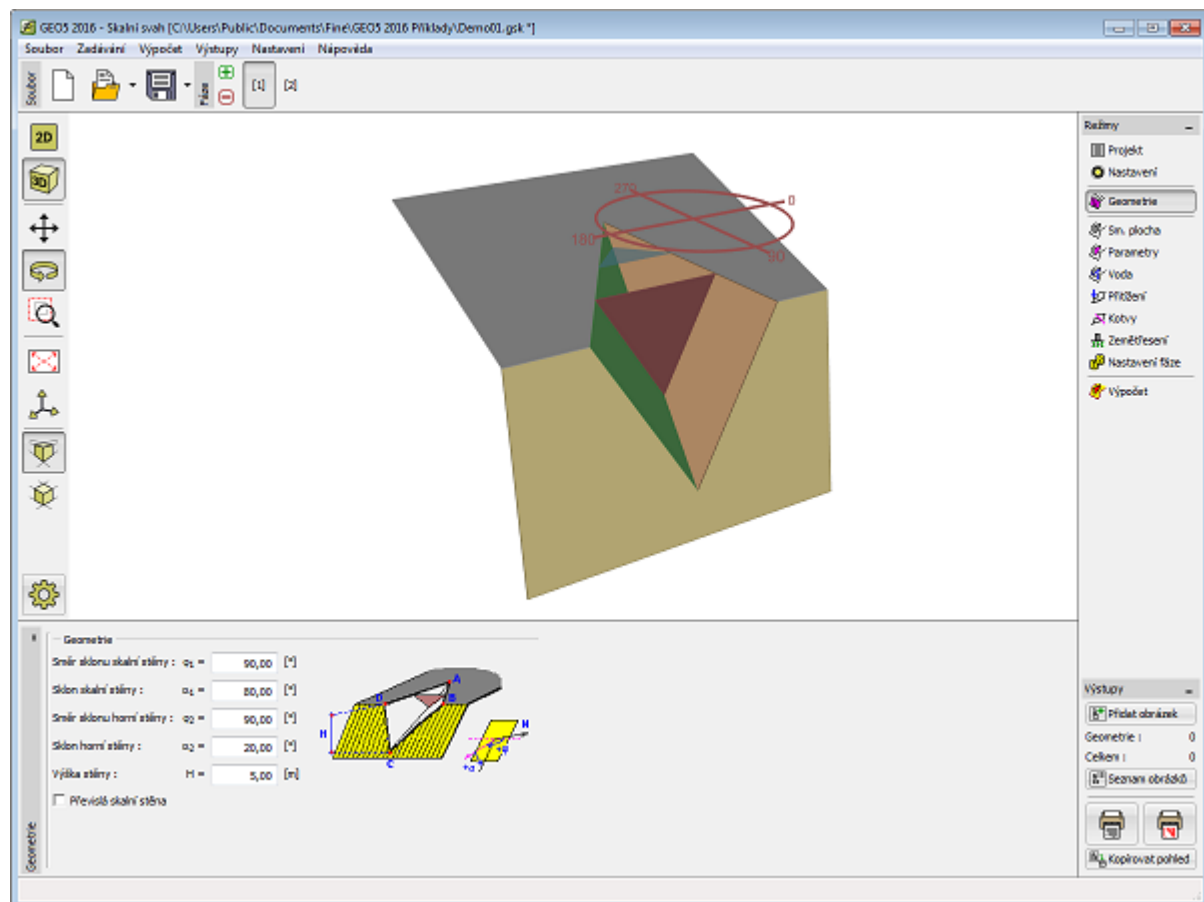
Geometrie - horninový klín

V rámu "Geometrie" se zadává tvar skalního svahu (horninového klínu).

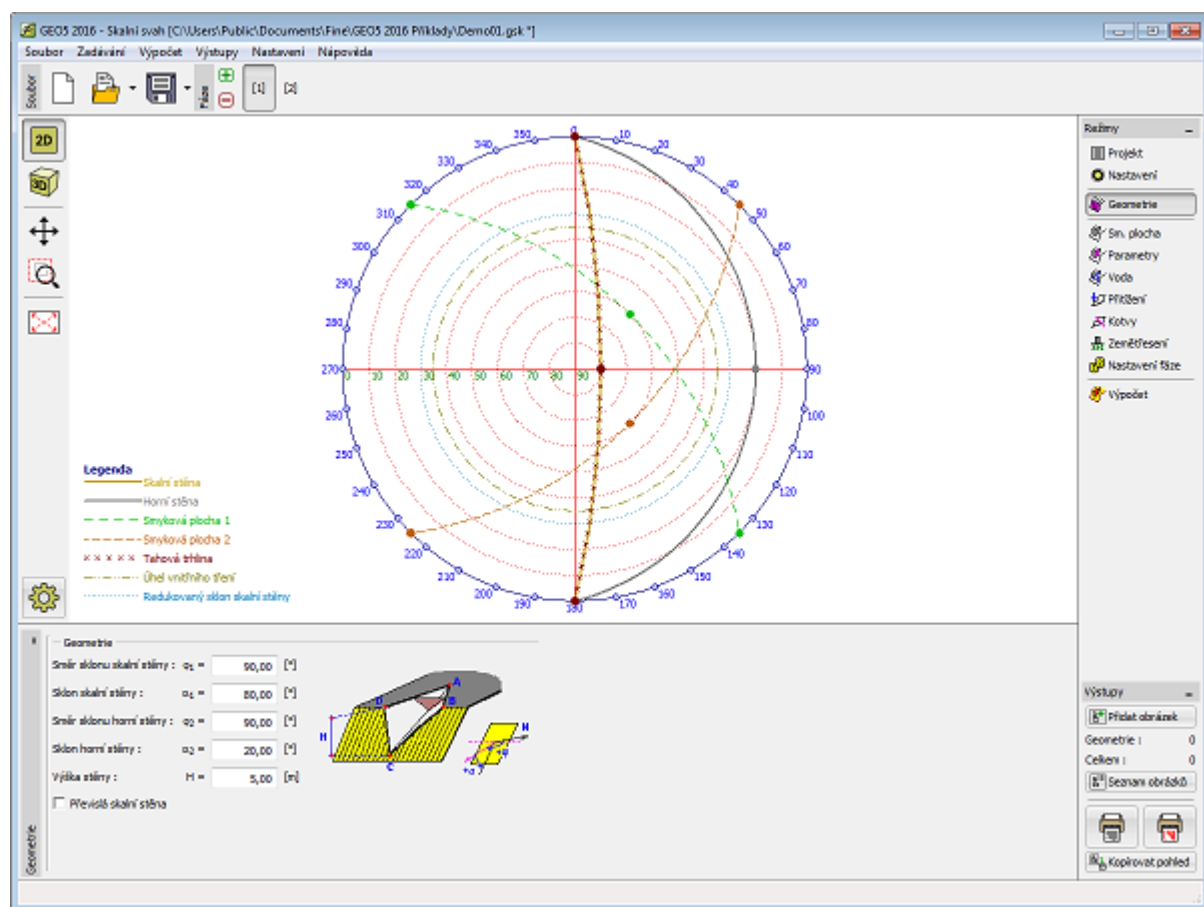
Geometrie horninového klínu se zadává **směrem a sklonem spádnice stěn** tvořících klín. Geometrie klínu je na desktopu vykreslena pomocí **3D zobrazení**, nebo **stereografické projekce**.

Stisknutím tlačítka "**Převíslá skalní stěna**" lze v programu modelovat **převíslé skalní stěny**.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



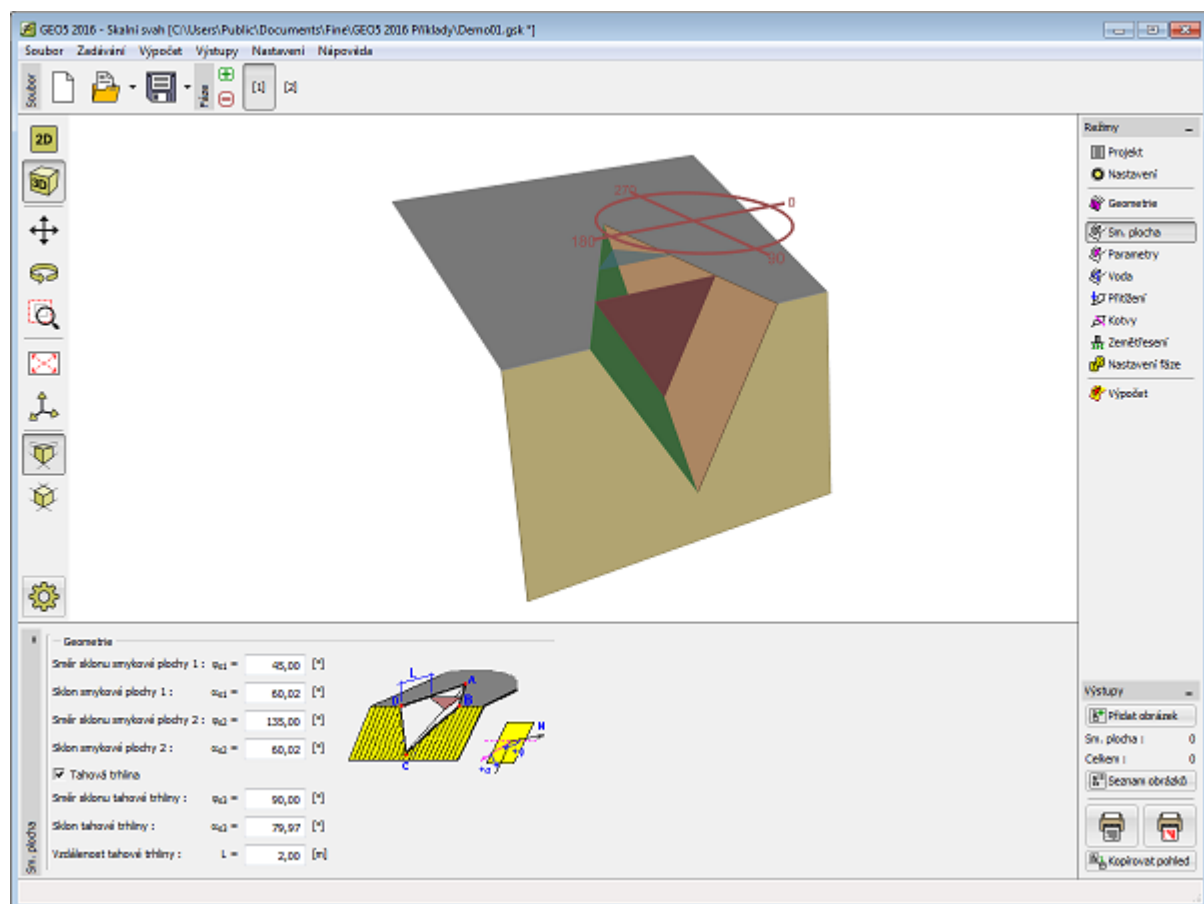
Rám "Geometrie" - horninový klín - 3D zobrazení



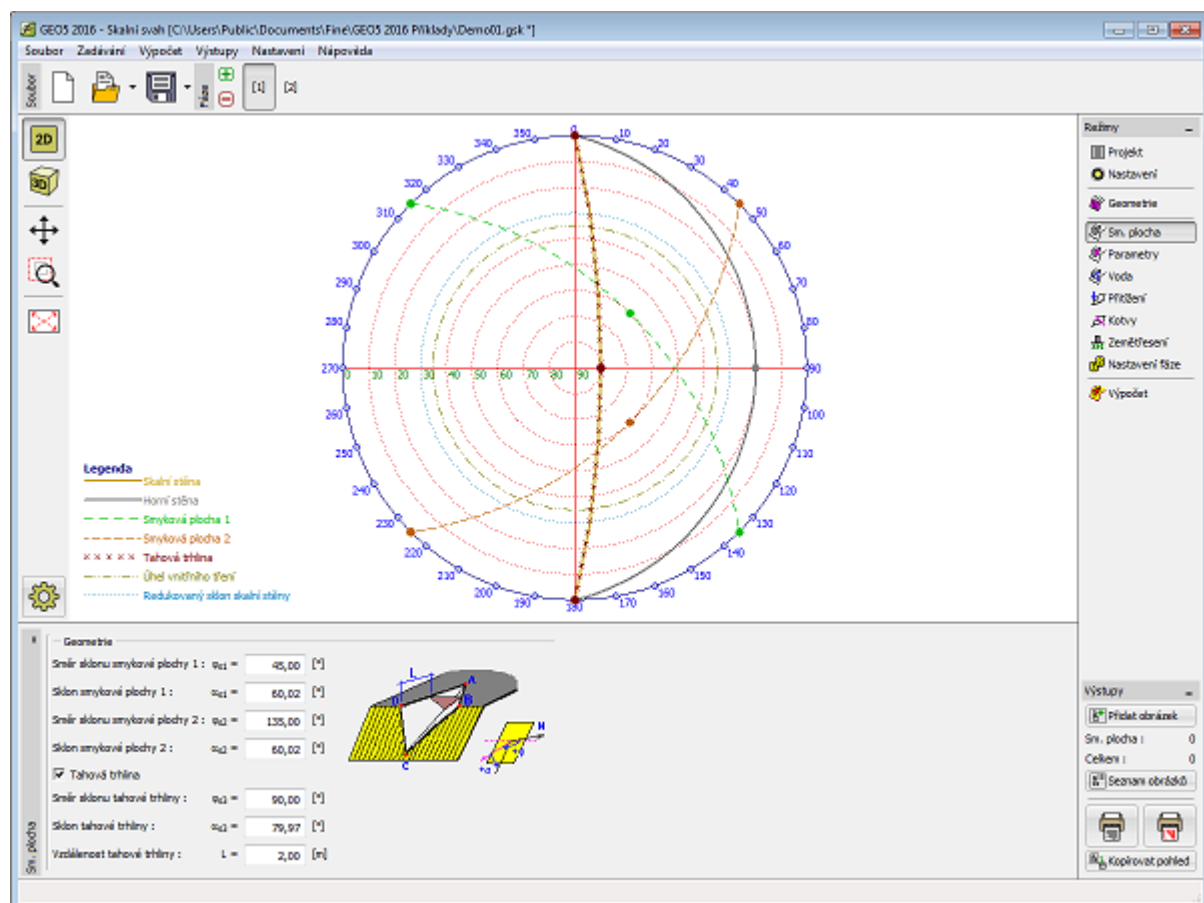
Rám "Geometrie" - horninový klín - zadávání pomocí směrů a sklonů spádnic stěn

Smyková plocha - horninový klín

V rámu "Smyková plocha" se zadává tvar smykové plochy **směrem a sklonem spádnice stěn tvořících klín**. Lze definovat i tahovou trhlínu. Geometrie klínu je na desktopu vykreslena pomocí **3D zobrazení**, nebo **stereografické projekce**.



Rám "Smyková plocha" - horninový klín - 3D zobrazení

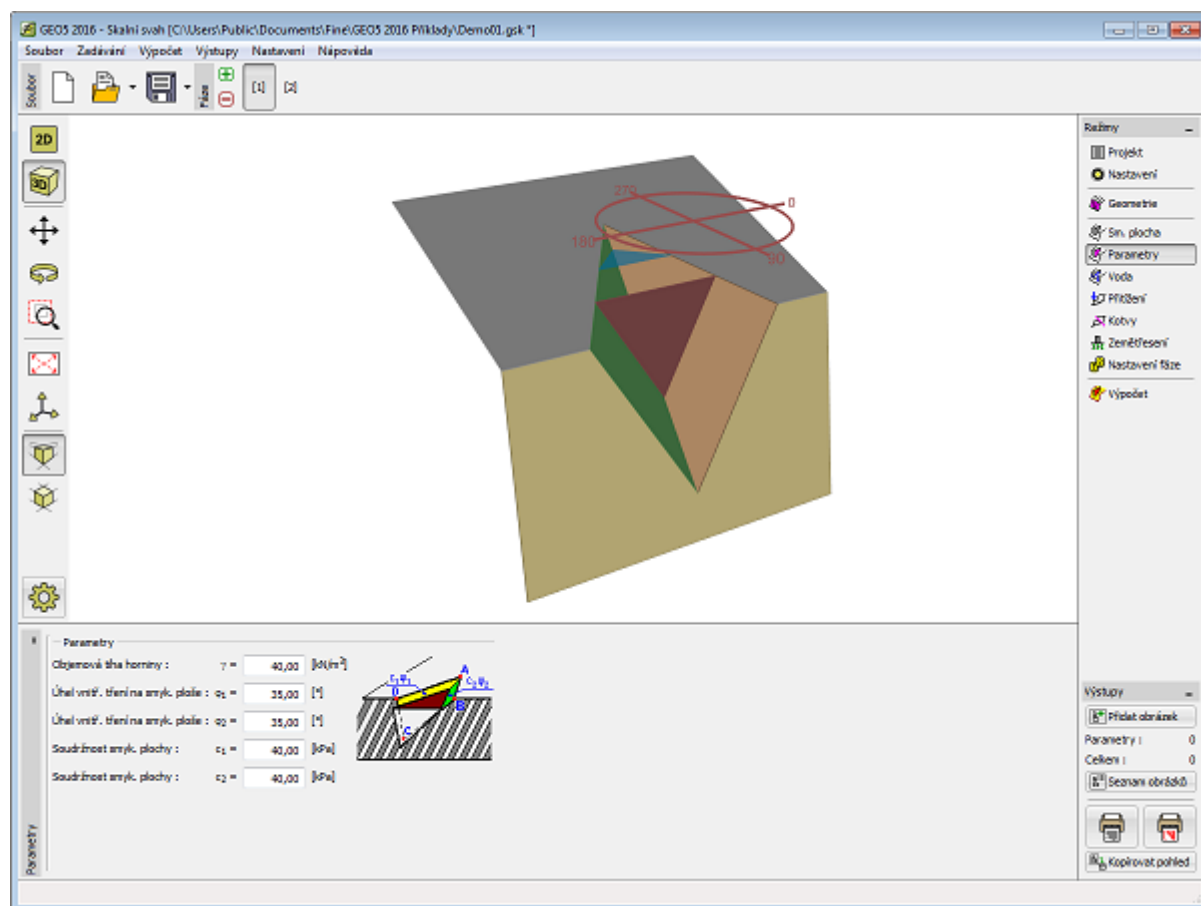


Rám "Smyková plocha" - horninový klín - stereografická projekce

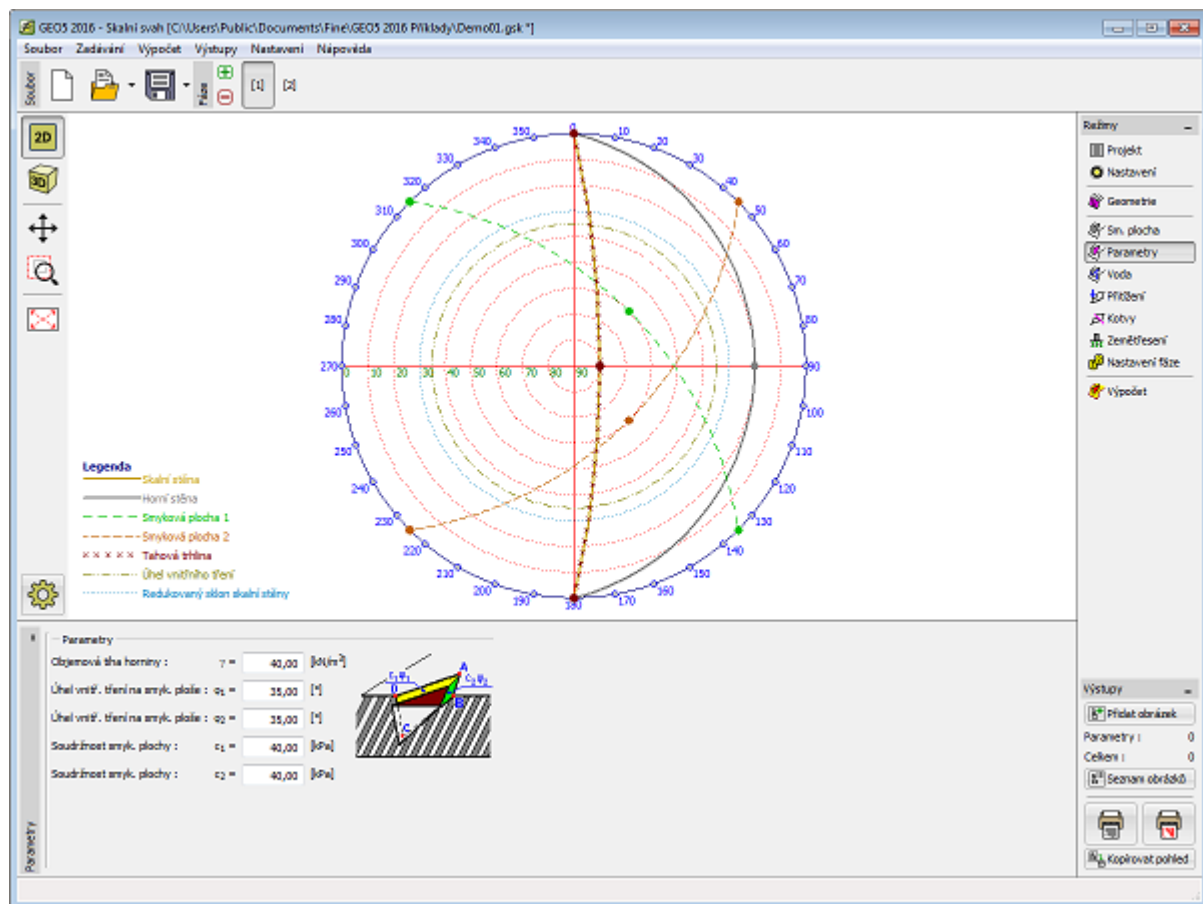
Parametry - horninový klín

V rámu "Parametry" se zadávají parametry horninového klínu. Zadává se **objemová tíha horniny** a **Mohr-Coulombovy parametry** smykové pevnosti smykových ploch.

Geometrie klínu je na desktopu vykreslena pomocí **3D zobrazení**, nebo **stereografické projekce**.



Rám "Parametry" - horninový klín - 3D zobrazení

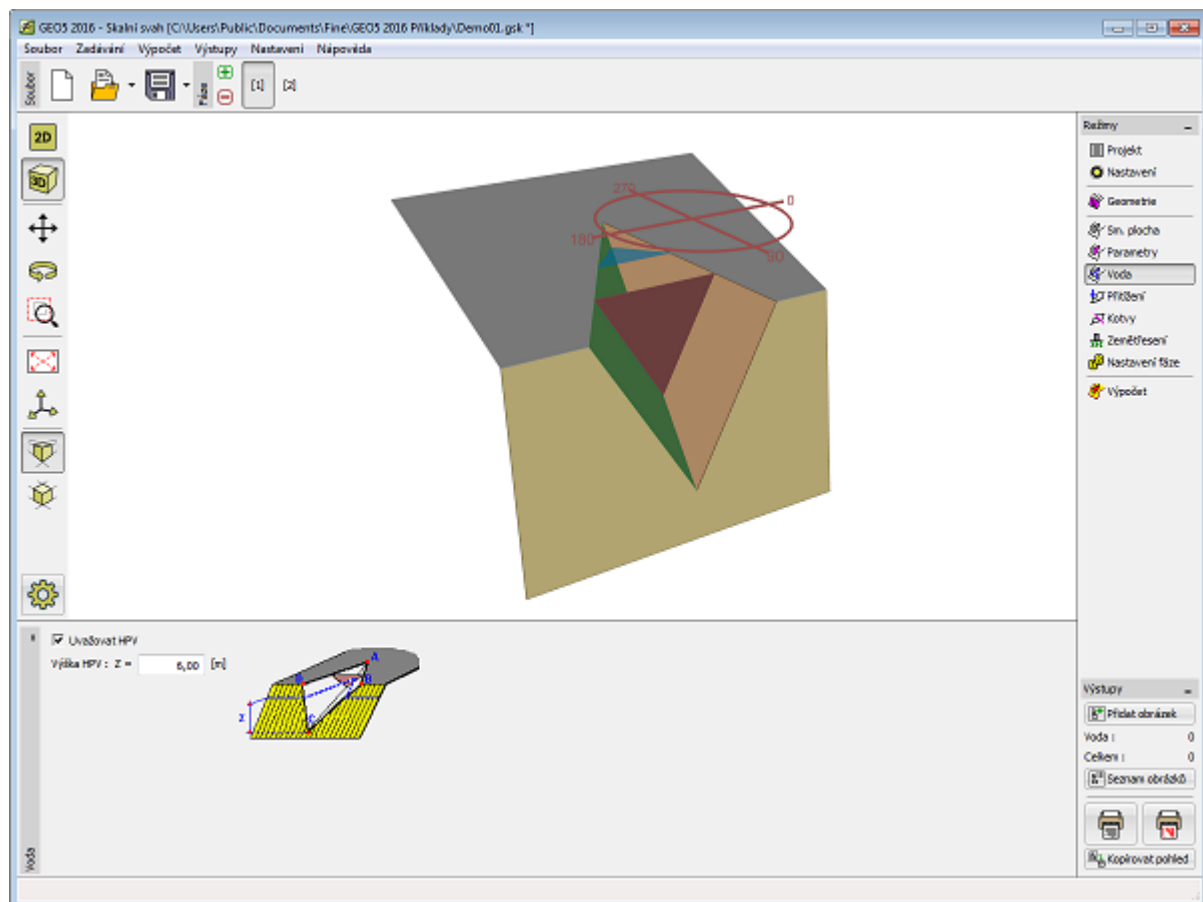


Voda - horninový klín

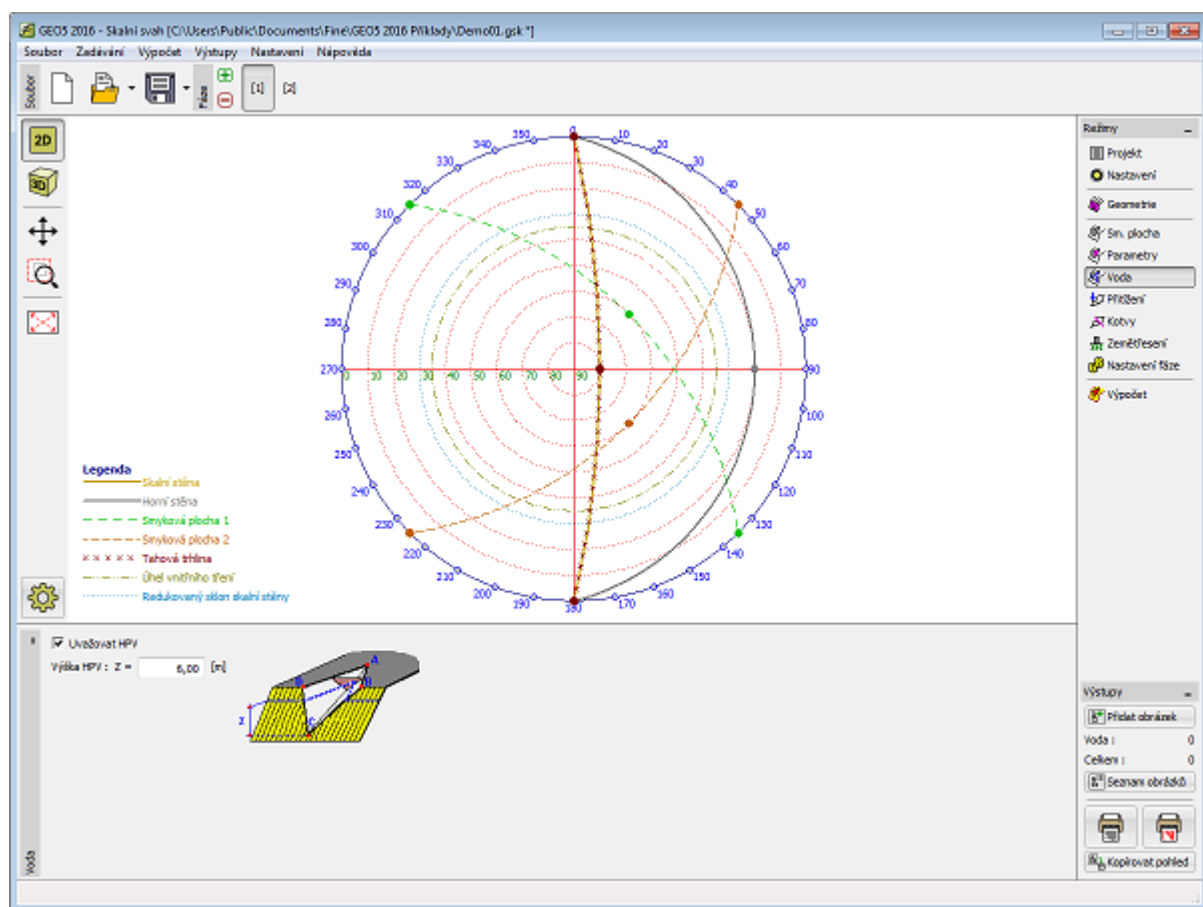
V rámu "Voda" lze zapnout uvažování vlivu vody. Jestliže se počítá s vlivem podzemní vody, zatržením políčka se zpřístupní pole pro zadání výšky **HPV** nad nejspodnějším bodem horninového klínu.

Výpočet s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**vliv podzemní vody**".

Geometrie klínu je na desktopu vykreslena pomocí **3D zobrazení**, nebo **stereografické projekce**.



Rám "Voda" - horninový klín - 3D zobrazení



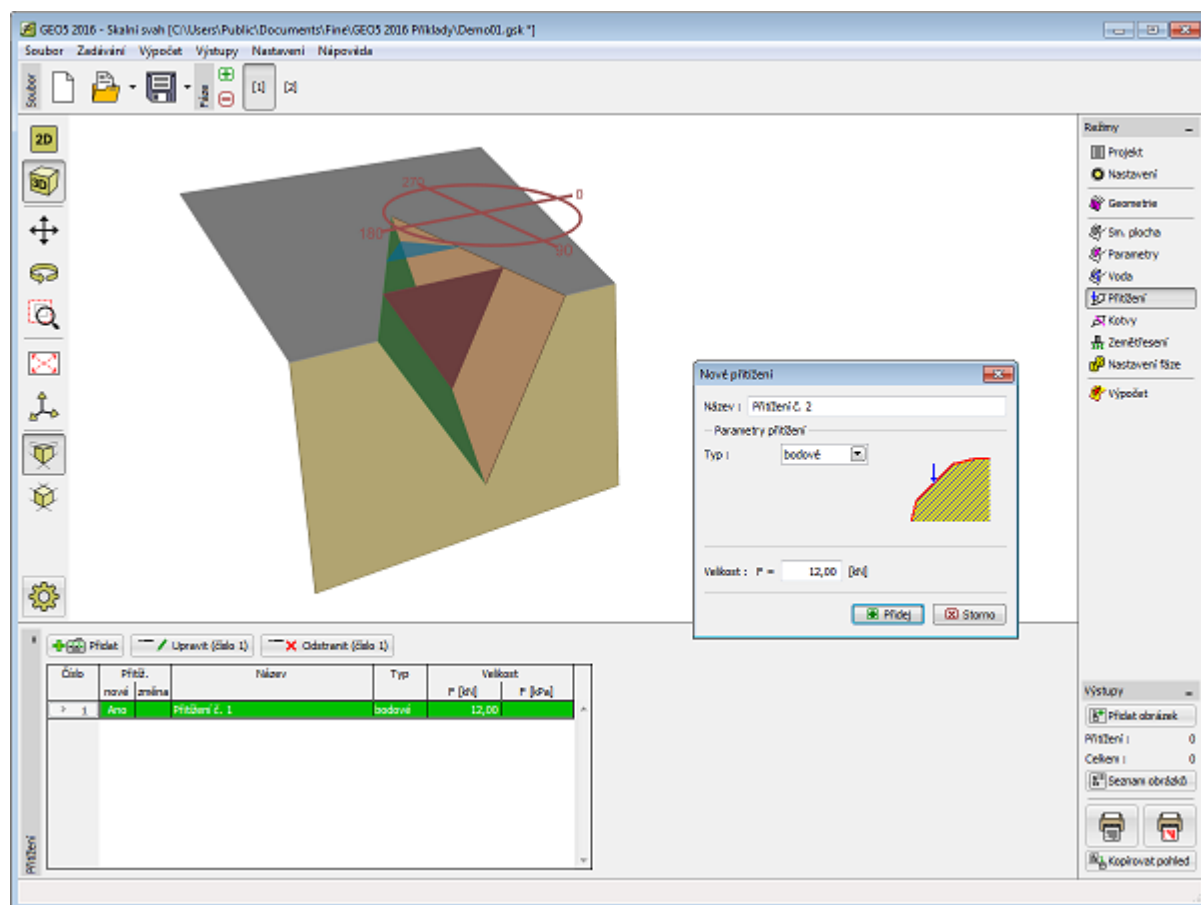
Rám "Voda" - horninový klín - stereografická projekce

Přetížení - horninový klín

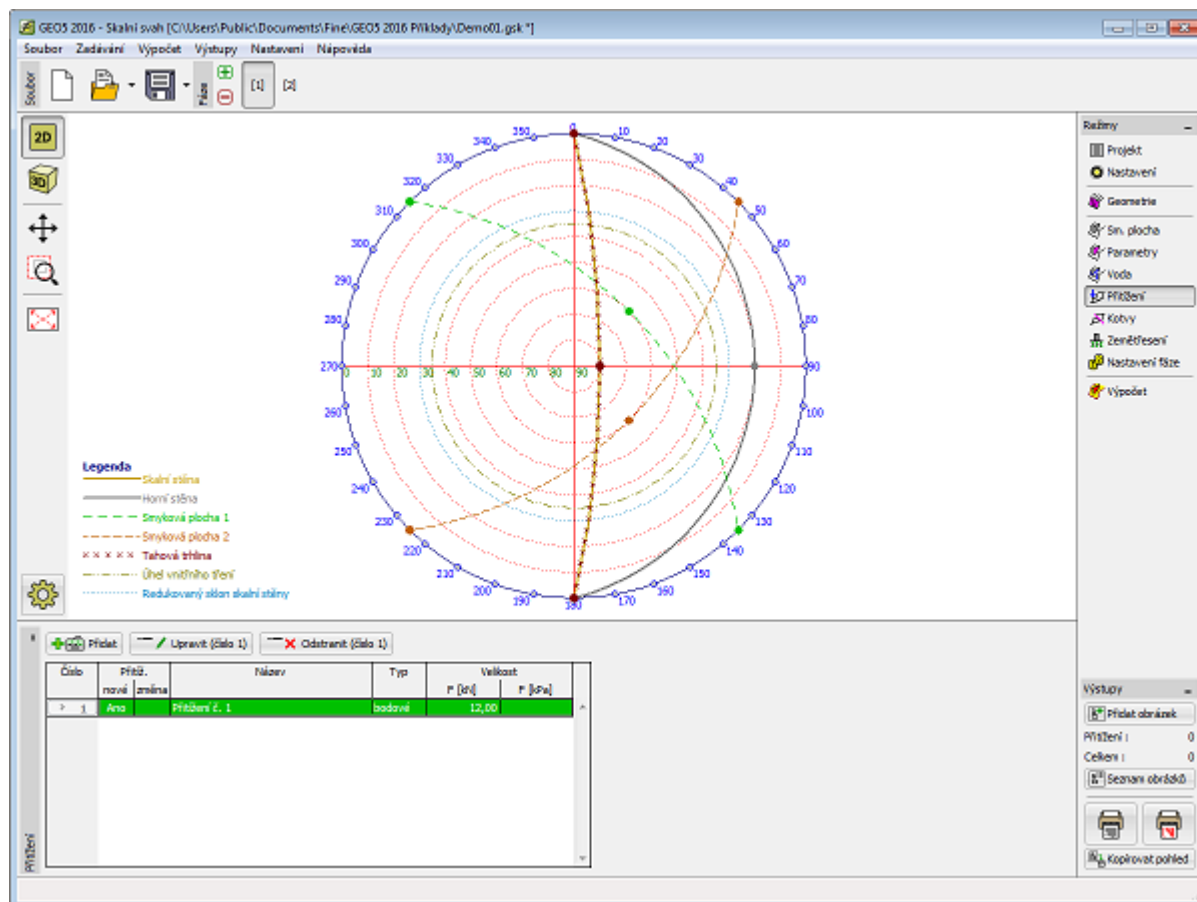
Rám "Přetížení" obsahuje tabulku se seznamem zadanych přetížení. Přidání přetížení se provádí v dialogovém okně "Nové přetížení".

Síly od přetížení jsou do výpočtu stability horninového klínu zavedeny pomocí rozkladu působících sil.

Geometrie klínu je na desktopu vykreslena pomocí 3D zobrazení, nebo stereografické projekce.



Rám "Přetížení" - horninový klín - 3D zobrazení



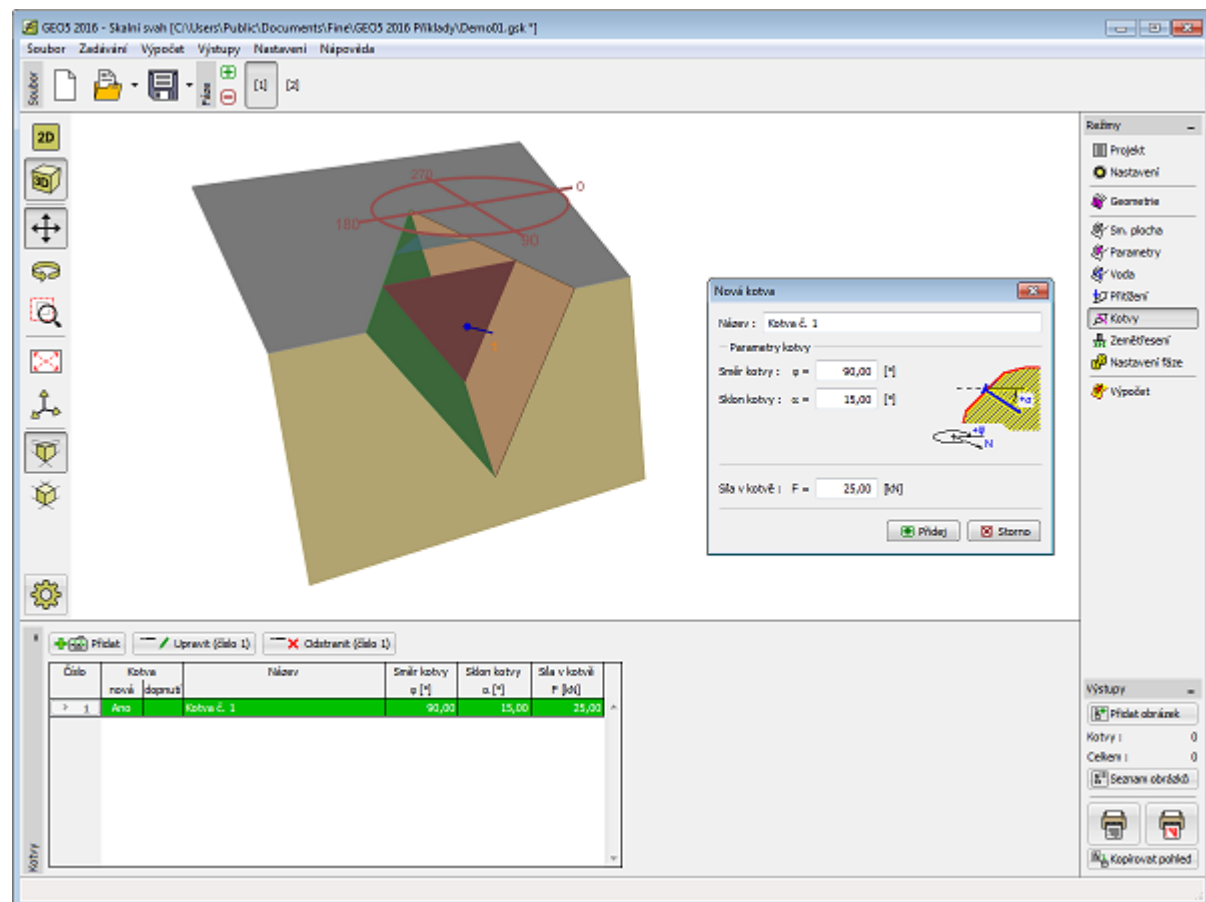
Rám "Přítížení" - horninový klín - stereografická projekce

Kotvy - horninový klín

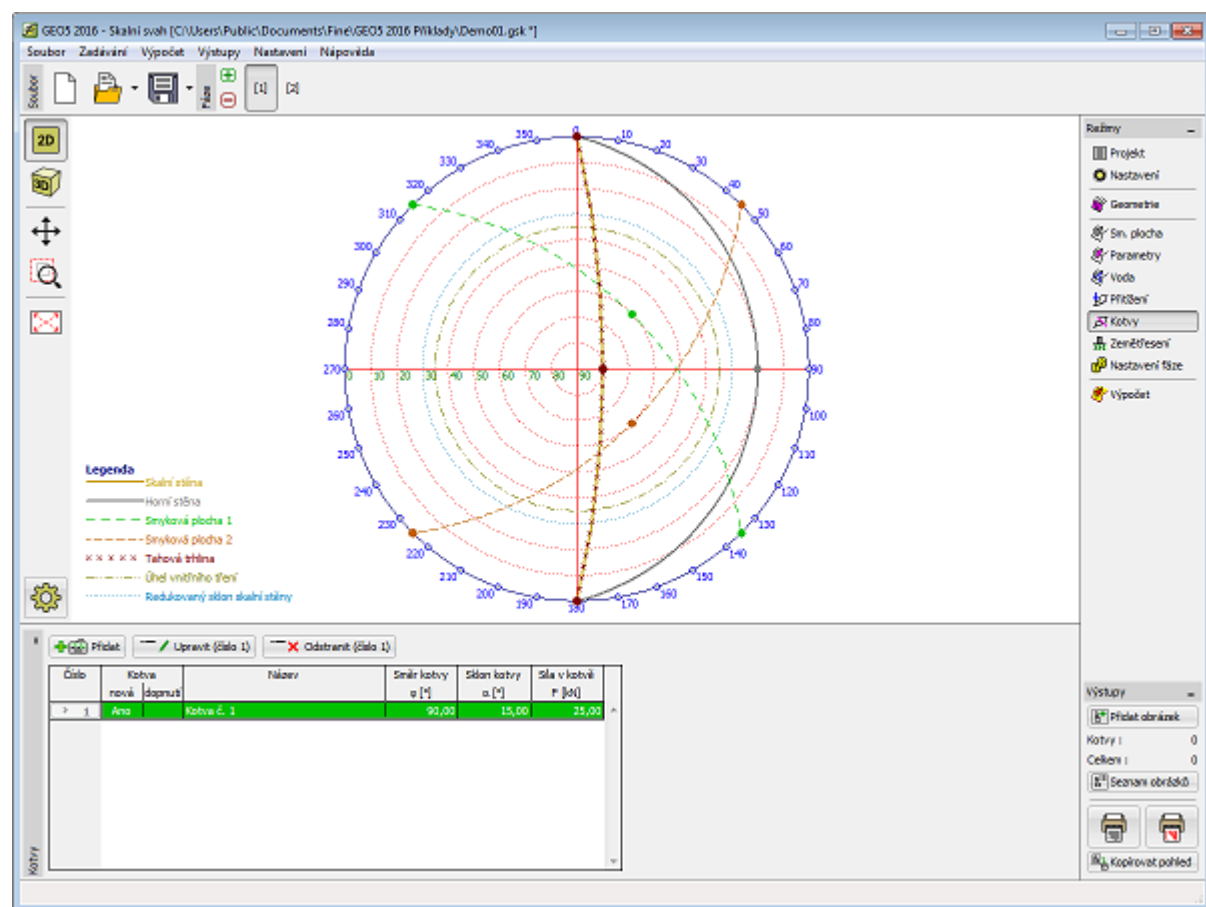
Rám "Kotvy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kotev. Přidání kotev se provádí v dialogovém okně "Nová kotvy".

Síly od kotev jsou do výpočtu stability horninového klínu zavedeny pomocí rozkladu působících sil.

Geometrie klínu je na desktopu vykreslena pomocí 3D zobrazení, nebo stereografické projekce.



Rám "Kotvy" - horninový klín - 3D zobrazení



Rám "Kotvy" - horninový klín - stereografická projekce

Výpočet - horninový klín

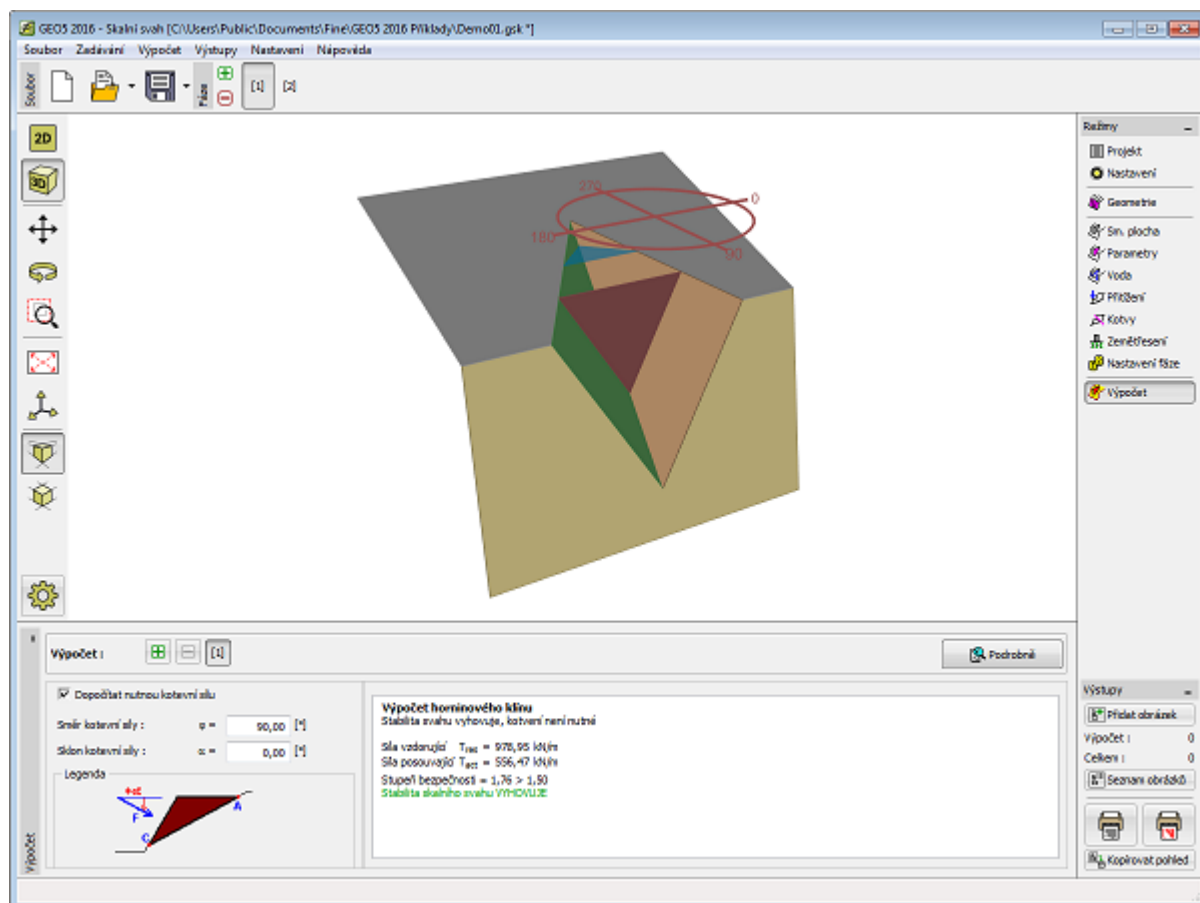
V rámu "Výpočet" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**.

Posouzení skalního svahu, který je uvažovaný jako **horninový klín**, lze provést podle zvolené **metodiky posouzení** v závislosti na zadání v rámu "Nastavení". Výsledky **výpočtu** jsou zobrazeny v rámu v dolní části desktopu.

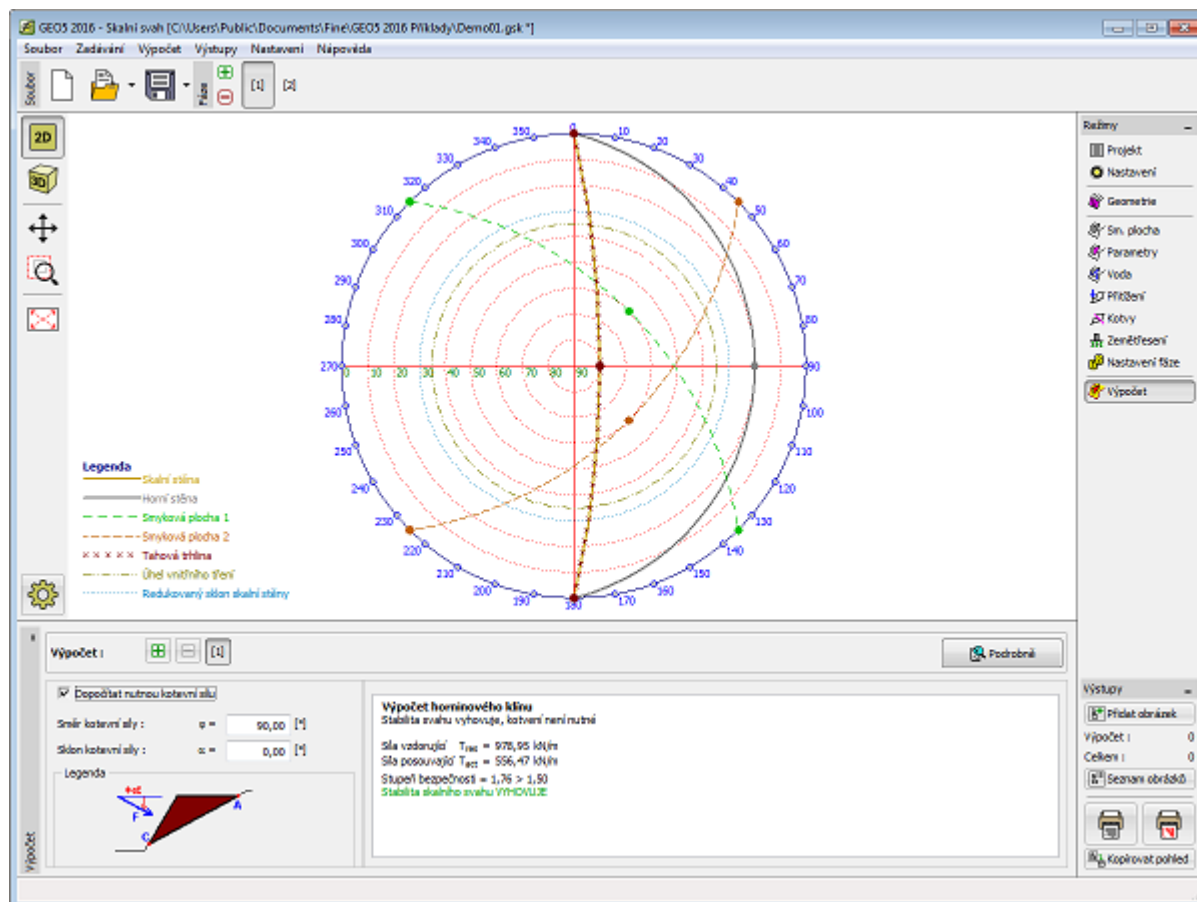
Program v tomto rámu umožňuje dopočítat **nutnou kotevní sílu** tak, aby byl dosažen požadovaný stupeň bezpečnosti. V tomto případě je nutné zatrhnout tlačítko "**Dopočítat nutnou kotevní sílu**" a zadat sklon kotevní síly od vodorovné a směr kotevní síly.

Geometrie klínu je na desktopu vykreslena pomocí **3D zobrazení**, nebo **stereografické projekce**.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Výpočet" - horninový klín - 3D zobrazení



Rám "Výpočet" - horninový klín - stereografická projekce

Program Vyztužené náspy

Program je určen k návrhu a posouzení prefabrikovaných zdí, svahů a náspů stabilizovaných geovýtztuhami.

Nápověda k programu "Vyztužené náspy" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Geometrie	Materiál	Typy výztuh	Vyztužení (bloky)	Vyztužení
Profil	Zeminy	Přirazení	Terén	Voda (bloky)	Voda	Přetížení
Odpor na líci	Zadané síly	Zemětřesení	Nastavení fáze	Posouzení	Dimenzování	Únosnost
Posunutí po výztuze	Vnitřní stabilita	Globální stabilita	Stabilita svahu			

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "Vyztužené náspy":

Napětí v zemině	Zemní tlaky	Výpočty zdí	Stabilita svahu	Vyztužené náspy
-----------------	-------------	-------------	-----------------	-----------------

- Informace k výstupům

- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5

- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

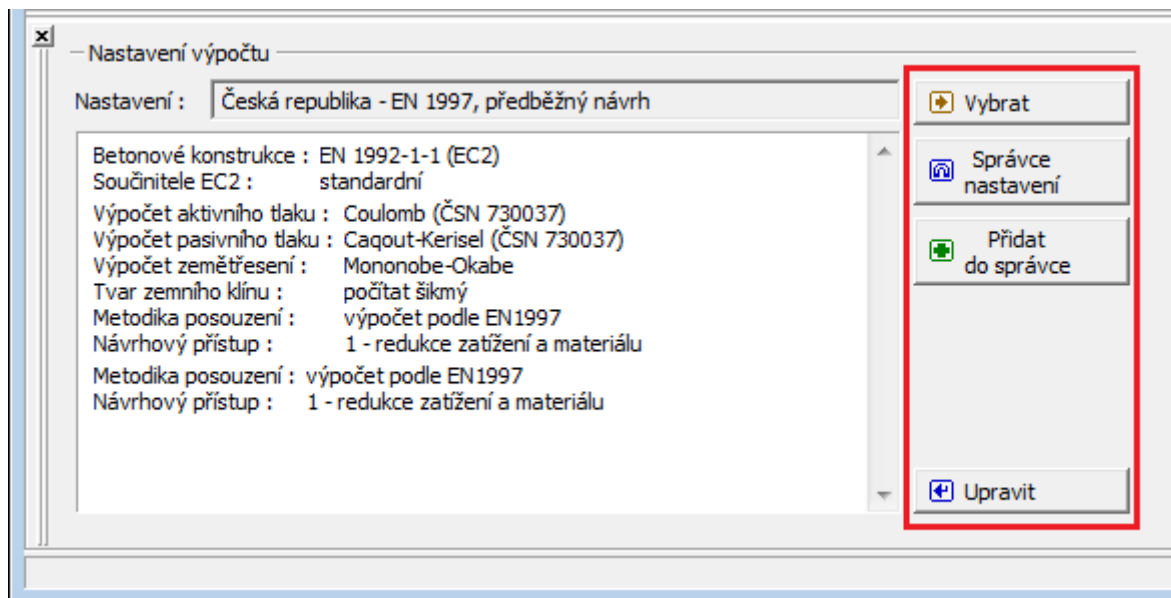
Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "Správce nastavení" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**", "**Výpočet zdí**" a "**Stabilitní výpočty**".



Rám "Nastavení"

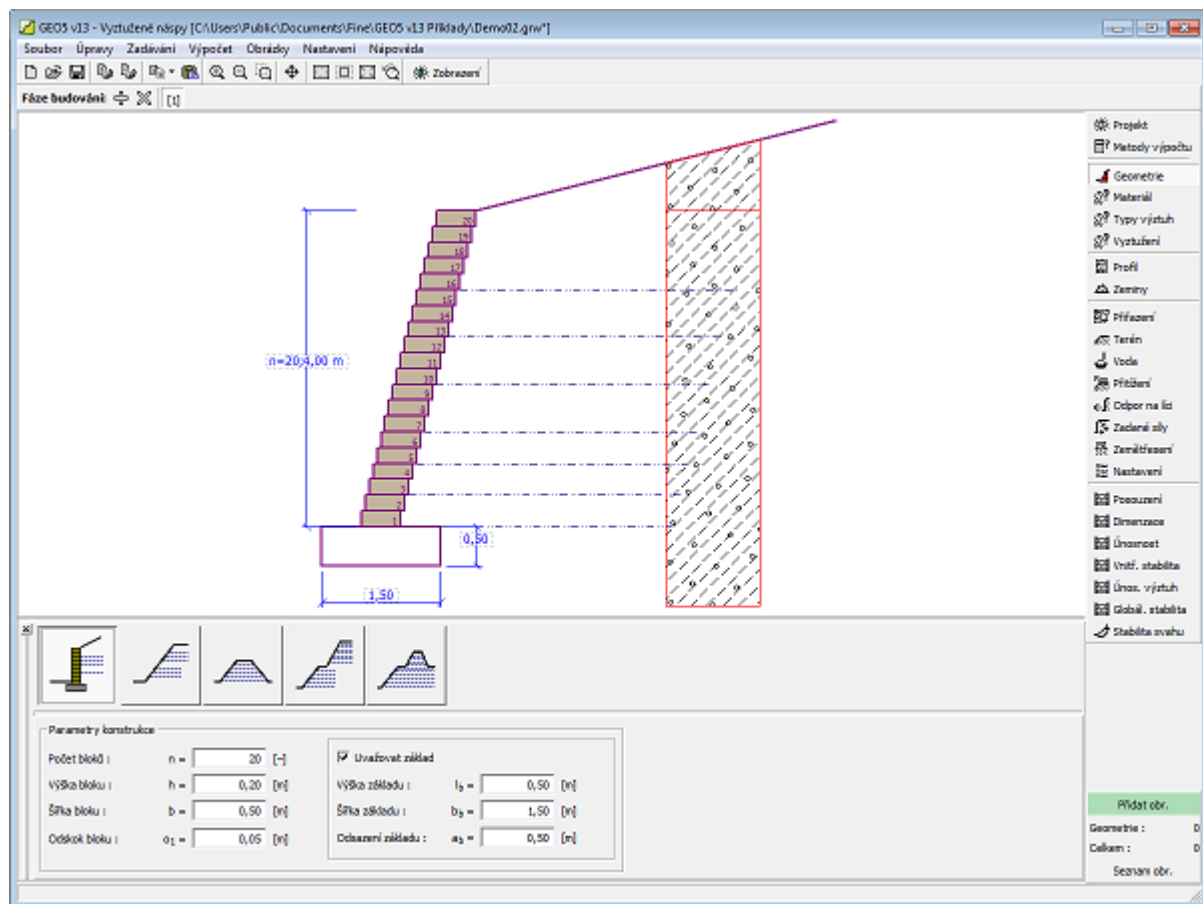
Geometrie

V rámu "Geometrie" se stiskem tlačítka volí tvar vyztuženého náspu nebo zdi. Tvar zdi lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

U prvního typu geometrie (zeď) lze zadat **základ**, u ostatních typů (náspy) program umožňuje zadání **krytu**. Zvolený typ geometrie ovlivňuje vzhled dalších ráků a jejich zadávání (voda, přitížení, vyztužení). Pro jednotlivé typy geometrie jsou dostupná následující **posouzení**:

Typ geometrie	Posouzení
1 zeď s možností zadání základu	posouzení, dimenzování, únosnost, vnitřní stabilita, únosnost výztuh, globální stabilita, stabilita svahu
2 jednostranný svah	posouzení, únosnost, vnitřní stabilita, globální stabilita, stabilita svahu
3 oboustranný svah	globální stabilita, stabilita svahu
4 jednostranný svah členěný lavičkami	posouzení, únosnost, vnitřní stabilita, globální stabilita, stabilita svahu
5 oboustranný svah členěný lavičkami	globální stabilita, stabilita svahu

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



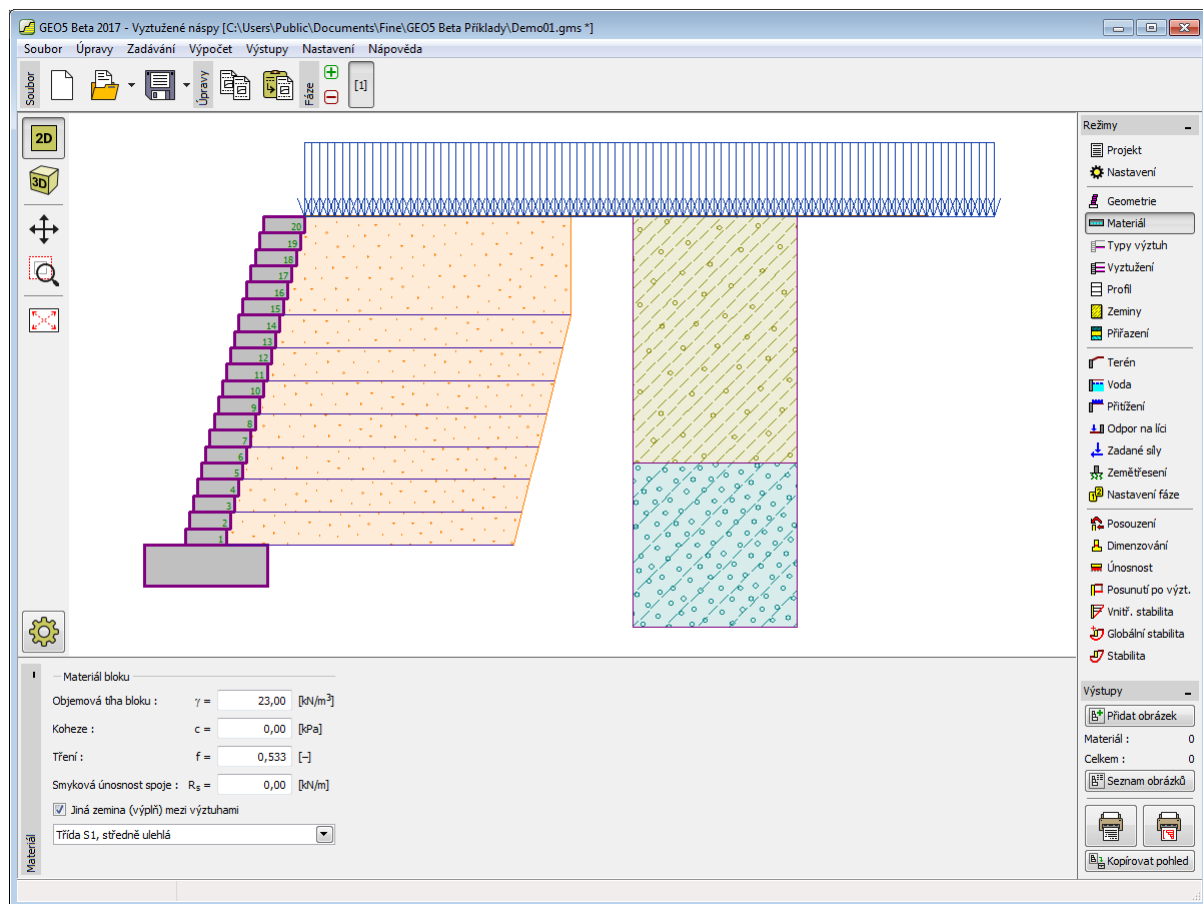
Rám "Geometrie"

Materiál

V rámu "Materiál" se volí charakteristiky použitého materiálu bloků, popř. krytu. Zadáání materiálů se liší podle zvoleného typu "Geometrie". Pro první typ geometrie (konstrukce s bloky) se zadává objemová tíha bloků γ , koheze c , tření f a smyková únosnost spoje R_s [kN/m].

Pro ostatní typy geometrie (konstrukce bez bloků) lze uvažovat kryt, u kterého se zadává objemová tíha γ a smyková únosnost R_s [kPa].

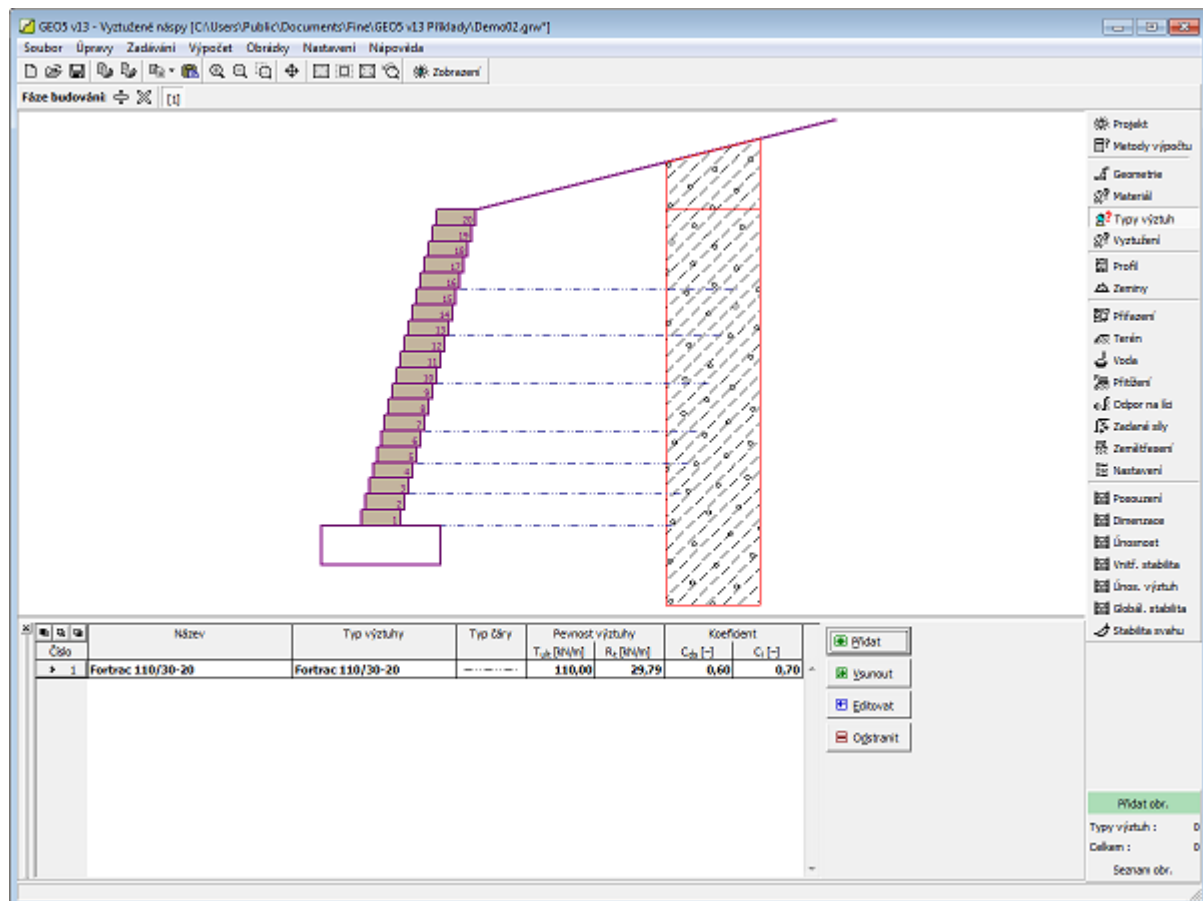
Pokud se zemina mezi výztuhami oproti zemině přiřazené do geologického profilu liší, pak lze tuto zeminu zadat pomocí volby "Jiná zemina (výplň) mezi výztuhami". Následně se v rozbalitelném seznamu vybere daný typ zeminy, který se uvažuje mezi výztuhami (rozbalitelný seznam obsahuje zeminy zadane v režimu "Zeminy").



Rám "Materiál"

Typy výztuh

Rám "Typy výztuh" obsahuje tabulku se seznamem zadanych geovýztuh a jejich charakteristik (dlouhodobá pevnost výztuhy a koeficienty spolupůsobení). Přidání typu výztuhy se provádí v dialogovém okně "Nový typ výztuhy".



Rám "Typy výztuh"

Přidání a editace typu výztuhy

Dialogové okno "Nový typ výztuhy (Editace typu výztuhy, Vsunutý typ výztuhy)" obsahuje následující části:

- | | |
|--|---|
| Výrobní řada a typ výztuhy | • z rozbalitelného seznamu lze vybrat výrobní řadu výztuh a pro ní typ výztuhy z databáze, příp. umožňuje zadat vlastní "uživatelský" typ výztuhy |
| Krátkodobá charakteristická pevnost | • hodnotu pevnosti lze měnit pouze u výztuh uložených přes "Uživatelský katalog" |
| Výpočet dlouhodobé pevnosti | • z rozbalitelného seznamu lze vybrat způsob výpočtu dlouhodobé pevnosti: "zadat redukční součinitele" (přímé zadání součinitelů), "dopočítat redukční součinitele" (součinitele jsou dopočteny podle zvolené životnosti výztuhy, <i>Ph</i> zeminy a velikosti zrn) nebo "zadat pevnost" (zadáva se již zredukováná dlouhodobá pevnost) |
| Redukční součinitele | • hodnoty součinitelů redukujících krátkodobou tahovou pevnost výztuhy - mohou být přímo zadány nebo dopočteny podle zvolených možností z rozbalitelných seznamů (životnost, chemismus, velikost zrn) |
| Celkový součinitel nejistoty modelu | • zadává se hodnota součinitele redukujícího krátkodobou pevnost výztuhy |
| Dlouhodobá návrhová pevnost | • vypočtená hodnota dlouhodobé tahové pevnosti |
| Únosnost na usmyknutí | • "Součinitel přímého posunutí po výztuze" lze zadat přímo nebo dopočítat podle typu zeminy |
| Únosnost na vytržení | • "Součinitel interakce zeminy a geovýztuhy" lze zadat přímo nebo dopočítat podle typu zeminy |
| Únosnost spoje | • lze zadat přímo nebo dopočítat v závislosti na velikosti normálové síly mezi bloky:
$R_{con} = R_{con,min} + N \cdot \tan \alpha \leq R_{con,max}$ |

Tlačítko "Uživatelský katalog" v dolní části okna otevírá dialogové okno "Uživatelský katalog".

Editace typu výztuhy 1

Název : Fortrac 20/13-20/30 MPT

Výrobní řada : Fortrac MPT

Typ výztuhy : Fortrac 20/13-20/30 MPT

— Tahová pevnost —

Krátkodobá char. pevnost : $T_{ult} = 20,00$ [kN/m]

Výpočet dlouhodobé pevnosti R_k : dopočítat redukční součinitele

Životnost : 120 let $R_{FCR} = 1,40$ [-]

Chemismus : pH 4.0-10.0 $R_{FD} = 1,00$ [-]

Velikost zrn : $D_{90} \leq 32$ mm $R_{FD} = 1,25$ [-]

Celk. souč. nejistoty modelu : $FS_{UNC} = 1,50$ [-]

Dlouhodobá návrhová pevnost $R_k = 7,62$ kN/m

— Únosnost na usmyknutí —

Součinitel přímého posunutí po výztuze : $C_{ds} = 0,60$ [-]

— Únosnost na vytržení —

Součinitel interakce zeminy a geovýztuhy : $C_i = 0,70$ [-]

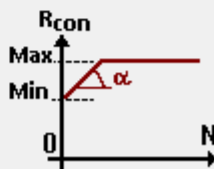
— Únosnost spoje —

dopočítat

Výpočtová pevnost spoje : $R_{con,min} = 5,00$ [kN/m]

Výpočtová pevnost spoje : $R_{con,max} = 12,00$ [kN/m]

Úhel : $\alpha = 20,00$ [°]



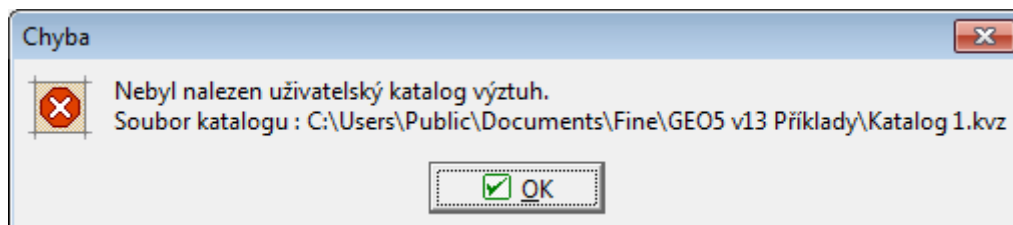
Uživ. katalog OK + ↑ OK + ↓ OK Storno

Dialogové okno "Nový typ výztuhy"

Uživatelský katalog

Uživatelský katalog umožňuje definovat a ukládat vlastní typy výztuh a jejich materiálové charakteristiky. Při prvním spuštění katalogu (ještě není vytvořen) program upozorní, že nebyl nalezen a po potvrzení tlačítkem "OK" otevře dialogové okno na "Uložit jako". Zadáme jméno katalogu a umístění a tlačítkem "Uložit" ho uložíme (implicitně je nastaveno ukládání do adresáře, kam program ukládá data úlohy).

Program umožňuje založit více uživatelských katalogů. Další katalog lze založit pomocí tlačítka "Nový" - program se dotáže, zdali chceme stávající katalog nahradit (**aktuálně načtený katalog se NESMAŽE!**) a uloží nový katalog pod novým jménem. Tlačítkem "Otevřít" můžeme načíst kterýkoliv uživatelský katalog a tlačítkem "Uložit jako" lze katalog uložit pod jiným jménem.



Dialogové okno při prvním spuštění uživatelského katalogu výztuh

Dialogové okno "**Uživatelský katalog**" obsahuje **tabulku** se seznamem výztuh. Tlačítko "**Přidat**" otevírá dialogové okno "**Nový typ výztuhy**", ve kterém lze definovat a uložit charakteristiky nové výztuhy. Pomocí tlačítek "**Upravit**" a "**Odstranit**" lze seznam v tabulce editovat.

Tlačítko "**Převzít**" převezme aktuální charakteristiky výztuhy z dialogového okna "**Nový typ výztuhy**" a otevře dialogové okno "**Nový typ výztuhy**", ve kterém je lze upravit a uložit.

The screenshot shows the 'Uživatelský katalog' dialog box. At the top, there are buttons for 'Nový...', 'Otevřít...', and 'Uložit jako...'. Below is a table titled 'Průřez' with columns: Číslo, Název, Typ výztuhy, Typ čáry, Pevnost výztuhy (T_{ult} [kN/m], R_t [kN/m]), and Koeficient (C_{ds} [-], C_i [-]). The table contains one entry: 1, Tensar 160RE, Tensar 160RE, —, 173,00, 0,90, 0,90.

On the right side, there are buttons: 'Přidat', 'Upravit', 'Odstranit', and 'Převzít'.

The 'Nový typ výztuhy' sub-dialog is open, showing fields for:

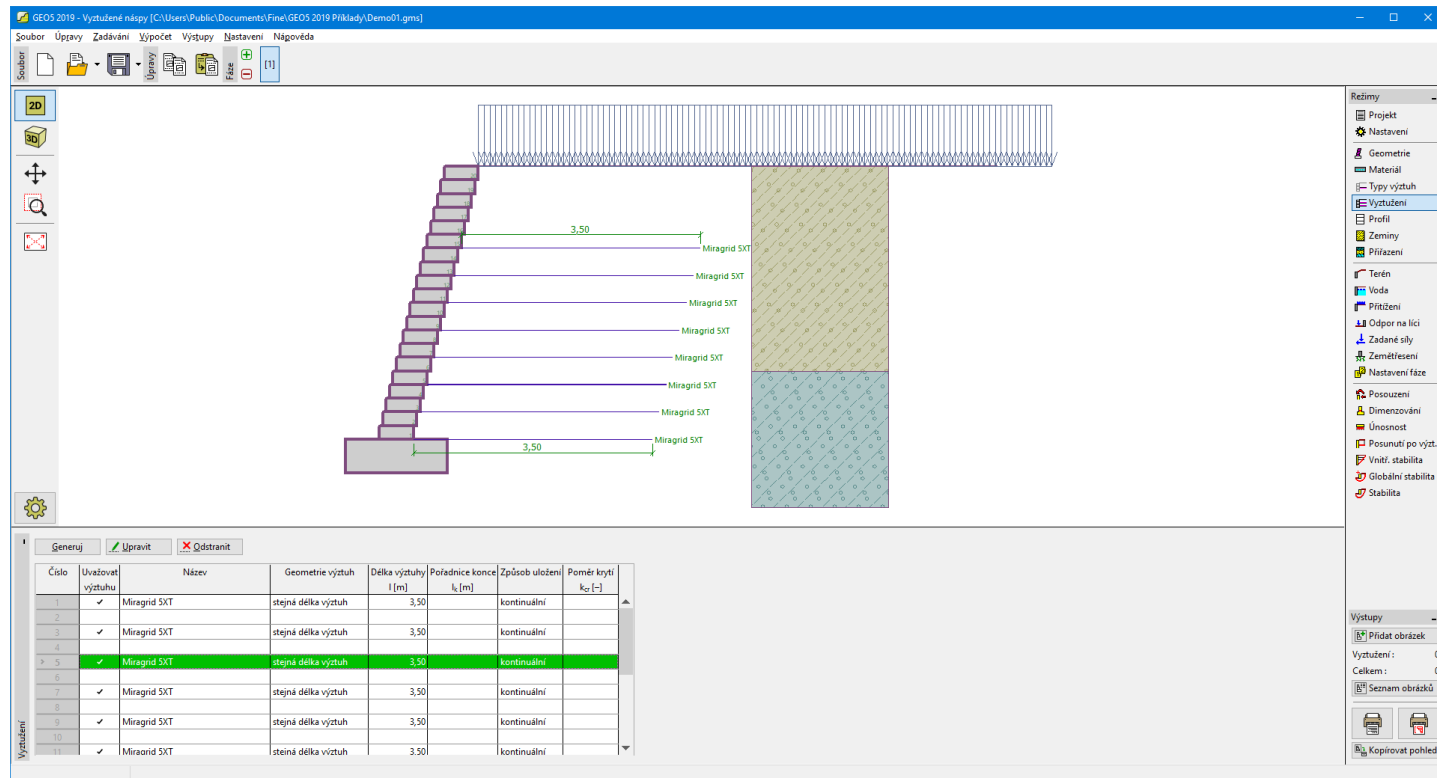
- Název: uživatelská
- Typ výztuhy: uživatelská
- Tahová pevnost:
 - Krátkodobá char. pevnost: T_{ult} = [] [kN/m]
 - Výpočet dlouhodobé pevnosti R_t: [zadat pevnost]
 - Dlouhodobá návrh. pevnost: R_t = [] [kN/m]
- Únosnost na usmyknutí:
 - Součinitel přímého posunutí po výztuze: [zadat]
 - C_{ds} = 0,60 [-]
- Únosnost na vytržení:
 - Součinitel interakce zemina a geovýztuhy: [zadat]
 - C_i = 0,70 [-]

 At the bottom of the sub-dialog are buttons 'Přidej' and 'Storno'.

Dialogové okno "Uživatelský katalog"

Vyztužení

Rám "**Vyztužení**" obsahuje **tabulku** se seznamem geovýztuh a jejich geometrií.



Rám "Vyztužení"

Tlačítko **"Generuj"** otevírá **dialogové okno "Generace"**, ve kterém lze nastavit automatické parametry vygenerování skupiny výztuh. Geovýztuhy mohou být umístěny pouze ve spárách mezi bloky (zaškrtnutím volby **"Uvažovat výztuhu"**). Dále se zadává typ výztuhy, způsob uložení výztuhy (kontinuální nebo pásová), počáteční a koncový blok, po kolika blocích se výztuha opakuje, geometrie výztuhy (stejná délka výztuh nebo stejné zakončení výztuh). Zadaná vyztužení lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních kót**, resp. **aktivních objektů**.

Tlačítko **"Editovat"** otevírá dialogové okno **"Editace bloku"**, které umožňuje měnit typ výztuhy, její geometrii, popř. je-li výztuha mezi bloky uvažována. Tlačítko **"Odstranit"** odstraní všechny geovýztuhy.

Generace

☒ Uvažovat výztuhu

Počáteční (dolní) blok :

Koncový (horní) blok :

Opakovat po :

Typ výztuhy :

Způsob uložení :

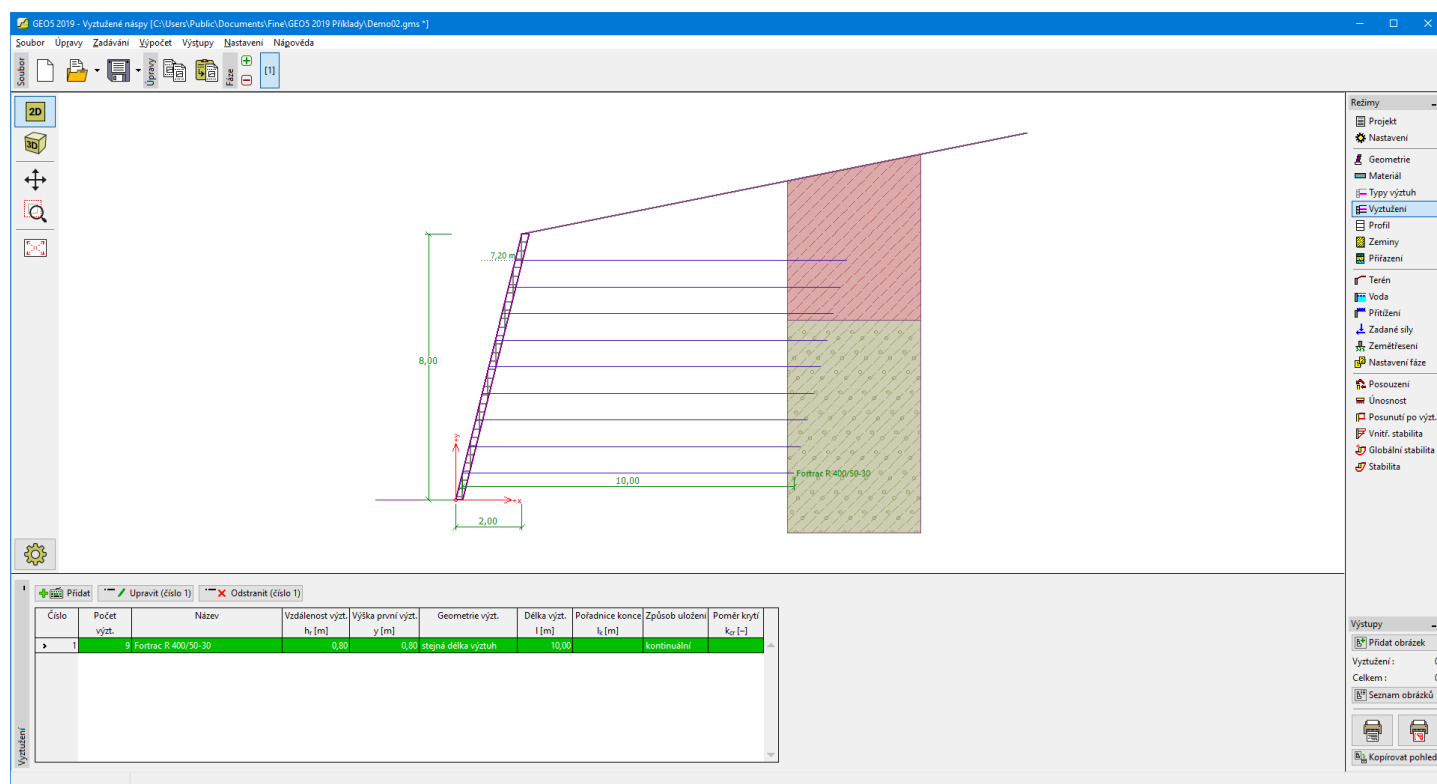
Geometrie výztuh :

Délka výztuhy : l = [m]

Dialogové okno "Generace"

Vyztužení

Rám "Vyztužení" obsahuje **tabulku** se seznamem skupin geovýtuh a jejich geometrií.



Rám "Vyztužení"

Přidání skupiny geovýtuh se provádí v **dialogovém okně "Nové vyztužení"**. Zadaná vyztužení lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních kót**, resp. **aktivních objektů**. Pro každou skupinu výtuh se v dialogovém okně zadává počet výtuh, typ, způsob uložení výtuhy (kontinuální nebo pásová), výška první výtuhy, vzdálenost výtuh a jejich geometrie.

Editace vyztužení 1

Počet výtuh :

Typ výtuhy :

Způsob uložení :

Výška první výtuhy : $y =$ [m]

Vzdálenost výtuh : $h_r =$ [m]

Geometrie výtuh :

Délka výtuhy : $l =$ [m]

OK + ↑ OK + ↓

Dialogové okno "Editace vyztužení"

Profil

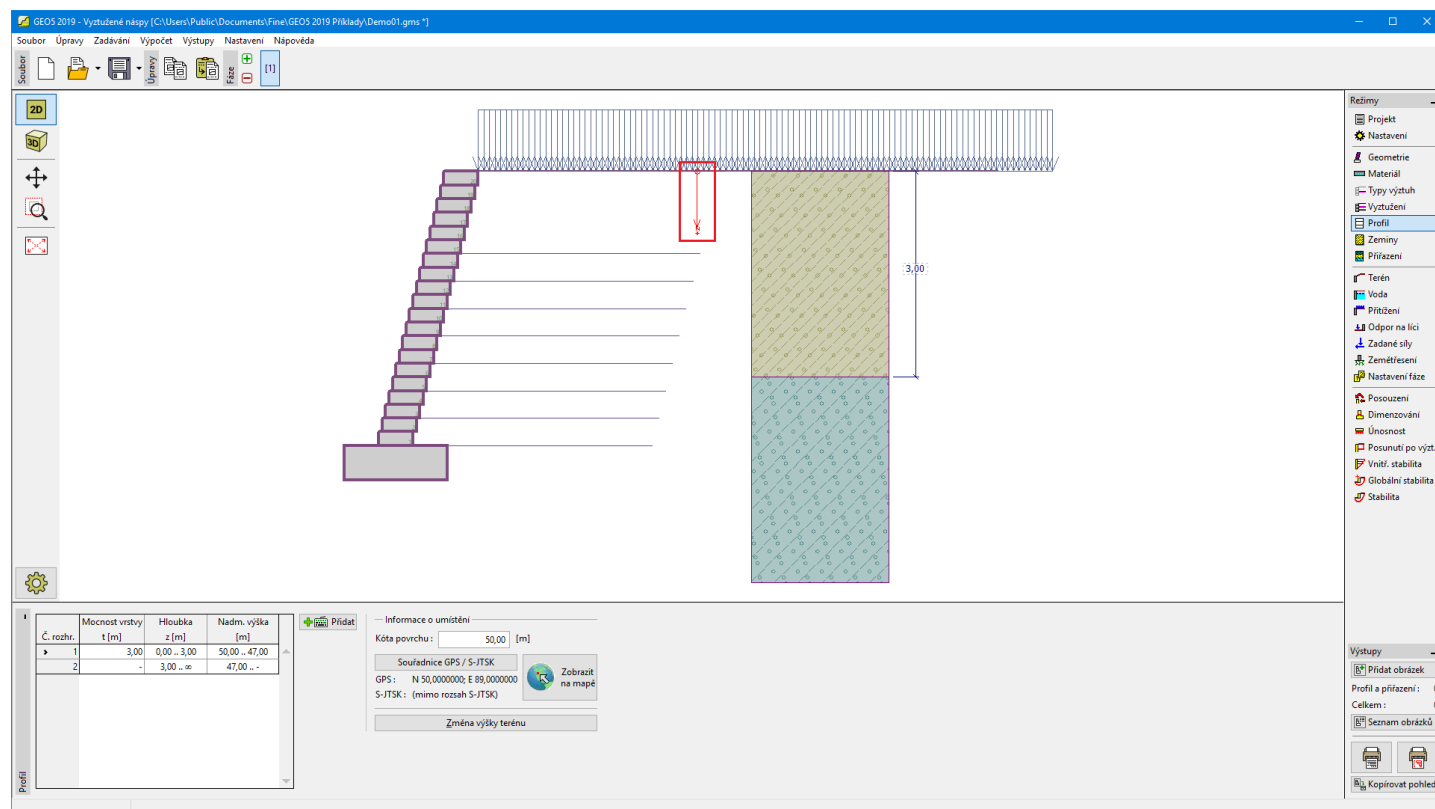
Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrty (t)..

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

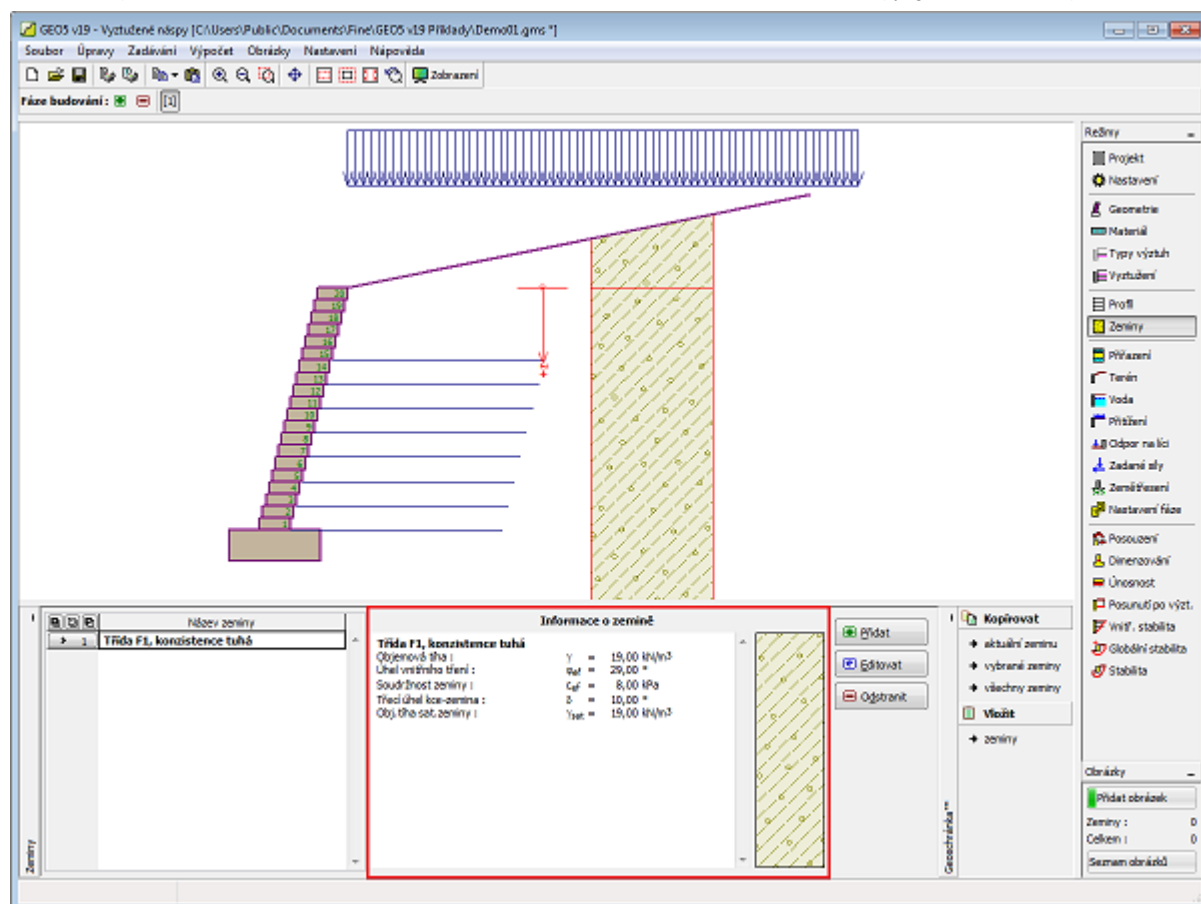
Zeminy

Rám "**Zeminy**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zemín. Vlastností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "**Základní data**" a "**Vztlak**".

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha**, **úhel vnitřního tření** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemin**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemin. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Dále se zde zadává **úhel tření mezi zeminou a konstrukcí**, který závisí na materiálu konstrukce a typu zeminy. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny **tabulce doporučených hodnot**.

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "**Zemní tlaky**".

Přidání nových zemin

Identifikace
Název : Třída F1, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} =$ [°] 26-32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa] 4-12

Třecí úhel kce-zemina : $\delta =$ [°]

Vztlak

Způsob výp.vztaku :

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Barva

Kategorie vzorků

Vzorek

Zatřídění

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).

GEO5 v13 - Vytváření nůpy [C:\Users\Public\Documents\Fine\GEO5 v13 Příklady\Demo02.grw]

Seoubor Úpravy Zadáání Výpočet Obrázky Nastavení Návodní

Fáze budování: [1]

Zeminy

Číslo vrstvy	Tloušťka [m]	Přiřazená zemina
1		Třída F1, konzistence tuhá

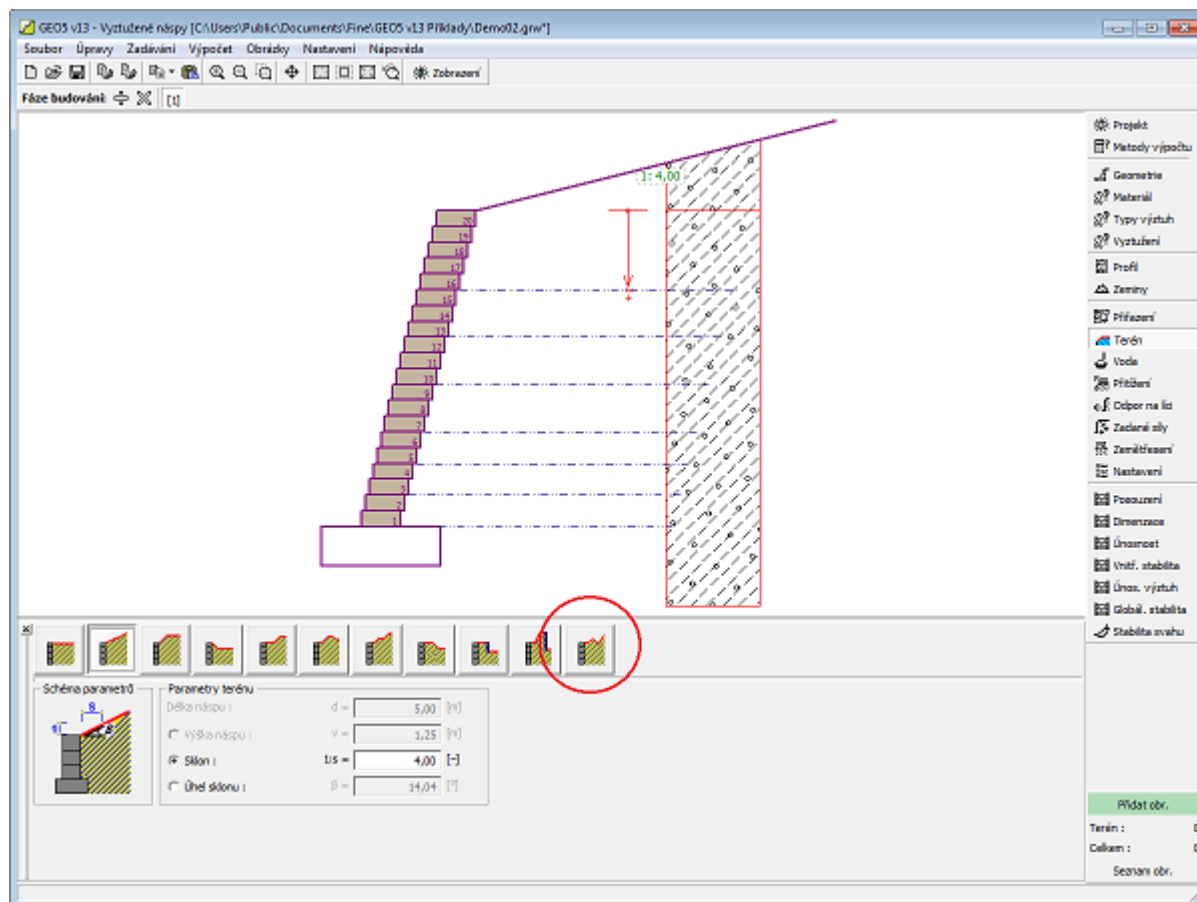
Rám "Přirazení"

Terén

V rámu "Terén" se stiskem tlačítka volí tvar terénu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Poslední volbou v nabídce je obecný tvar terénu. V tomto případě rám obsahuje tabulku se seznamem bodů terénu. První bod terénu se souřadnicí $[0, 0]$ leží na horním bodu konstrukce.

Výpočet zemních tlaků při šikmém terénu je popsán v teoretické části nápovědy "**Průběh zemních tlaků při členitém terénu**".



Rám "Terén"

Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Parametry vody (h_1 , h_2 ...) lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

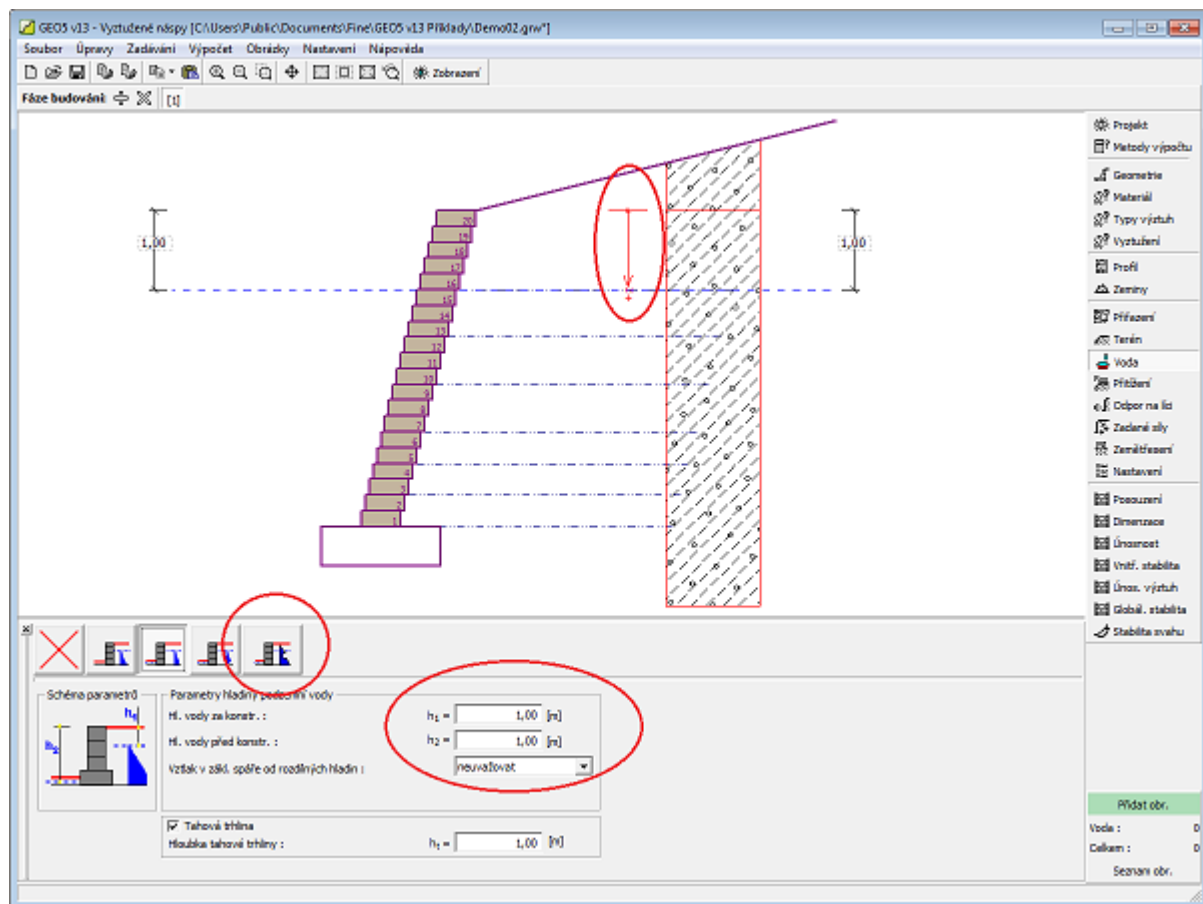
V rozbalitelném seznamu se zadává, zda se předpokládá působení vztlaku vody od rozdílných hladin v základové spáře. Vztlak může být **lineární**, **parabolický** nebo není vůbec uvažován. Vztlak v základové spáře od rozdílných hladin je v posouzení zdi zaveden zvláštní silou.

Poslední volbou je ruční zadání pórového tlaku před i za konstrukcí. V rámu se zobrazí dvě záložky "**Před konstrukcí**" a "**Za konstrukcí**" s **tabulkami**. Do tabulek se zadávají hodnoty pórového tlaku před nebo za konstrukcí v hloubce " z " (viz osa z).

Hladinu vody lze zadat i **nad konstrukcí**, resp. nad zemní profil - v tomto případě zadáme hloubku vody zápornou hodnotou.

Výpočet zemních tlaků s vlivem vody je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv vody**".

Dále program umožňuje zadat hloubku **tahových trhlin** vyplněných vodou.

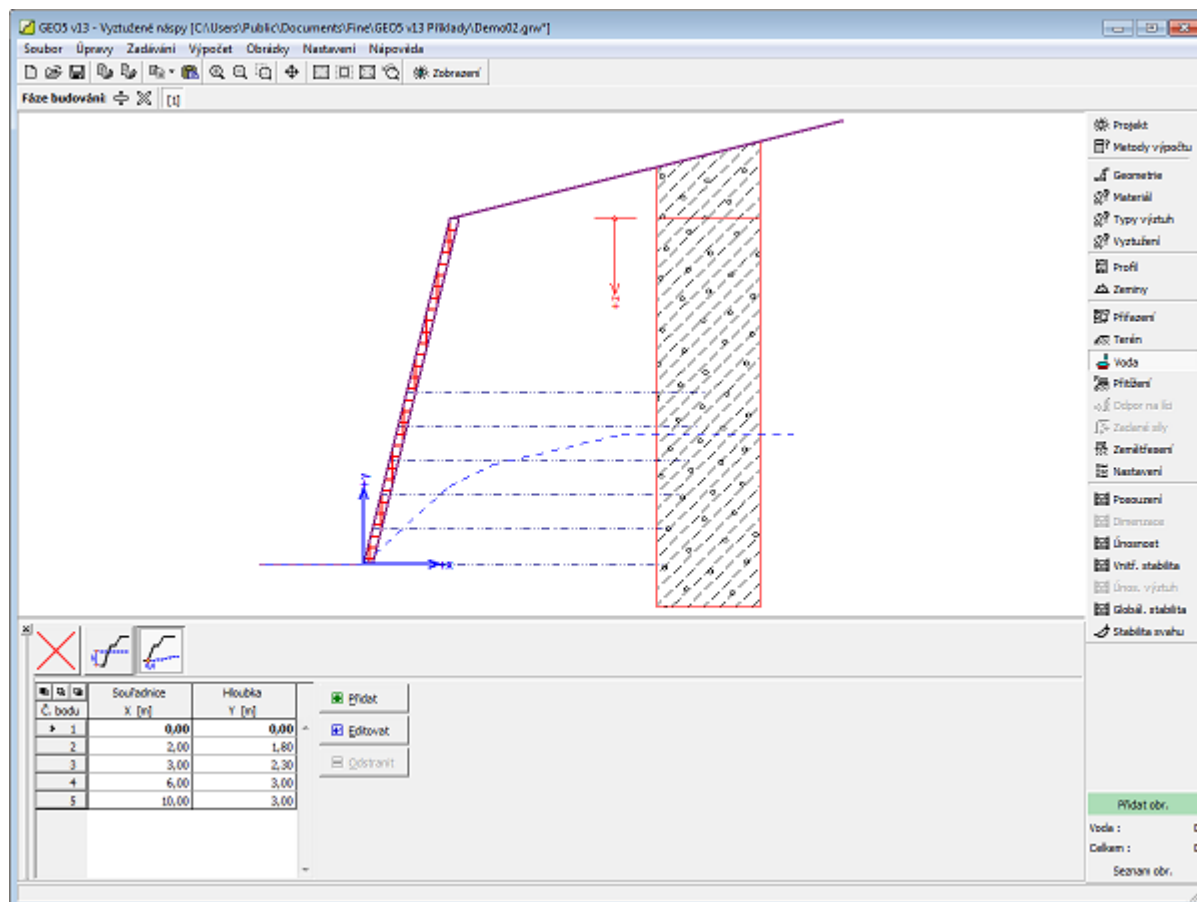


Rám "Voda"

Voda

V rámu "Voda" se stiskem tlačítka volí typ vody. Hladinu podzemní vody lze zadat dvojím způsobem. V prvním případě se zadává výška vodorovné hladiny podzemní vody. Ve druhém případě lze **zadat** libovolný tvar hladiny podzemní vody pomocí souřadnic.

Parametry vody (výška hladiny, souřadnice bodů) lze editovat buď v rámu vložení hodnot do zadávacích polí, na desktopu pomocí **aktivních kót** nebo aktivních objektů.



Rám "Voda"

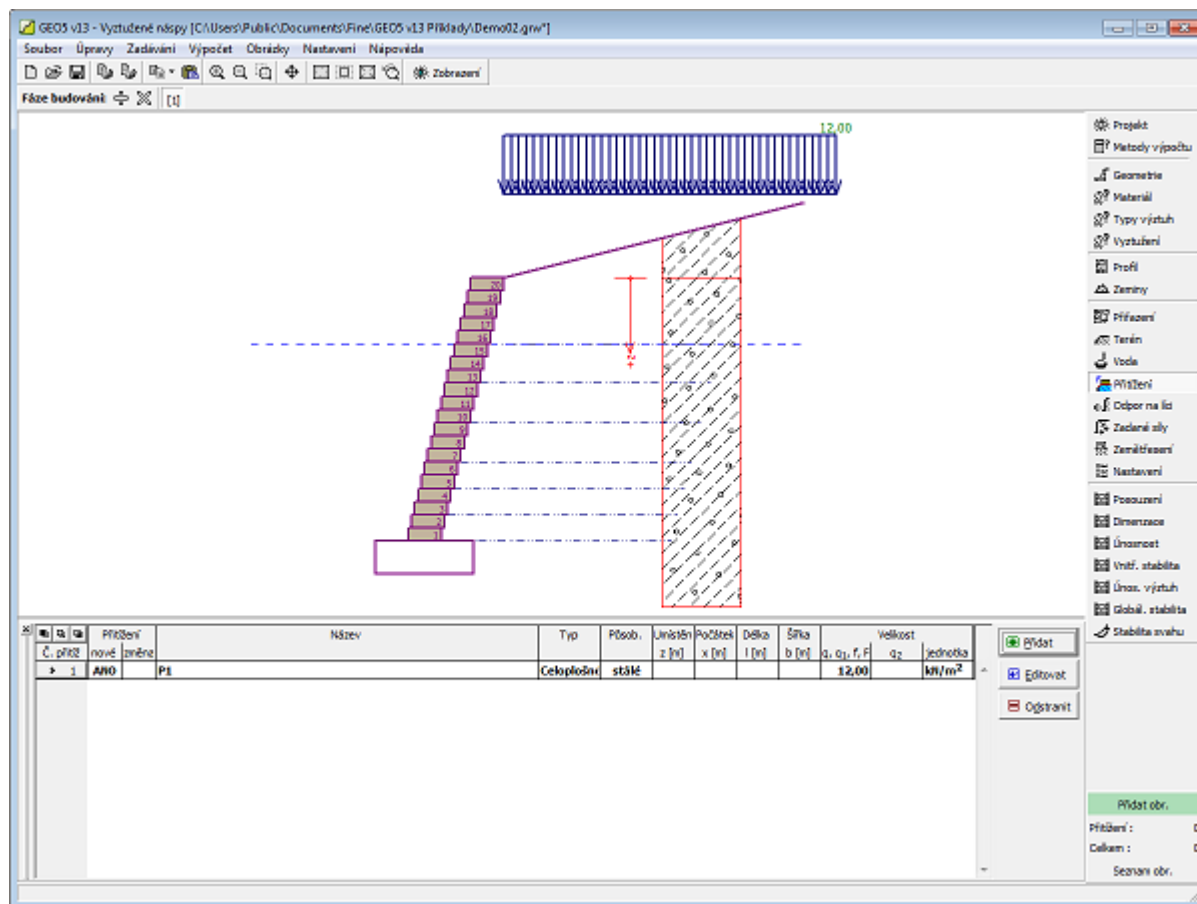
Přítížení

Rám "Přítížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přítížení. Přidání přítížení se provádí v dialogovém okně "Nové přítížení". Zadaná přítížení lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních kót**, resp. **aktivních objektů**.

Při zadání přítížení v hloubce se zadává z -tová souřadnice od horního bodu konstrukce, kladný směr do hloubky. V případě, že přítížení je zadáno mimo terén, program před provedením výpočtu ohlásí chybu.

Přítížení je možno zadat jako **stálé**, resp. **proměnné** nebo **mimořádné**. Podle typu působení přítížení je výsledný účinek přenásoben příslušným výpočtovým koeficientem. Mimořádné přítížení působící příznivě není ve výpočtu uvažováno.

Výpočet zemních tlaků od přítížení je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv přítížení**".



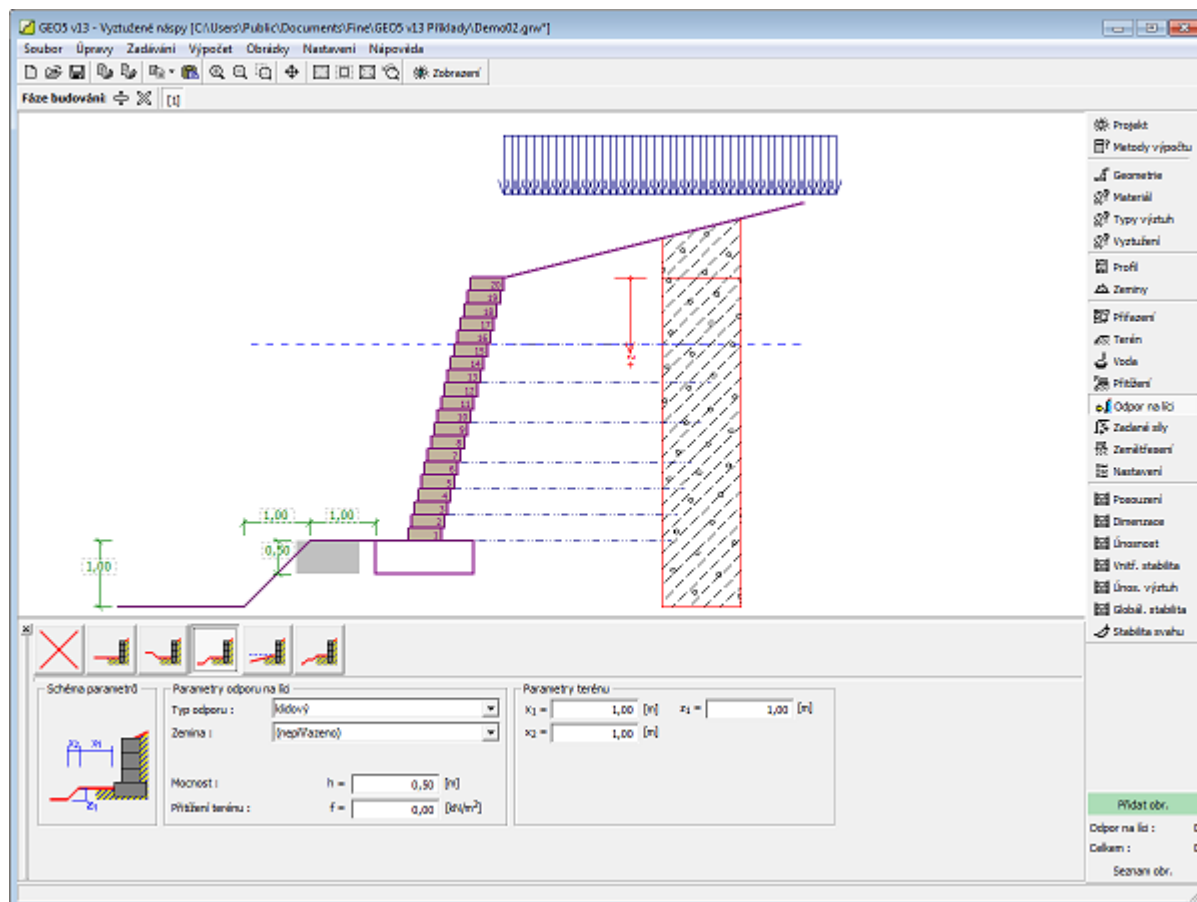
Rám "Přítěžení"

Odpor na líci

V rámu "Odpor na líci" se stiskem tlačítka volí tvar terénu a parametry odporu na líci zdi. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Tvar terénu lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

V rámu lze v rozbalitelných seznamech vybrat typ odporu a zeminy (rozbalitelný seznam obsahuje zeminy zadane v režimu "Zeminy"). V rámu lze také zadat velikost přítěžení terénu před zdí, popř. mocnost zeminy nad nejnižším bodem konstrukce zdi.

Odpor na líci konstrukce může být zadán jako **klidový tlak**, **pasivní tlak** nebo **snížený pasivní tlak**. Výsledná síla od sníženého pasivního tlaku se počítá jako výslednice sil od tlaku v klidu a pasivního tlaku vynásobených příslušným součinitelem podle zadání typu sníženého pasivního tlaku.



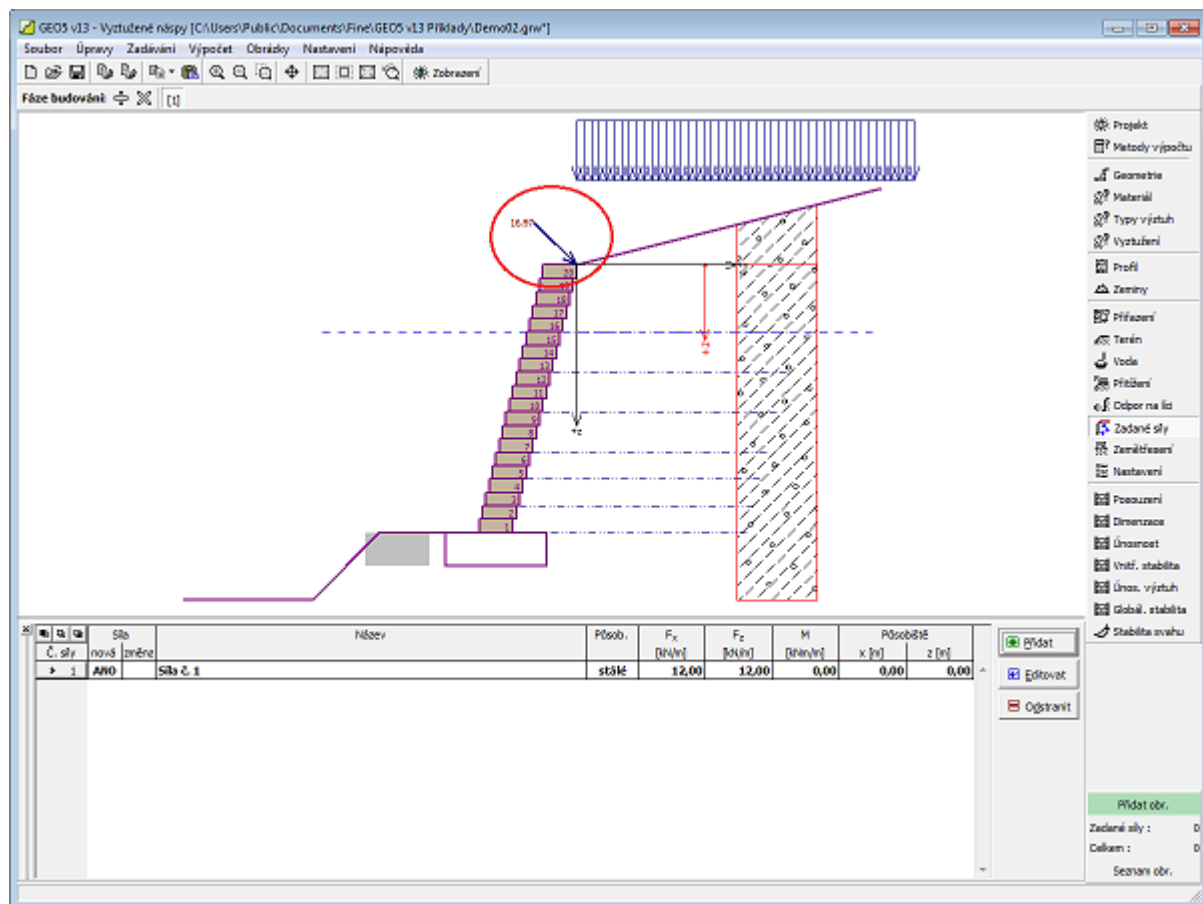
Rám "Odpor na lici"

Zadané síly

Rám "Zadané síly" obsahuje tabulku se seznamem zadaných sil působících na konstrukci. Přidání sil se provádí v dialogovém okně "Nová síla". Zadané síly lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Zadané síly představují přídatné zatížení působící na konstrukci zdi, pažení, respektive vyztuženého náspu. Můžeme jimi modelovat například ukotvení svodidel, náraz vozidla, zatížení od billboardů a reklamních ploch atp. Program takto zadané síly do výpočtu dále nijak neupravuje, s výjimkou přenásobení příslušným koeficientem dle zadaného typu zatížení (EN1997, LRFD).

Vnější zatížení působící na zeminu, resp. na povrch terénu je nutné modelovat jako **přítížení**.



Rám "Zadané síly"

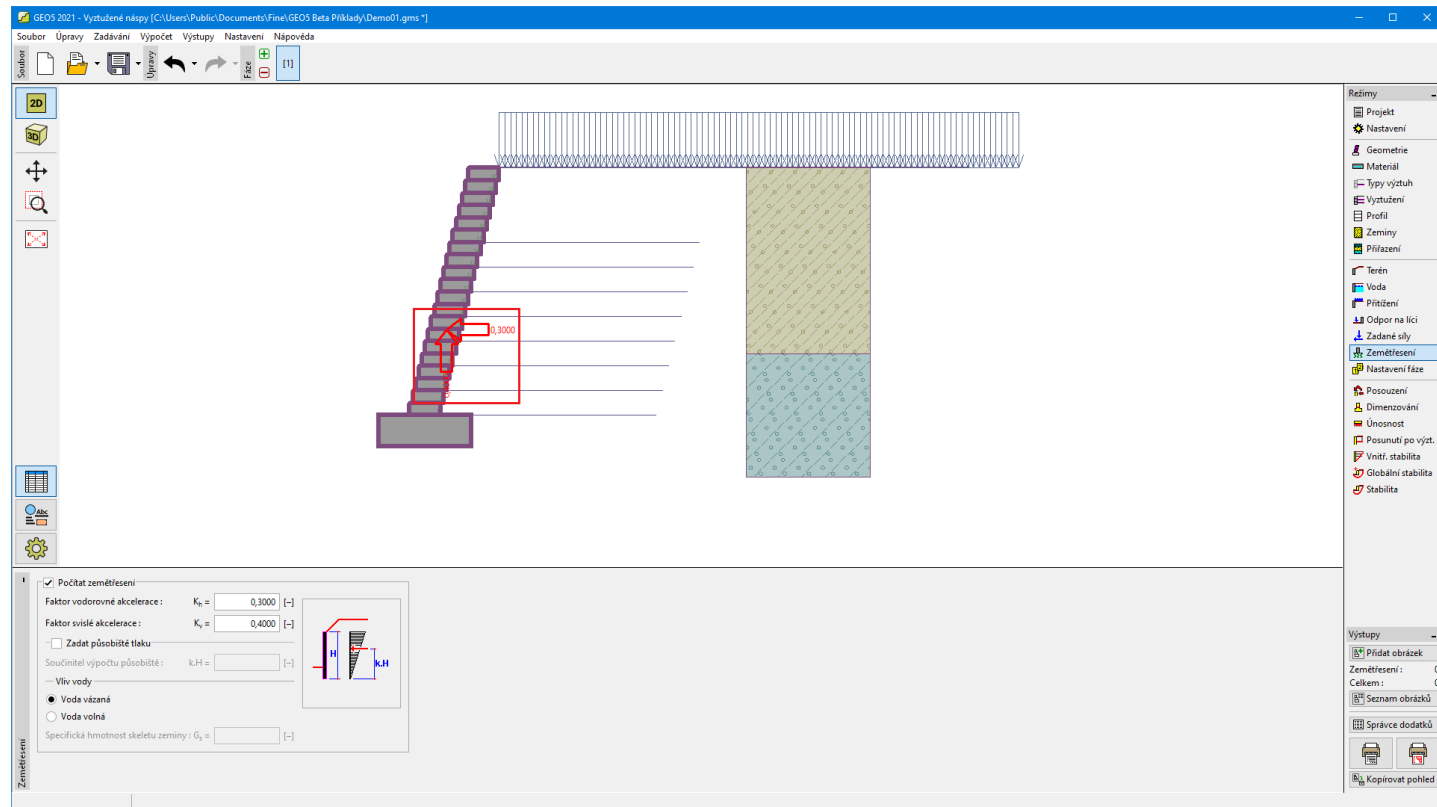
Zemětřesení

V rámu "**Zemětřesení**" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet zemních tlaků s vlivem zemětřesení je popsán v teoretické části nápovědy "**Vliv zemětřesení**".

Při zvolené metodice posouzení LRFD lze také definovat součinitele pro seismické kombinace dle AASHTO.



Rám "Zemětřesení"

Nastavení fáze

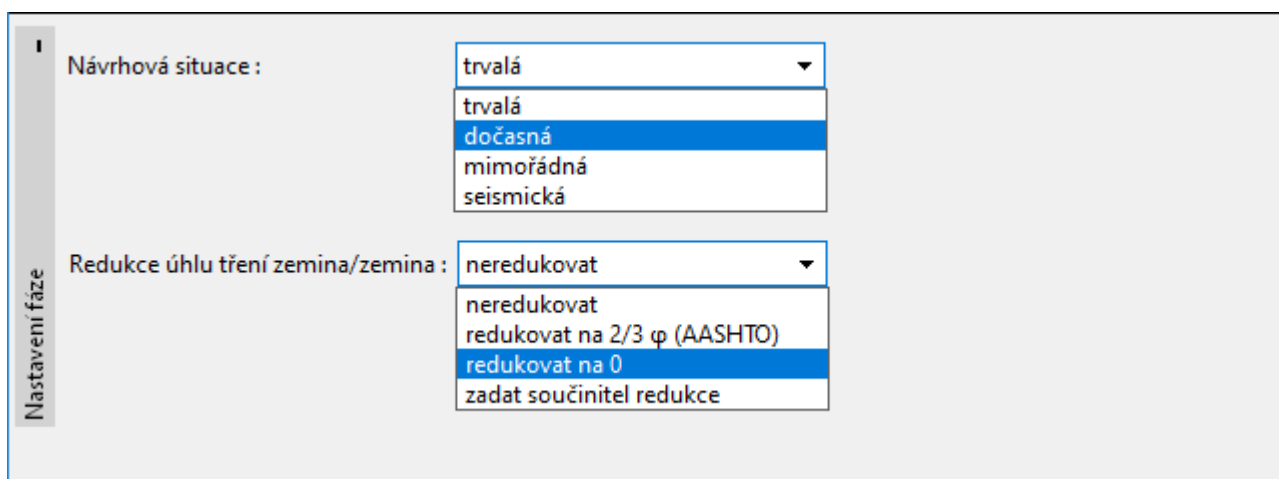
V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.

Redukci **úhlu tření zemina/zemina** lze uvažovat jednou z následujících možností:

- **neredukovat**
- **redukovat na $2/3\phi$ (AASHTO)**
- **redukovat na 0**
- **zadat součinitel redukce**



Rám "Nastavení fáze"

Posouzení

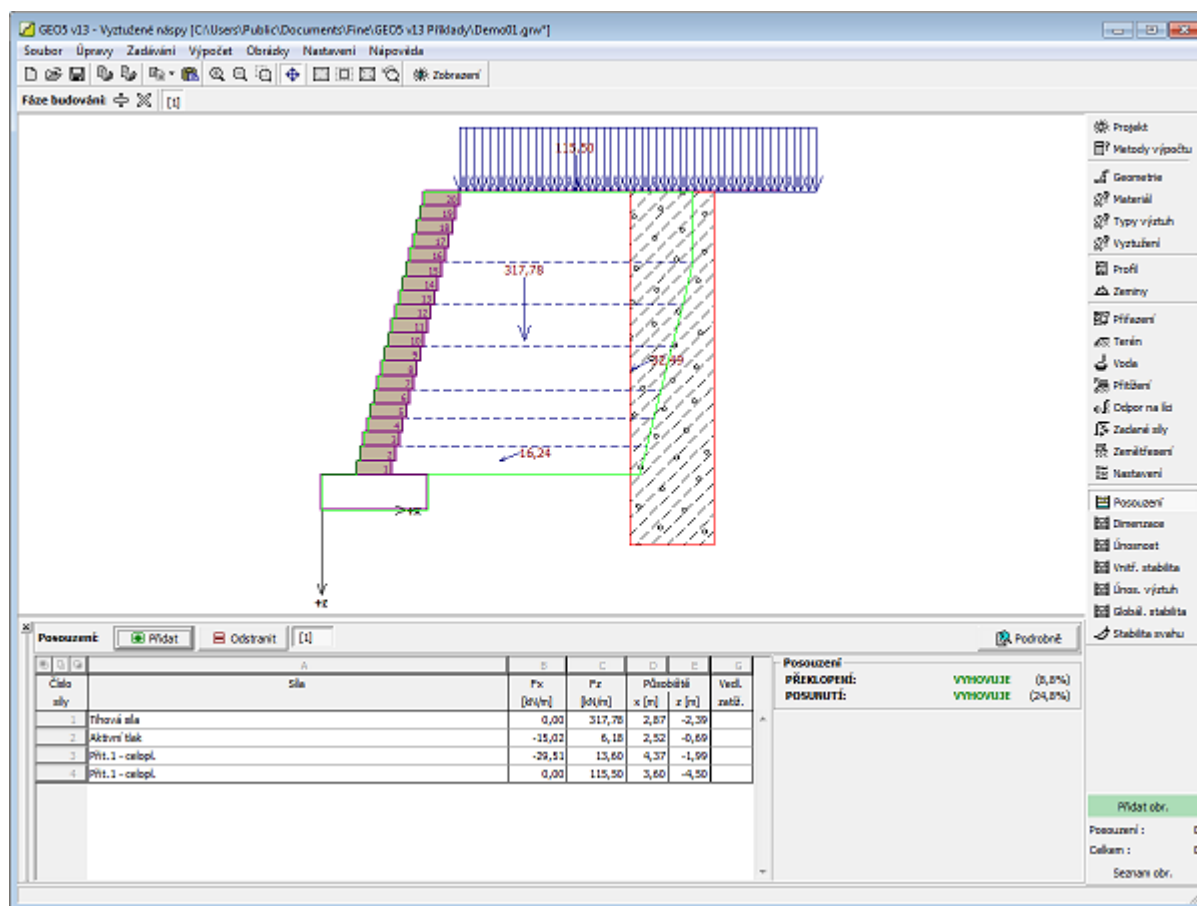
V rámu "Posouzení" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro posouzení vnější stability se vytvoří **fiktivní konstrukce** (zeď), která je poté dále posuzována na **překlopení a posunutí**. Fiktivní zeď je tvořena lícem konstrukce a křivkou, která ohraničuje koncové body geovýtuh. Fiktivní konstrukce je zatížena **aktivním zemním tlakem**. Postup **vlastního posouzení zdi** je popsán v teoretické části nápovědy.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly. Spočtené síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.
- **Výpočet podle BS8006**

Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**. Síly jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat. V pravé části rámu se zobrazuje výsledek posouzení fiktivní zdi na **překlopení** a **posunutí**. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Posouzení"

Dimenzování

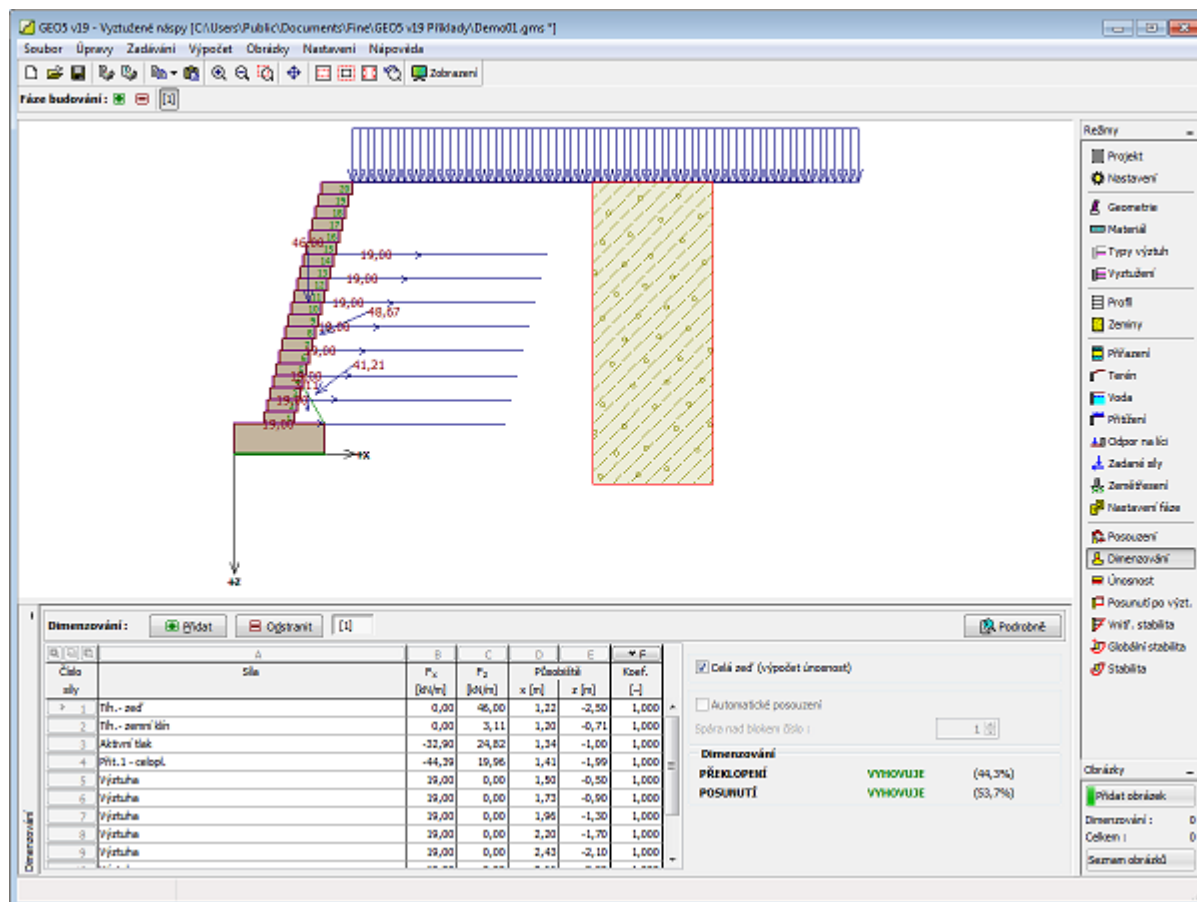
V rámu "**Dimenzování**" lze **posoudit** jednotlivé spáry mezi bloky opěrné zdi na **překlopení** a **posunutí**. Volba "**Celá zed**" umožňuje posoudit celou konstrukci nad základovou spárou a také únosnost základové zeminy v rámu "**Únosnost**". Zaškrtnutím volby "**Automatické posouzení**" se posuzuje nejkritičtější spára nad blokem. Případně lze zadat "**Spáru nad blokem číslo**" a program provede výpočet pouze pro jednotlivou spáru. Postup **vlastní dimenzování zdi** je popsán v teoretické části nápovědy.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.
- **Výpočet podle BS8006**

V rámu lze provést více výpočtů pro jednotlivé spáry bloků zdi. Lze zadat i různé **výpočtové koeficienty** jednotlivých sil. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Dimenzování"

Únosnost

V rámu "Únosnost" jsou zobrazeny výsledky výpočtu únosnosti základové půdy. Napětí v základové spáře (předpokládá se konstantní) je vyjádřeno ze všech sil, spočtených v rámu "Posouzení". Pokud je zadán základ, únosnost se počítá ze všech sil, spočtených v rámu "Dimenzování" (musí být zaškrtnuta volba "Celá zed'"). Do programů "Patky" a "Patky CPT", se jednotlivá posouzení převezmou jako zatěžovací stavy.

Rám obsahuje tři základní volby výpočtu:

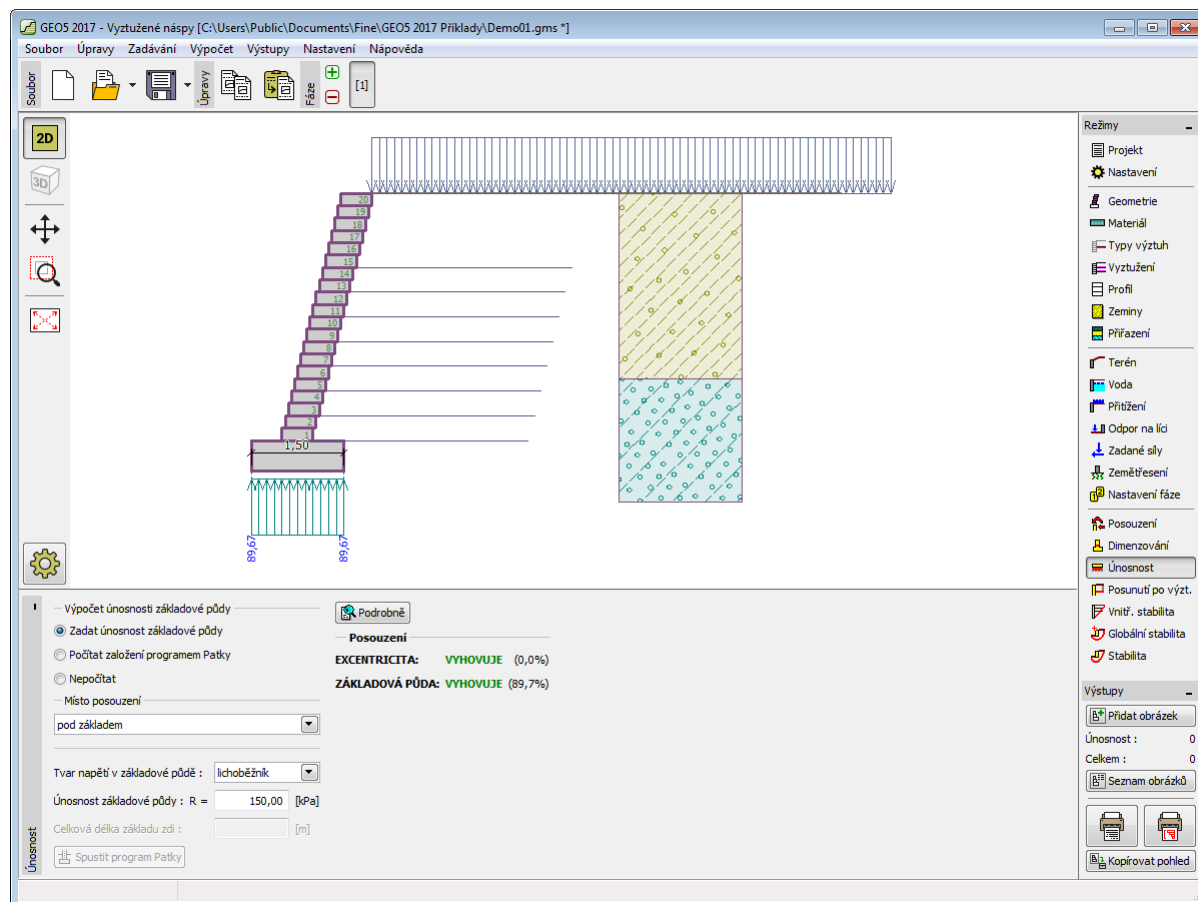
- Zadat únosnost základové půdy**
 V zadávacím poli se zadává únosnost základové půdy. Výsledky posouzení zdi na excentricitu a únosnost základové půdy se zobrazují v pravé části rámu. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení únosnosti základové půdy.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky"**
 Pomocí tlačítka "Spustit program Patky" se spustí program "Patky", ve kterém lze spočítat únosnost základové půdy, popř. sednutí a natočení základu. Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "OK" - výsledky resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu o výpočtu v programu "Vyztužené násypy". Pokud není program "Patky" nainstalován, není tlačítko dostupné.
- Počítat únosnost základové půdy programem "Patky CPT"**
 Postup je shodný jako v případě použití výpočtu únosnosti základové půdy pomocí programu "Patky".
- Nepočítat (základ na pilotách)**
 Únosnost základové půdy se nepočítá.

Program umožňuje zadat tvar napětí v základové půdě.

Posouzení lze provést v místě:

- pod základem
- pod vyztuženým tělesem

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Únosnost"

Posunutí po výztuze

V rámu "Posunutí po výztuze" lze posoudit posunutí vyztuženého bloku zeminy po geovýztuze pomocí zadání v poli "Výztuha číslo". Zaškrtnutím volby "Automatické posouzení" se posuzuje nejkritičtější výztuha. **Vyztužený blok zeminy** je ohraničen lícem zdi, posuzovanou geovýztuhou, svislicí procházející koncovým bodem geovýztuhy a terénem. Vyztužený blok zeminy je zatížen **aktivním zemním tlakem** a stabilizujícími silami z geovýztuh zasahujících za hranice vyztuženého bloku.

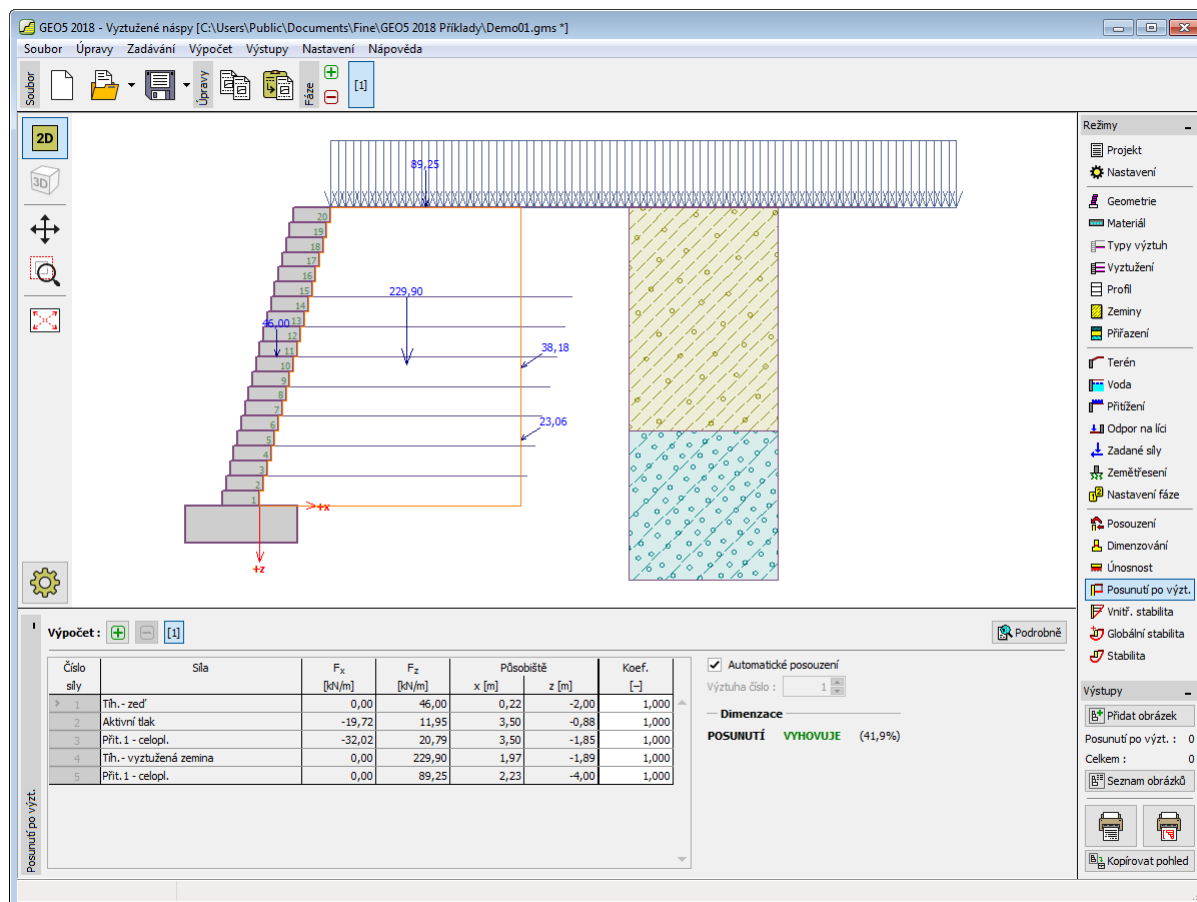
Postup výpočtu **posunutí po výztuze** je popsán v teoretické části nápovědy.

Vzhled rámu se mění podle zvolené **metodiky posouzení**:

- Výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů** - v tabulce v posledním sloupci se zadávají **výpočtové koeficienty**, kterými se přenásobují vypočtené síly.
- **Výpočet podle EN 1997** - v tabulce v posledním sloupci lze zadat, zda proměnné zatížení působící na konstrukci je vedlejším zatížením. Toto je blíže vysvětleno v sekci "**Kombinace zatížení**".
- **Výpočet podle LRFD** - v tomto případě není poslední sloupec vůbec zobrazen.
- **Výpočet podle BS8006**

V rámu lze provést **více výpočtů** pro posunutí po jednotlivých geovýztuhách. Lze zadat i různé **výpočtové koeficienty** jednotlivých sil. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků **vnitřní stability**.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Posunutí po výztuze"

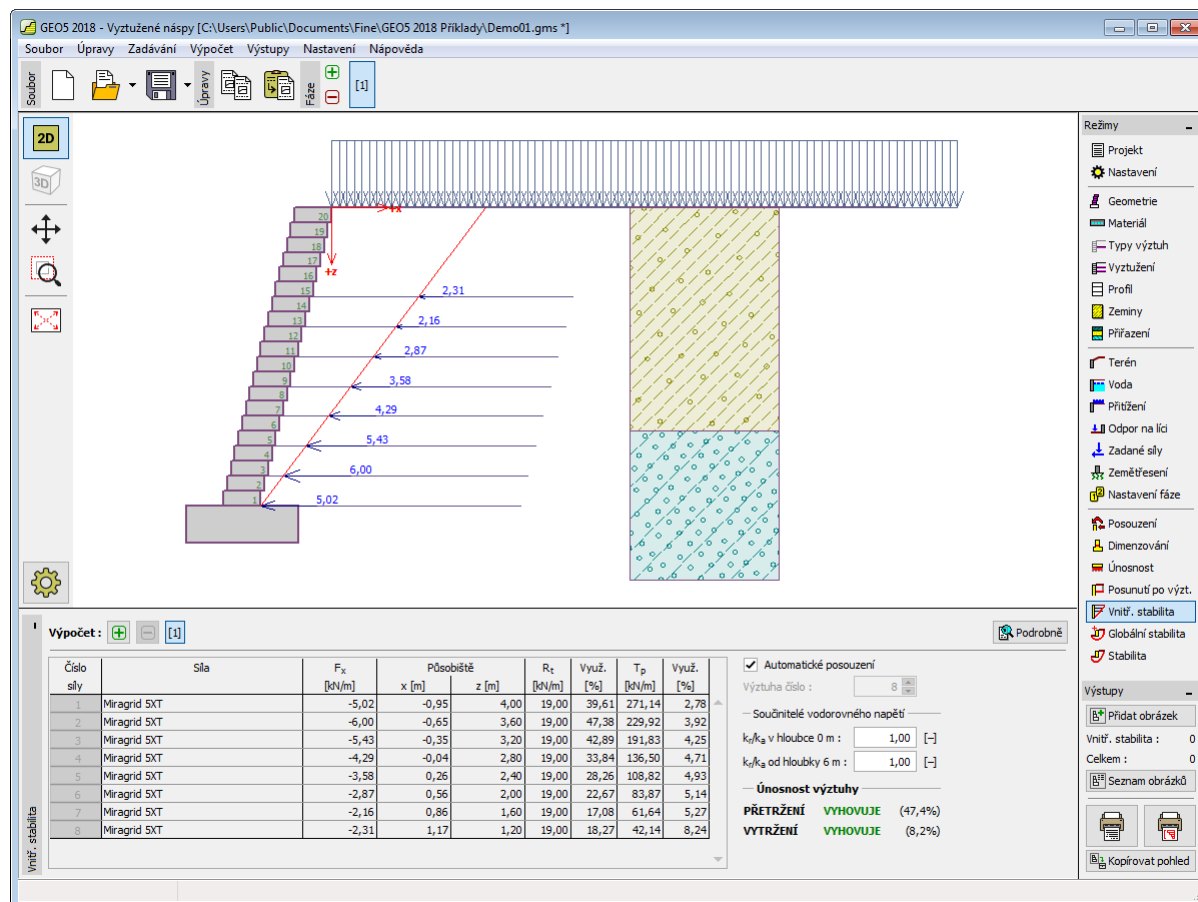
Vnitřní stabilita

V rámu "Vnitřní stabilita" lze posoudit geovýztuhy na přetržení a vytržení ze zemního masivu. Zadáním v poli "**Výztuha číslo**" se posuzují pouze jednotlivé geovýztuhy. Zaškrtnutím volby "**Automatické posouzení**" se posuzují všechny výztuhy, vpravo na desktopu je zobrazen výsledek posouzení nejkritičtější výztuhy. Postup výpočtu **vnitřní stability** je popsán v teoretické části nápovědy.

V tabulce se zobrazují síly od **aktivního zemního tlaku**, působící na líci zdi v jednotlivých geovýztuhách, a působíště těchto sil. Dále je zde uvedena únosnost výztuhy na **přetržení R_t** , únosnost výztuhy na **vytržení** ze zemního masivu **T_p** a procentuální využití každé výztuhy.

V rámu lze provést **více výpočtů** posouzení jednotlivých geovýztuh. Spočtené síly se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků únosnosti výztuhy.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Vnitřní stabilita"

Globální stabilita

V rámu "Globální stabilita" lze posoudit **stabilitu svahu** na kruhové smykové ploše. Zadávat se parametry smykové plochy (střed a poloměr nebo zadání pomocí 3 bodů) a metoda výpočtu (**Spencer**, **Bishop**).

Stisknutím tlačítka "**Nahradit**" lze zadat body smykové plochy pomocí myši přímo na desktopu.

Zaškrtnutím volby "**Optimalizovat**" se počítá stabilita na nejkritičtější smykové ploše. Program umožňuje "držet" krajní body smykové plochy (zaškrtnutím volby "**Držet levý bod smykové plochy**" nebo "**Držet pravý bod smykové plochy**").

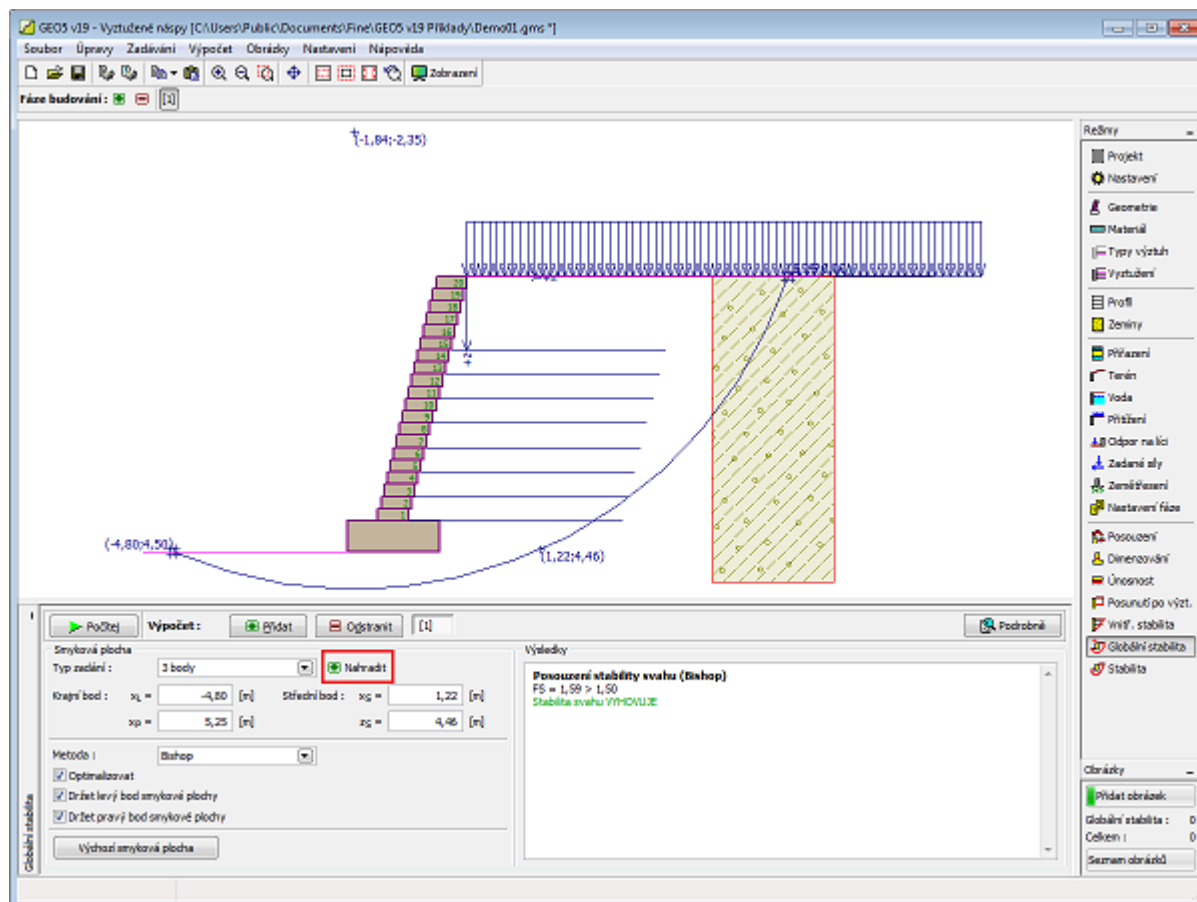
Tlačítko "**Výchozí smyková plocha**" umožňuje automatické zadání kruhové smykové plochy. Po zadání smykové plochy se výpočet spustí tlačítkem "**Počítej**".

Vlastní posouzení stability svahu se provádí v závislosti na nastavení v záložce "**Stabilitní výpočty**":

- **podle EN 1997**, kde je **zatížení redukováno** dílčími součiniteli výpočtu a posouzení provedeno podle teorie mezních stavů
- **podle LRFD**, výpočet je proveden podle teorie mezních stavů
- posouzení podle **stupně bezpečnosti / mezních stavů** v závislosti na zadání v rámu "**Výpočet zdí**".

Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků stability svahu, tj. parametry výsledné smykové plochy a stupeň bezpečnosti, příp. využití (pro mezní stavy).

Výsledky výpočtu jsou zobrazeny v pravé části rámu, optimalizovaná smyková plocha na desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".

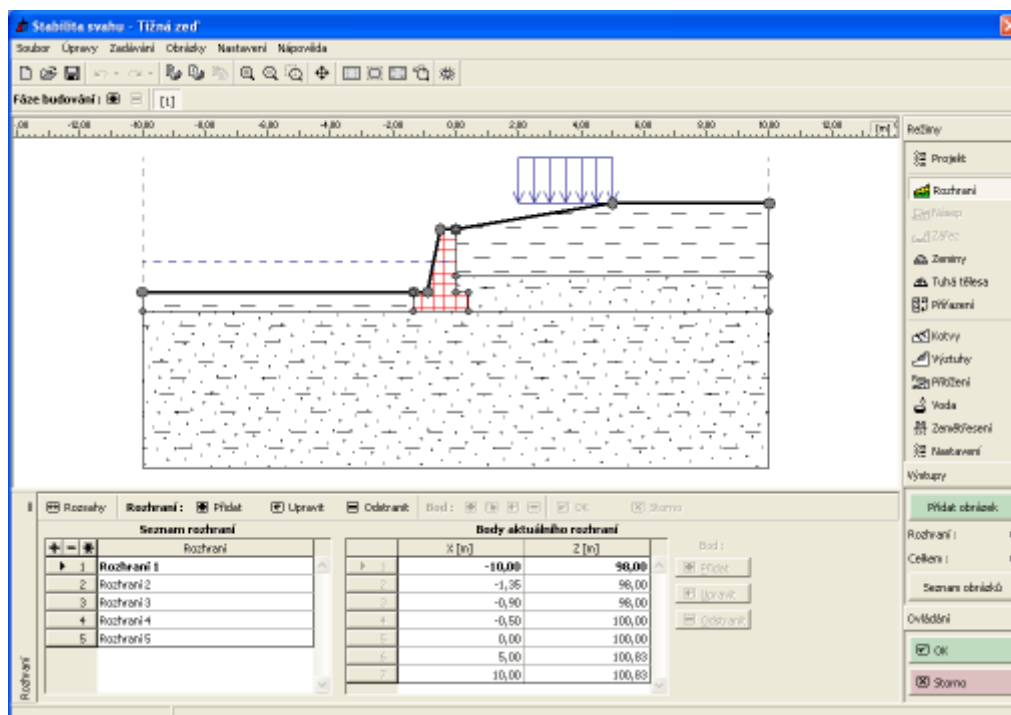


Rám "Globální stabilita"

Stabilita

Při stisknutí tlačítka **"Stabilita"** se spustí program **"Stabilita svahu"** a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu **stabilita svahu** pak můžeme posoudit celkovou stabilitu konstrukce zdi. Pokud program **"Stabilita svahu"** není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem **"OK"** - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu v programu **"Vyztužené náspy"**.



Rám "Stabilita"

Program Patky

Program je určen k návrhu a posouzení plošných základů podle různých norem. Program provádí výpočet svislé a vodorovné únosnosti, sedání a natočení plošného základu a dimenzování nosné výztuže.

Návod k programu "Patky" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávat dat v jednotlivých rámech:

Projekt Zatížení	Nastavení Geometrie	Profil Základová spára	Zkoušky DMT Štěrkopískový polštář	Zeminy Materiál	Přiřazení Přetížení	Založení Voda, nestlačitelné podloží
Zemětřesení	Nastavení fáze	1.MS - únosnost základu	2.MS - sednutí a natočení základu	Dimenzování		

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "Patky":

Napětí v zemíně	Výpočet únosnosti základu	Výpočet sedání	Dimenzování železobetonových konstrukcí
--------------------	---------------------------------	-------------------	---

- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při textových a grafických výstupech.

V rámu lze také přepínat jednotky (metrické / imperiální). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko **"Vybrat"** slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze **"Seznamu nastavení"**.

Tlačítko **"Správce nastavení"** otevře dialogové okno **"Správce nastavení"**, ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat** a **importovat**.

Tlačítko **"Přidat do správce"** umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko **"Upravit"** umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na **"Zadané pro aktuální úlohu"**. Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do **"Správce nastavení"** tlačítkem **"Přidat do správce"**.

Nastavení **"Zadané pro aktuální úlohu"** se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách **"Materiály a normy"** a **"Sedání"** a **"Patky"**.

Pro výpočet svislé únosnosti plošného základu jsou k dispozici čtyři typy výpočtu:

- **výpočet pro odvodněné podmínky**
- **výpočet pro neodvodněné podmínky**
- **výpočet patky na skalním podloží**
- **zadat únosnost základové půdy R_d**

Rám "Nastavení"

Profil

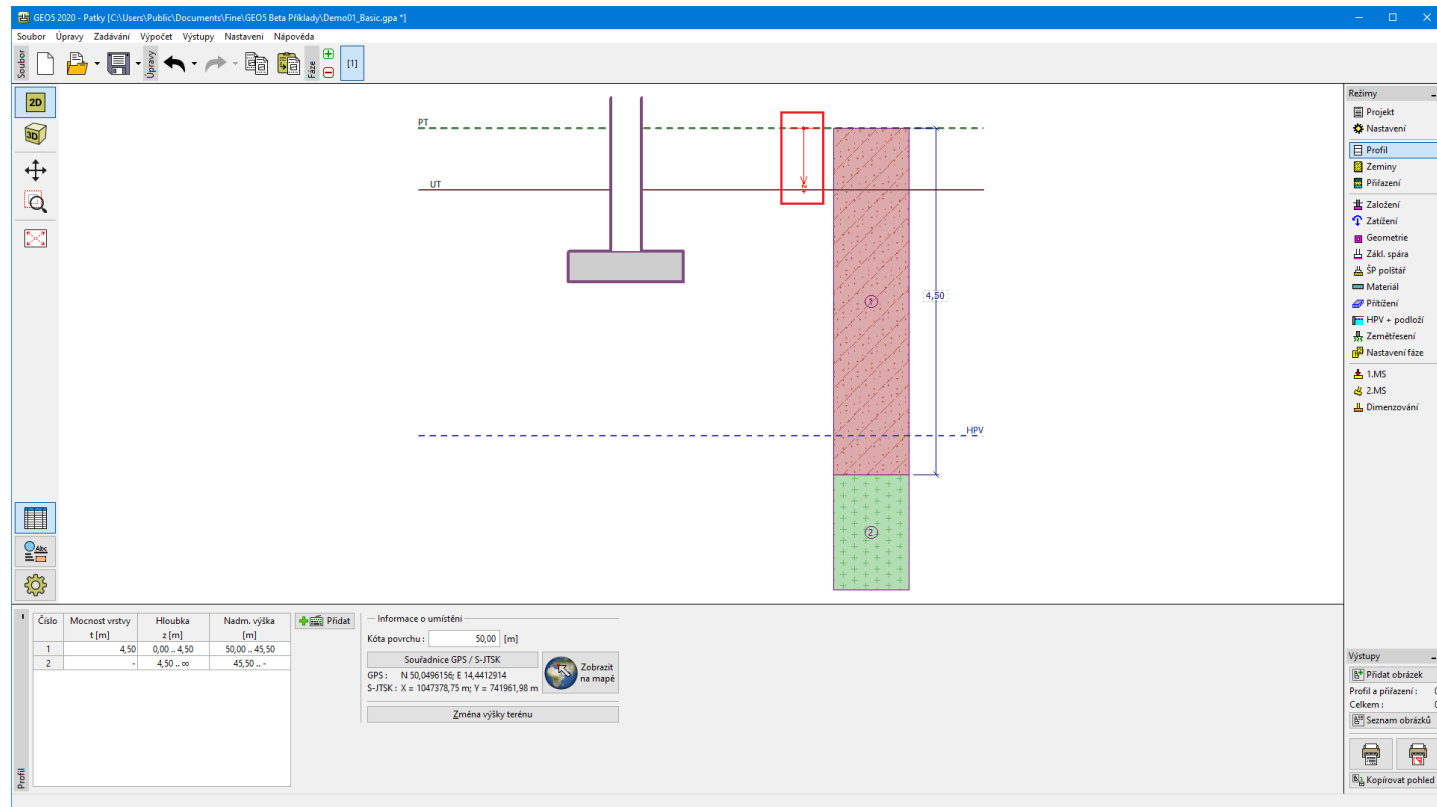
Rám **"Profil"** obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrstvy (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem **"Zobrazit na mapě"** **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně **"Změna výšky terénu"** a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu **"Terén"** nebo **"Stratigrafie"**.

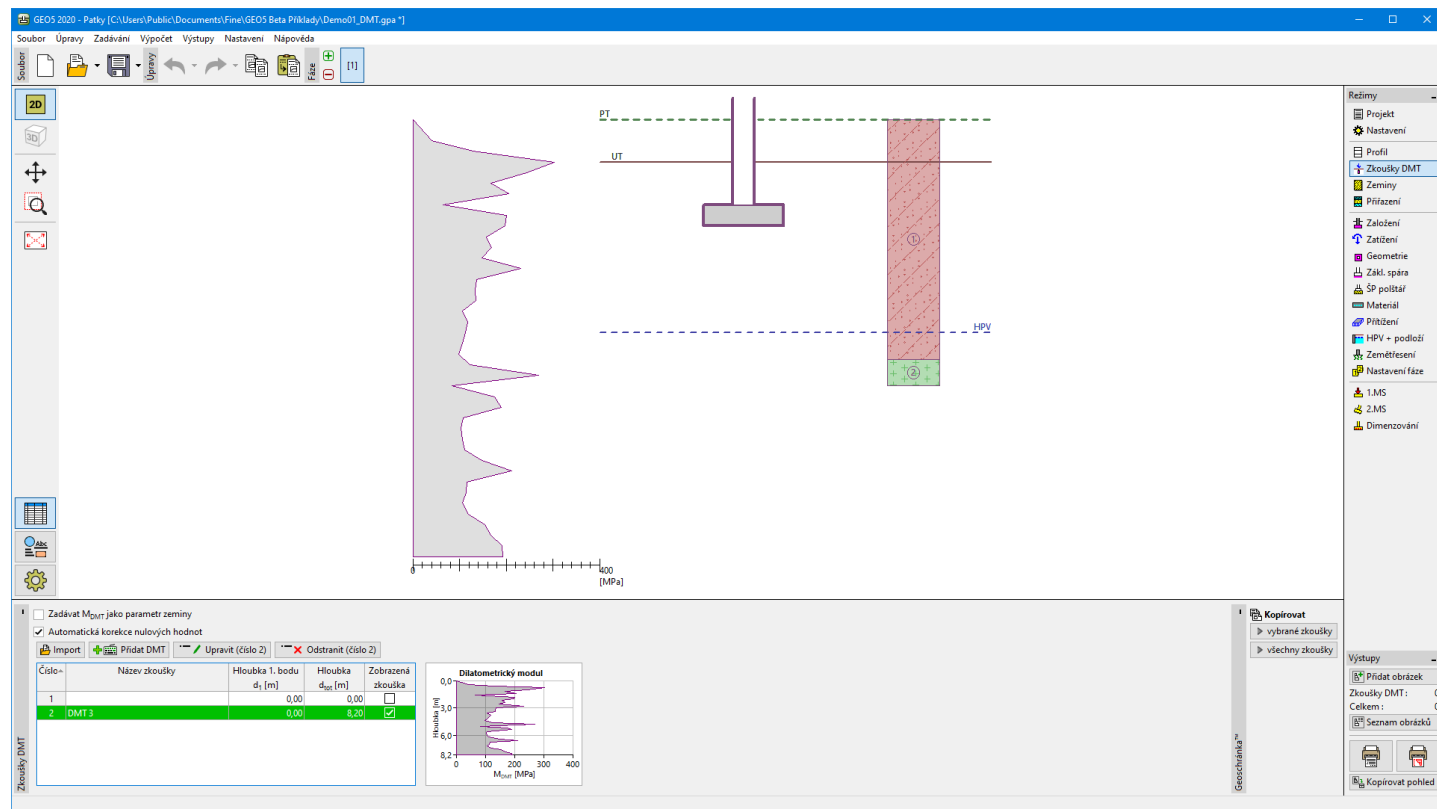


Rám "Profil"

Zkoušky DMT

V rámu "Zkoušky DMT" se zadává způsob zavedení **dilatometrického modulu** do programu - buď jako parametr **zeminy** (zaškrtnutím volby "**Zadávat M_{DMT} jako parametr zeminy**"), nebo načtením **dilatometrické zkoušky (DMT)**.

V případě načítání zkoušek je zobrazena **tabulka** se seznamem vložených **dilatometrických zkoušek (DMT)**.



Rám "Zkoušky DMT"

Pokud při vyhodnocení **dilatometrické zkoušky** dojde k naměření nulové hodnoty **dilatometrického modulu M_{DMT}** , pak program umožňuje automatickou korekci chyby měření - místo nulové hodnoty se ve výpočtu uvažuje aritmetický průměr

nejbližší spodní a horní nenulové hodnoty M_{DMT} .

Výsledky dilatometrické zkoušky (DMT) je možné importovat pomocí tlačítka "Import" ve formátu **UNI** (*.uni).

Zkoušky DMT lze přenášet v rámci programů "Patky", "Pažení posudek", "Stabilizační pilota" a "Stratigrafie" pomocí "Geoschránky".

Poznámka: Rám je dostupný pouze v případě, kdy je v rámu "Nastavení" jako metoda výpočtu zvolena možnost "Dilatometr DMT" (záložka "Sedání").

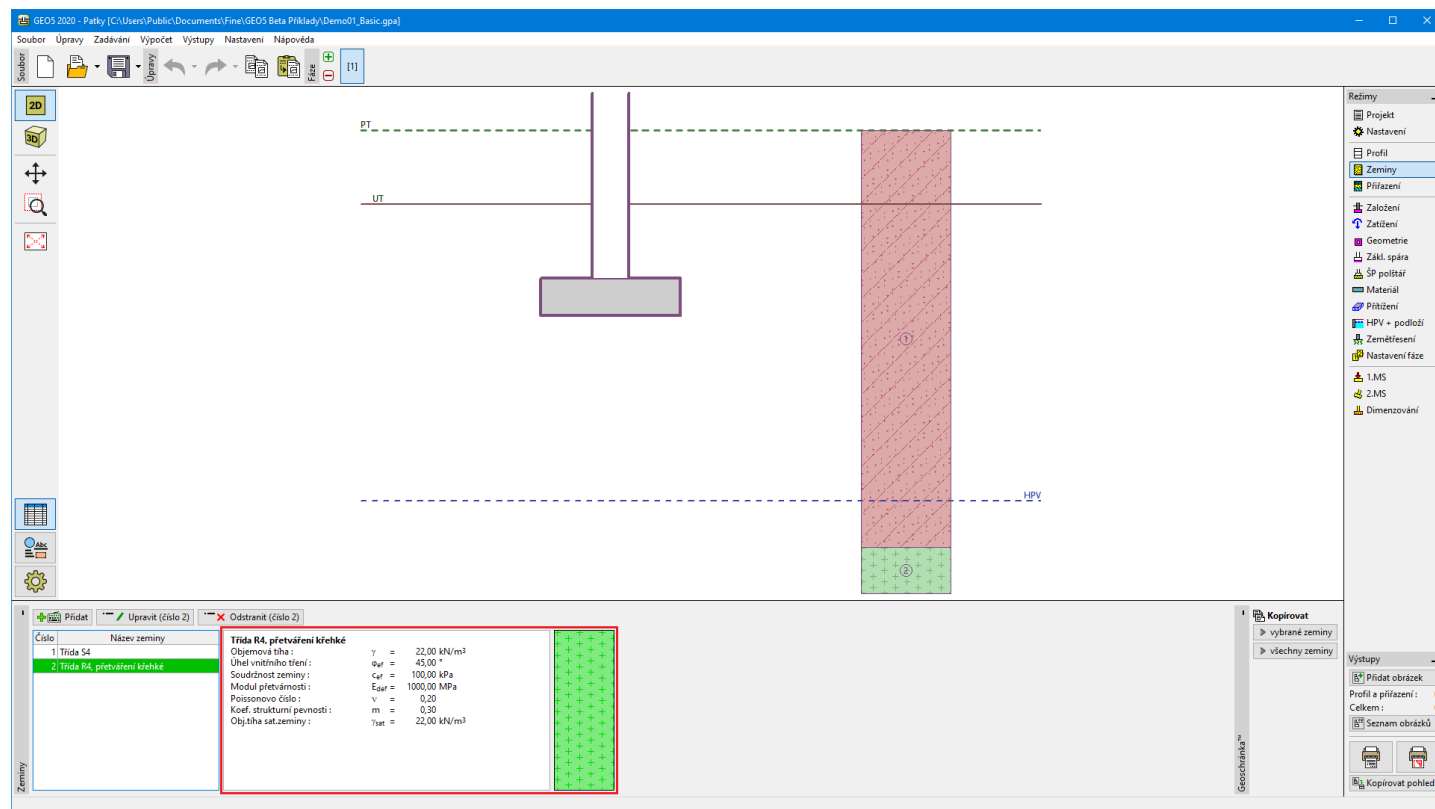
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných zemin. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zemínách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemin"**.

V programu "Patky" se zadávají charakteristiky zemin, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "Základní data", "Vztlak", "Únosnost základu", "Sedání".

Data zadáných zemin lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemin**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemin. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Parametry zemin se odlišují podle zvoleného typu výpočtu a metody posouzení (rám "Nastavení", záložka "Patky", "Sedání").

Podle typu výpočtu se rozlišuje:

- výpočet pro odvodněné podmínky:** standardně se používají **efektivní** parametry smykové pevnosti zemin c_{ef} , ϕ_{ef} .
- výpočet pro neodvodněné podmínky:** **svislá únosnost základu** závisí na **totální** soudržnosti zeminy c_u . Parametr ϕ_{ef} se zadává pouze pro výpočet **zemního tlaku** při řešení **vodorovné únosnosti základu**.

- **výpočet patky na skalním podloží:** pro tento způsob výpočtu se v programu zadává úhel vnitřního tření horniny φ , dále **pevnost v prostém tlaku** σ_c , **koeficient** D zohledňující porušení horninového masivu, **pevnostní parametr horniny** m_i a Geological Strength Index.

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "**Výpočet únosnosti základu**".

Přidání nových zemin

— Identifikace —

Název : Třída F1, konzistence měkká

— Základní data — ?

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} =$ [°] 26 - 32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa] 4 - 12

— Sedání - edometrický modul — ?

Poissonovo číslo : $\nu =$ [-] 0,35

Typ E_{oed} :

Výpočet sedání :

Modul přetvárnosti : $E_{def} =$ [MPa] 5 - 10

— Sedání - výpočet deformační zóny — ?

Koef. strukturní pevnosti : $m =$ [-] 0,1 - 0,2

— Vztlak — ?

Způsob výp.vztlaku :

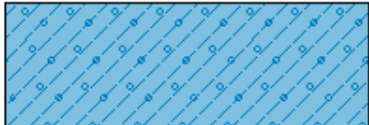
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

— Zobrazení —

Kategorie vzorků :

Hledat :

Podkategorie :

Vzorek : 
 3 Hlína štěrkovitá

Barva :

Pozadí :

Sytost <10 - 90> : [%]

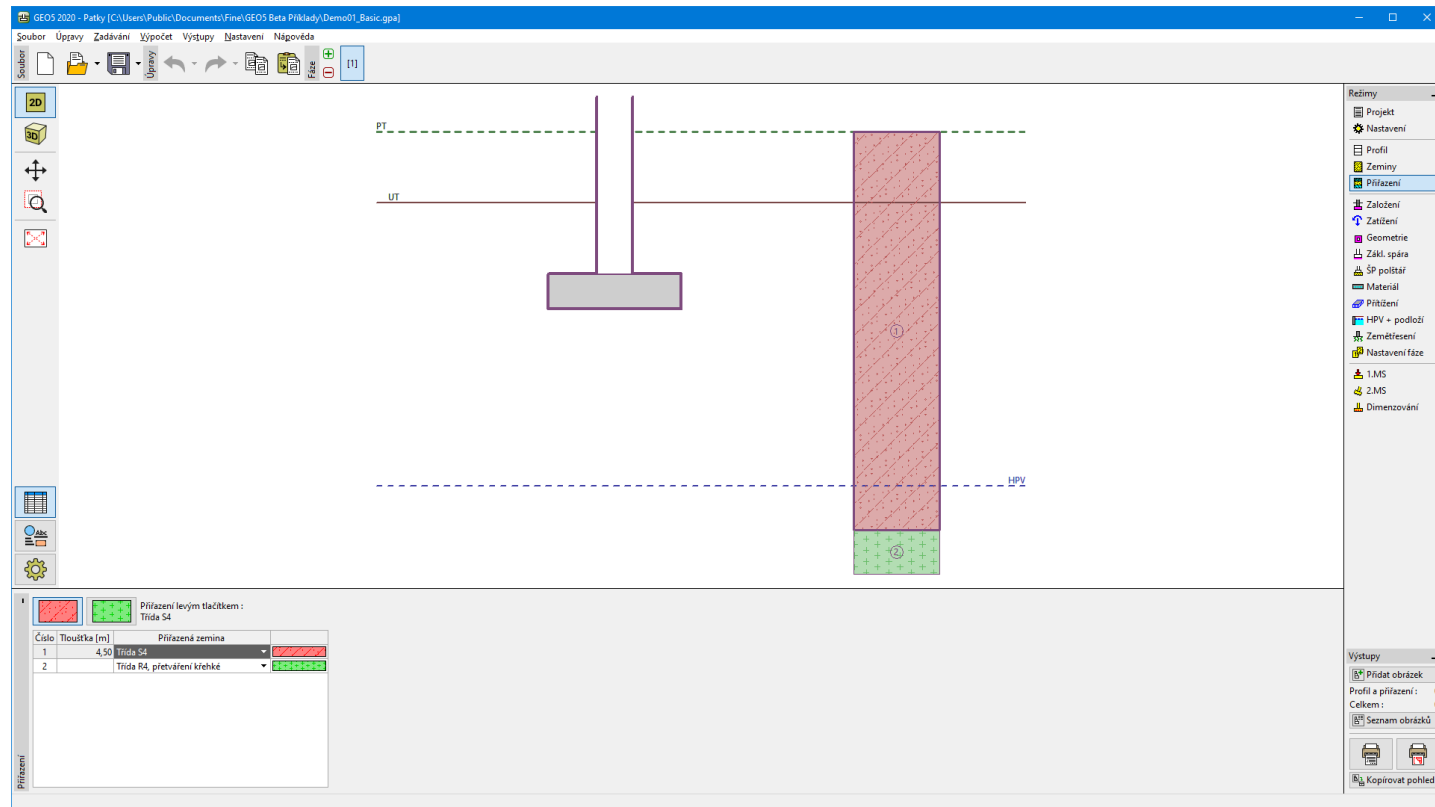
Zatříd' Vymaž + Přidej X Storno

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



Rám "Přirazení"

Založení

V rámu "Založení" se v rozbalitelném seznamu volí typ základu. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Hodnoty lze editovat buď v rámu vložením do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Program umožňuje zadat následující typy základů:

- **Centrická patka**
- **Excentrická patka**
- **Základový pas**
- **Stupňovitá centrická patka**
- **Stupňovitá excentrická patka**
- **Kruhová patka**
- **Kruhová stupňovitá patka**
- **Centrická patka s náběhem**
- **Excentrická patka s náběhem**
- **Centrická patka s kruhovým stupněm**

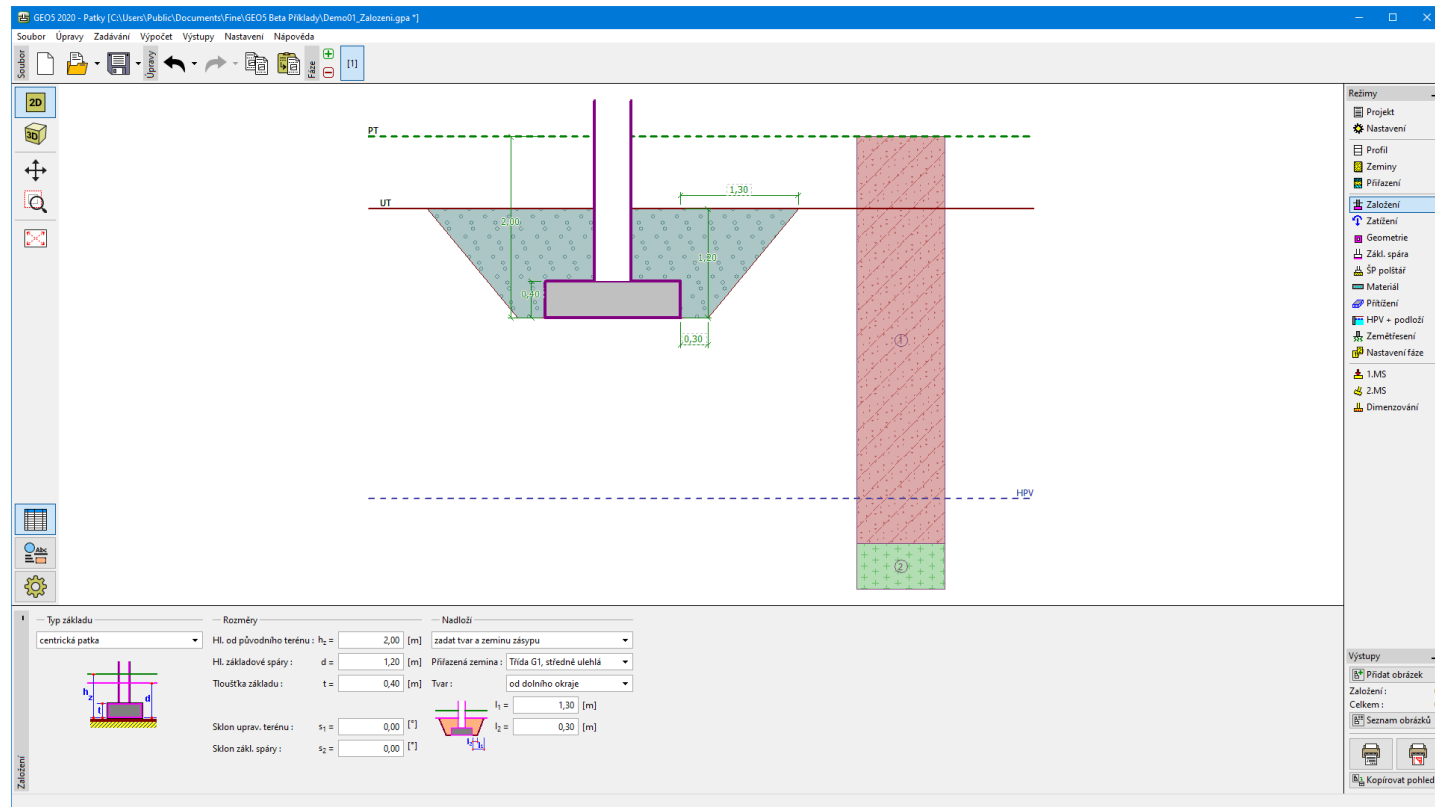
Profil zeminy se zadává od **původního terénu**. Pro únosnost základu je rozhodujícím kritériem **hloubka upraveného terénu**. Leží-li upravený terén nad stávajícím terénem, je nutné zadat hloubku upraveného a původního terénu stejnou a do podloží zadat vrstvu s nově navezenou zeminou. V tomto rámu se také zadává **tloušťka základu**.

Dále se volí způsob, jakým bude uvažováno **nadloží**:

- **zadat objemovou tíhu** - zadává se objemová tíha nadloží γ_l
- **podle geologického profilu** - objemová tíha nadloží se určí podle zemín přiřazených v geologickém profilu
- **zadat tvar a zeminu zásypu** - tato volba umožňuje modelovat tvar zásypu od **dolního** nebo **horníhookraje** patky. Objemová tíha nadloží se určí podle přiřazené zeminy.

Je-li výpočet proveden podle **mezních stavů**, pak se tíha nadloží přenásobuje součinitelem $\gamma_{m\gamma}$ zadávaným v záložce "Patky".

U základu na **odvodněném podloží** (typ výpočtu se zadává v rámu "Nastavení") lze zadat **sklon upraveného terénu a základové spáry**. V ostatních případech jsou terén a základová spára vodorovné.



Rám "Založení"

Zatížení

Rám "Zatížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zatížení. Přidání zatížení se provádí v dialogovém okně "Nové zatížení". Síly se zadávají dle konvence vykreslené v pravé části dialogového okna.

V dialogovém okně se zadává typ zatížení:

- **Návrhové (dříve Výpočtové)** zatížení je určeno k posouzení **únosnosti základu**
- **Užitné (dříve Provozní)** zatížení je určeno k výpočtu **sednutí a natočení základu**

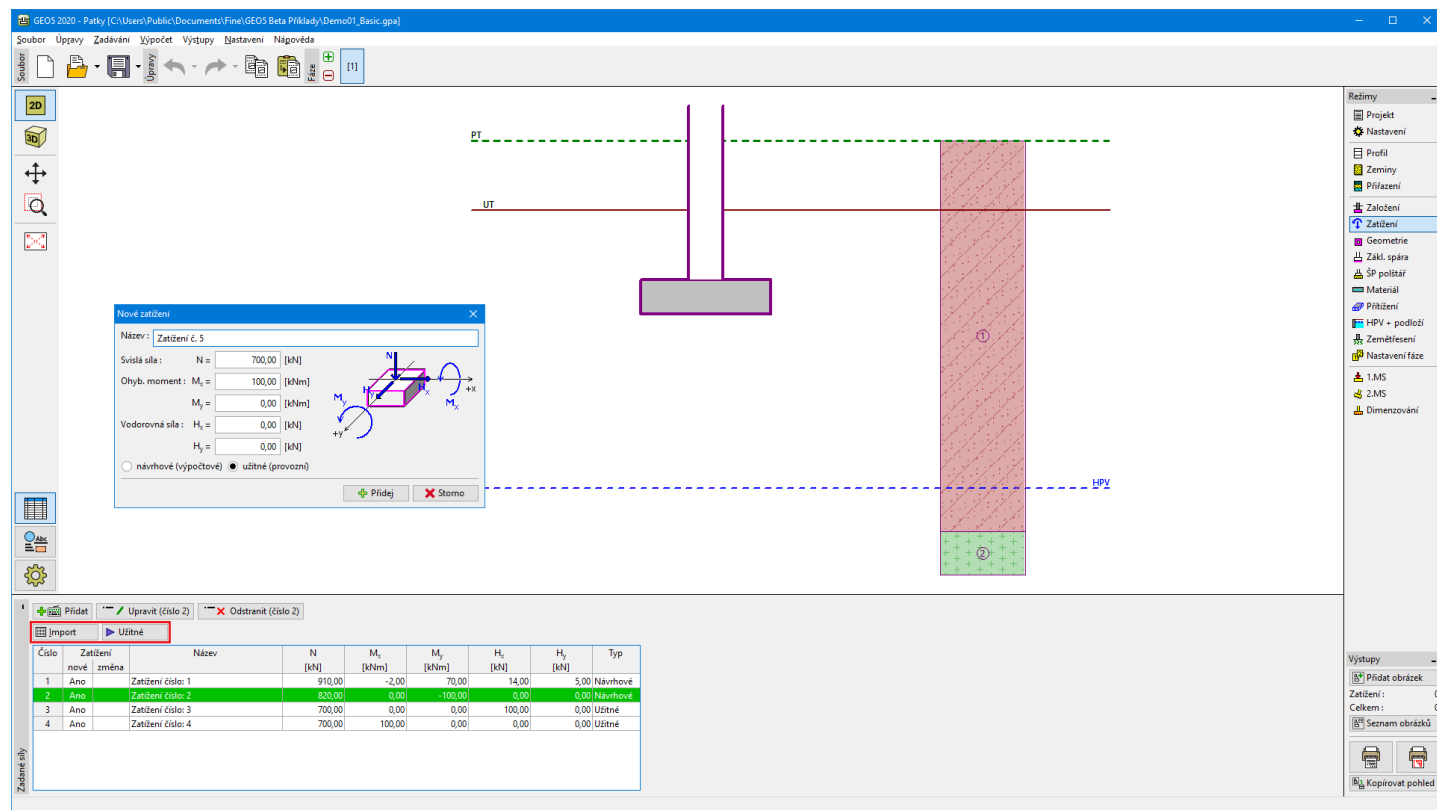
Dimenzování výztuže do základu se provádí pro oba typy zatížení.

Při výpočtu podle **EN 1997** nebo **LRFD** (volí se v záložce "Patky") se předpokládá, že výpočtové zatížení je stanoveno v souladu s příslušnými normami a jednotlivé složky zatížení jsou **již přenášeny** příslušnými **dílními součiniteli** - program zadané zatížení dále **nijak neupravuje**.

Zatížení základu je uvažováno vždy v bodě **nápojení sloupu na základ**. Program automaticky dopočítává **vlastní tíhu základu** a **nadloží nad základem**.

Tlačítko "**Provozní**" umožňuje ze zadaných výpočtových zatížení vytvořit provozní zatížení (výpočet podle **stupně bezpečnosti**, resp. **mezních stavů**).

Program také umožňuje **import zatížení**, který lze provést pomocí tlačítka "**Import**".



Rám "Zatížení"

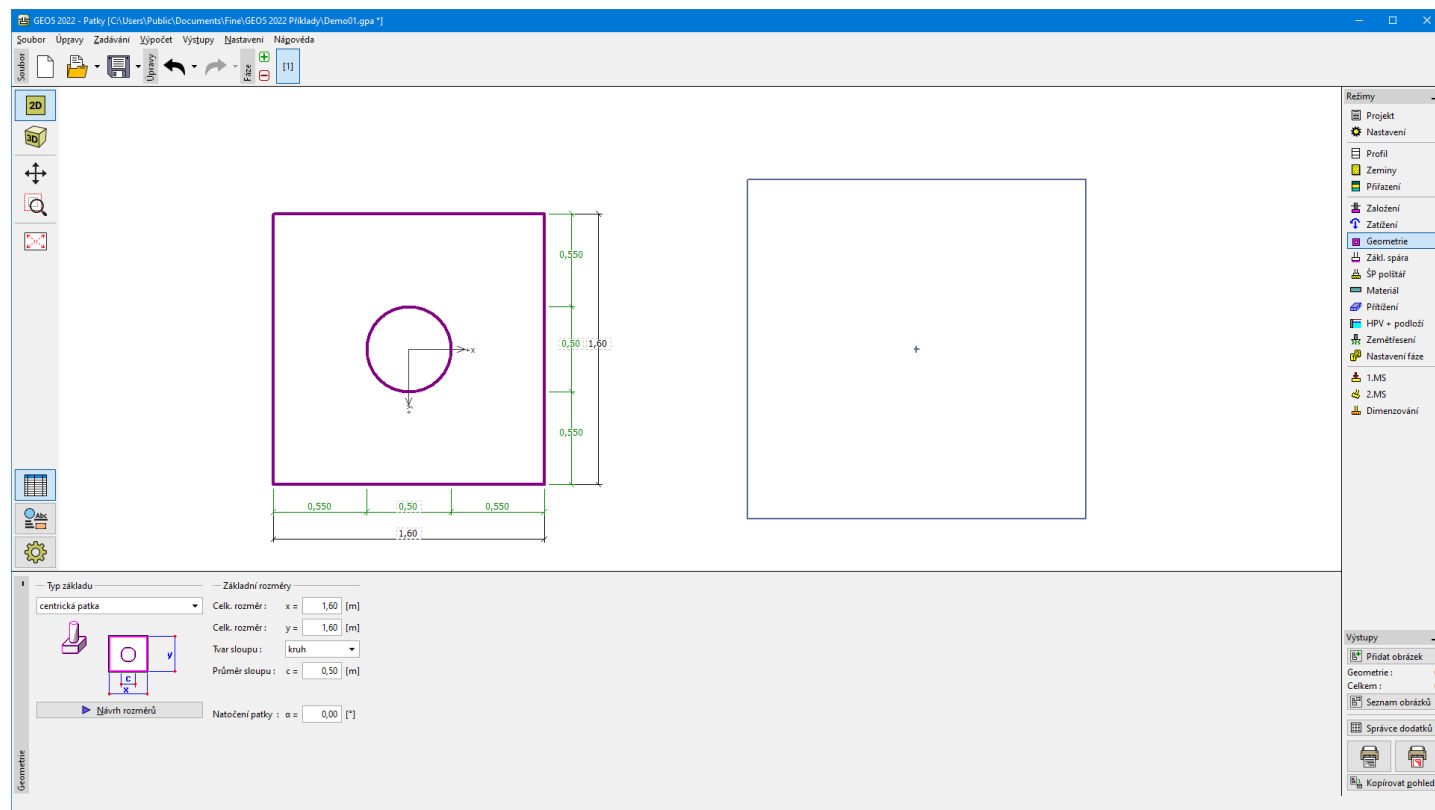
Geometrie

V rámu "Geometrie" se zadává tvar základu a sloupu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot se zobrazuje v levé části rámu. Hodnoty lze editovat buď v rámu vložením do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Typ základu a jeho **tloušťka** se zadávají v rámu "Založení".

Program automaticky dopočítává **vlastní tíhu základu** a **nadloží nad základem**. Objemová tíha základu se zadává v rámu "Materiál". Je-li výpočet proveden podle mezních stavů, pak se vlastní hmotnost patky a hmotnost nadloží přenásobuje koeficienty zadávanými v záložce "Patky".

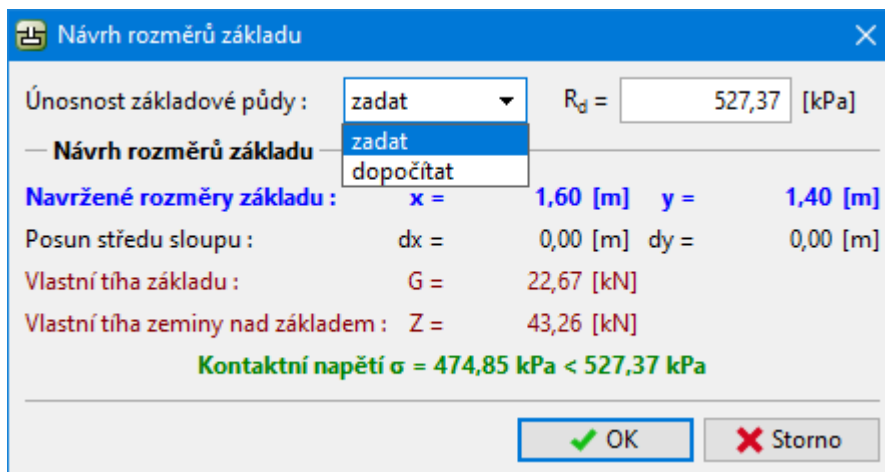
Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie"

Tlačítko "**Návrh rozměrů**" otevírá dialogové okno "**Návrh rozměrů základu**", ve kterém lze pomocí programu spočítat rozměry základu. V dialogovém okně lze zadat únosnost základové půdy R_d , nebo zvolit možnost "**dopočítat**". V tomto případě dopočítá program rozměry základu s uvažováním **zadaných parametrů** (zeminy, profil, vliv vody, šterkopískový polštář, nastavení aj.).

Při odchodu z dialogového okna tlačítkem "**OK**" se navržené rozměry přenesou do rámu "**Geometrie**".



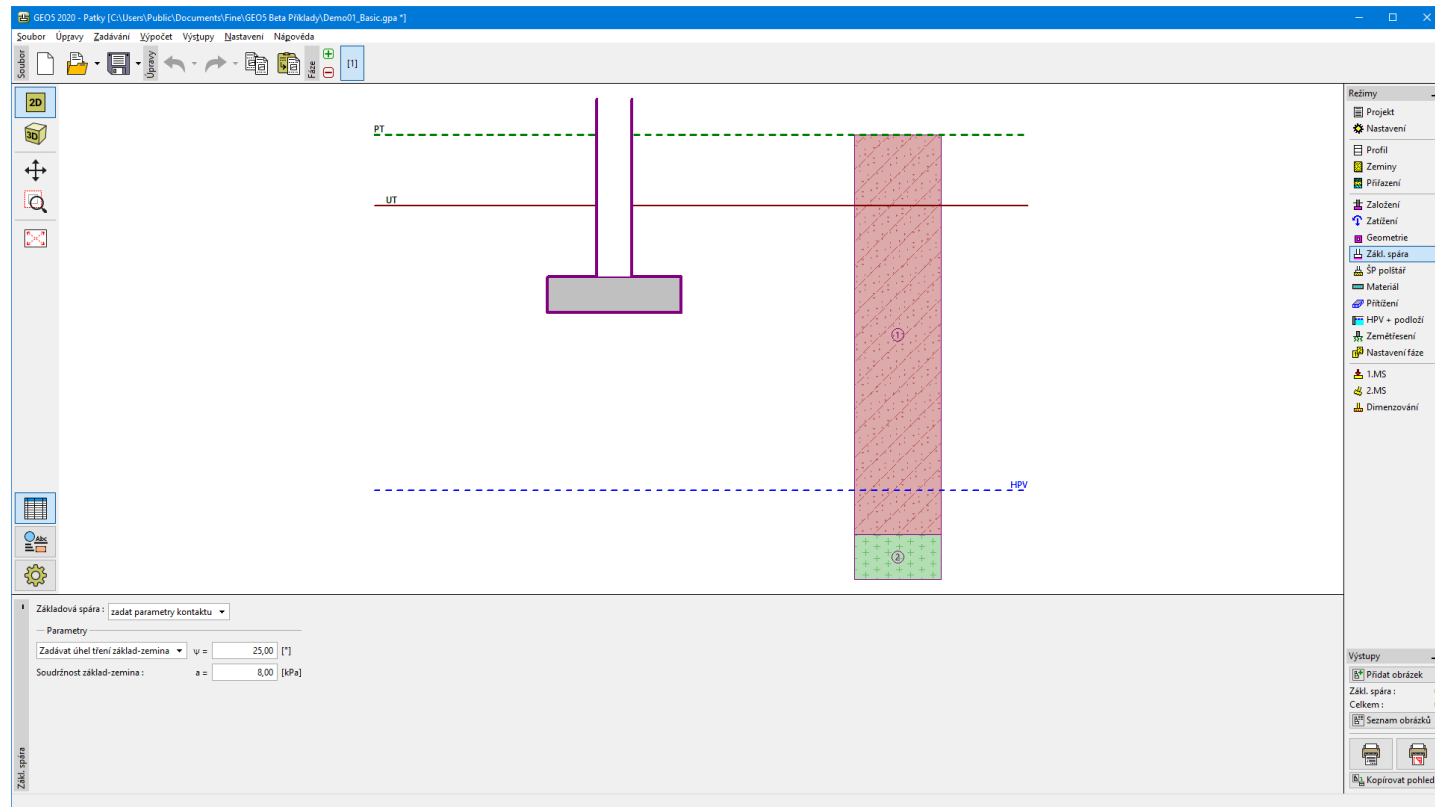
Dialogové okno "Návrh rozměrů základu"

Základová spára

V rámu "**Základová spára**" se zadávají charakteristiky působení základové spáry:

- zemina - geologický profil** - plošný základ je založený na zemině **přířazené** z geologického profilu, který se zadává v rámu "**Profil**"
- zemina - zadat parametry kontaktu** - zadávají se parametry kontaktu mezi základovou spárou a zeminou. Pro volbu "**zadávat úhel tření základ-zemina**" se v programu zadává úhel tření mezi základem a zeminou ψ [°]. Pro volbu "**zadávat součinitel tření**" se v programu zadává součinitel tření μ [-]. Pro obě možnosti se zadává soudržnost mezi základem a zeminou a [kPa].

Vstupní data zadaná v tomto rámu ovlivňují **vodorovnou únosnost plošného základu**.



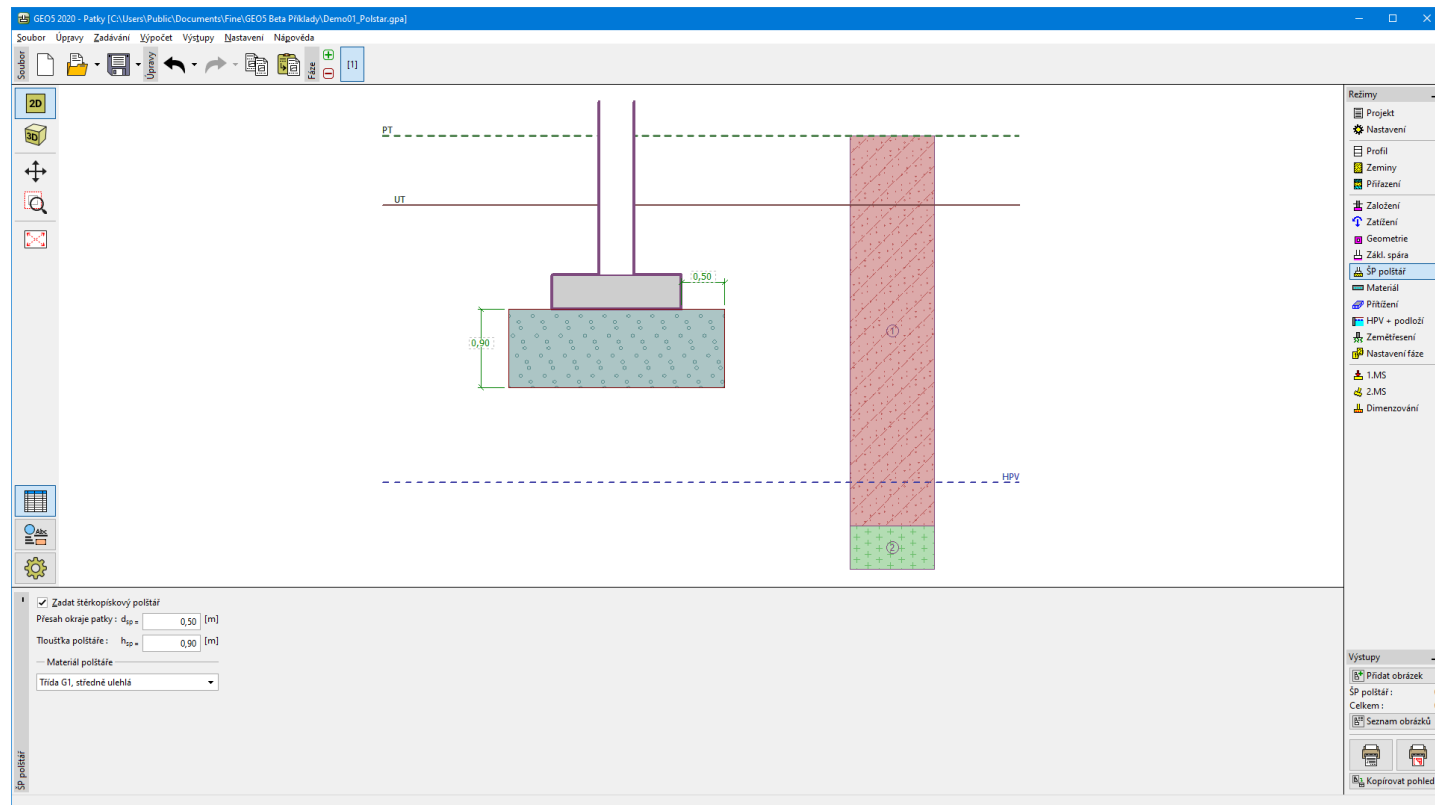
Rám "Základová spára"

Štěrkopískový polštář

V rámu "Štěrkopískový polštář" se zadávají parametry štěrkopískového polštáře pod základem. Zadává se tloušťka polštáře a přesah přes okraje základu. Hodnoty lze editovat buď v rámu vložením do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Výplň polštáře lze vybrat v rozbalitelném seznamu, který obsahuje zeminy zadané v režimu "Zeminy".

Zadaný štěrkopískový polštář má vliv na výpočet **únosnosti základu** i na **sedání základu**.



Rám "Štěrkopískový polštář"

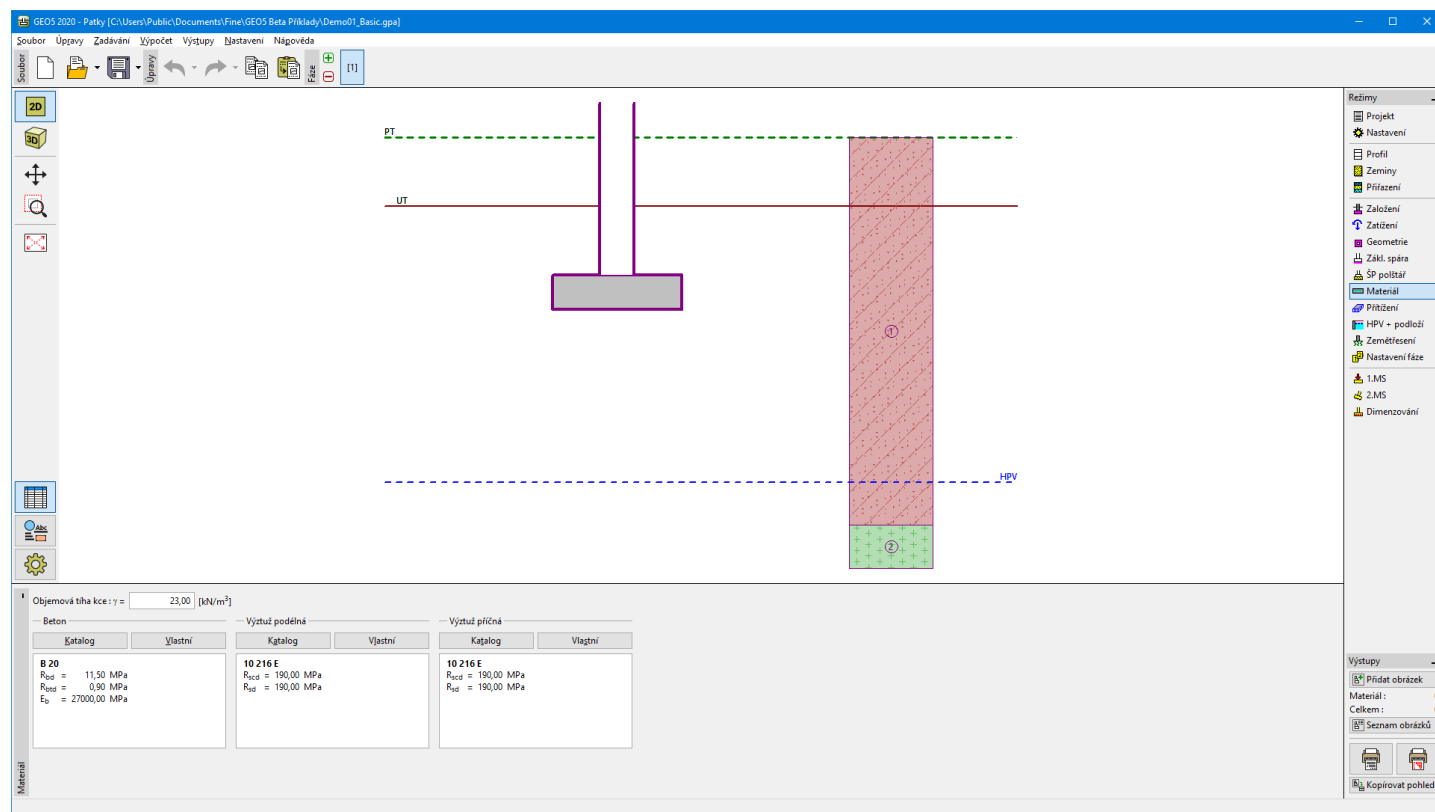
Materiál

V rámu "Materiál" se zadávají materiálové charakteristiky. V zadávacím poli v horní části rámu se zadává **objemová tíha konstrukce**.

Při volbě materiálů lze použít dvě možnosti:

- tlačítko "**Katalog**" otevírá dialogové okno "**Katalog materiálů**" (pro beton, nebo ocelovou výztuž) a ze seznamu vybereme požadovaný typ materiálu
- tlačítko "**Vlastní**" otevírá dialogové okno "**Editor materiálu - beton**" (pro beton), nebo dialogové okno "**Editor materiálu - betonářská ocel**" (pro podélnou a příčnou ocelovou výztuž) ve kterých lze zadat potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy pro navrhování **betonových** a **ocelových** konstrukcí v záložce "**Materiály a normy**".



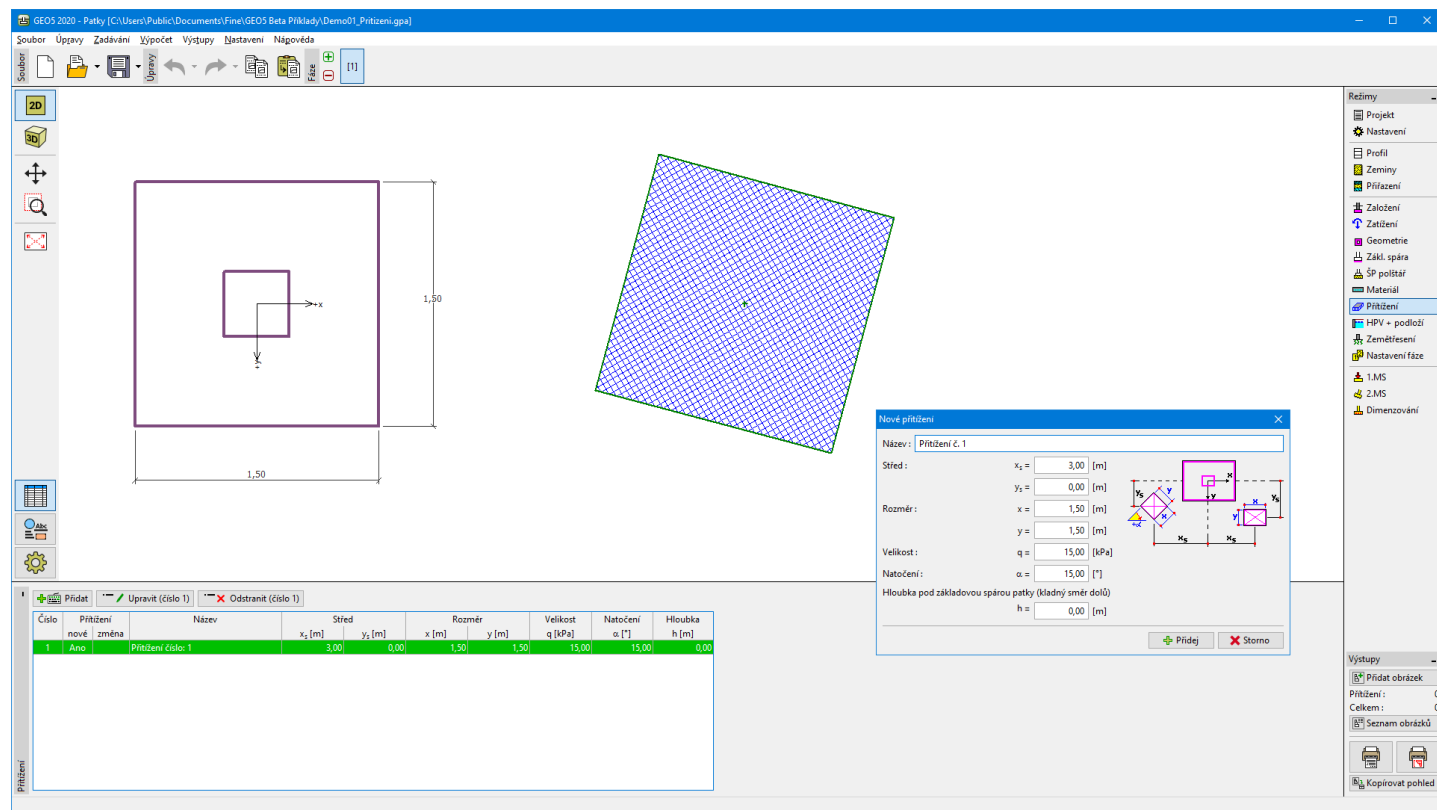
Rám "Materiál"

Přítížení

Rám "**Přítížení**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných přítížení. **Přidání** přítížení se provádí v **dialogovém okně "Nové přítížení"**. Hodnoty se zadávají dle schématu "**Geometrie**" vykreslené v pravé části dialogového okna. Zadaná přítížení lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

Při zadání přítížení v jiné hloubce než je hloubka založení základu, se zadává z -ová souřadnice od základové spáry konstrukce, kladný směr do hloubky.

Přítížení je uvažováno jen při **výpočtu sednutí** a natočení základu, kdy zvyšuje **přírůstek napětí** v zemině pod základem. Při **výpočtu únosnosti** základu není přítížení uvažováno - jeho vliv by zvyšoval únosnost.



Rám "Přítížení"

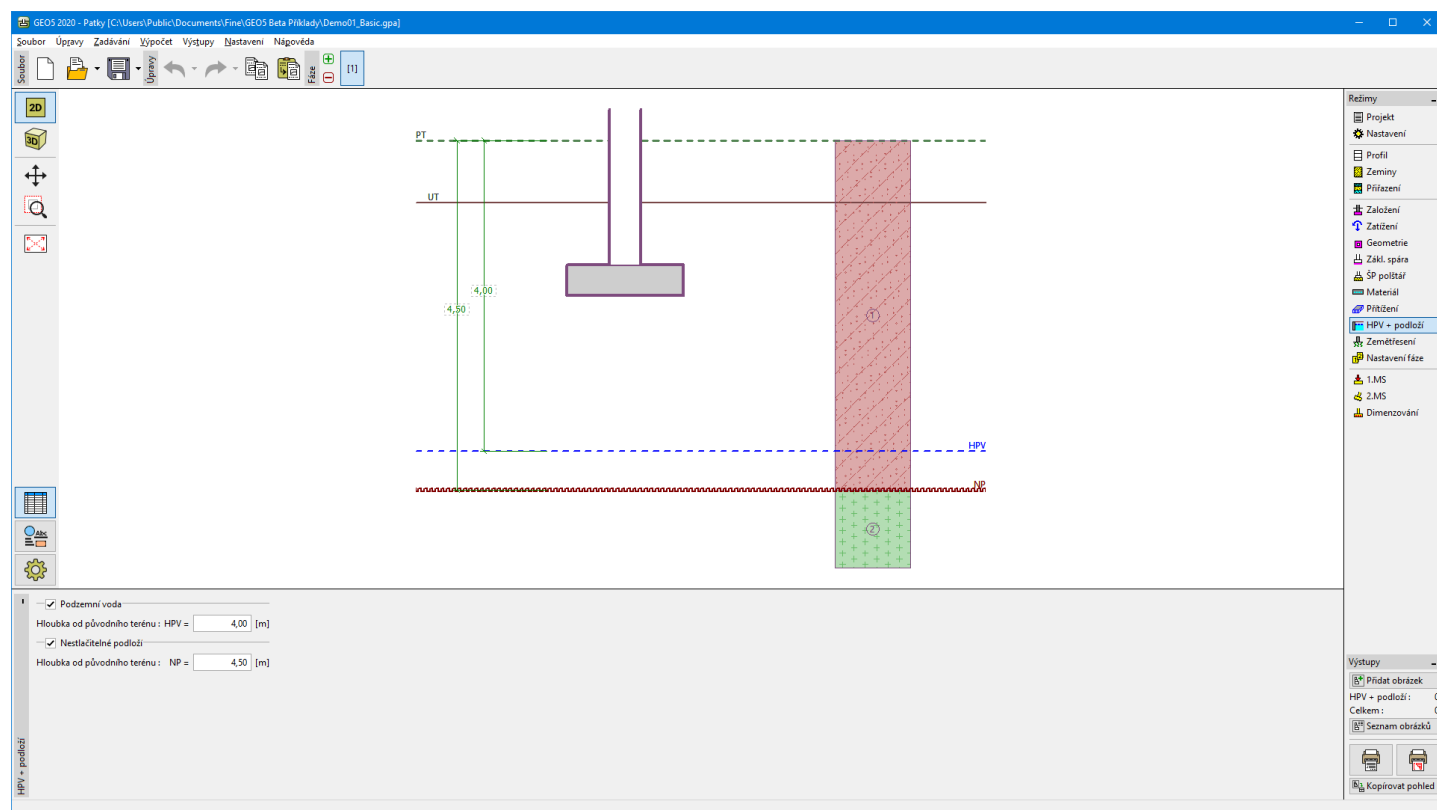
Voda, nestlačitelné podloží

V rámu "Voda + NP" se zadává **hloubka hladiny podzemní vody** a hloubka úrovně **nestlačitelného podloží**.

Hodnoty lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Vliv vody se projevuje ve změně **geostatického napětí** pod základem.

Nestlačitelné podloží ořezává **deformační zónu** pod základem a má vliv na snížení velikosti sedání.



Rám "Voda, nestlačitelné podloží"

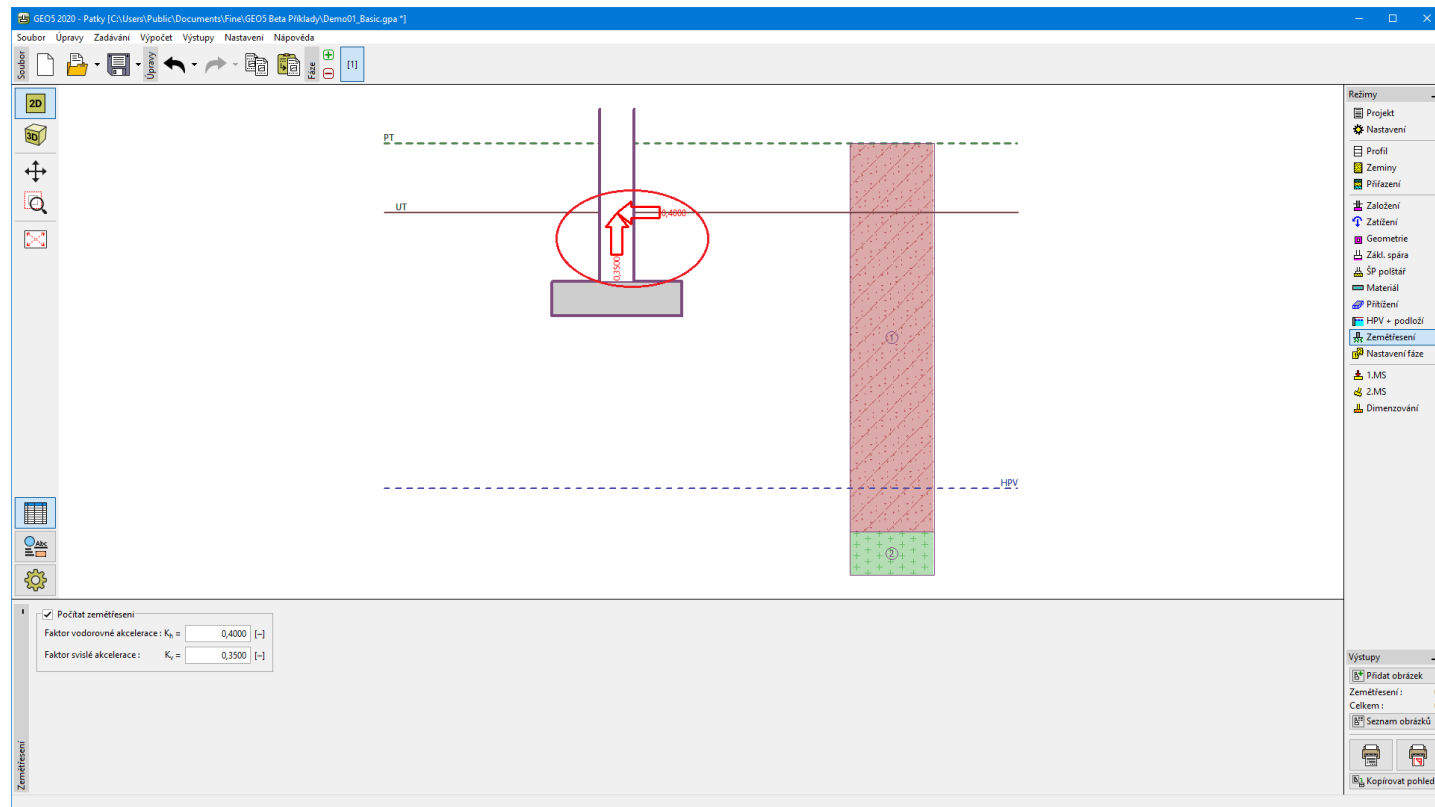
Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.

Výpočet seismické únosnosti plošného základu je popsán v teoretické části nápovědy "Výpočet účinku zemětřesení".

Při **seismickém výpočtu** provede program výpočet jak se zohledněním vlivu zemětřesení, tak i bez něj. Výsledná únosnost základu je pak vždy rovna menší z těchto hodnot.



Rám "Zemětřesení"

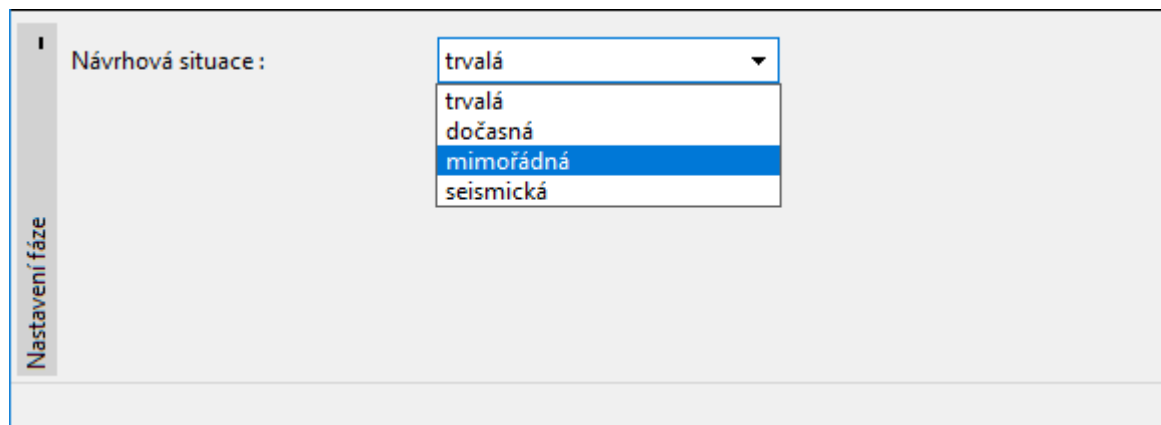
Poznámka: Rám je dostupný pouze v případě, kdy je v rámu "Nastavení" zvolen výpočet pro odvozené podmínky.

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.

Vzhled rámu je závislý na použité **metodice posouzení**.



Rám "Nastavení fáze"

1. MS - únosnost základu

V rámu "1. MS" se posuzuje **svislá a vodorovná únosnost základu**. V rámu lze provést **více výpočtů**. Posouzení lze

provést pro jednotlivá zatížení, nebo program vyhledá **zatížení s maximálním účinkem** (lze vybrat v rozbalitelném seznamu).

Výpočet je proveden podle teorie zadané v záložce "Patky". V této záložce se volí i **metodika posouzení** (podle EN 1997, podle LRFD, stupeň bezpečnosti, mezní stavy).

V parametrech pro **svislou únosnost** se volí **tvár kontaktního napětí** (obecný tvar, obdélník). Okótovaný tvar kontaktního napětí je vykreslen v levé části desktopu.

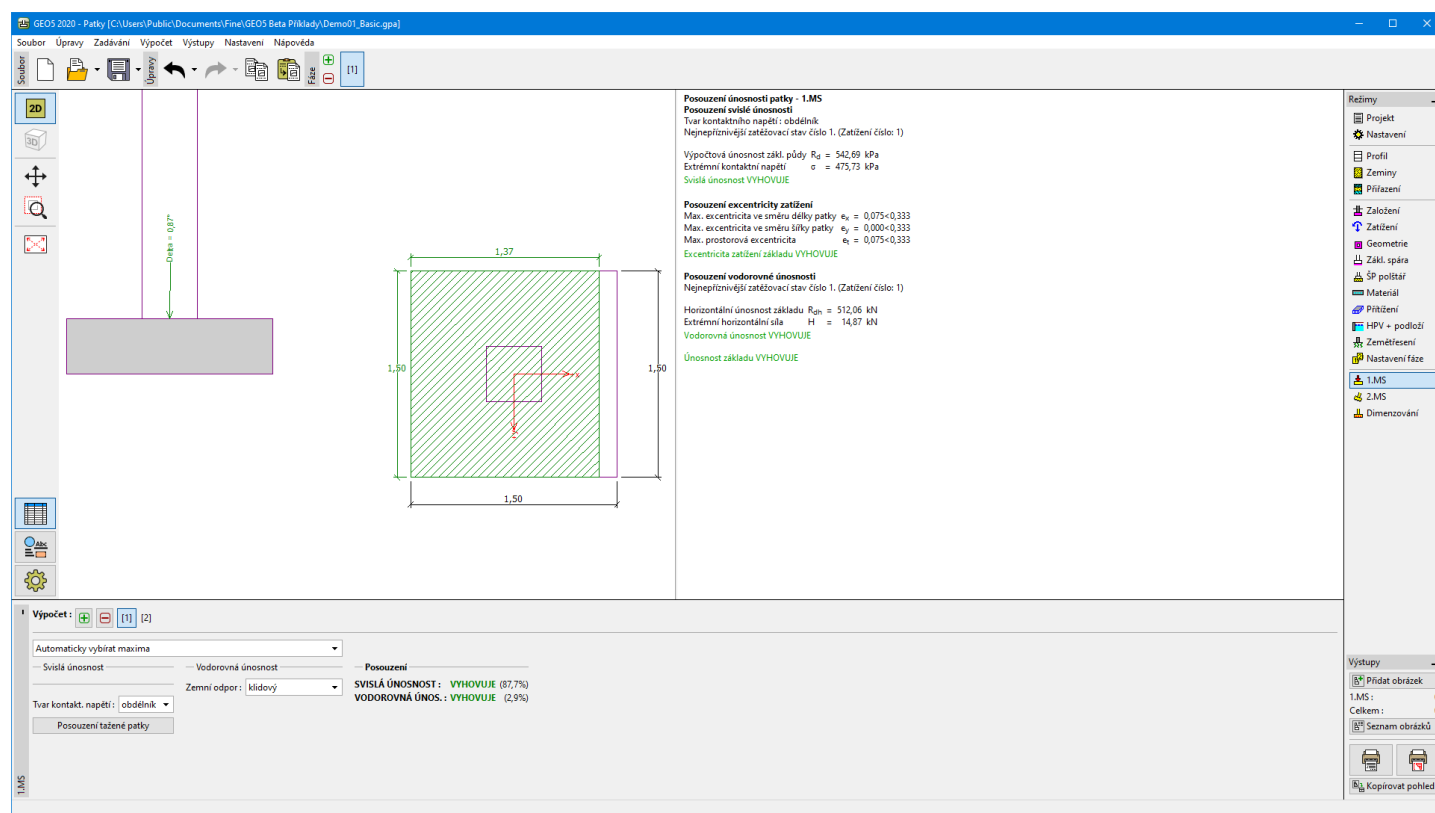
V rámci obou mezních stavů (únosnost, použitelnost) program posuzuje **excentricitu základu**. Hodnota maximální dovolené excentricity základu e_{dlw} se zadává v rámu "Nastavení" v záložce "Patky".

V parametrech pro **vodorovnou únosnost** se volí typ zemního odporu, který může být zadán jako **tlak v klidu, pasivní tlak** nebo **snížený pasivní tlak**.

Pro výpočet vodorovné únosnosti lze také upravit, resp. **snížit parametry zeminy** (úhel tření konstrukce - zemina, soudržnost konstrukce - zemina).

Při **posouzení odporu proti zvednutí** se vzhled dialogového okna "Posouzení tažené patky" mění podle zadané metody výpočtu v rámu "Nastavení".

Detailní výpis výsledků posouzení se zobrazuje v pravé části desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "1. Mezní stav - únosnost základu"

2. MS - sednutí a natočení základu

V rámu "2. MS" se počítá sednutí a natočení základu. V rámu lze provést **více výpočtů**. Posouzení lze provést pro jednotlivá zatížení, nebo program vyhledá **zatížení s maximálním účinkem** (lze vybrat v rozbalitelném seznamu).

Výpočet sednutí a natočení základu je proveden podle teorie zadané v záložce "Patky".

V rámci obou mezních stavů (únosnost, použitelnost) program posuzuje **excentricitu základu**. Hodnota maximální dovolené excentricity základu e_{dlw} se zadává v rámu "Nastavení" v záložce "Patky".

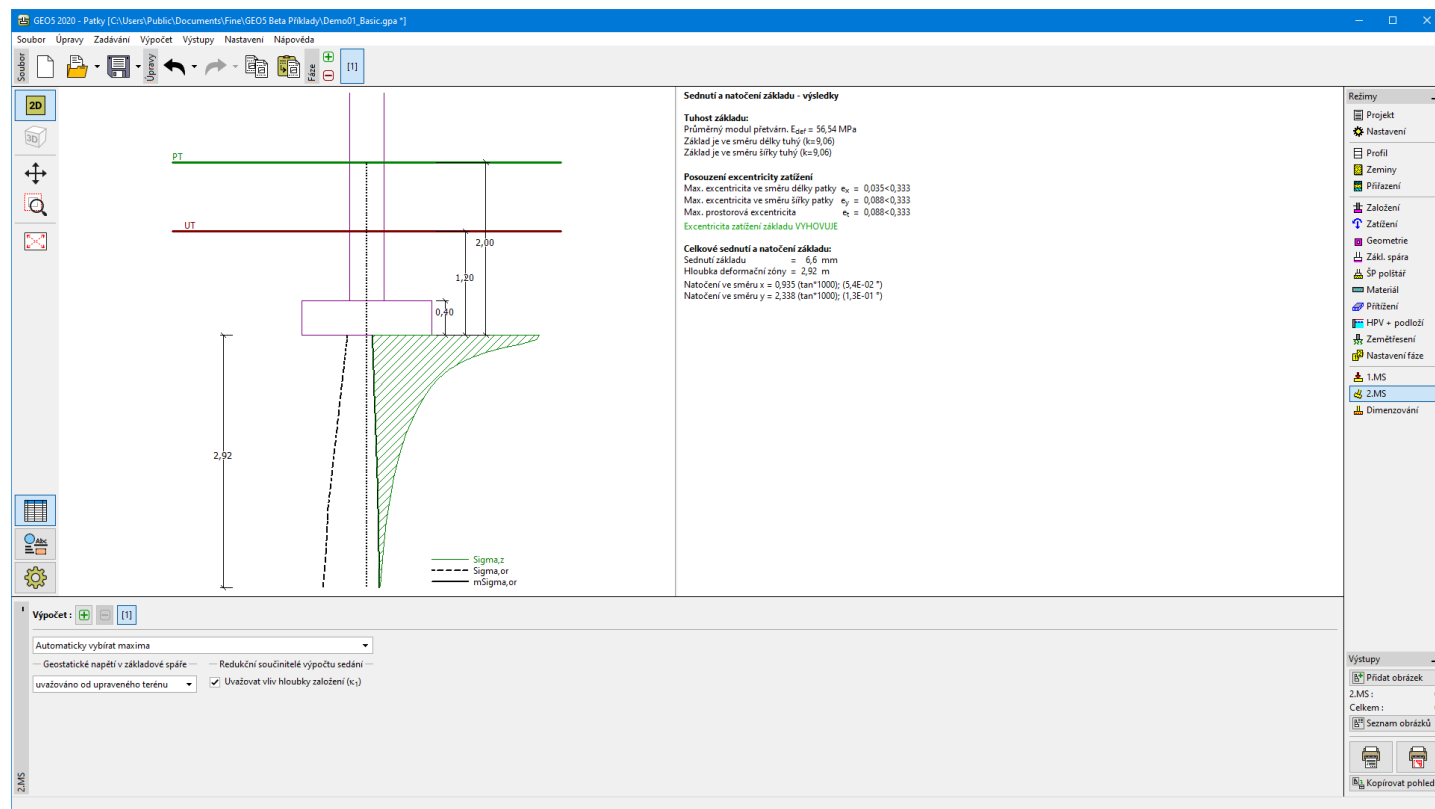
Od **napětí v základové spáře** lze odečíst geostatické napětí, které je uvažováno:

- od původního terénu
- od upraveného terénu
- neuvažováno

Průběh **geostatického napětí a přírůstku napětí** pod základem je vykreslen v levé části desktopu. Kóta pod základem představuje **hloubku deformační zóny**. Napětí je vykresleno pod bodem základu s **charakteristickou deformací**.

V rámu lze také zadat **redukční součinitele výpočtu sedání**.

Detailní výpis výsledků posouzení se zobrazuje v pravé části desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "2. Mezní stav - sednutí a natočení základu"

Dimenzování

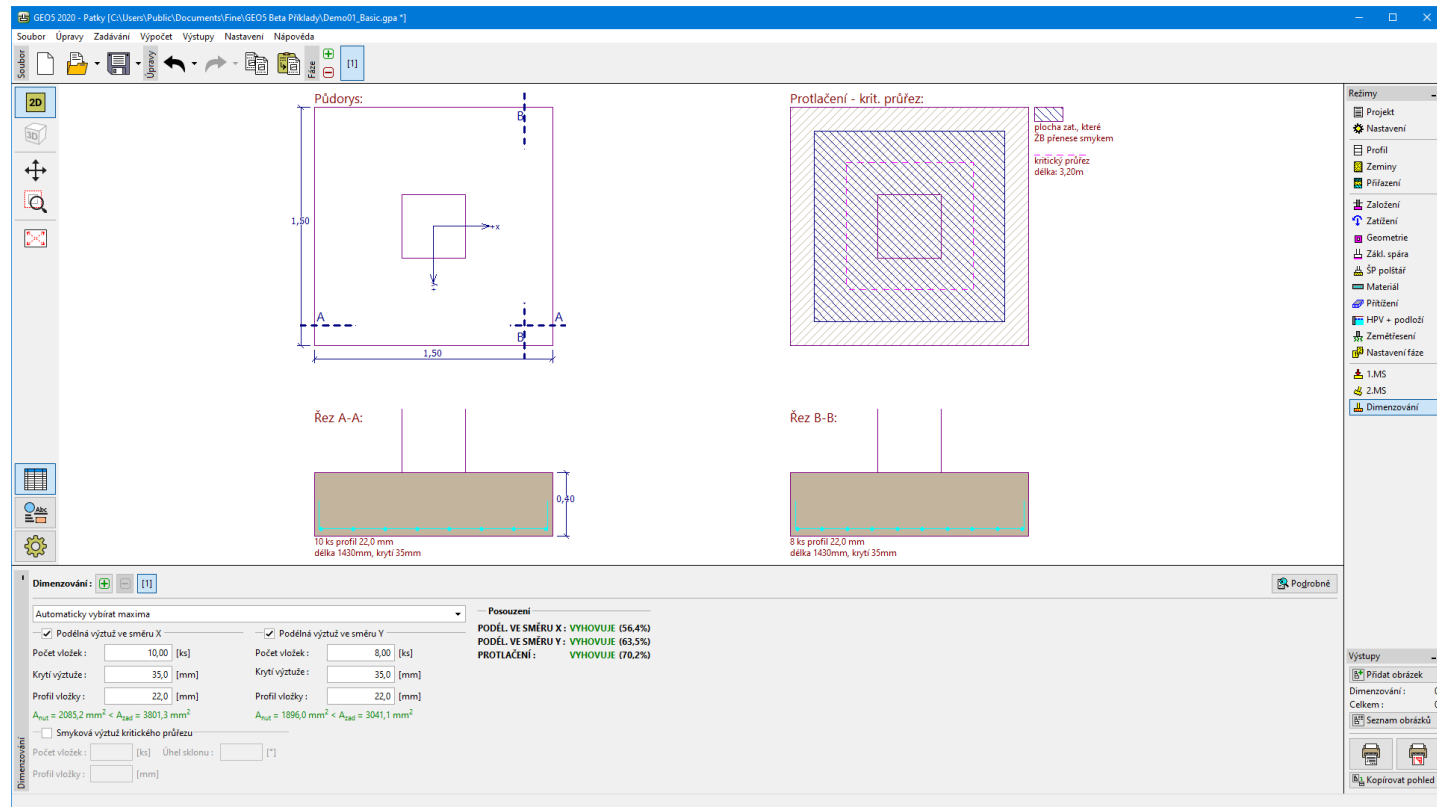
V rámu "Dimenzování" můžeme navrhnout a posoudit podélnou výztuž základu a posoudit základ na protlačení. Posouzení lze provést pro jednotlivá zatížení, nebo program automaticky vyhledá **zatížení s maximálním účinkem** (lze vybrat v rozbalitelném seznamu).

Program vypočte napětí v základové spáře a **stanoví vnitřní síly** v jednotlivých průřezích.

Dimenzování železobetonové konstrukce se provádí podle normy zadané v záložce "Materiály a normy".

Spočtené údaje se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Dimenzování"

Program Patky CPT

Program je určen k návrhu a posouzení plošných základů na základě výsledků **statických penetračních zkoušek (CPT)**, **standardních penetračních zkoušek (SPT)** nebo **presiomrických zkoušek (PMT)** Program provádí výpočet **svislé únosnosti**, **sednutí** a **dimenzování nosné výztuže**.

Nápověda k programu "Patky CPT" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Zkoušky CPT	Zkoušky SPT	Zkoušky PMT	Klasifikace zemín	Profil
Zeminy	Přiřazení	Voda	Založení	Zatížení	Geometrie	Materiál
Výpočet	Dimenzování					

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu **"Patky CPT"**:

Napětí v
zemíně Patky CPT Polní zkoušky

- Informace k **výstupům**

- Obecné informace pro práci v **uživatelském prostředí** programů GEO5

- Společné zadávání** pro všechny programy

Projekt

Rám **"Projekt"** je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "**Nastavení**" je určen k zadání základních "**Nastavení**" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "**Vybrat**" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "**Seznamu nastavení**".

Tlačítko "**Správce nastavení**" otevře dialogové okno "**Správce nastavení**", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat** a **importovat**.

Tlačítko "**Přidat do správce**" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "**Upravit**" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "**Přidat do správce**".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**".

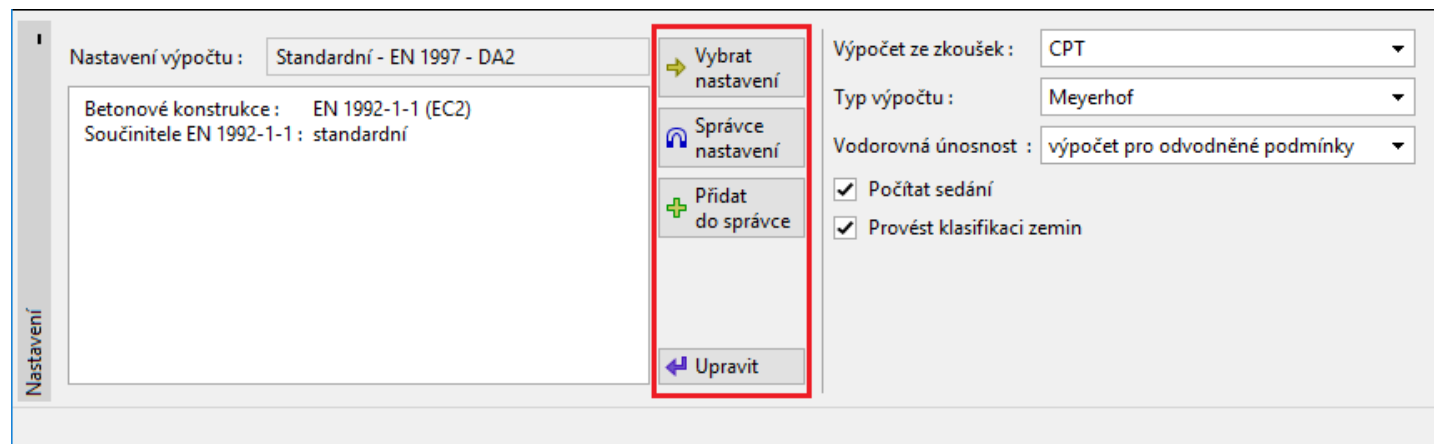
V rámu se volí typ zkoušek (**CPT**, **SPT**, **PMT**) použitý pro výpočet **únosnosti** a **sednutí** plošného základu. Podle vybraného typu zkoušek je zobrazen buď rám "**Zkoušky CPT**", "**Zkoušky SPT**" nebo "**Zkoušky PMT**".

Pro statické penetrační zkoušky (CPT) se dále volí metoda výpočtu únosnosti (**Meyerhof**, **Schmertmann**, **Skempton**).

V případě výpočtu únosnosti podle metody Meyerhof (**CPT** i **SPT**) nejsou dostupné rámy "**Profil**", "**Zeminy**" a "**Přířazení**". Veškeré výpočty jsou prováděny pouze na základě zadaných zkoušek.

Pro **vodorovnou únosnost** se volí výpočet v závislosti na typu podloží (odvodněné podmínky, neodvodněné podmínky).

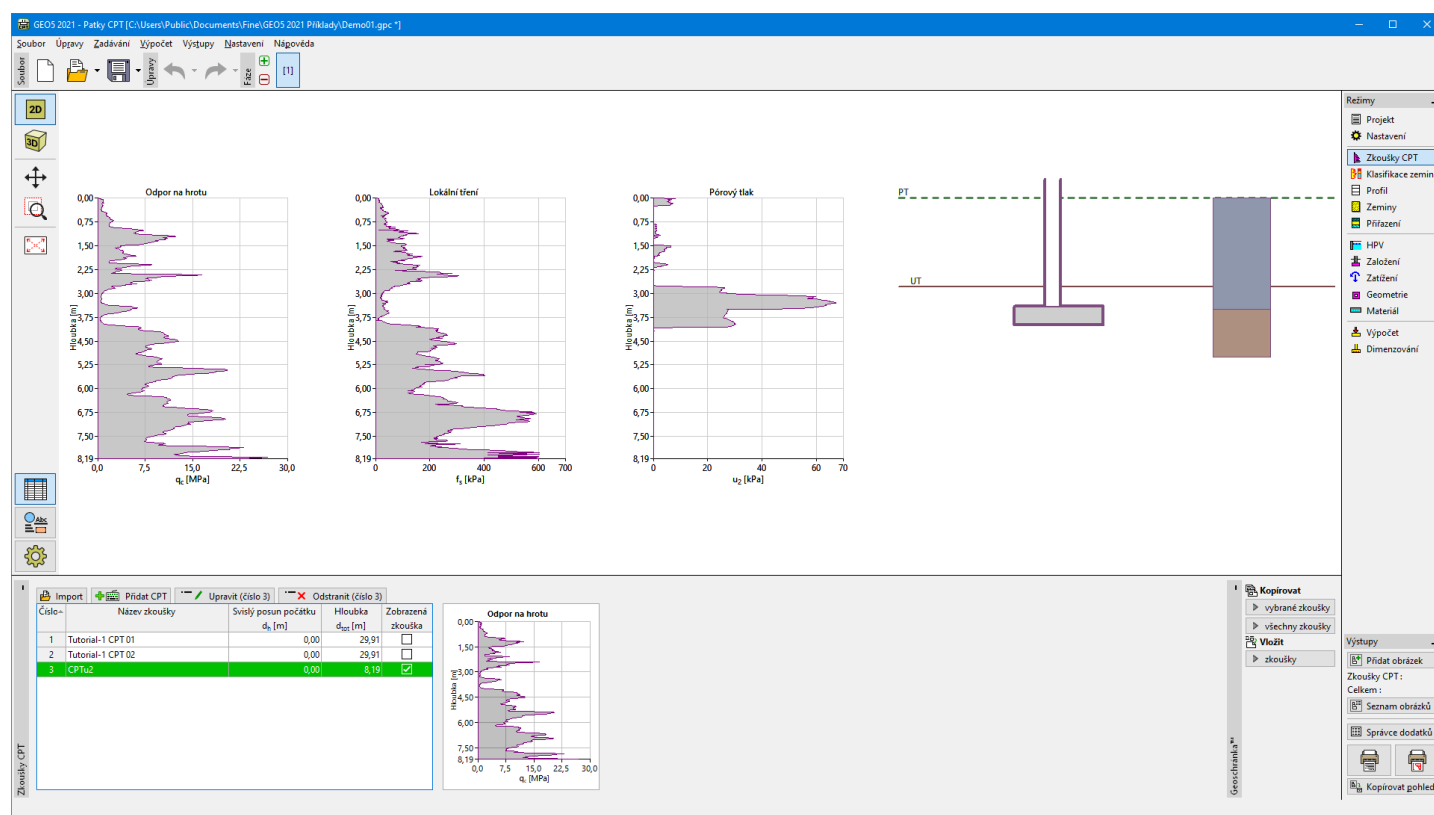
Dále je možné zvolit, zda chceme kromě únosnosti plošného základu spočítat i jeho sednutí, popř. zda chceme provést **klasifikaci zemin** na základě zkoušek CPT.



Rám "Nastavení"

Zkoušky CPT

Rám "Zkoušky CPT" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zkoušek statické penetrace (CPT).



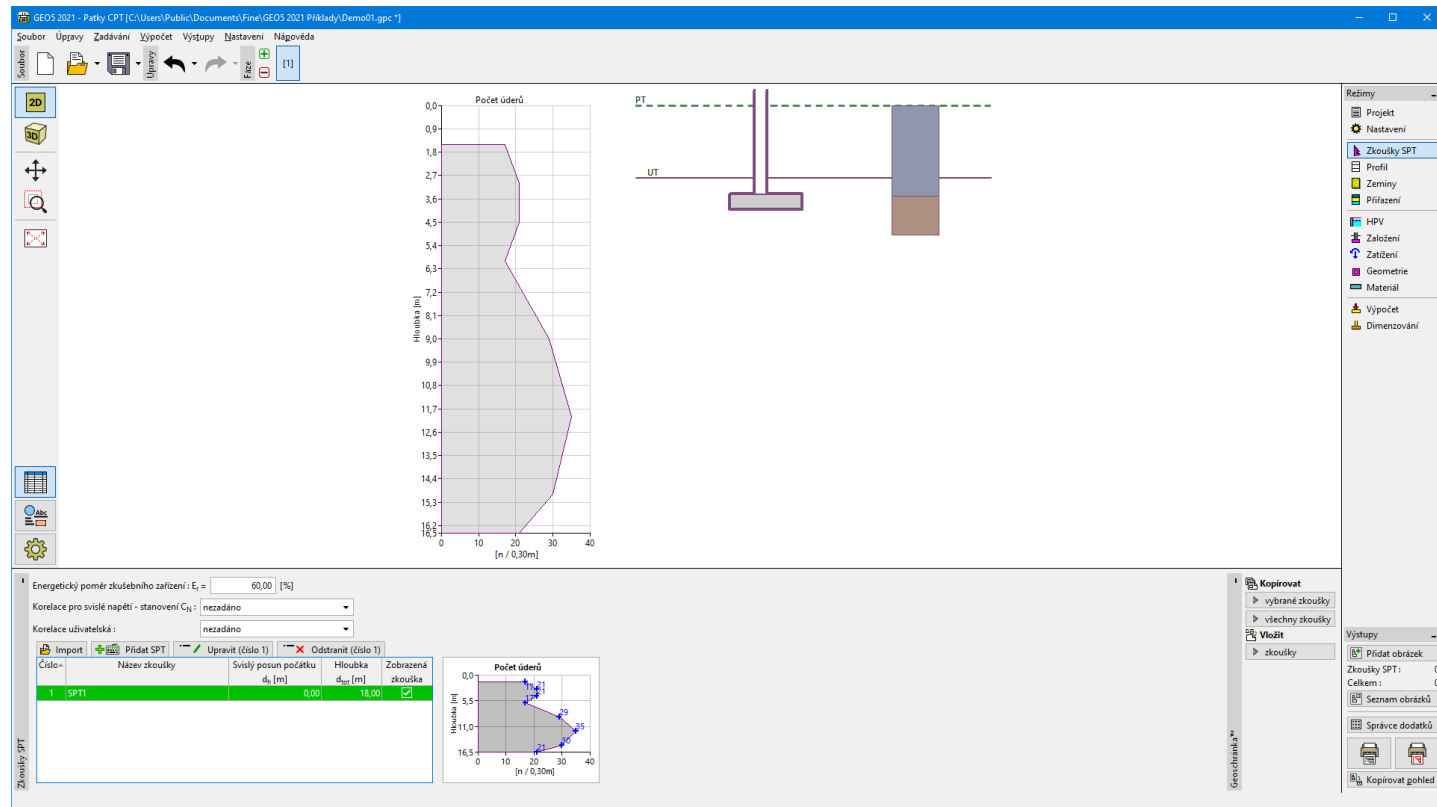
Rám "Zkoušky CPT"

Výsledky zkoušek CPT mohou být **importovány** ve formátech **GEF (*.gef)**, **CPT (*.cpt)**, **AGS (*.ags)**, **SPE (*.spe)**, **GRU (*.GRU)**, či jako obecná tabulková data (*.xlsx, *.csv, *.ods, *.txt).

Zkoušky CPT lze přenášet v rámci programů "PilotaCPT", "PatkyCPT" a "Stratigrafie" pomocí "Geoschránky".

Zkoušky SPT

Rám "Zkoušky SPT" obsahuje tabulku se seznamem zadaných standardních penetračních zkoušek (SPT).



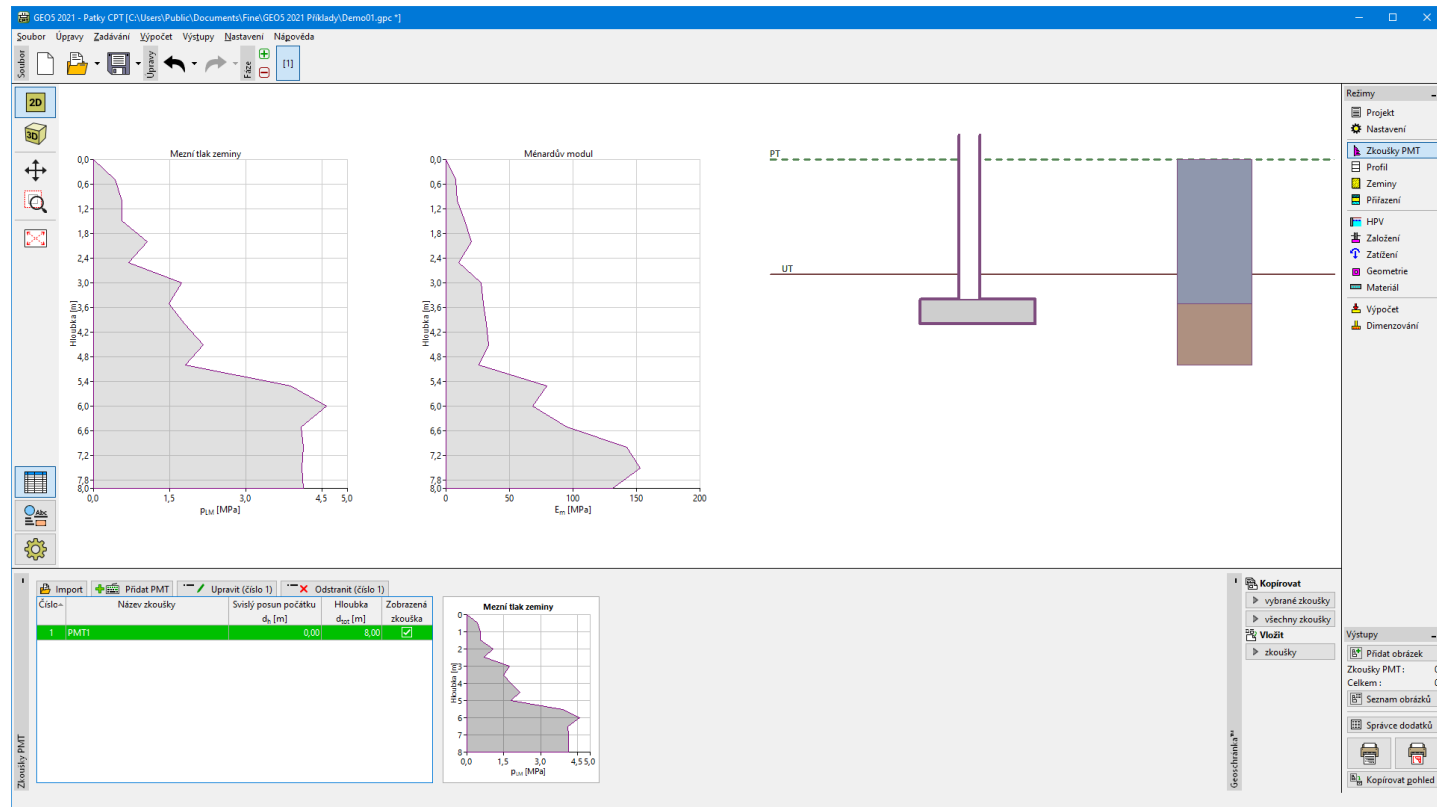
Rám "Zkoušky SPT"

Výsledky standardních penetračních zkoušek (SPT) je možné též **importovat** v různých formátech (např. *.TXT, *.CSV, *.XLSX, *.ODS).

Zkoušky SPT lze přenášet v rámci programů "Mikropilota", "Pilota CPT", "PatkyCPT" a "Stratigrafie" pomocí "Geoshránky".

Zkoušky PMT

Rám "Zkoušky PMT" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných **presiomrických zkoušek (PMT)**.



Rám "Zkoušky presiometr"

Hodnoty presiometrických zkoušek (PMT) lze do programu **importovat** pomocí souboru v různých formátech (např. *.TXT, *.CSV, *.XLSX, *.ODS).

Zkoušky PMT lze přenášet v rámci programů "**Mikropilota**", "**Pažení posudek**", "**Stabilizační pilota**", "**Patka CPT**" a "**Stratigrafie**" pomocí "**Geoschránky**".

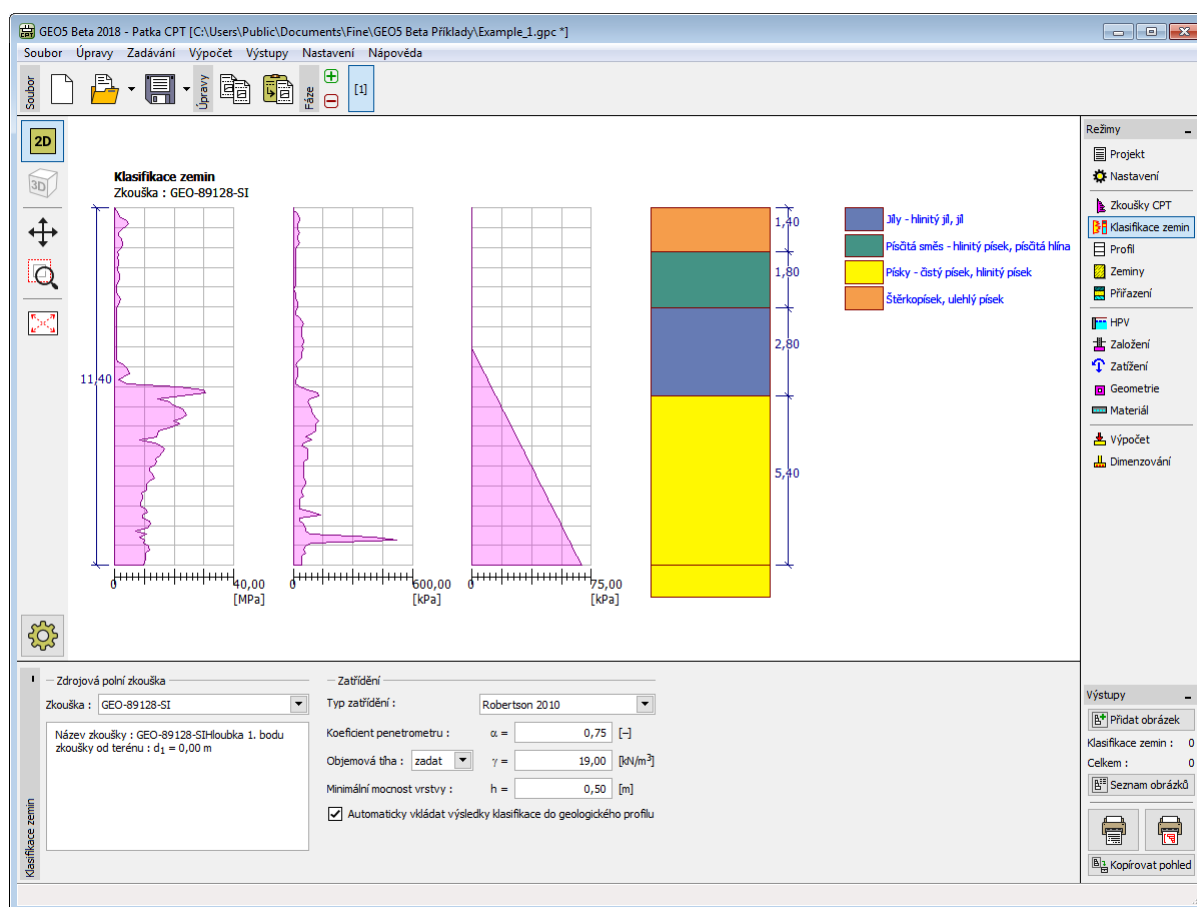
Klasifikace zemin

Klasifikace zemin Robertson (1986), resp. Robertson (2010) umožňuje určit typ chování zeminy a některé její parametry přímo z výsledků **zkoušky CPT** - vstupní parametry **zemin** pak není nutné zadávat. Vygenerované parametry zemin doporučujeme před **výpočtem** zkontrolovat.

V **rámu "Klasifikace zemin"** se volí **zkouška pro zatřídění** (definovaná v rámu "**Zkoušky CPT**"). Zatřídění zeminy je provedeno podle **Robertsona** (1986 nebo 2010).

V rámu se dále zadává **koeficient penetrometru** α [-]. Hodnotu objemové tíhy zeminy γ lze buď zadat stejnou pro všechny vrstvy, nebo se v programu automaticky **dopočítává** pro každou vrstvu zvlášť z hodnot **zkoušek CPT**. V rámu lze zadat minimální mocnosti vrstvy zemin h . To má vliv na rozložení a počet vrstev jednotlivých zemin v geologickém **profilu** řešené úlohy.

Zaškrtnutím volby "**Automaticky vkládat výsledky klasifikace do geologického profilu**" se při jakékoliv změně dat v tomto rámu automaticky přiřadí vygenerovaný geologický profil do celé úlohy. Manuální přiřazení zeminy do geologického profilu při deaktivaci předchozí volby se provádí pomocí tlačítka "**Vložit profil a zeminy**".



Rám "Klasifikace zemin"

Profil

Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrstvy (t).

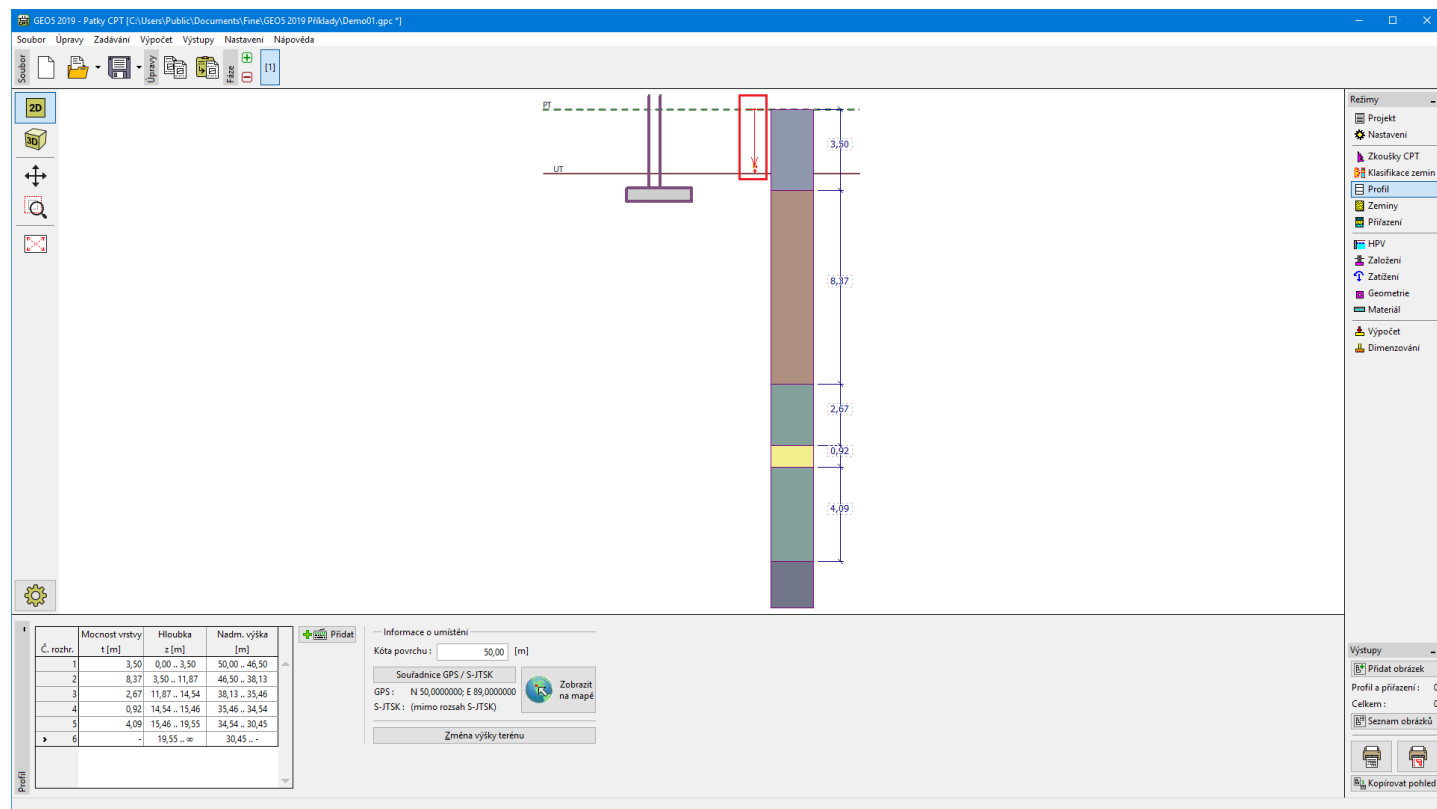
V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout

celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu **"Terén"** nebo **"Stratigrafie"**.

Rám **"Profil"** není dostupný při výpočtu únosnosti metodou Meyerhof (**CPT** i **SPT**).



Rám "Profil"

Zeminy

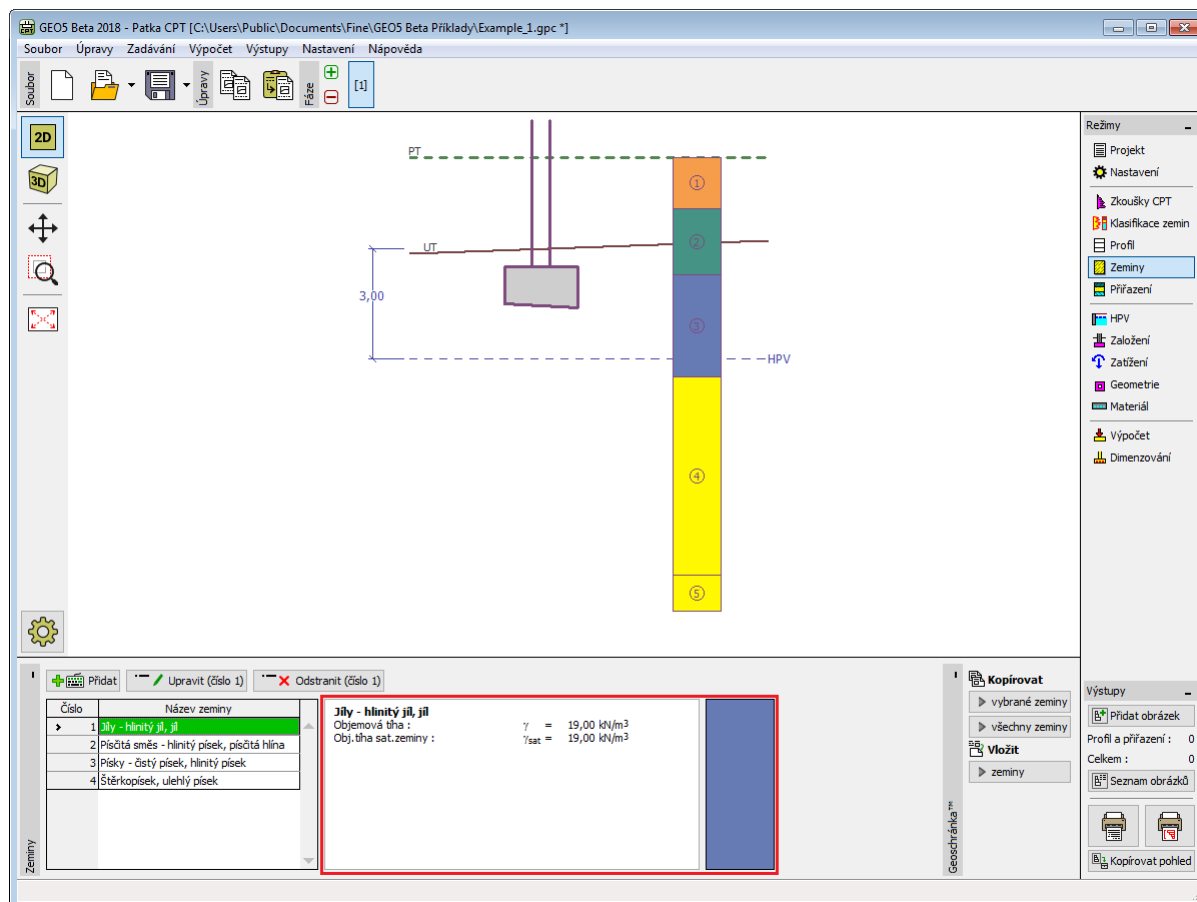
Rám **"Zeminy"** obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemi v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zemích za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

V programu **"Patky CPT"** se **zadáva** pouze objemová tíha zeminy γ a objemová tíha saturované zeminy γ_{sat} . Tyto charakteristiky jsou použity pro výpočet **geostatického napětí, resp. vztlaku**.

Rám **"Zeminy"** není dostupný při výpočtu únosnosti metodou Meyerhof (**CPT** i **SPT**).

Data zadáných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadává **objemová tíha zeminy**.

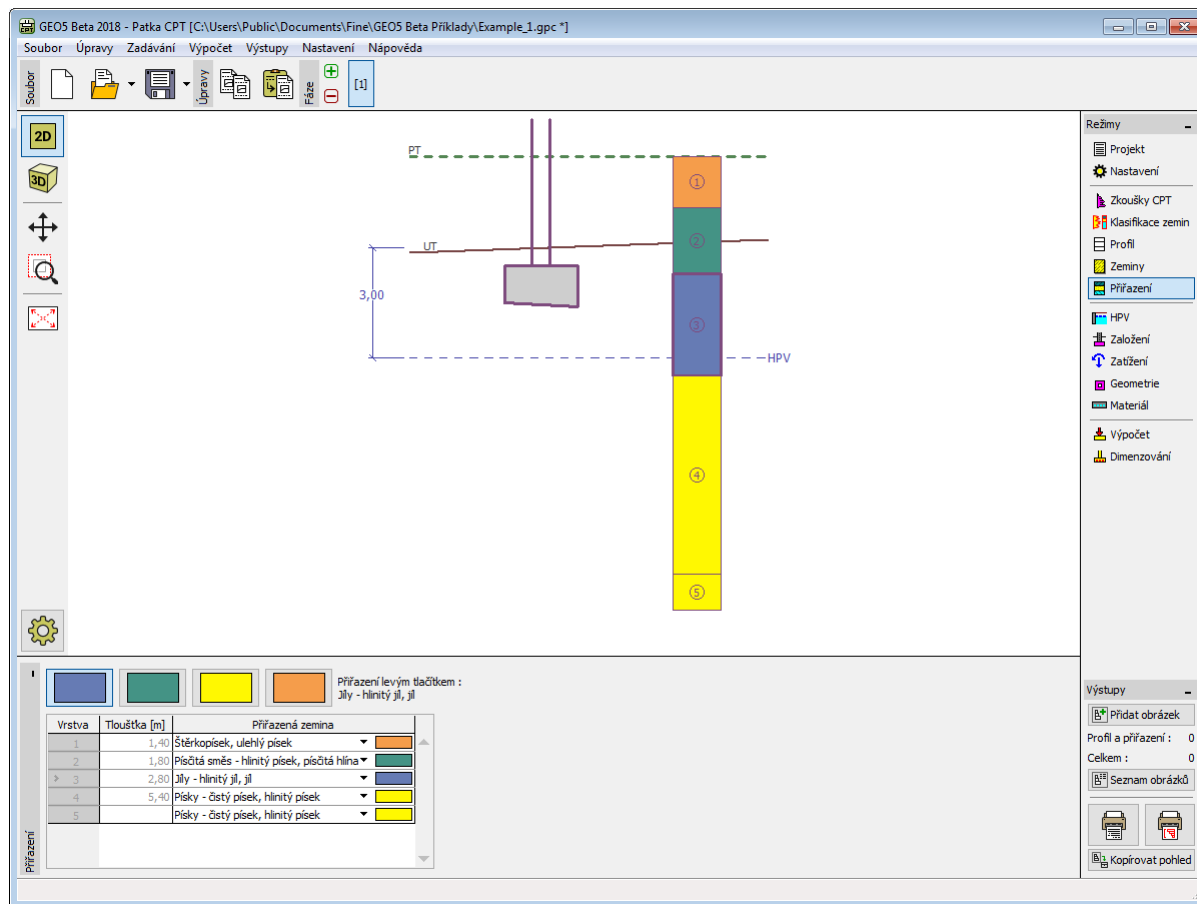
Dialogové okno "Přidání nových zemín" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).

Rám "Přiřazení" není dostupný při výpočtu únosnosti metodou Meyerhof (CPT i SPT).

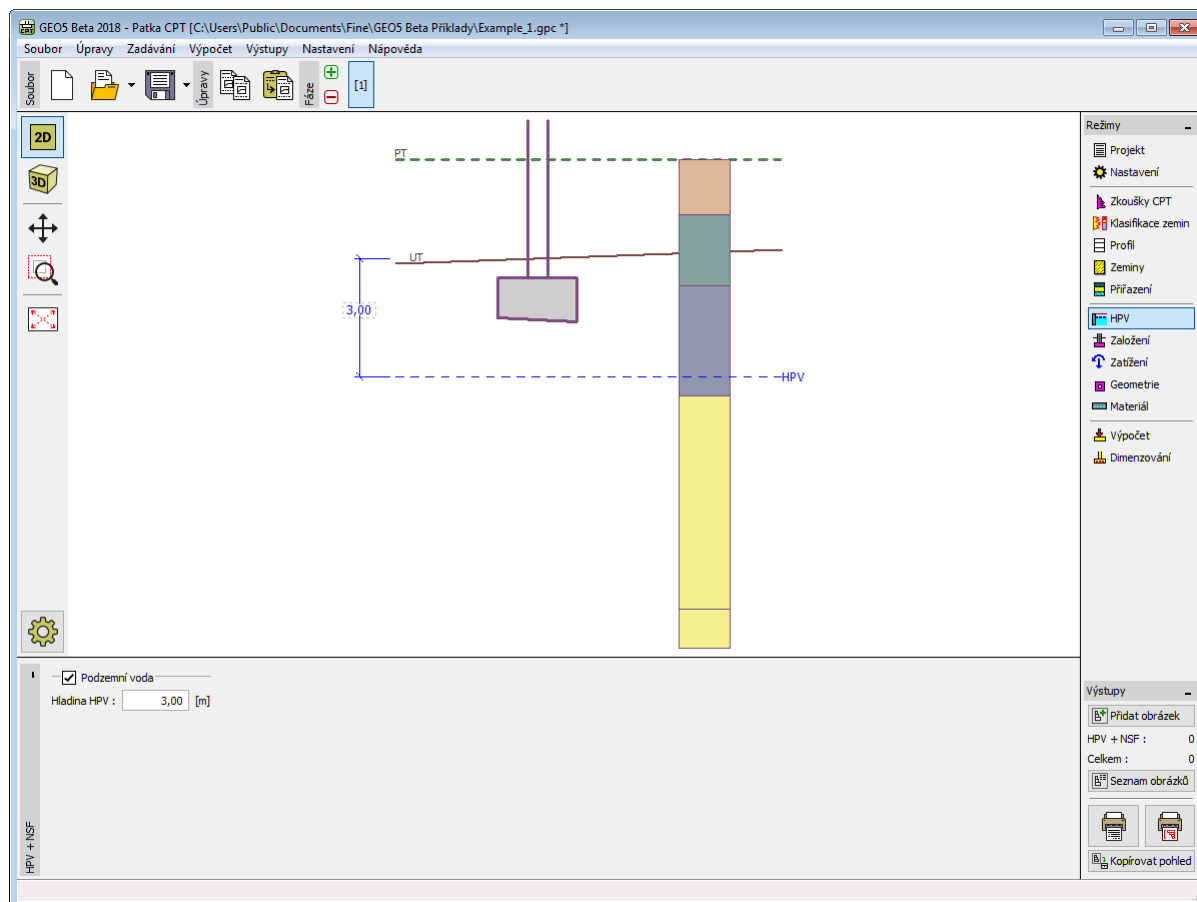


Rám "Přiřazení"

HPV

V rámu "HPV" se zadává **hloubka hladiny podzemní vody**. Hodnoty lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí [aktivních kót](#).

Vliv vody se projevuje ve změně [geostatického napětí](#) pod základem.



Rám "Voda"

Založení

V rámu "Založení" se v rozbalitelném seznamu volí typ základu. Zvolený typ s grafickou nápovědou zadávaných hodnot, se zobrazuje v levé části rámu. Hodnoty lze editovat buď v rámu vložením do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**. V rámu se volí objemová tíha nadloží.

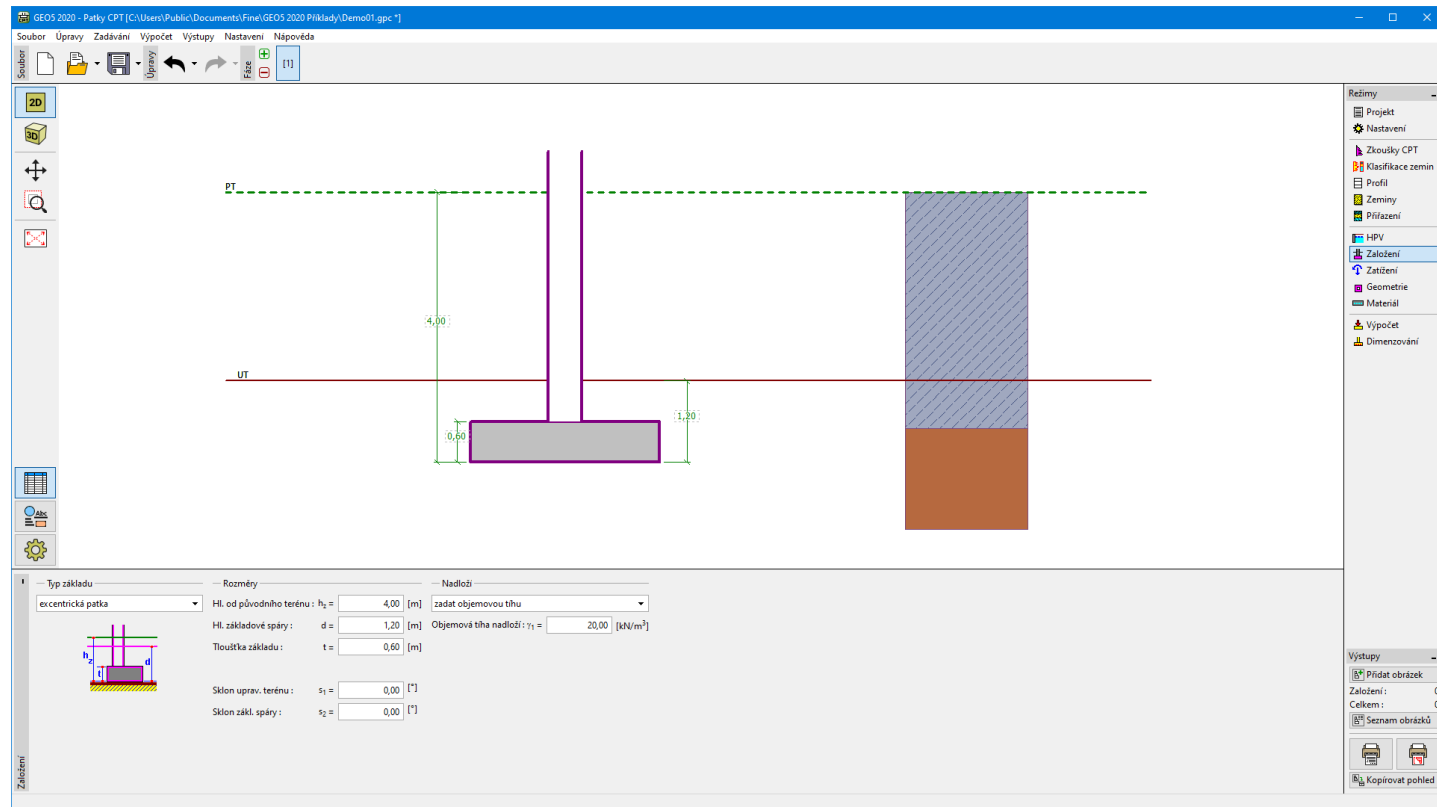
Program umožňuje zadat následující typy základů:

- **Centrická patka**
- **Excentrická patka**
- **Základový pas**
- **Stupňovitá centrická patka**
- **Stupňovitá excentrická patka**
- **Kruhová patka**
- **Kruhová stupňovitá patka**
- **Centrická patka s náběhem**
- **Excentrická patka s náběhem**
- **Centrická patka s kruhovým stupněm**

Profil zeminy se zadává od **původního terénu**. Pro únosnost základu je rozhodujícím kritériem **hloubka upraveného terénu**. Leží-li upravený terén nad stávajícím terénem, je nutné zadat hloubku upraveného a původního terénu stejnou a do podloží zadat vrstvu s nově navezenou zeminou. V tomto rámu se také zadává **tloušťka základu**.

Dále se volí způsob, jakým bude uvažováno **nadloží**:

- **zadat objemovou tíhu** - zadává se objemová tíha nadloží γ_l
- **podle geologického profilu** - objemová tíha nadloží se určí podle zemín přiřazených v geologickém profilu
- **zadat tvar a zeminu zásypu** - tato volba umožňuje modelovat tvar zásypu od **dolního** nebo **horníhookraje** patky. Objemová tíha nadloží se určí podle přiřazené zeminy.



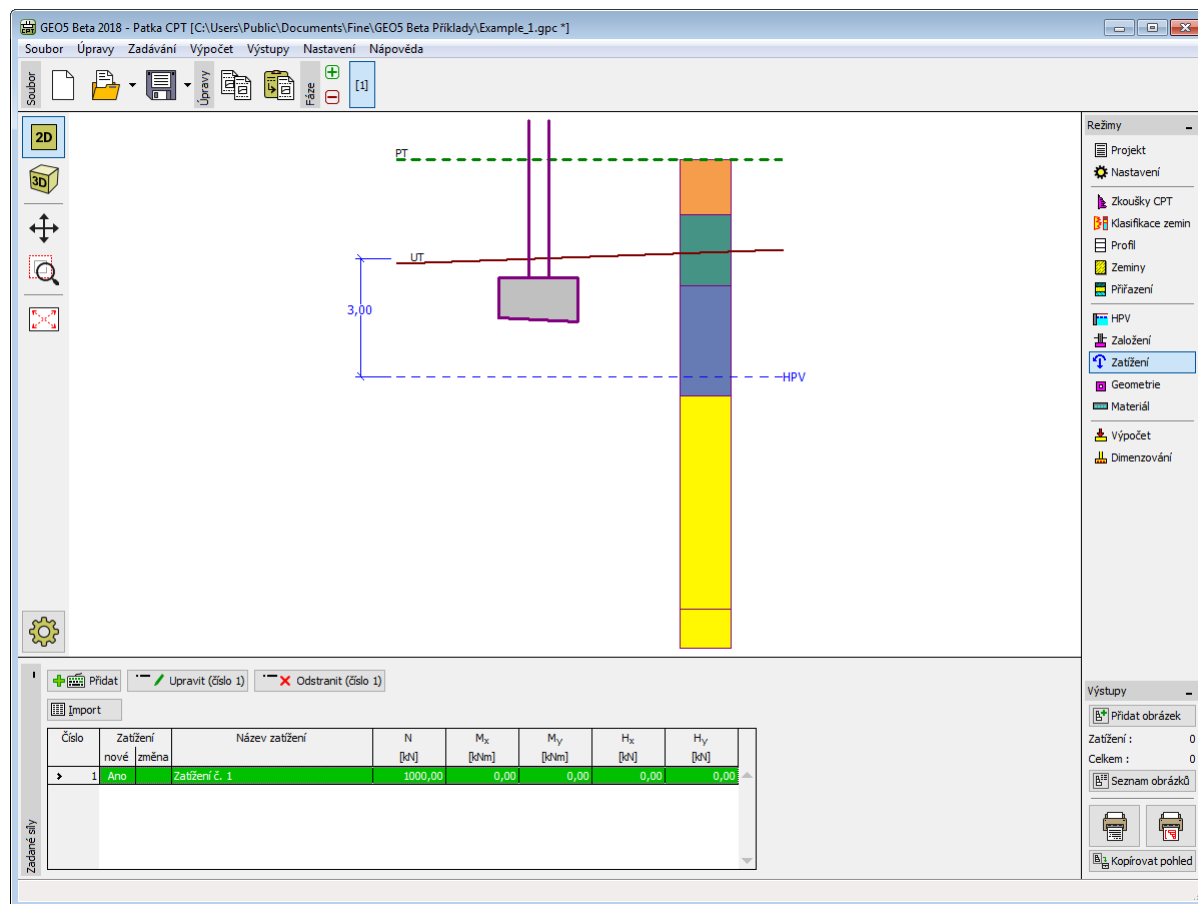
Rám "Založení"

Zatížení

Rám "Zatížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zatížení. Přidání zatížení se provádí v dialogovém okně "Nové zatížení". Síly se zadávají dle konvence vykreslené v pravé části dialogového okna.

Zatížení základu je uvažováno vždy v bodě **nápojení sloupu na základ**. Program automaticky dopočítává **vlastní tíhu základu** a **nadloží nad základem**.

Program také umožňuje **import zatížení**, který lze provést pomocí tlačítka "Import".



Rám "Zatížení"

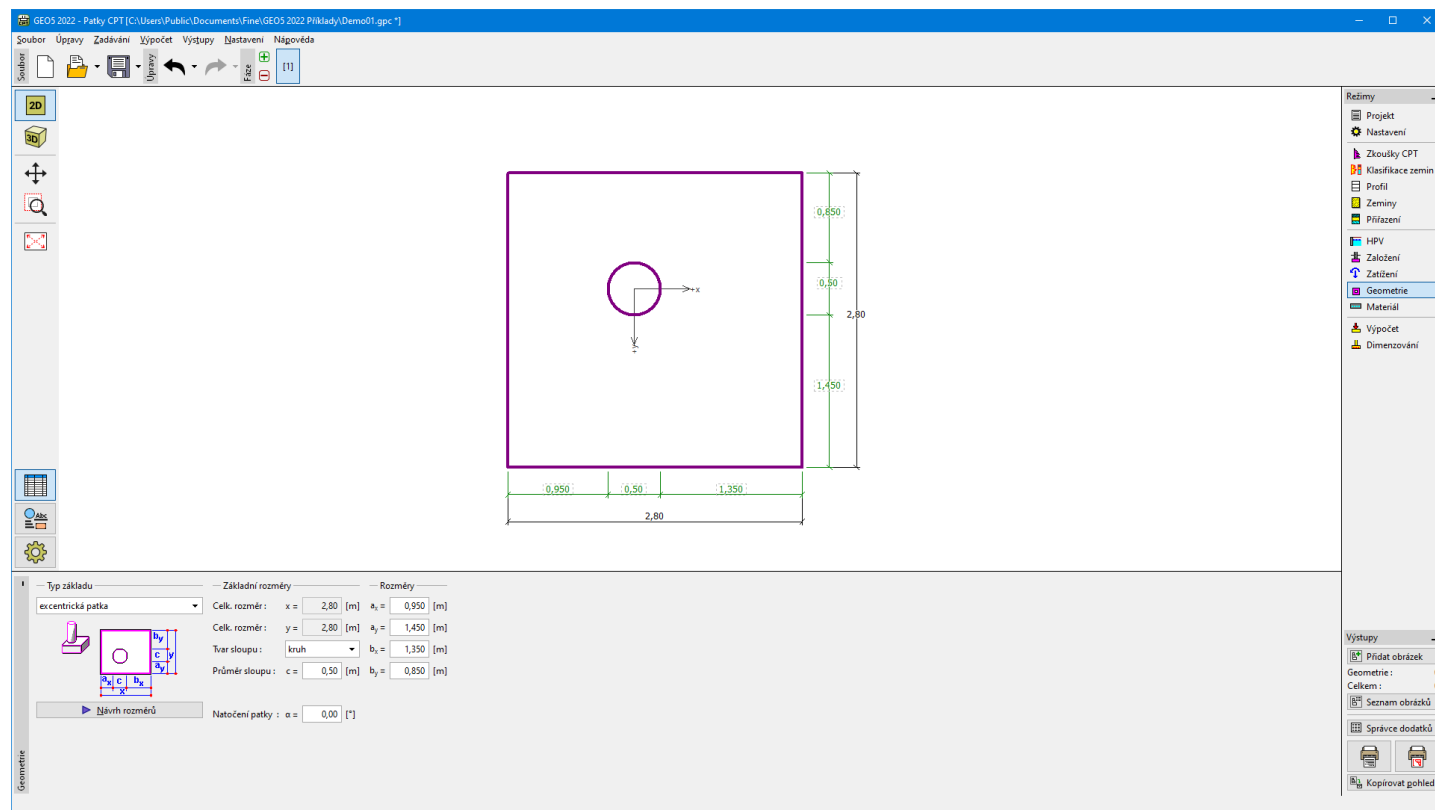
Geometrie

V rámu **"Geometrie"** se zadává tvar základu a sloupu. Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot se zobrazuje v levé části rámu. Hodnoty lze editovat buď v rámu vložením do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Typ základu a jeho **tloušťka** se zadávají v rámu **"Založení"**.

Program automaticky dopočítává **vlastní tíhu základu** a **nadloží nad základem**. Objemová tíha základu se zadává v rámu **"Materiál"**.

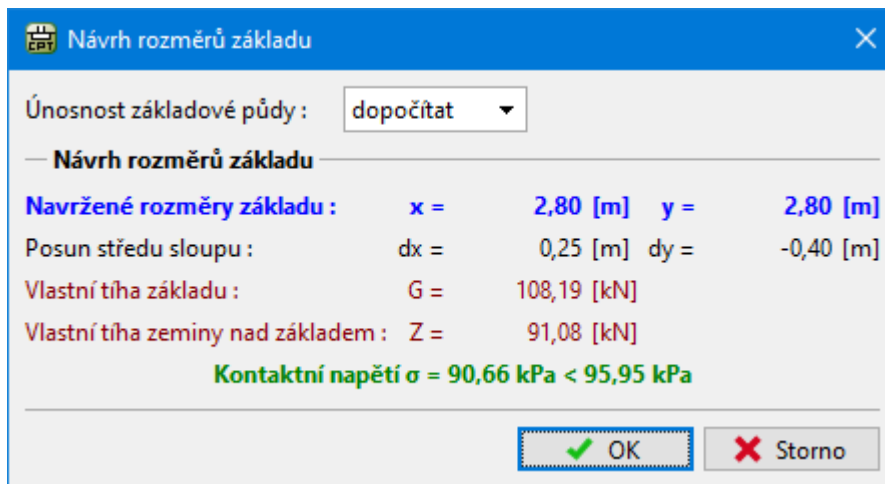
Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie"

Tlačítko "**Návrh rozměrů**" otevírá dialogové okno "**Návrh rozměrů základu**", ve kterém lze pomocí programu spočítat rozměry základu. V dialogovém okně lze zadat únosnost základové půdy R_d , nebo zvolit možnost "**Počítat**". V tomto případě dopočítá program rozměry základu s uvažováním **zadaných parametrů** (zeminy, profil, vliv HPV, nastavení aj.)

Při odchodu z dialogového okna tlačítkem "**OK**" se navržené rozměry přenesou do rámu "**Geometrie**".



Dialogové okno "Návrh rozměrů základu"

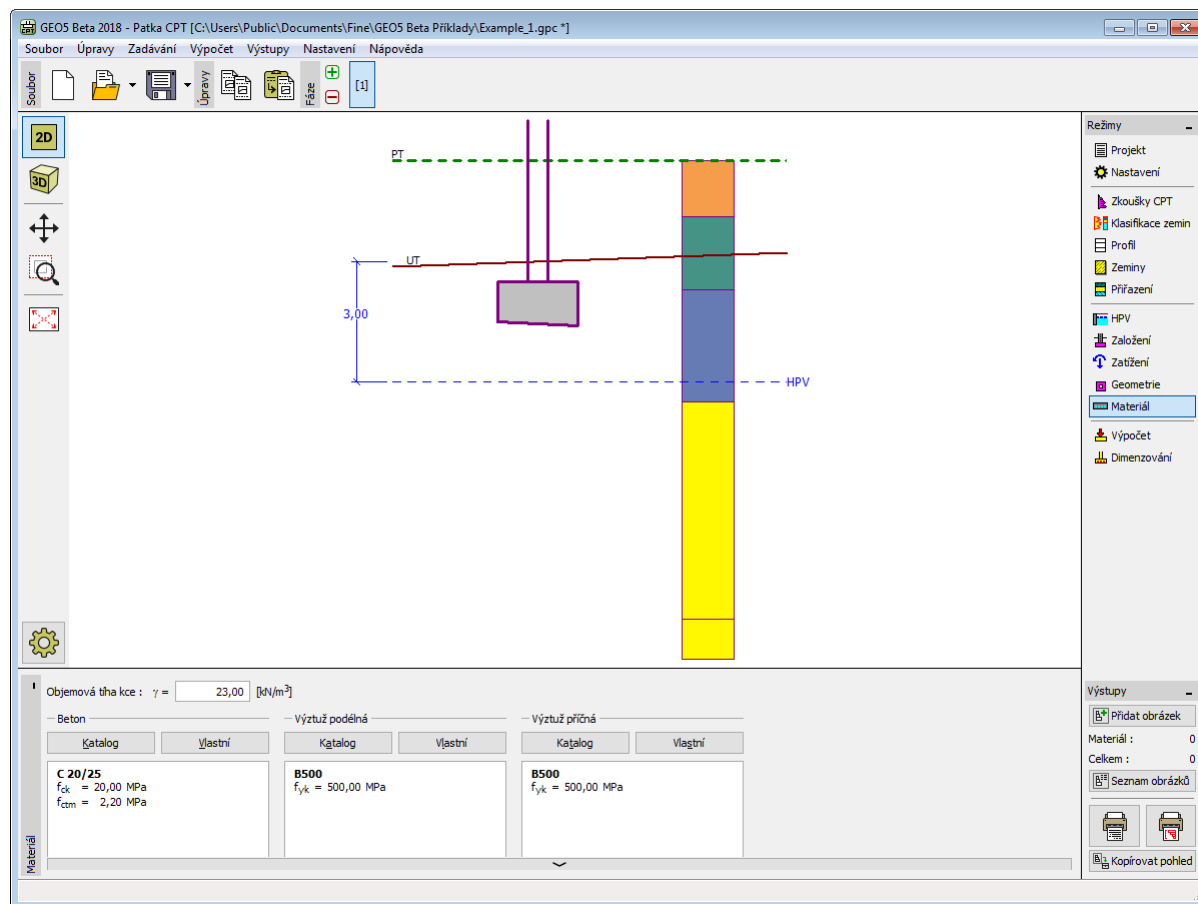
Materiál

V rámu "**Materiál**" se zadávají materiálové charakteristiky. V zadávacím poli v horní části rámu se zadává **objemová tíha konstrukce**.

Pro nastavení parametrů materiálu lze použít dvě možnosti:

- tlačítkem "**Katalog**" otevřeme dialogové okno "**Katalog materiálů**" a ze seznamu vybereme požadovaný materiál
- tlačítkem "**Vlastní**" otevřeme dialogové okno "**Editor materiálů**" a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy pro navrhování **betonových** konstrukcí v záložce "**Materiály a normy**".



Rám "Materiál"

Výpočet

V rámu "**Výpočet**" se posuzuje **svislá únosnost** a **sednutí základu**. V rámu lze provést **více výpočtů**. Posouzení lze provést pro jednotlivá zatížení, nebo program vyhledá **zatížení s maximálním účinkem** (lze vybrat v rozbalitelném seznamu).

V rámci obou mezních stavů (únosnost, použitelnost) program posuzuje **excentricitu základu**. Hodnota maximální dovolené excentricity základu se zadává v levé části rámu.

Výpočet je proveden podle **typu zadaných zkoušek** v rámu "**Nastavení**", kde se volí při použití zkoušek CPT i **metoda výpočtu**.

Výpočet může být proveden pro **nejhorší zkoušku**, **průměr ze všech zadaných zkoušek** nebo **konkrétní zkoušku** vybranou z rozbalitelného seznamu.

Dále je třeba zvolit **stupeň bezpečnosti pro výpočet svislé únosnosti**. U všech metod výpočtu na základě zkoušek CPT, SPT nebo PMT je doporučeno použít stupeň bezpečnosti **$SF = 3$** .

Při výpočtu **sedání** lze od **napětí v základové spáře** odečíst geostatické napětí, které je uvažováno:

- od původního terénu
- od upraveného terénu
- neuvažováno

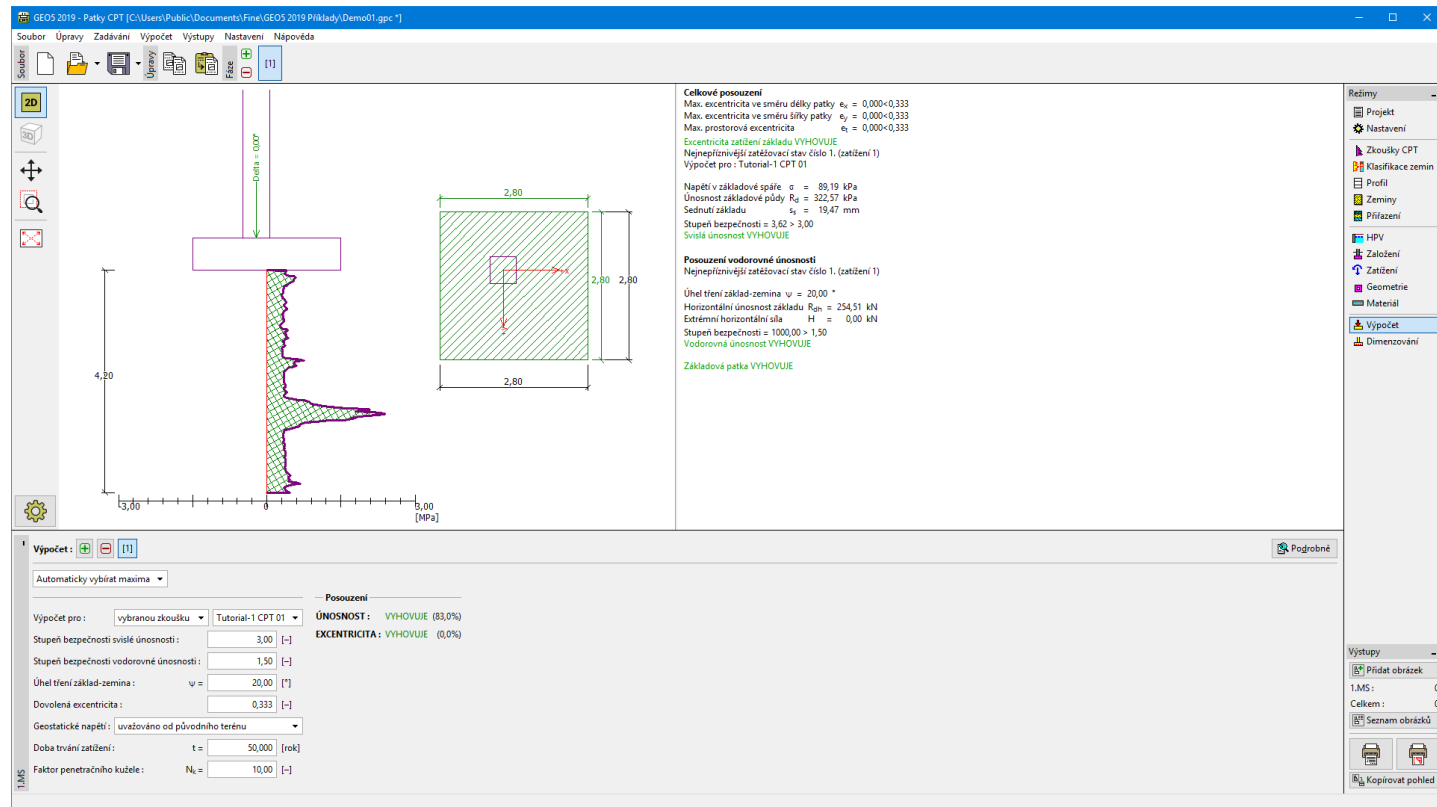
V případě nakloněné základové spáry, popř. výpočtu únosnosti dle **metody Schmertmann** je třeba dále zadat úhel tření zeminy φ v základové spáře.

U výpočtu na základě zkoušek SPT (**metoda Meyerhof**) je zde možné zadat korelaci pro nasycené jemnozrné písky.

Při výpočtu **vodorovné únosnosti** se zadává **stupeň bezpečnosti** a další data závislá na typu výpočtu zvoleném v rámu "**Nastavení**":

- **úhel tření** mezi základem a zeminou ψ (výpočet pro odvodněné podmínky)
- **soudržnost** mezi základem a zeminou a (výpočet pro neodvodněné podmínky)

Detailní výpis výsledků posouzení se zobrazuje v pravé části desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Výpočet"

Dimenzování

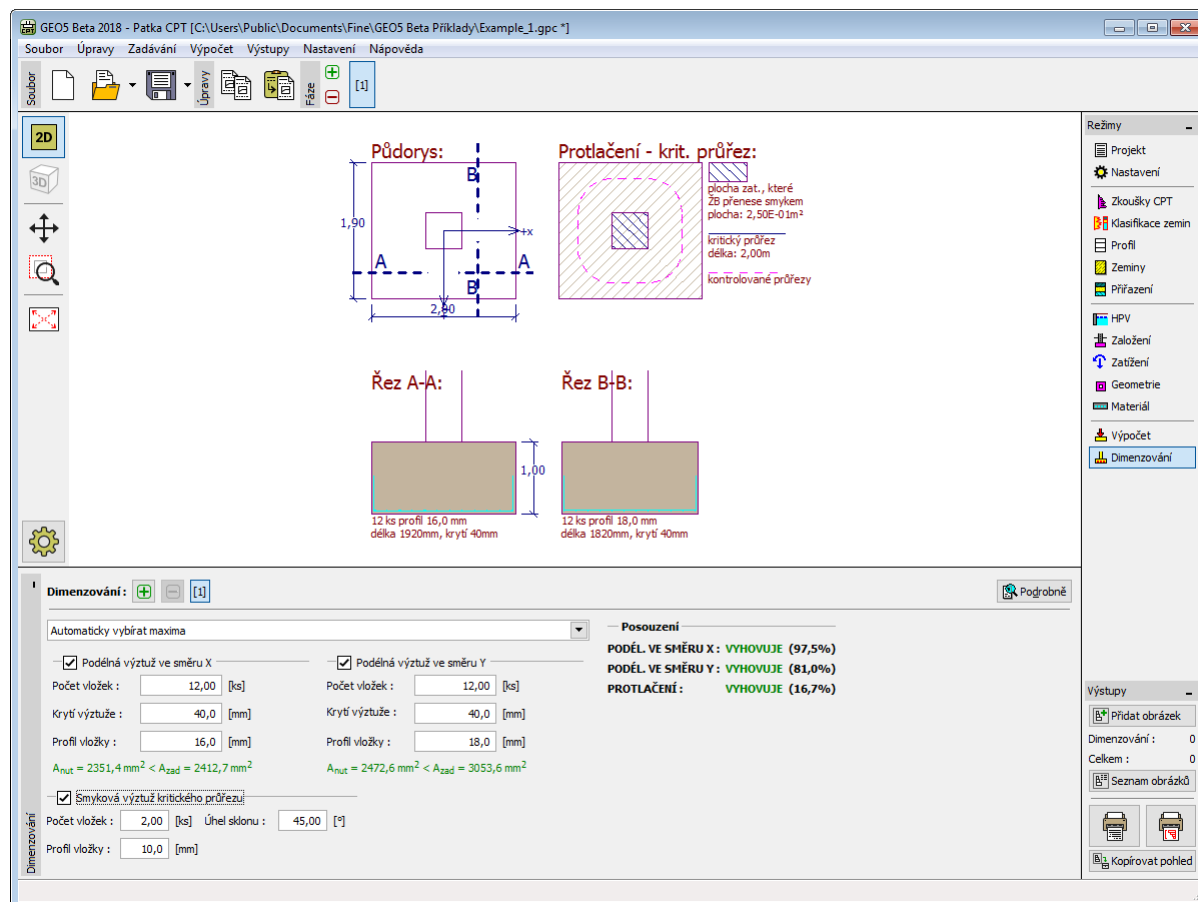
V rámu "Dimenzování" můžeme navrhnout a posoudit podélnou výztuž základu a posoudit základ na protlačení. Posouzení lze provést pro jednotlivá zatížení, nebo program automaticky vyhledá **zatížení s maximálním účinkem** (lze vybrat v rozbalitelném seznamu).

Program vypočte napětí v základové spáře a **stanoví vnitřní síly** v jednotlivých průřezích.

Dimenzování železobetonové konstrukce se provádí podle normy zadané v záložce "Materiály a normy".

Spočtené údaje se zobrazují na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků dimenzování.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Dimenzování"

Program Pilota

Program je určen k posouzení svislé únosnosti tlačené i tažené piloty, sedání piloty a vodorovné únosnosti osamělé piloty. Posouzení může být provedeno jak podle EN 1997-1, tak i klasických způsobem (mezní stavy, stupeň bezpečnosti, ČSN 73 1002).

Nápopěda k programu "Pilota" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Profil	Modul reakce podloží	Zeminy	Přirazení	Zatížení
Geometrie	Materiál	Voda, nestlačitelné podloží	Negativní plášťové tření	Nastavení fáze	Svislá únosnost (analytické řešení)	Svislá únosnost (pružinová metoda)
Sedání (Poulos)	Sedání (Masopust)	Sedání (EA-Přáhle)	Vodorovná únosnost (pružný poloprostor)	Vodorovná únosnost (Broms)		

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "Pilota":

Napětí v zemině	Výpočet piloty	Dimenzování železobetonových konstrukcí	Dimenzování ocelových průřezů	Dimenzování dřevěných průřezů
-----------------	----------------	---	-------------------------------	-------------------------------

- Informace k výstupům

- Obecné informace pro práci v **uživatelském prostředí** programů GEO5
- **Společné zadávání** pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

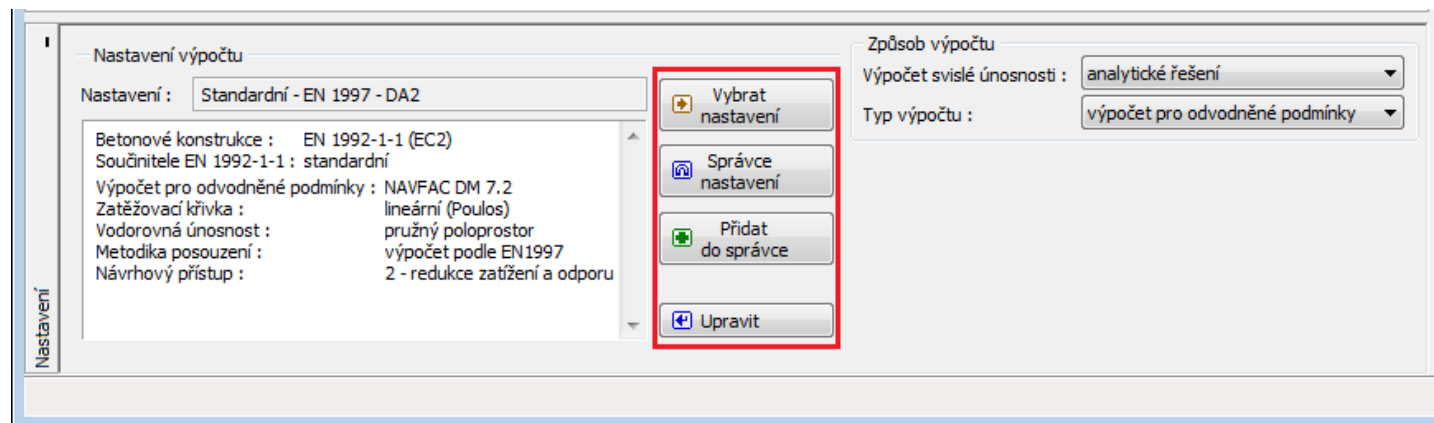
Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "Správce nastavení" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Piloty**".

Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty lze provést **analytickým způsobem** nebo pomocí **pružinové metody**. Pro analytické řešení se definuje:

- **výpočet pro odvodněné podmínky** (ČSN 73 1002, Efektivní napětí, NAVFAC DM 7.2, CTE-DB SE-C)
- **výpočet pro neodvodněné podmínky** (Tomlinson, NAVFAC DM 7.2, CTE-DB SE-C)



Rám "Nastavení"

Profil

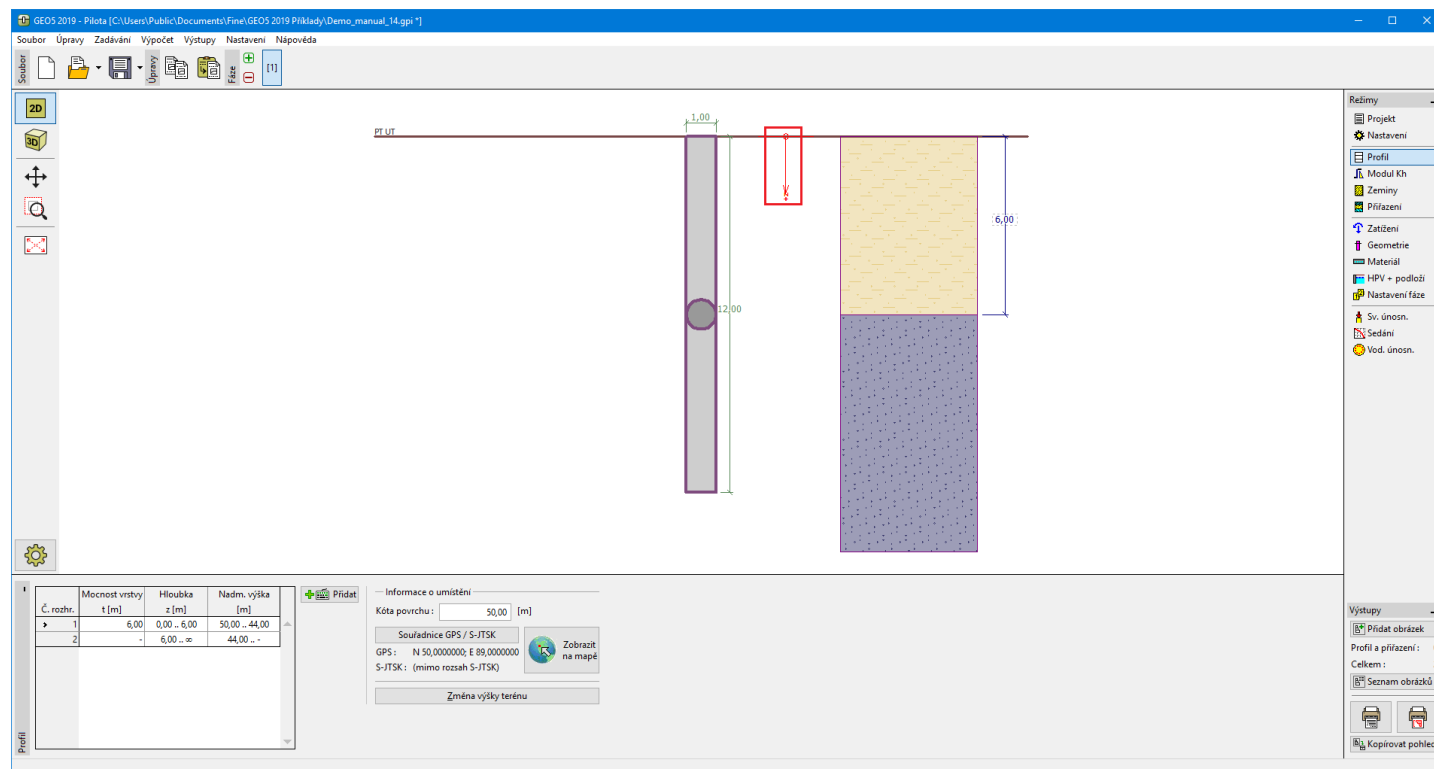
Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrstvy (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".

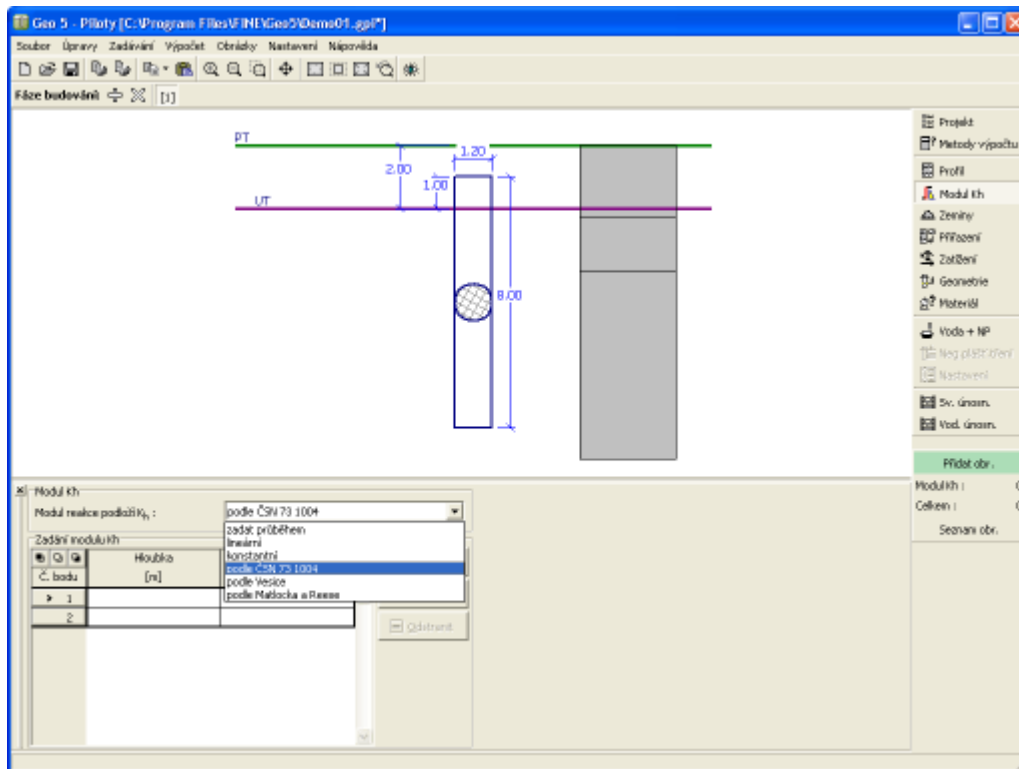


Rám "Profil"

Modul reakce podloží

V rozbalovacím seznamu zadáváme **způsob výpočtu modulu reakce podloží** - podle zvolené varianty se pak charakteristiky zemín nutně pro jeho výpočet zadávají v rámu "**Zeminy**".

Při volbě "**Zadat průběhem**" se v rámu zobrazí **tabulka**, ve které se **zadají** hodnoty modulu reakce podloží podél piloty.



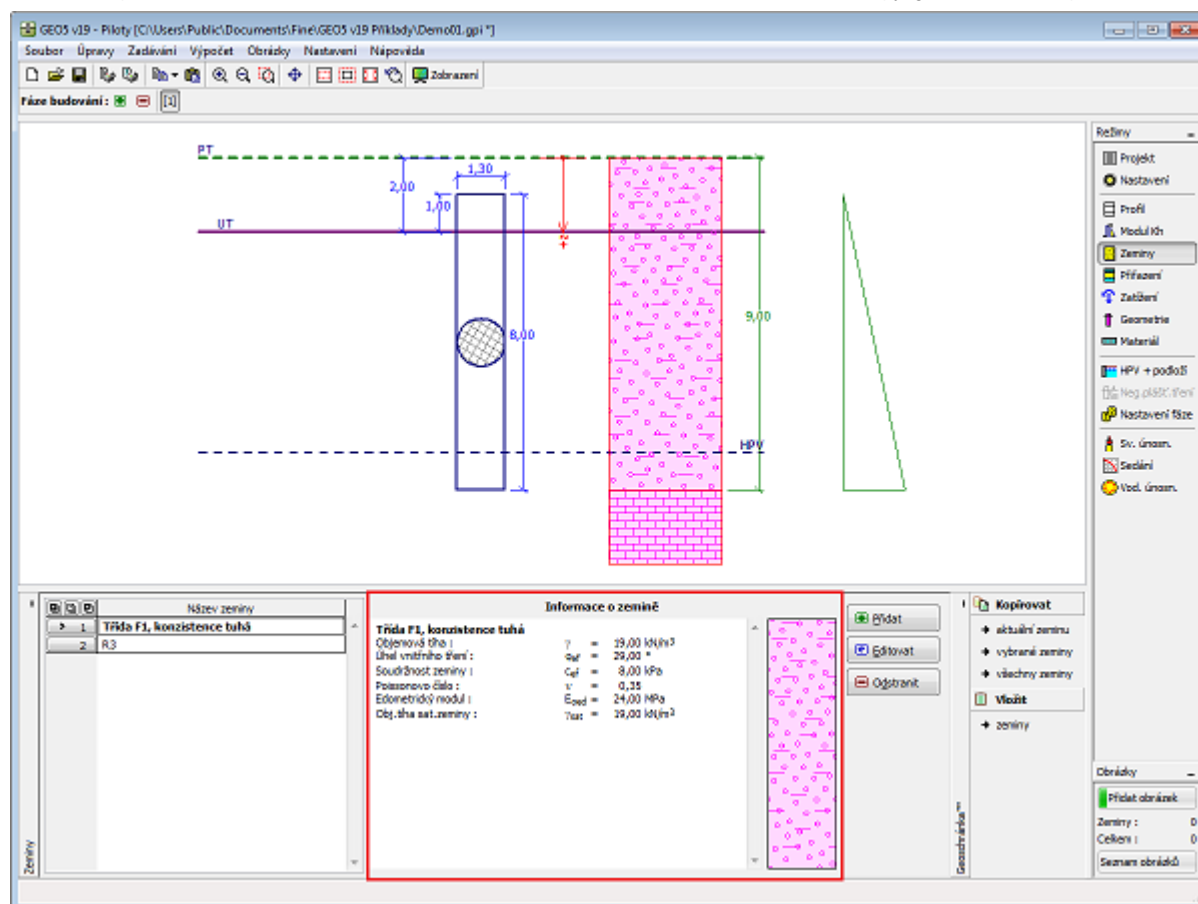
Rám "Modul reakce podloží"

Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zemin. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v dialogovém okně "Přidání nových zemin".

V programu se zadávají charakteristiky zemin, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "Základní data", "Vztlak", "Edometrický modul", "Modul reakce podloží", "Empirický součinitel adheze" a "Součinitel konzistence". Zadávané parametry zemin jsou závislé na způsobu nastavení modulu reakce podloží a teorii zadané v záložce "Piloty". Data zadaných zemin lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemin**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemin. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Parametry zemin se odlišují podle zvoleného typu výpočtu a metody posouzení (rám "Nastavení", záložka "Piloty").

Podle typu výpočtu rozlišujeme:

- **výpočet pro odvodněné podmínky:** standardně se používají **efektivní** parametry smykové pevnosti zemin c_{ef} , ϕ_{ef} ("ČSN 73 1002", "Efektivní napětí").
- **výpočet pro neodvodněné podmínky:** zadává se **totální** soudržnost zeminy c_u ("Tomlinson").
- **Metoda NAVFAC:** kombinuje oba postupy výpočtu. U každé vrstvy zeminy lze zvolit, zda se zemina počítá jako odvodněná (nesoudržná) nebo neodvodněná (soudržná).

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "Výpočet piloty".

Přidání nových zemin

Identifikace
 Název : Třída F5, konzistence tuhá

Základní data ?
 Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 20,0
 Poissonovo číslo : $\nu =$ [-] 0,4

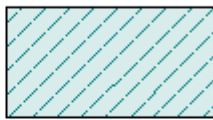
Metoda Tomlinson ?
 Soudržnost zeminy : $c_u =$ [kPa] 60
 Empirický součinitel adheze : ▼
 Empirický součinitel adheze : $\alpha =$ [-]

Přetvárné charakteristiky ?
 Výpočet sedání : ▼
 Edometrický modul : $E_{oed} =$ [MPa] 6 - 11

Vztlak ?
 Způsob výp.vztlaku : ▼
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Stanovení modulu reakce podloží ?
 Úhel roznášení : $\beta =$ [°]

Zobrazení
 Barva : ▼
 Kategorie vzorků : ▼
 Vzorek :


 Hlína

▼

Zatřídění

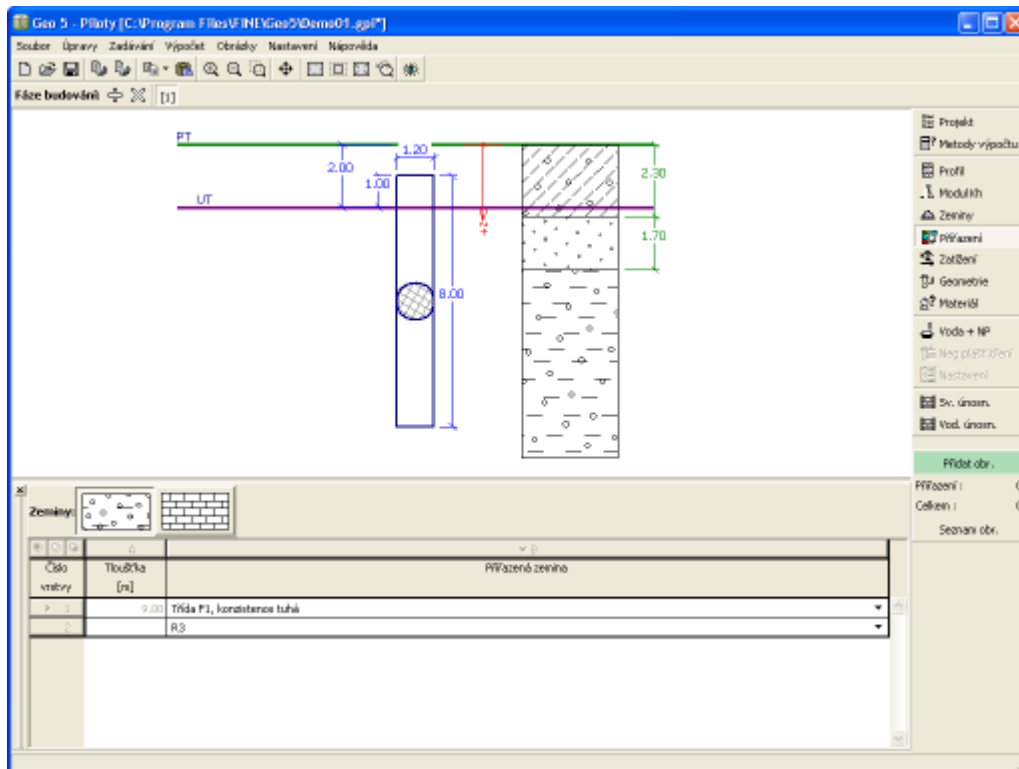
 +
 ✗

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



Rám "Přiznání"

Zatížení

Rám "Zatížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zatížení. Přidání zatížení se provádí v dialogovém okně "Nové zatížení". Síly se zadávají dle konvence vykreslené v pravé části dialogového okna.

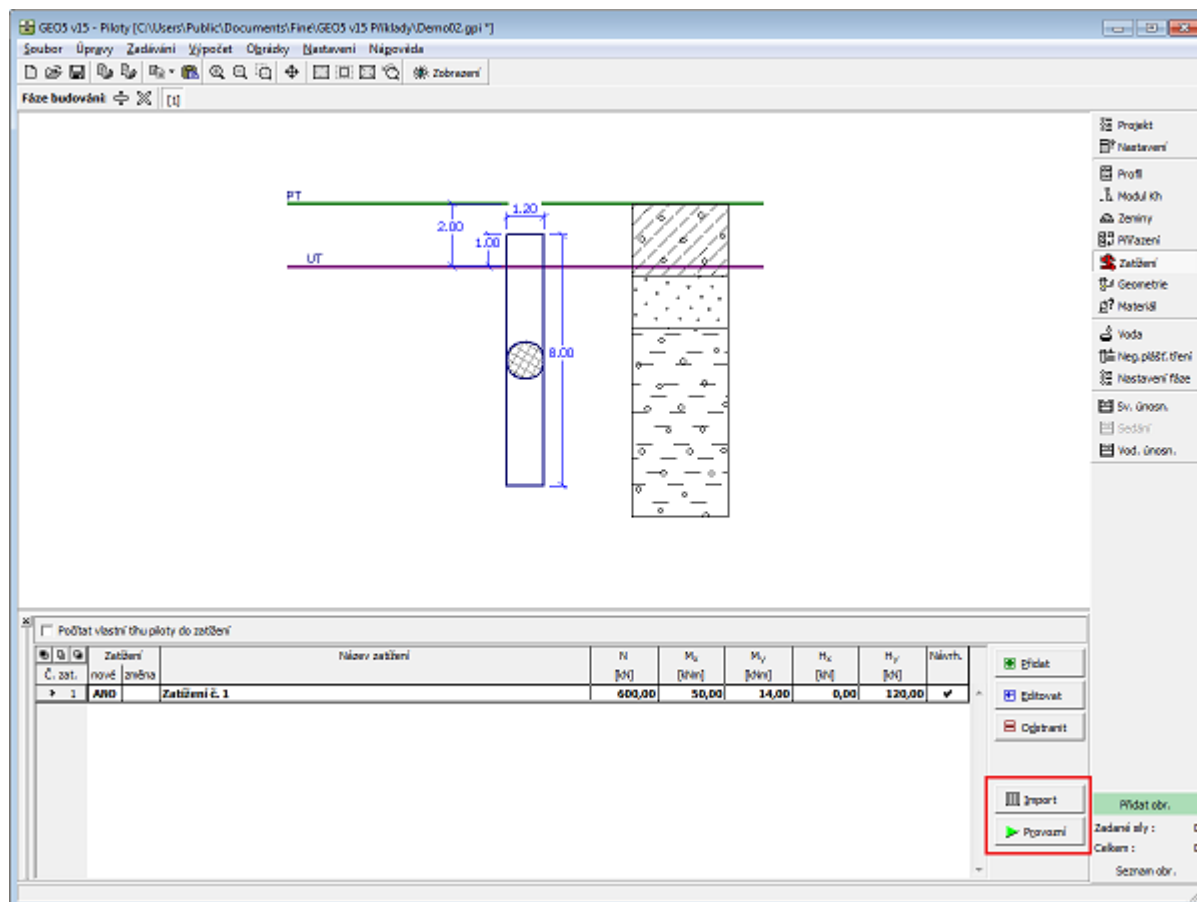
V dialogovém okně se zadává typ zatížení:

- **Návrhové (dříve Výpočtové)** zatížení je určeno k posouzení svislé a vodorovné únosnosti piloty
- **Užitné (dříve Provozní)** zatížení je určeno k výpočtu sednutí piloty (Poulos, Masopust)

Při výpočtu podle **EN 1997** (volí se v záložce "Piloty") se předpokládá, že výpočtové zatížení je stanoveno v souladu s příslušnými normami a jednotlivé složky zatížení jsou již přenášobeny příslušnými dílčími součiniteli - program zadané zatížení dále nijak neupravuje.

Tlačítko "Provozní" umožňuje ze zadaných výpočtových zatížení vytvořit provozní zatížení (výpočet podle stupně bezpečnosti, resp. mezních stavů).

Program také umožňuje import zatížení, které lze provést pomocí tlačítka "Import".



Rám "Zatížení"

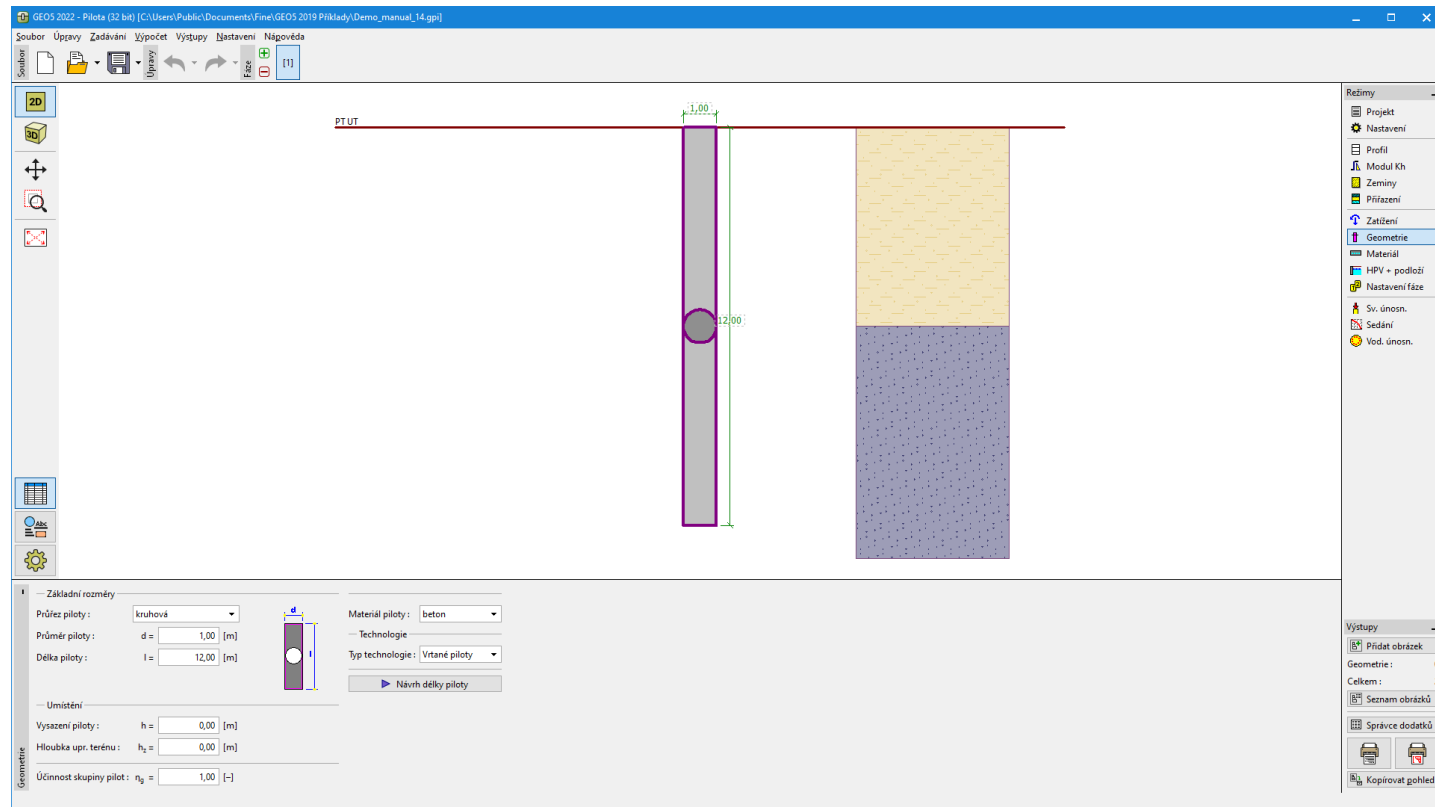
Geometrie

V rámu "Geometrie" se v rozbalitelném seznamu zadává **průřez piloty** (kruhová, kruhová proměnná, trubka, čtverec, obdélník, I-průřez, uživatelská...).

Pro zvolený typ průřezu se v rozbalitelném seznamu zvolí materiálová varianta (**beton**, **ocel**, **dřevo**) a technologie provádění (**vrtaná**, **beraněná**, **CFA**).

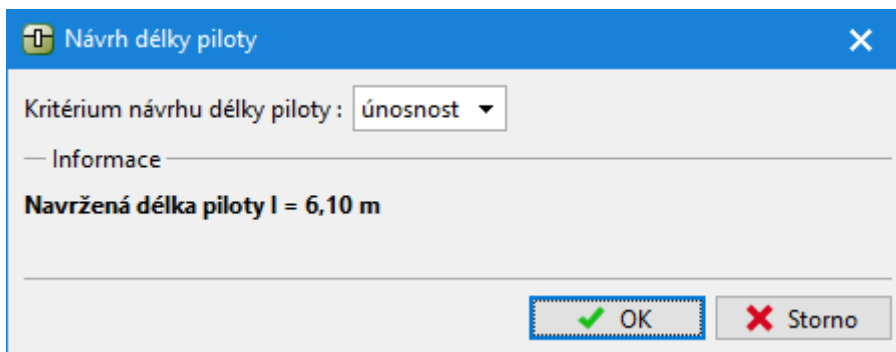
Dále se zadává umístění piloty (vysazení piloty a hloubka upraveného terénu). Vysazení piloty může být i záporné - v tomto případě je pilota "**zapuštěná**" v zemi.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie"

Tlačítko "**Návrh délky piloty**" otevírá dialogové okno, ve kterém lze automaticky navrhnout délku piloty. Délku piloty lze vypočítat podle **únosnosti** nebo **zadaného maximálního sedání**. Při výpočtu jsou zohledněny všechny **zadané parametry** (zeminy, profil, vliv vody, průměr piloty, nastavení aj.). Tlačítkem "**OK**" se navržená délka přenesení do rámu "**Geometrie**".



Dialogové okno "Návrh délky piloty"

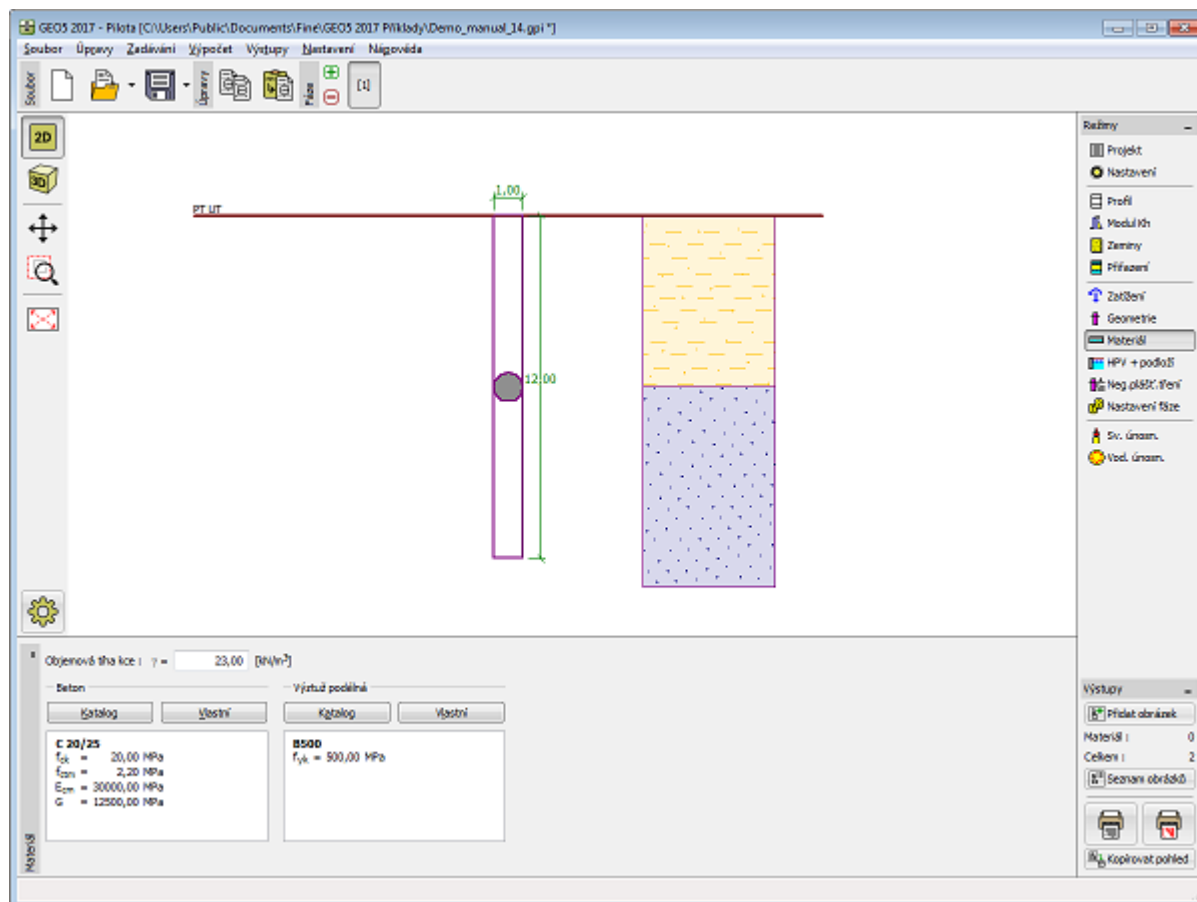
Materiál

V rámu "**Materiál**" se zadávají materiálové charakteristiky. V zadávacím poli v horní části rámu se zadává **objemová tíha konstrukce**. Vzhled rámu se mění podle zvoleného materiálu (**beton**, **ocel**, **dřevo**) v rámu "**Geometrie**".

Pro nastavení parametrů materiálu lze použít dvě možnosti:

- tlačítkem "**Katalog**" otevřeme dialogové okno "**Katalog materiálů**" a ze seznamu vybereme požadovaný materiál
- tlačítkem "**Vlastní**" otevřeme dialogové okno "**Editor materiálu**" a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy pro navrhování **betonových**, **ocelových**, nebo **dřevěných** konstrukcí v záložce "**Materiály a normy**".



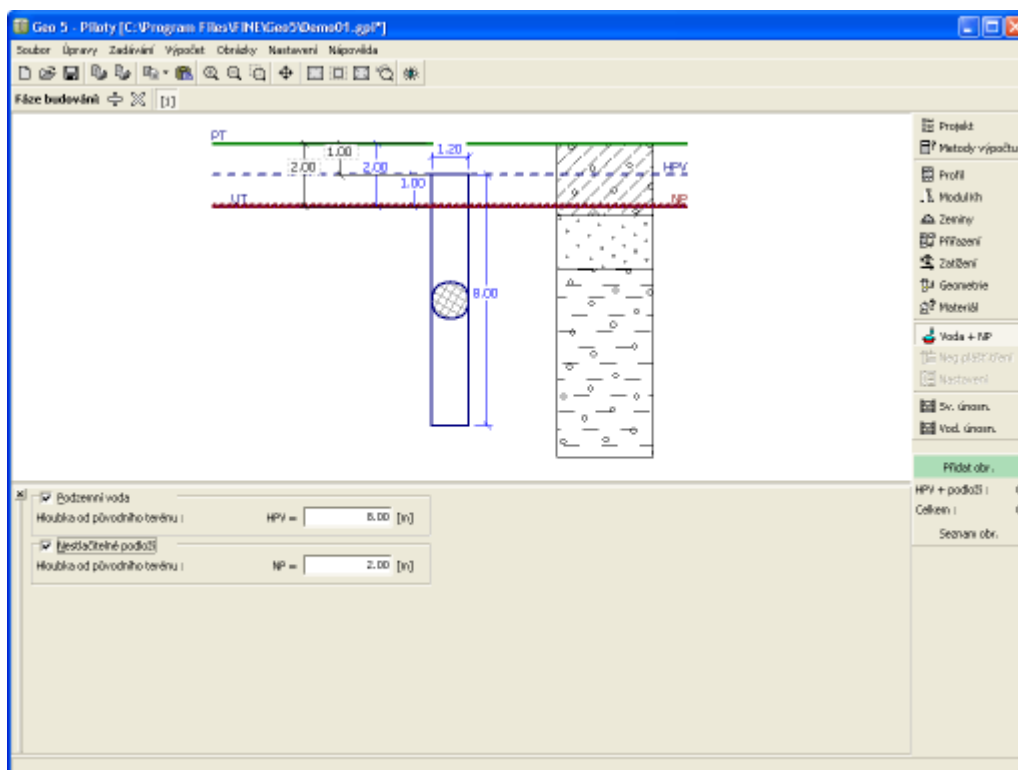
Rám "Materiál"

Voda, nestlačitelné podloží

V rámu "Voda + NP" se zadává hloubka hladiny podzemní vody a hloubka úrovně nestlačitelného podloží. Hodnoty lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

Vliv vody se projevuje ve změně **geostatického napětí**.

Nestlačitelné podloží ořezává **deformační zónu** pod základem a má vliv na snížení velikosti sedání.

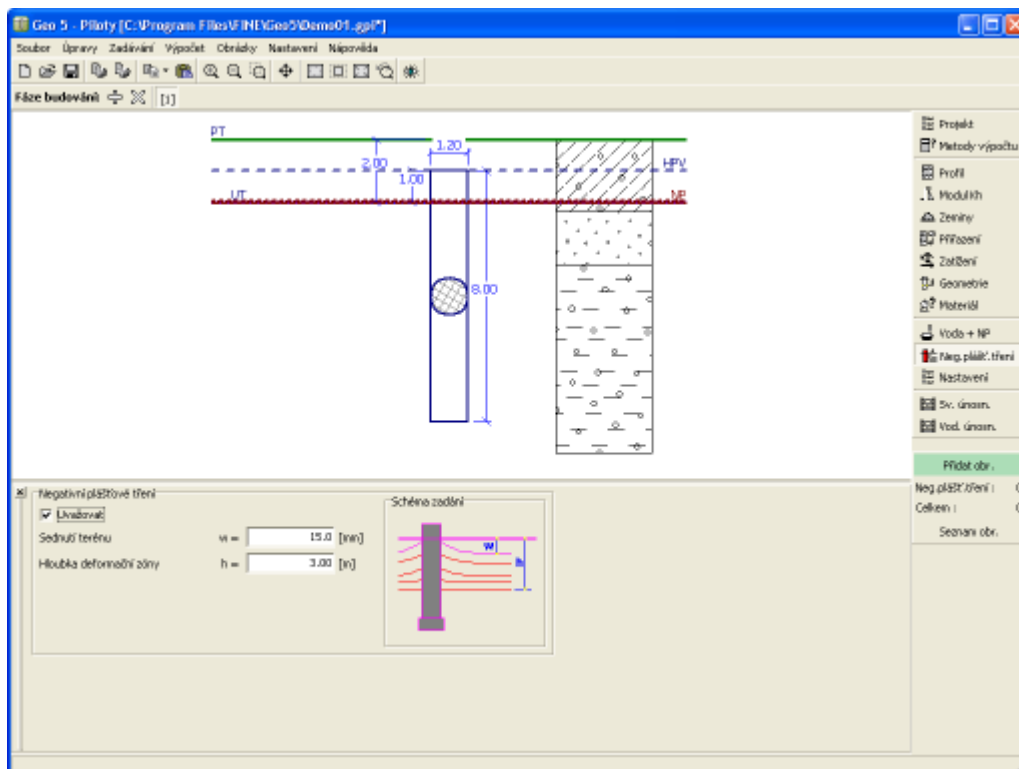


Rám "Voda, nestlačitelné podloží"

Negativní plášťové tření

V rámu "**Negativní plášťové tření**" se zadává sednutí okolního terénu a **hloubka deformační zóny**. Uvažování **vlivu negativního plášťového tření** je popsáno v teoretické části.

Nastavení v rámu je dostupné pouze v případě nastavení výpočtu **pružinovou metodou** v rámu "**Nastavení**".

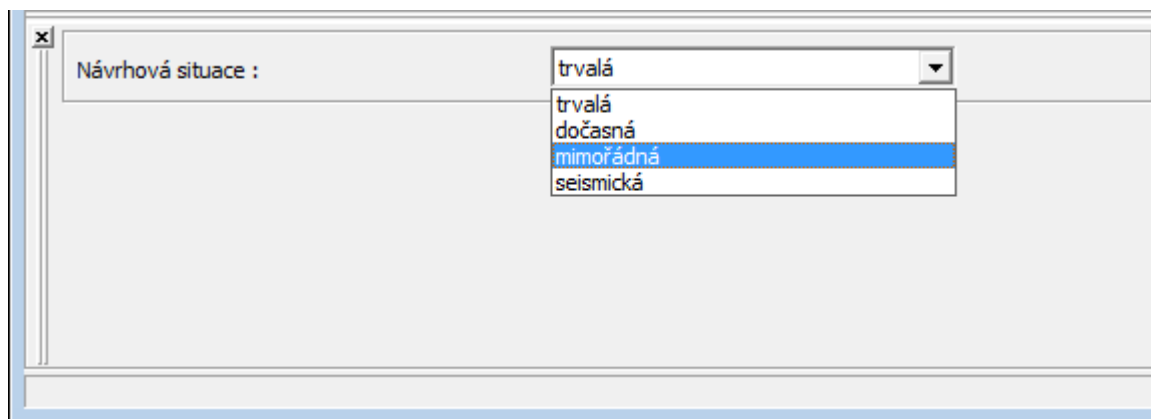


Rám "Negativní plášťové tření"

Nastavení fáze

V rámu "**Nastavení fáze**" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.



Rám "Nastavení fáze"

Svislá únosnost - analytické řešení

V rámu "**Svislá únosnost**" se posuzuje **svislá únosnost piloty**. V rámu lze provést **více výpočtů**. Posouzení lze provést pro jednotlivá zatížení, nebo program vyhledá **zatížení s maximálním účinkem** (lze vybrat v rozbalitelném seznamu). Vzhled rámu se mění podle nastavení typu výpočtu v rámu "**Nastavení**".

Výpočet je proveden podle teorie zadané v záložce "**Piloty**". V této záložce se volí i **metodika posouzení** (EN 1997-1, **stupeň bezpečnosti**, **mezní stavy**).

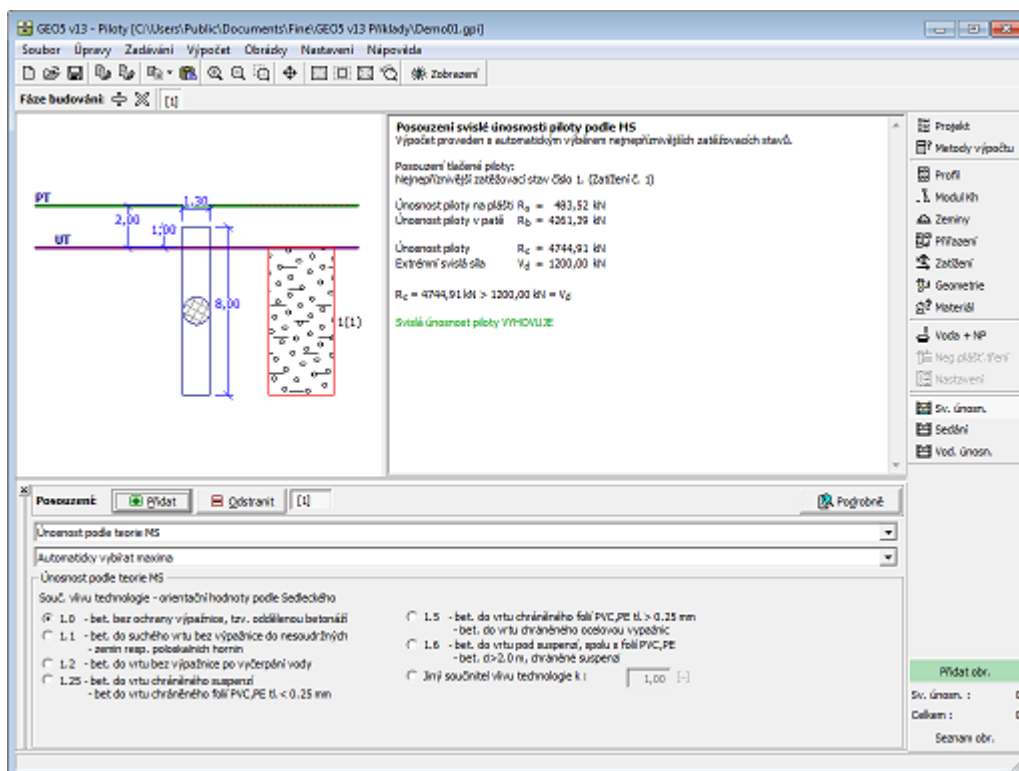
Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty **analytickým způsobem** se provádí pro:

- **odvodněné podmínky** (ČSN 73 1002, **Efektivní napětí**, NAVFAC DM 7.2, CTE-DB SE-C)

- **neodvodněné podmínky** (Tomlinson, NAVFAC DM 7.2, CTE-DB SE-C)

Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Výsledky výpočtu se zobrazují v pravé části desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Svíslá únosnost" - výpočet podle klasické teorie

Svíslá únosnost - pružinová metoda

V rámu "**Svíslá únosnost**" se posuzuje **svíslá únosnost piloty**. Po přepnutí do tohoto rámu program automaticky provede výpočet. V rámu lze provést **více výpočtů**. Posouzení lze provést pro jednotlivá zatížení, nebo program vyhledá **zatížení s maximálním účinkem** (lze vybrat v rozbalitelném seznamu).

Výpočet je proveden **pružinovou metodou**. Při jakékoliv změně parametrů výpočtu "**Maximální deformace**", "**Koeficient zvětšení mezního plášťového tření vlivem technologie**" nebo "**Způsob určení deformační zóny**" program automaticky přepočte výsledky.

Pro určení deformační zóny jsou ve výpočtu zavedeny dva způsoby:

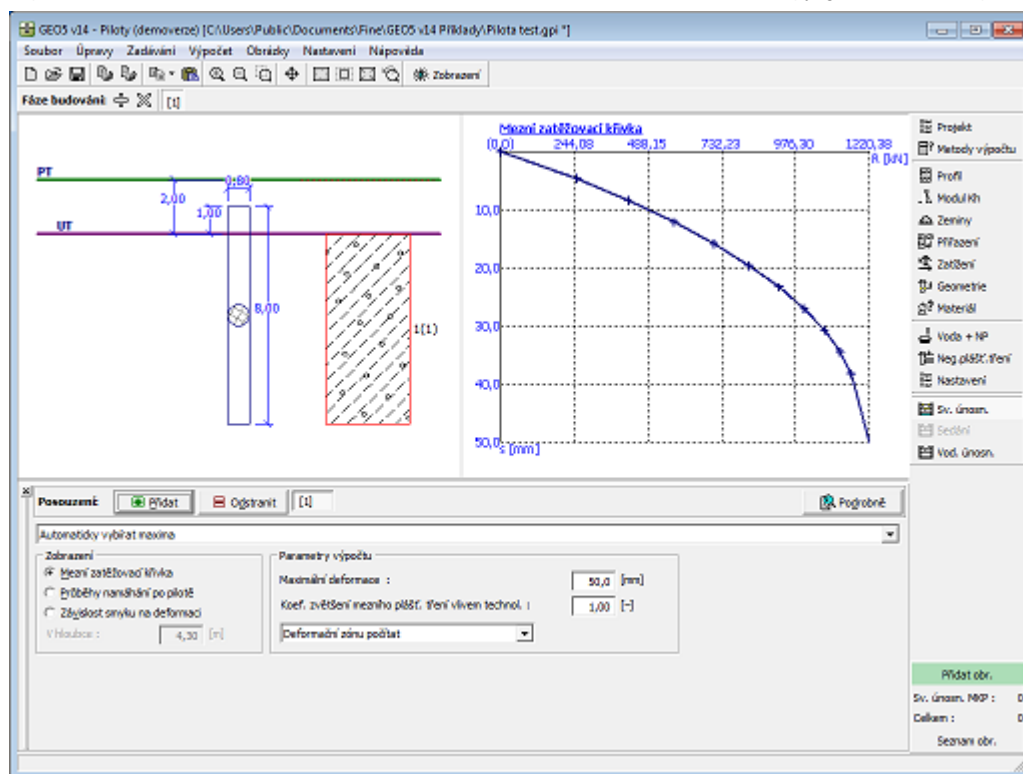
- Standardně se hloubka deformační zóny pod patou počítá podle teorie popsané v teoretické části nápovědy "**Hloubka deformační zóny**" a hloubka deformační zóny na plášti se stanoví jako k -násobek průměru piloty. Přitom hodnota k narůstá od hodnoty **1** pro nulové zatížení do hodnoty **2,5** při dosažení limitního plášťového tření.
- Druhou možností je stanovit hloubku deformační zóny pod patou i na plášti konzervativně jako k -násobek průměru piloty, přičemž hodnota k je volitelná. Během postupného přitěžování piloty při výpočtu se pak hodnota k pro hloubku deformační zóny na plášti mění od hodnoty **1** na počátku přitěžování do zadané hodnoty v okamžiku dosažení limitního plášťového tření. Hodnota k pro hloubku deformační zóny pod patou zůstává během výpočtu konstantní.

Druhá metoda, která byla použita ve starší verzi v GEO4, a to s hodnotou $k = 2,5$, dává výsledky méně přesné a zpravidla podceňuje únosnost piloty. Proto byla nově zavedena metoda stanovení hloubky deformační zóny výpočtem a její použití je doporučené a nastavené jako standardní.

V levé části rámu přepínáme mezi výsledky výpočtu (**mezní zatěžovací křivka**, **průběhy namáhání po pilotě**, **závislost smyku na deformaci**). Výpočet smyku na deformaci se provádí pro zadanou hloubku, měřenou od hlavy piloty. Při změně hloubky dojde k přepočítání výsledků.

Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Výsledky výpočtu se zobrazují v pravé části desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Svislá únosnost - výpočet pružinovou metodou"

Sedání - lineární zatěžovací křivka (Poulos)

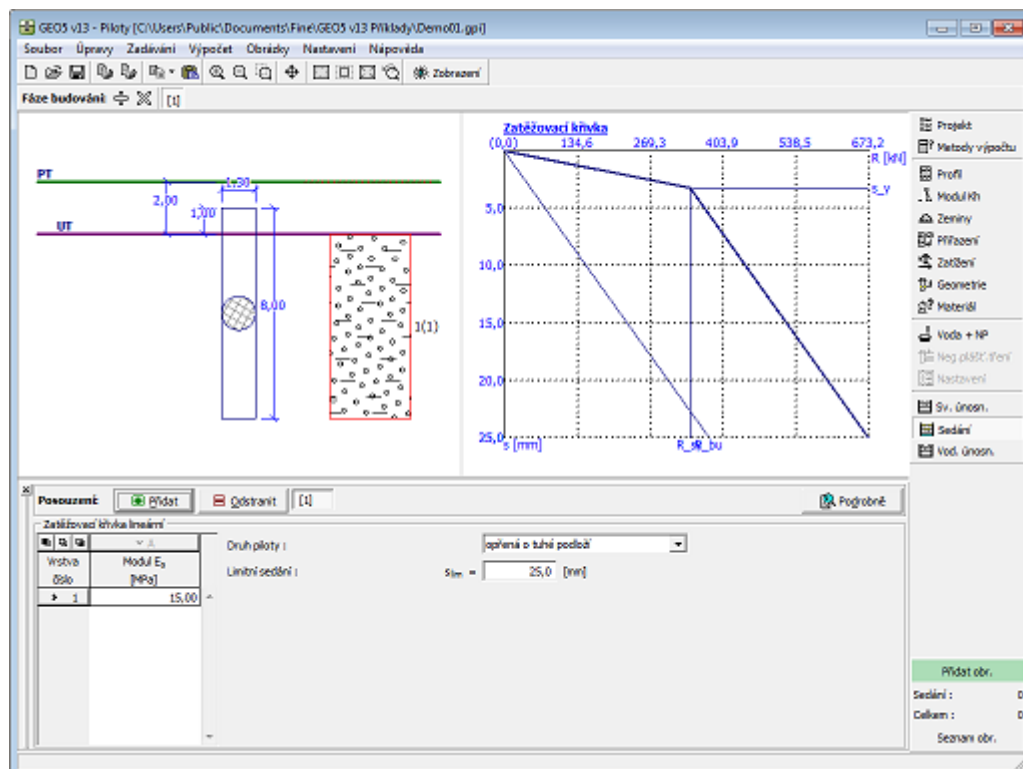
V rámu "Sedání" se zobrazuje **zatěžovací křivka piloty**. V rámu lze provést **více výpočtů**.

Dále je nutné zadat hodnotu limitního sedání. Program **sestrojí zatěžovací křivku** piloty vždy tak, aby toto **limitní sedání bylo dosaženo**.

Výpočet je proveden podle zvolené teorie výpočtu sedání (**lineární**). Použité teorie se volí v záložce "Piloty". V levé dolní části rámu je umístěna tabulka, ve které se zadávají hodnoty **sečnového modulu deformace** pro příslušné vrstvy zemín.

Výsledky výpočtu jsou zobrazeny v pravé části desktopu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Výsledky výpočtu (zatěžovací křivka piloty) se zobrazují v pravé části desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Sedání" - lineární zatěžovací křivka piloty (Poulos)

Sedání - nelineární zatěžovací křivka (Masopust)

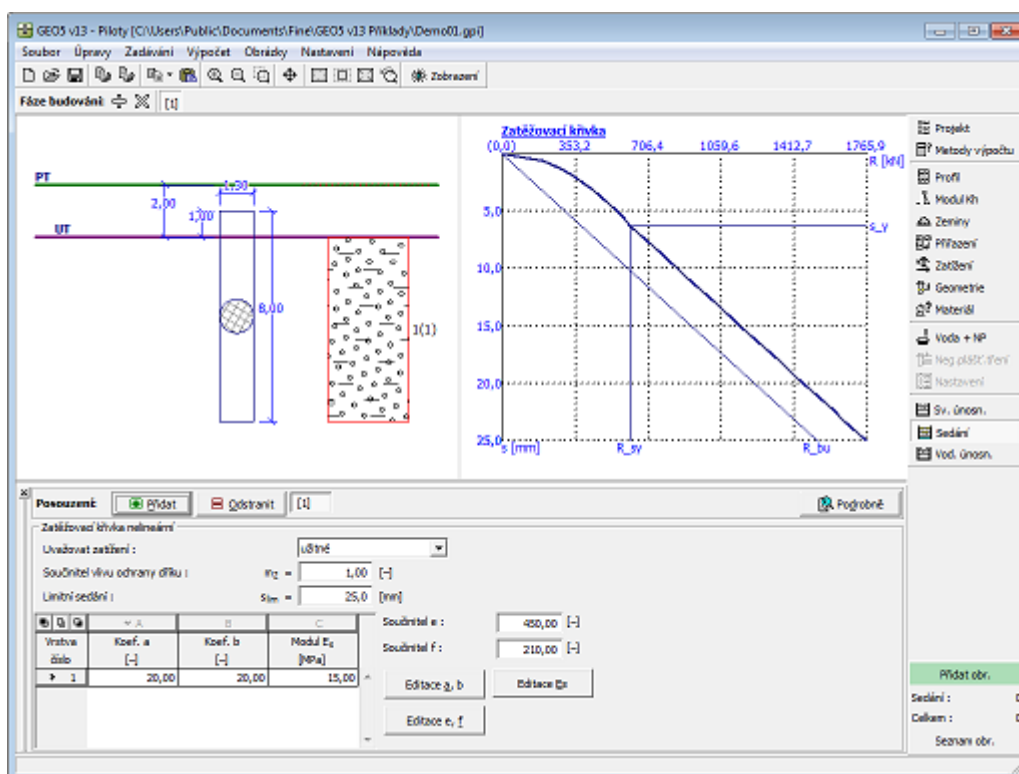
V rámu "Sedání" se zobrazuje **zatěžovací křivka piloty**. V rámu lze provést **více výpočtů**.

V rozbalitelném seznamu se volí typ uvažovaného zatížení (**výpočtové, provozní**). Dále lze zadat **součinitel vlivu ochrany dřívku** piloty. Výpočet zatěžovací křivky piloty je proveden vždy do **limitního sednutí 25 mm**.

Výpočet je proveden podle zvolené teorie výpočtu sedání (**nelineární**). Použité teorie se volí v záložce "Piloty". V rámu je v dolní části umístěna tabulka, ve které lze přímo kliknutím myši editovat zadané parametry. Tlačítka "**Editace a, b**", "**Editace e, f**" a "**Editace E_s** " otevírají dialogová okna s nápovědou k zadávaným parametrům **regresních součinitelů** a **sečnového modulu deformace**. Z příslušného dialogového okna lze stisknutím tlačítka "**OK**" **předat zadané parametry** pro danou vrstvu do tabulky.

Výsledky výpočtu jsou zobrazeny v pravé části desktopu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Výsledky výpočtu (zatěžovací křivka piloty) se zobrazují v pravé části desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Sedání" - nelineární zatěžovací křivka piloty (Masopust)

Sedání - výpočet podle EA-Pfähle

V rámu "Sedání" se zobrazuje **zatěžovací křivka piloty**. V rámu lze provést **více výpočtů**.

Výpočet je proveden podle metody **EA-Pfähle**. Volba metody se volí v rámu "**Nastavení**".

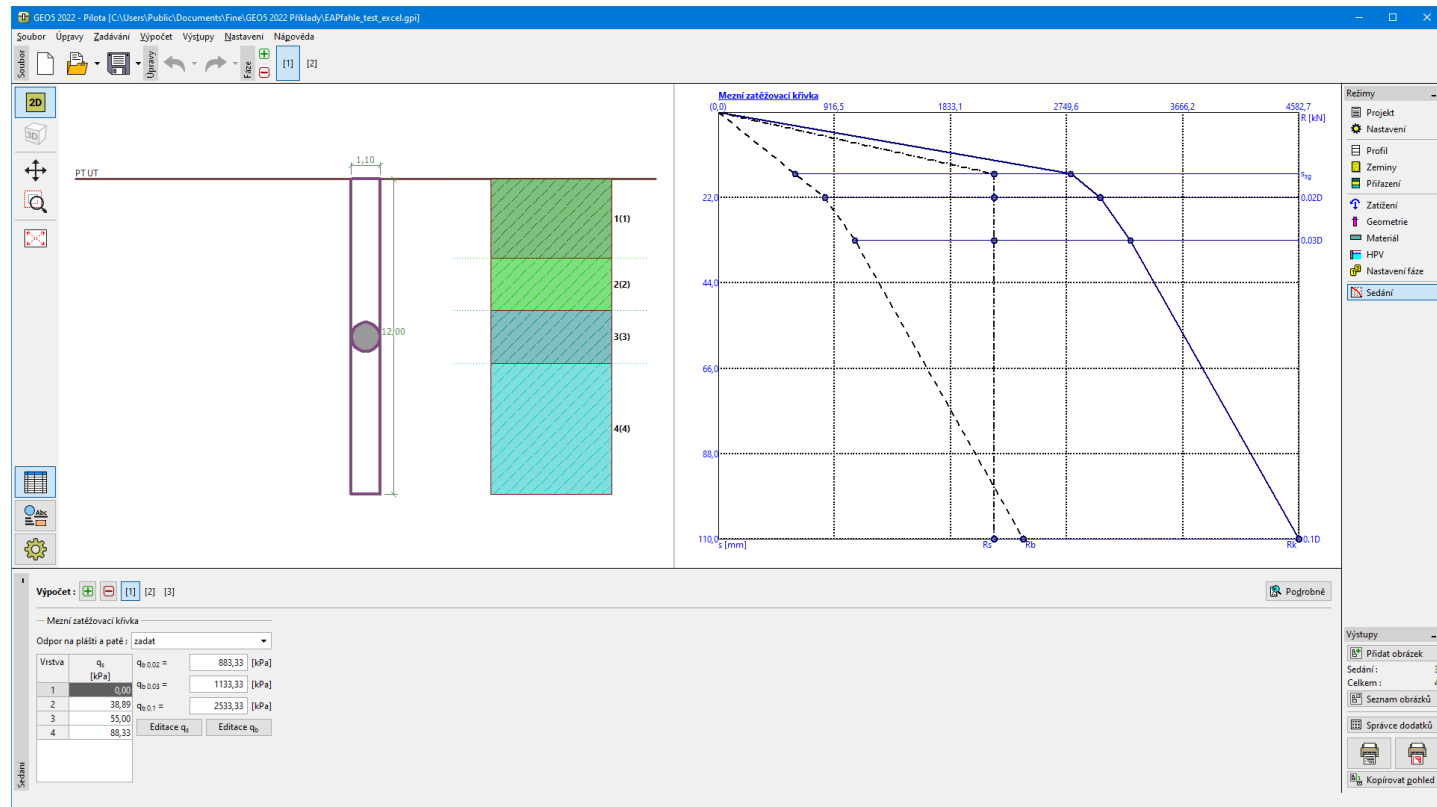
V rozbalitelném seznamu se volí způsob určení **odporu na plášti a patě** piloty:

- **zadat**
- **dolní hodnoty** (automaticky určí dolní hodnoty pro q_s a q_b)
- **horní hodnoty** (automaticky určí horní hodnoty pro q_s a q_b)

V levé dolní části rámu je umístěna tabulka, ve které se zadávají hodnoty plášťového tření pro příslušné vrstvy zemin. Tlačítka "**Editace q_s** " a "**Editace q_b** " otevírají dialogová okna s nápovědou k zadávaným parametrům **plášťového tření q_s** a **odporu na patě q_b** . Z příslušného dialogového okna lze stisknutím tlačítka "**OK**" **předat zadané parametry** pro danou vrstvu do tabulky.

Výsledky výpočtu jsou zobrazeny v pravé části desktopu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Výsledky výpočtu (zatěžovací křivka piloty) se zobrazují v pravé části desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Vodorovná únosnost - pružný poloprostor

Program počítá **vnitřní síly na pilotě** a posuzuje únosnost průřezu (betonový, ocelový, dřevěný).

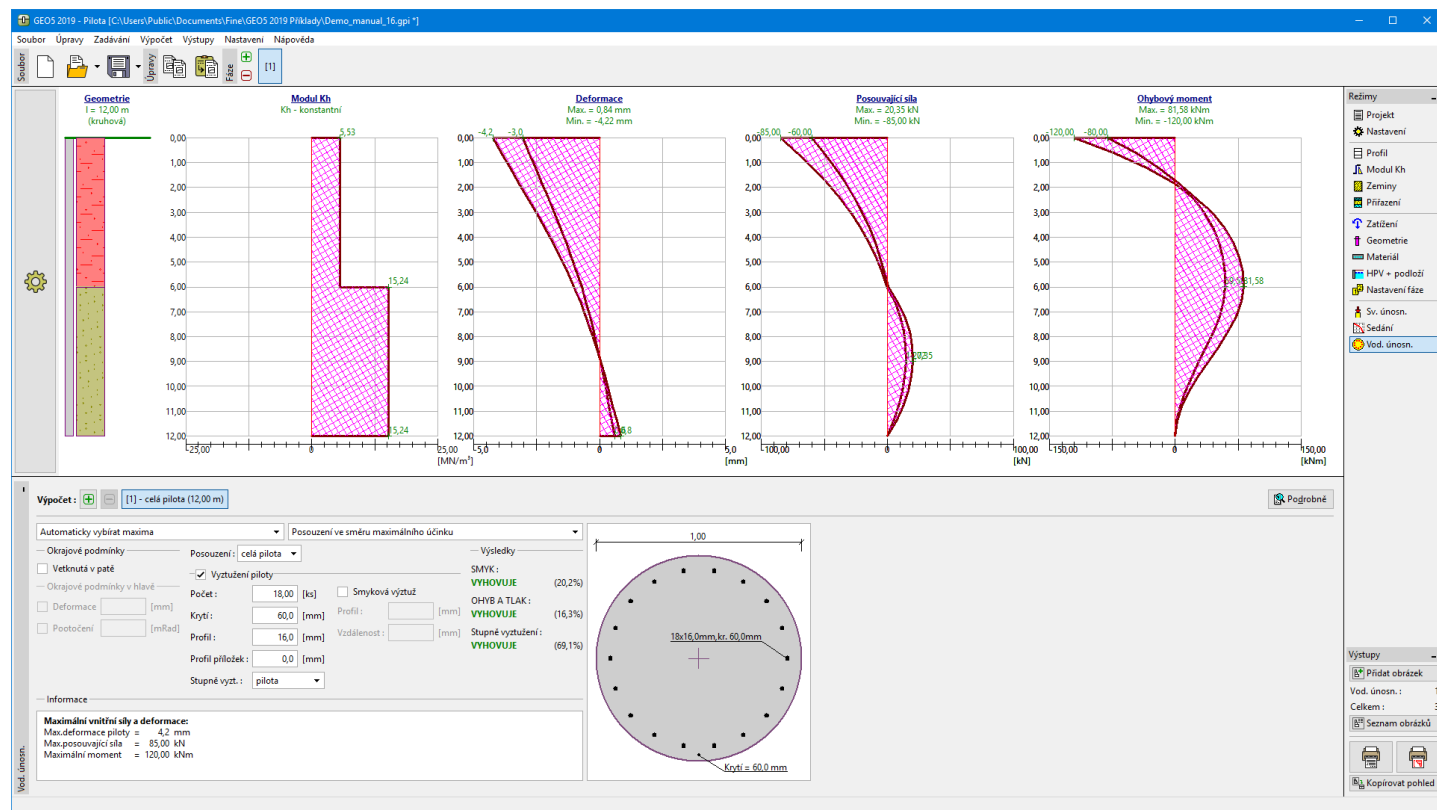
Vnitřní síly lze spočítat pro:

- jednotlivá zadaná zatížení
- deformační zatížení
- zatížení s maximálním účinkem

Pro posouzení s deformačním zatížením je nutné zadat **okrajové podmínky v hlavě piloty** (deformace a pootočení).

Pro všechny typy zatížení lze zadat **vetknutí piloty** v patě.

V rozbalitelném seznamu se volí směr, ve kterém je pilota posouzena (x , y , posouzení ve směru maximálního účinku).



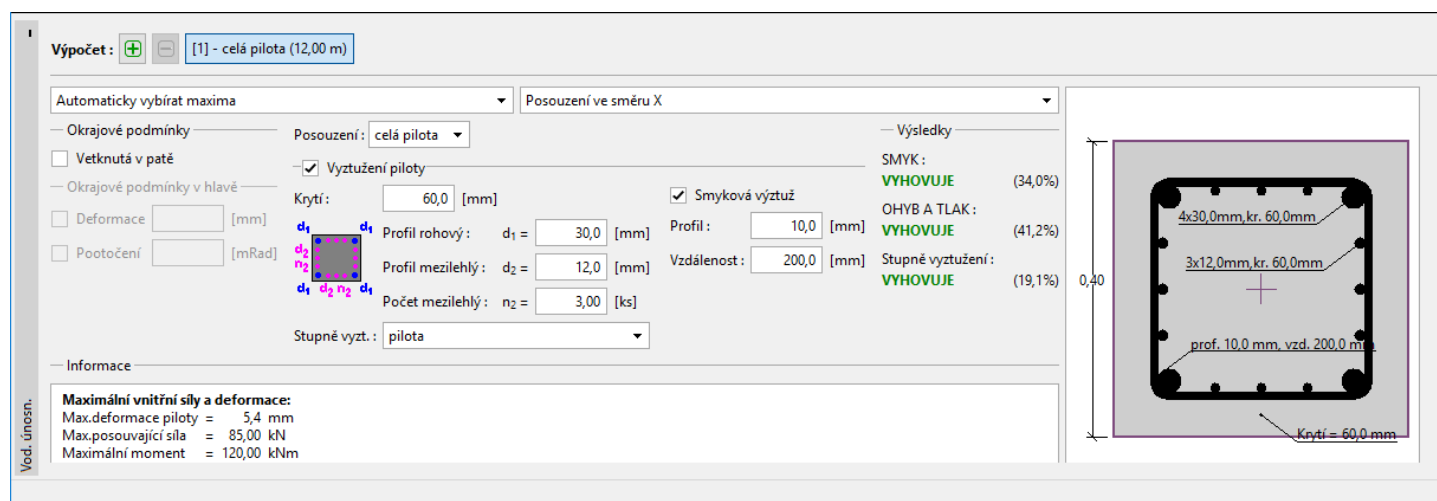
Rám "Vodorovná únosnost" - vnitřní síly a deformace

Dále podle průřezu a použitého materiálu program posuzuje únosnost průřezu. (Průřez a materiál piloty se zadávají v rámu "Geometrie"): V některých zvláštních případech (uživatelský průřez, betonová trubka) se zobrazují pouze vnitřní síly a deformace - posouzení průřezu nelze provést.

Beton

Jestliže je pilota provedena ze **železobetonu**, lze zadat a **posoudit vyztužení piloty** podle příslušné normy zvolené v záložce "Materiály a normy". Pilota se posuzuje na **smyk**, **ohyb a tlak** a kontrolují se **stupně vyztužení**. Vyztužení lze zadat pomocí zaškrťovacího pole "Vyztužení piloty". Pokud není tato volba zadána program pilotu neposuzuje. Pro podrobnější návrh výztuže je u kruhové a čtvercové piloty dostupná možnost **dimenzování po úsecích**. Jednotlivé úseky vyztužení jsou posuzovány samostatně.

U kruhové piloty se zadává **profil výztuže**, **počet profilů** a **krycí vrstva výztuže**. Vyztužení čtvercové piloty se zadává dle obrázku.



Posouzení železobetonové piloty - zadání parametrů výztuže

Ocel, Dřevo

Pilota se posuzuje na **smyk**, **ohyb a tlak**.

Posouzení piloty na smyk, ohyb a tlak

Pouzení piloty se neprovádí

Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Výsledky výpočtu se zobrazují na desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".

Vodorovná únosnost - Bromsova metoda

V rámu "**Vodorovná únosnost**" se posuzuje **vodorovná únosnost osamělé piloty**. V rámu lze provést **více výpočtů**.

Posouzení lze provést pro jednotlivě zadaná zatížení nebo program vyhledá **zatížení s maximálním účinkem** (lze vybrat v rozbalitelném seznamu).

Pro pilotu provedenou ze **železobetonu** se zadává **profil výztuže, počet profilů a krycí vrstva výztuže**, které ovlivňují ohybovou tuhost piloty.

Vstupním údajem pro výpočet **vodorovné únosnosti piloty** jsou **materiálové charakteristiky piloty** (modul pružnosti, resp. pevnost daného materiálu), **geometrie piloty** (délka piloty l a její průměr d) a dále **zatížení piloty** posouvající silou, resp. ohybovým momentem.

V případě výpočtu podle **Bromsovy metody** program ignoruje doposud zadané vrstvy zemin a posuzuje **vodorovnou únosnost osamělé piloty** pouze pro zeminu, která se definuje v rámu "**Vodorovná únosnost**". Parametry zemin se zadávají v závislosti na **typu zeminy**:

- **soudržná** - zadává se **totální soudržnost zeminy** c_u , **modul reakce podloží** k_h , součinitel únosnosti průřezu γ_k a součinitel redukce únosnosti γ_{Qu} .
- **nesoudržná** - zadává se **efektivní úhel vnitřního tření zeminy** φ , **objemová tíha zeminy** γ , dále **součinitel reakce podloží** n_h , součinitel únosnosti průřezu γ_k a součinitel redukce únosnosti piloty γ_{Qu} .

V rámu se dále zadávají **kritéria typu piloty**:

- **standard** - v tomto případě se **koeficient tuhosti piloty** β^*l , resp. η^*l dopočítává v programu automaticky.
- **uživatelské** - pro tuto možnost zadání si uživatel může nastavit hodnoty **koeficientu tuhosti piloty** β^*l , resp. η^*l pro posouzení krátké a rovněž střední piloty.

Uložení piloty v hlavě lze uvažovat dvěma způsoby:

- **volné** - v hlavě piloty není bráněno pootočení.
- **vetknutí** - pilota se nemůže v hlavě otáčet. V takových případech se obvykle jedná o piloty, které jsou součástí rovinného pilotového roštu nebo **skupiny pilot**.

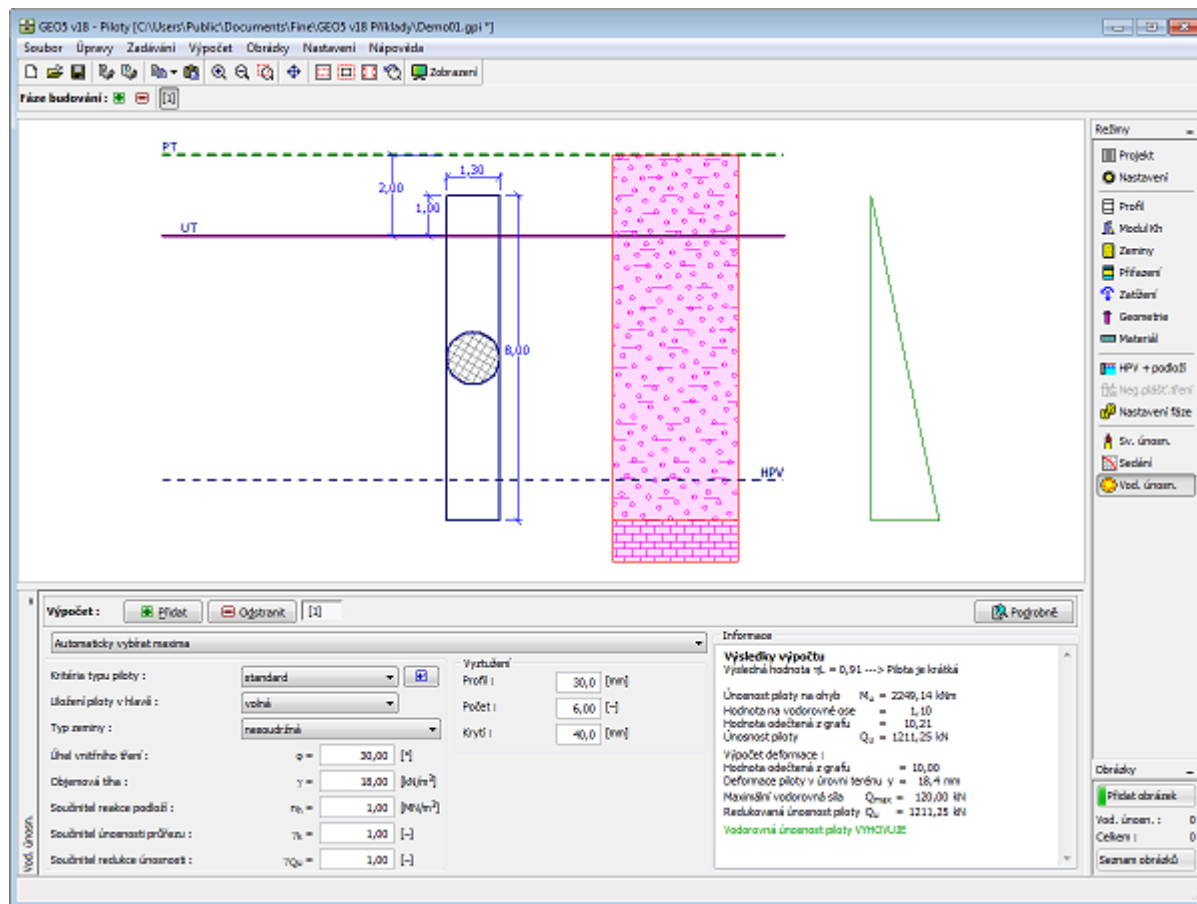
Součinitel únosnosti průřezu γ_k slouží k redukci **ohybové únosnosti průřezu piloty M_u** .

Součinitel redukce únosnosti γ_{Qu} redukuje celkovou hodnotu **vodorovné únosnosti osamělé piloty Q_u** .

Výsledkem výpočtu je **vodorovná únosnost osamělé piloty Q_u** a deformace piloty v úrovni terénu **u** .

Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Výsledky výpočtu se zobrazují na desktopu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Vodorovná únosnost" - Bromsova metoda

Program Pilota CPT

Program je určen k posouzení únosnosti a sedání osamělé piloty či skupiny pilot na základě výsledků statických penetračních zkoušek (CPT).

Nápověda k programu Pilota CPT zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Zkoušky CPT	Zkoušky SPT	HPV + NSF	Klasifikace	Profil
Zeminy	Přiřazení	Konstrukce	Geometrie	Únosnost	zemin	
					Sedání	

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "**Pilota CPT**":

Napětí v
země

Pilota CPT

- Informace k výstupům

- Obecné informace pro práci v **uživatelském prostředí** programů GEO5
- **Společné zadávání** pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "Správce nastavení" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložce "Piloty CPT".

V tomto rámu se volí typ zkoušek (CPT, SPT) použitý pro výpočet únosnosti piloty.

Pro **výpočet z SPT** se volí metoda výpočtu (Décourt-Quaresma, Aoki-Velloso). Ostatní nastavení v tomto okně **výpočet nijak neovlivňují**.

Pro **výpočet z CPT** se využívají všechny funkce rámu "Nastavení" - viz níže.

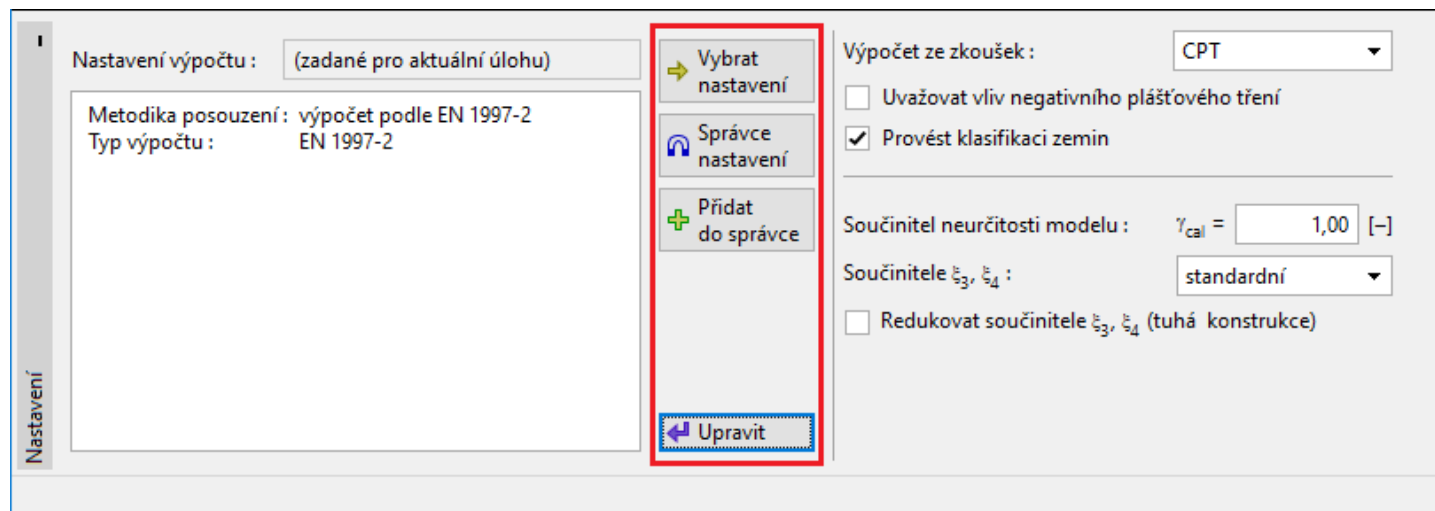
V tomto rámu se dále určuje, zda bude ve výpočtu uvažován vliv **negativního plášťového tření**. Parametry negativního plášťového tření se zadávají v rámu "HPV+NSF".

V rámu lze povolit výpočet typu chování zeminy ze zkoušky - **klasifikaci zemin**, která se provádí v rámu "Klasifikace zemin".

Při výpočtu **podle EN 1997** je nutné zadat další součinitele:

Součinitel neurčitosti modelu γ_{cat} snižuje spočtenou **svislou únosnost** piloty.

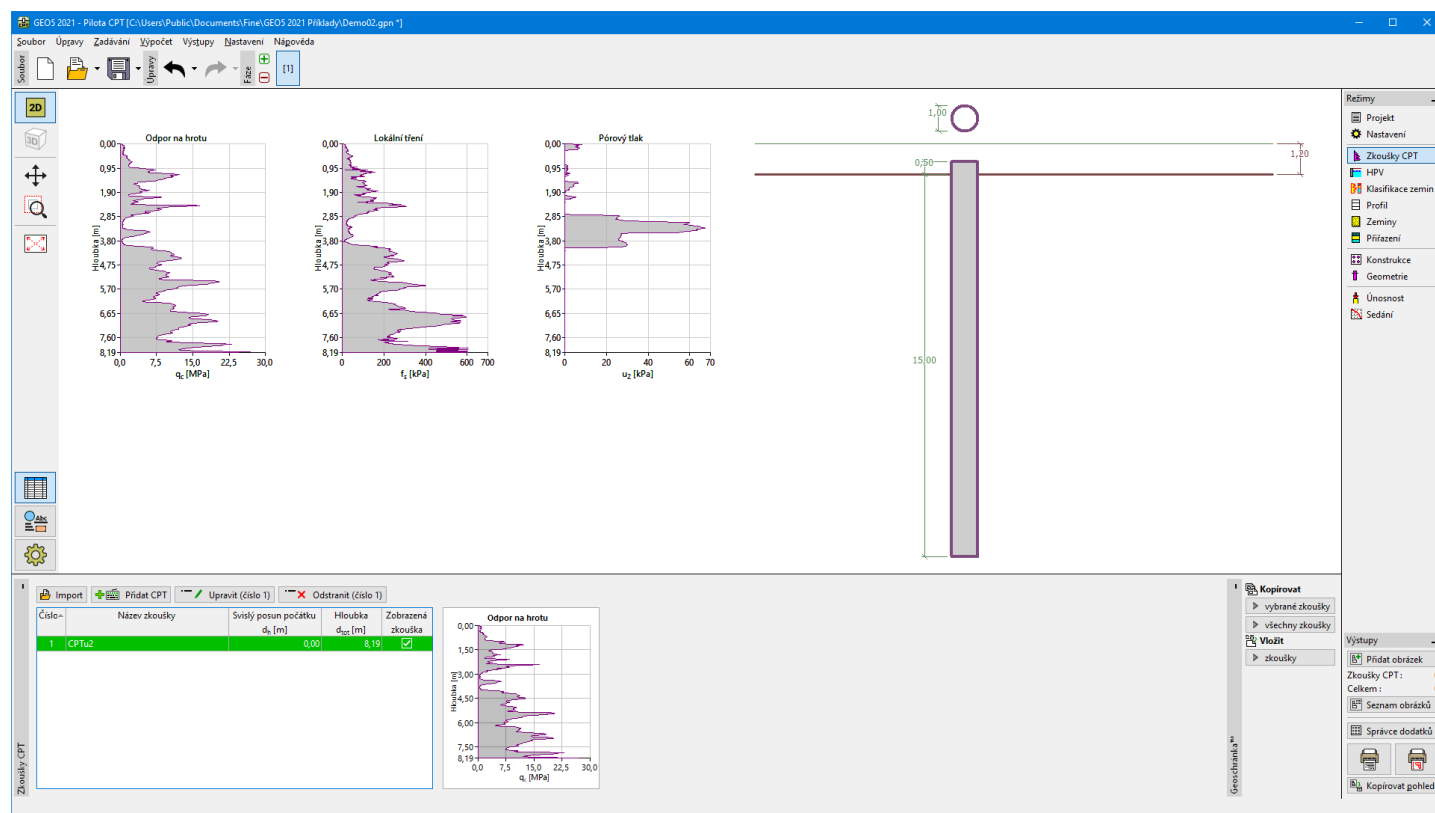
Hodnoty součinitelů ξ_3 a ξ_4 lze buď zadat, nebo jsou dopočítány **standardní hodnoty** závislé na počtu zkoušek.



Rám "Nastavení"

Zkoušky CPT

Rám "Zkoušky CPT" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zkoušek statické penetrace (CPT).



Rám "Zkoušky CPT"

Pro metodu **NBN EN1997-1 ANB** se zadává průměr a typ kužele.

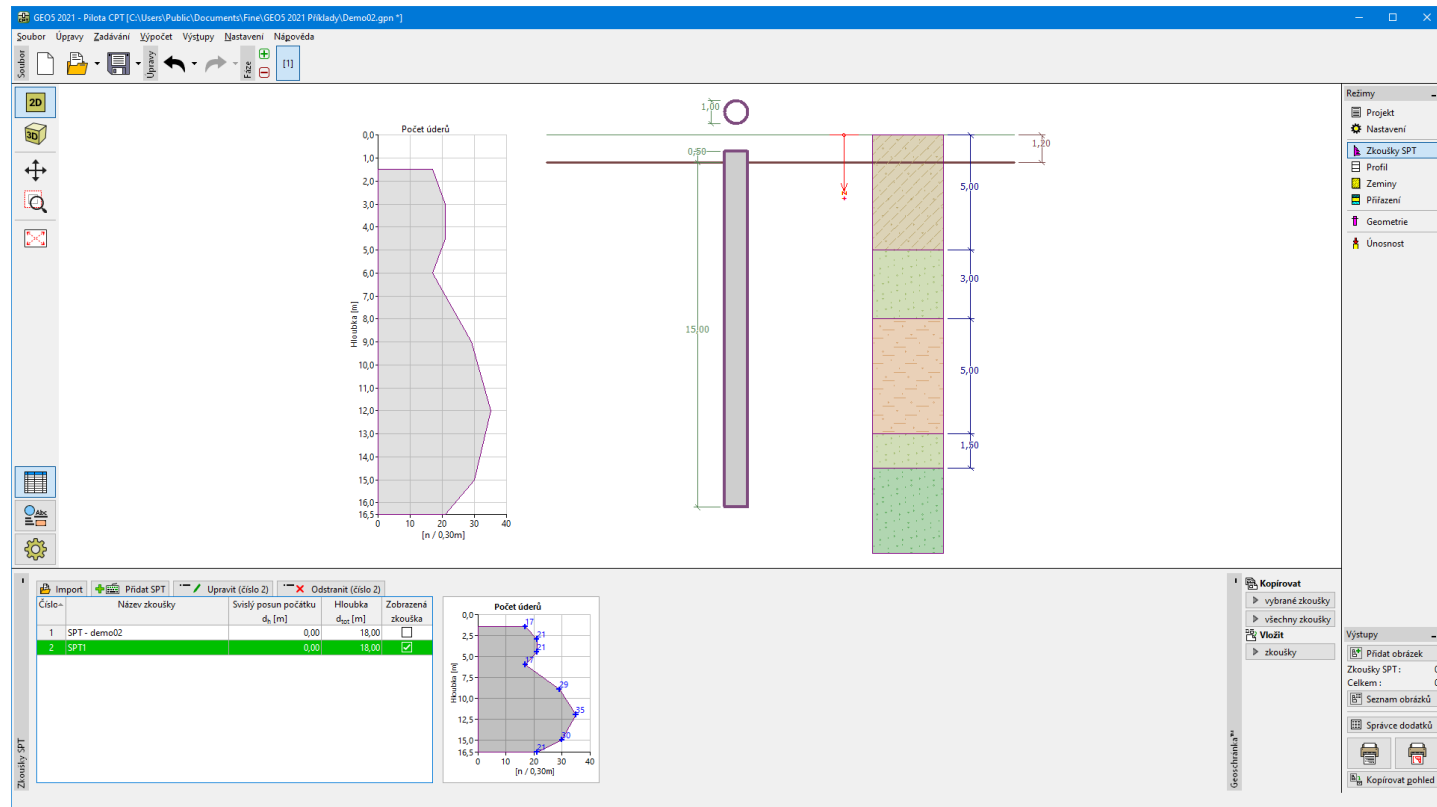
Pro vrstvy zemin tvořené terciárními jíly je výsledný odpor na hrotu redukován součinitelem $\gamma_{qc} = 1,3$ pro mechanické kužely typu M1 a M2, resp. součinitelem $\gamma_{qc} = 1,15$ pro mechanický kužel typu M4.

Výsledky zkoušek CPT mohou být **importovány** ve formátech **GEF (*.gef)**, **CPT (*.cpt)**, **AGS (*.ags)**, **SPE (*.spe)**, **GRU (*.GRU)**, či jako obecná tabulková data (*.xlsx, *.csv, *.ods, *.txt).

Zkoušky CPT lze přenášet v rámci programů "PilotaCPT", "PatkyCPT" a "Stratigrafie" pomocí "Geoschránky".

Zkoušky SPT

Rám "Zkoušky SPT" obsahuje tabulku se seznamem zadaných standardních penetračních zkoušek (SPT).



Rám "Zkoušky SPT"

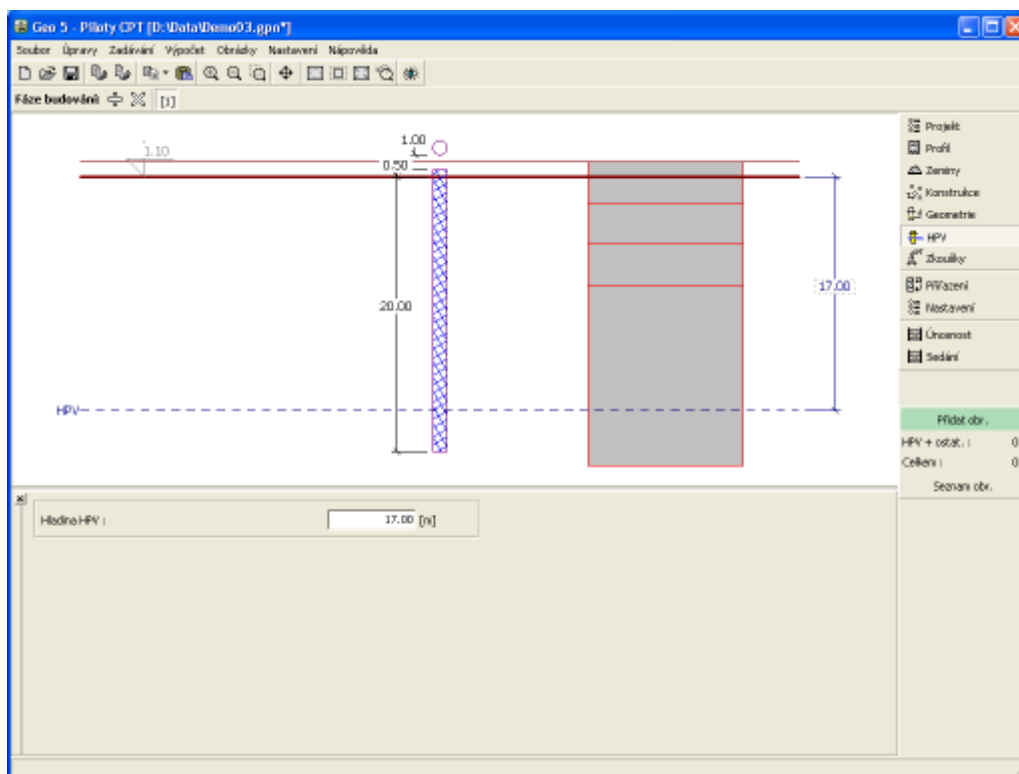
Výsledky standardních penetračních zkoušek (SPT) je možné též **importovat** v různých formátech (např. *.TXT, *.CSV, *.XLSX, *.ODS).

Zkoušky SPT lze přenášet v rámci programů "Mikropilota", "Patky CPT", "Piloty CPT" a "Stratigrafie" pomocí "Geoshránky".

HPV + NSF

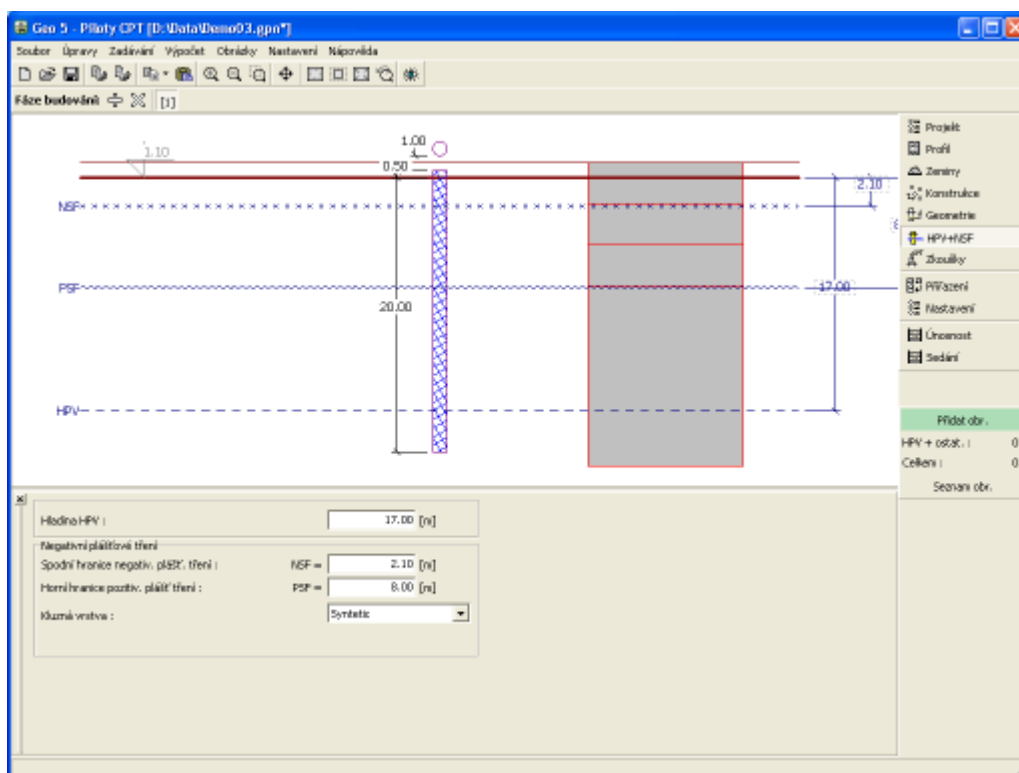
V **rámu "HPV"** ("HPV + NSF") se zadává **hloubka hladiny podzemní vody** a hloubka úrovně **nestlačitelného podloží**.

Hodnoty lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**. **Vliv vody** se projevuje ve změně **geostatického napětí**.



Rám "HPV" - bez uvažování vlivu NFS

Pokud je v rámu "Nastavení" nastavena možnost "Uvažovat vliv negativního plášťového tření", pak je v rámu "HPV" aktivována možnost zadat vstupní parametry **negativního plášťového tření** - hranice oblasti, kde se uvažuje vliv negativního plášťového tření, popř. kluznou oblast a její materiál či soudržnost.



Rám "HPV" - s uvažováním vlivu NFS

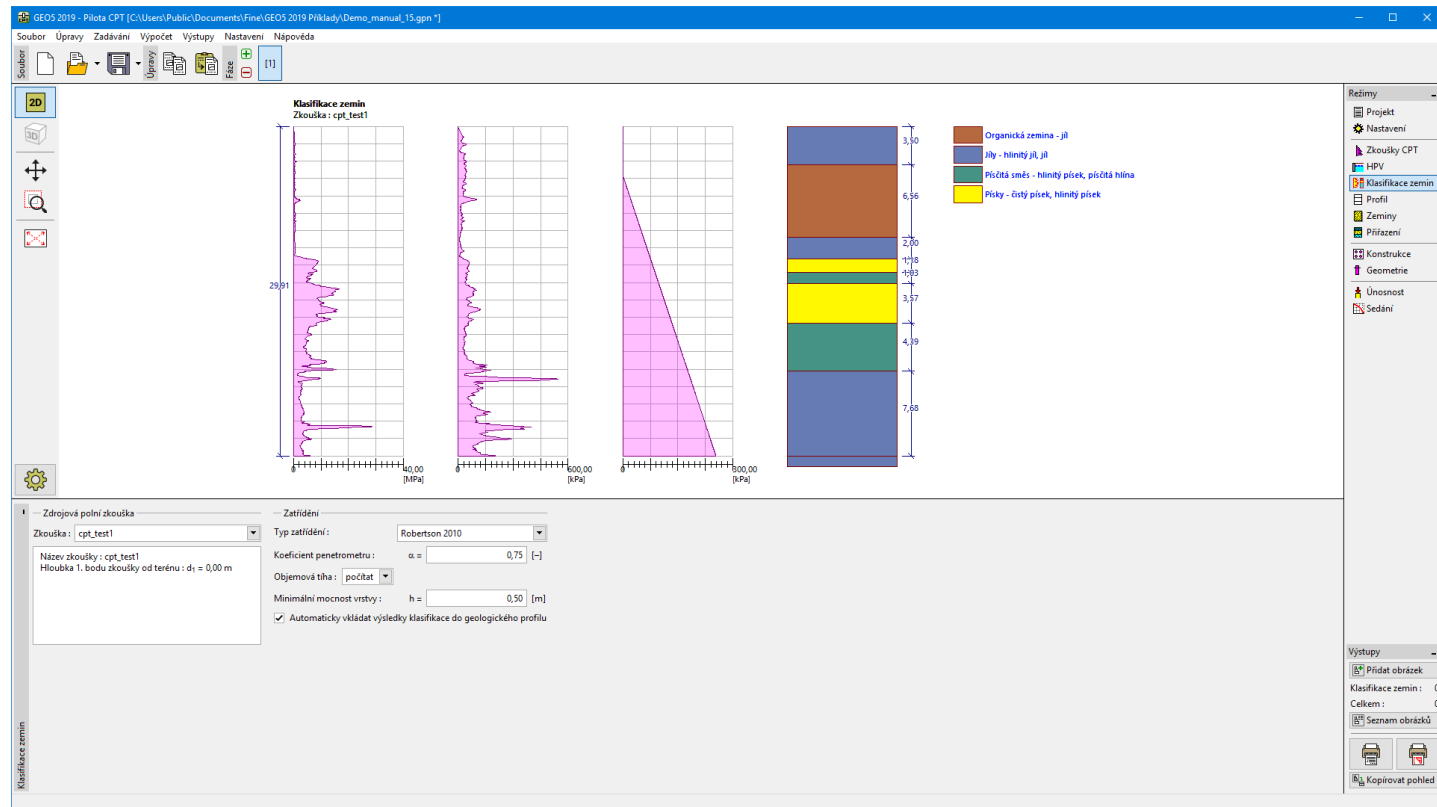
Klasifikace zemin

Klasifikace zemin Robertson (1986), resp. Robertson (2010) umožňuje určit typ chování zeminy a některé její parametry přímo z výsledků **zkoušky CPT** - vstupní parametry **zemin** pak není nutné zadávat. Vygenerované parametry zemin doporučujeme před **výpočtem** zkontrolovat.

V rámu "**Klasifikace zemin**" se volí **zkouška pro zatřídění** (definovaná v rámu "**Zkoušky CPT**"). Zatřídění zeminy je provedeno podle **Robertsona** (1986 nebo 2010).

V rámu se dále zadává **koeficient penetrometru** α [-]. Hodnotu objemové tíhy zeminy γ lze buď zadat stejnou pro všechny vrstvy, nebo se v programu automaticky **dopočítává** pro každou vrstvu zvlášť z hodnot **zkoušek CPT**. V rámu lze zadat minimální mocnosti vrstvy zemin h . To má vliv na rozložení a počet vrstev jednotlivých zemin v geologickém **profilu** řešené úlohy.

Zaškrtnutím volby "**Automaticky vkládat výsledky klasifikace do geologického profilu**", se při jakékoliv změně dat v tomto rámu automaticky přiřadí vygenerovaný geologický profil do celé úlohy.



Rám "Klasifikace zemin"

Profil

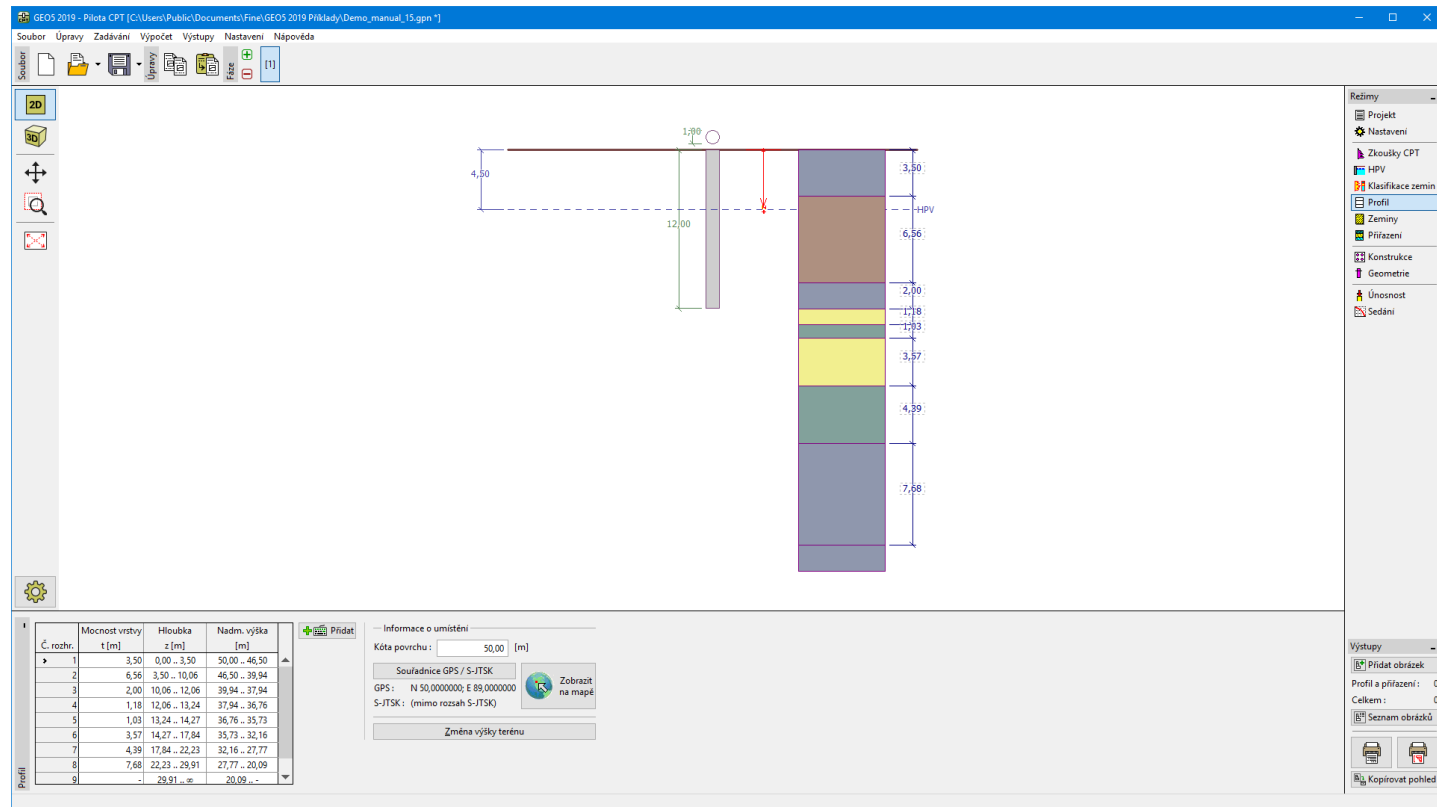
Rám "Profil" obsahuje tabulku se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrstvy (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

Zeminy

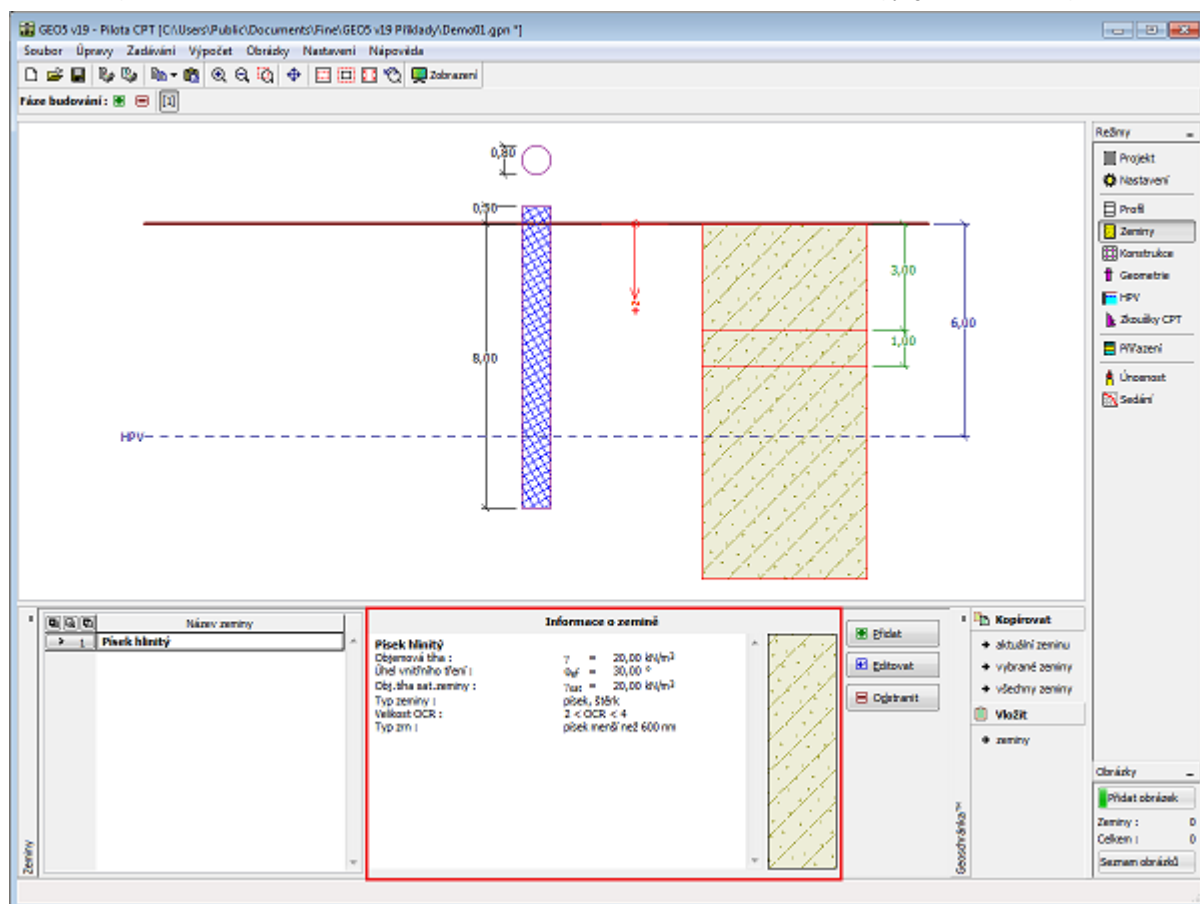
Rám "Zeminy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v dialogovém okně "Přidání nových zemín".

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "Základní data" a "Vztlak".

Zadávané parametry zemín jsou závislé na teorii výpočtu, která se zadává v záložce "Piloty CPT". V případě SPT se metoda výpočtu volí v rámu "Nastavení".

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy** a **úhel vnitřního tření zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemin**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemin. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "Výpočet v programu Pilota CPT".

Při výpočtu **plášťového tření** se pro řešení podle EN 1997-2, NEN 6743 a LCPC (Bustamante) v programu dále zadává **součinitel redukuující plášťové tření** α_s . Pro hrubozrnné zeminy - **písek, štěrk** se navíc definuje hodnota **překonsolidace (OCR)** a typ, resp. velikost zrn.

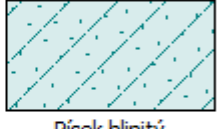
Přidání nových zemin

Identifikace
 Název :

Základní data
 Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³]
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} =$ [°]

Vztlak
 Způsob výp.vztlaaku :
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Výpočet plášťového tření
 Typ výpočtu α_s :
 Typ zeminy :
 Velikost OCR :
 Typ zrn :

Zobrazení
 Barva :
 Kategorie vzorků :
 Vzorek : 
 Písek hlinitý

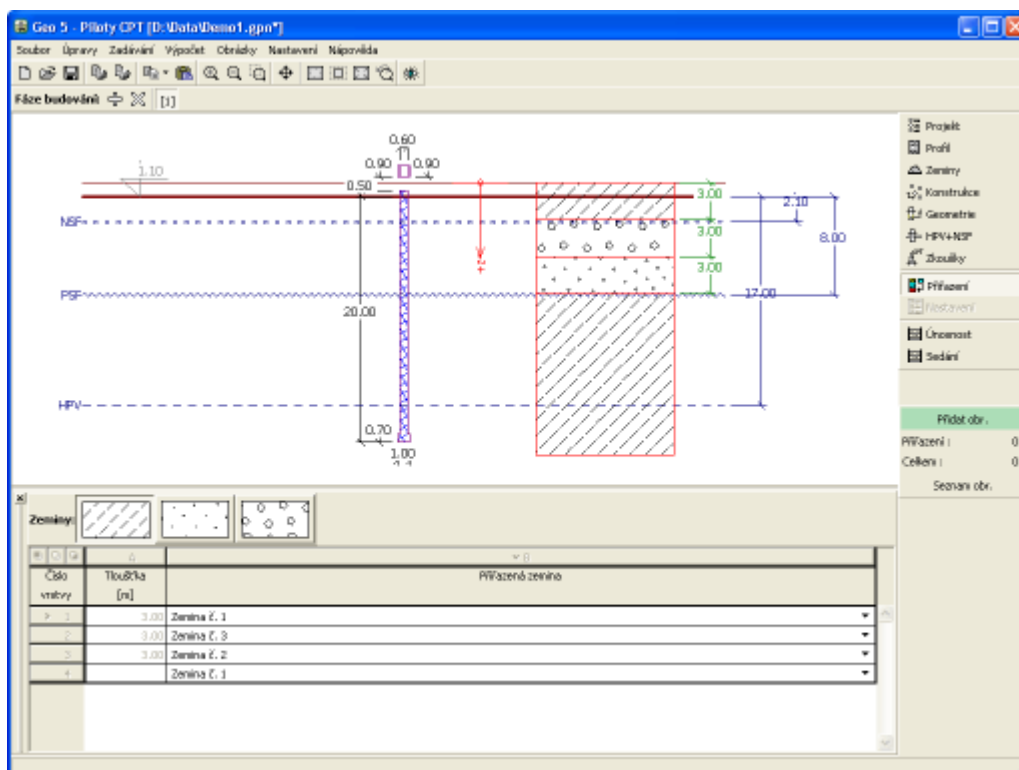
Zatřídění

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



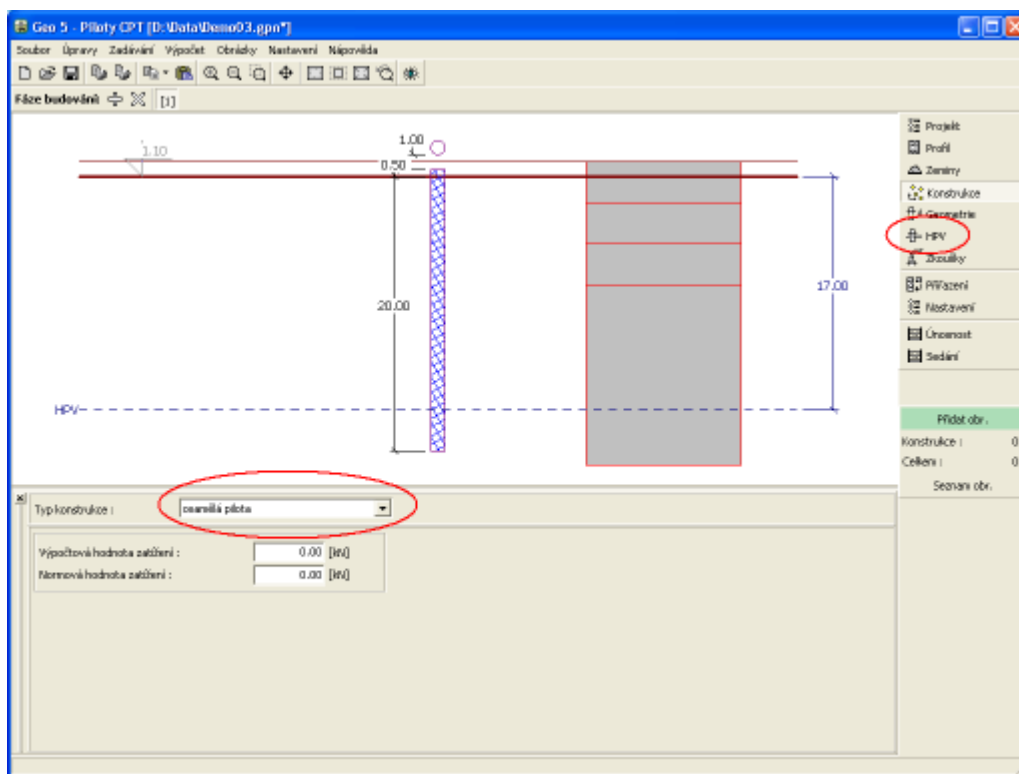
Rám "Přiřazení"

Konstrukce

V rámu "Konstrukce" se volí typ konstrukce - osamělá pilota nebo skupina pilot. V tomto rámu se také zadávají hodnoty zatížení - výpočtová a normová hodnota. Pro výpočet vlastní únosnosti se uvažuje výpočtové zatížení, výpočet sedání se provádí pro normové hodnoty, u postupu podle normy NEN pro oba druhy zatížení (stav 1B a 2).

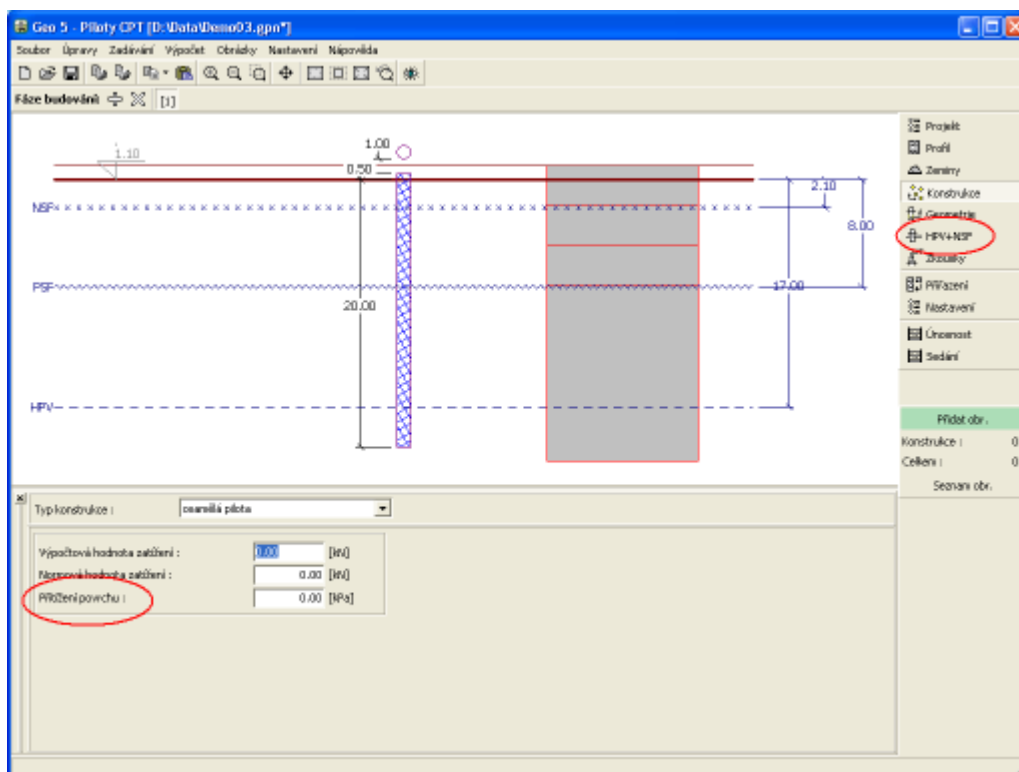
Pro metodu výpočtu NBN EN1997-1 ANB se zadává rozměr staveniště. Z toho je následně určena hustota CPT a velikosti korelačních součinitelů ξ_3 a ξ_4 .

Program umožňuje export geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Konstrukce" - osamělá pilota

Pokud je v rámu "Nastavení" nastavena možnost "Uvažovat vliv negativního plášťového tření", pak lze v rámu "HPV + NSF" zadávat také přitížení povrchu.

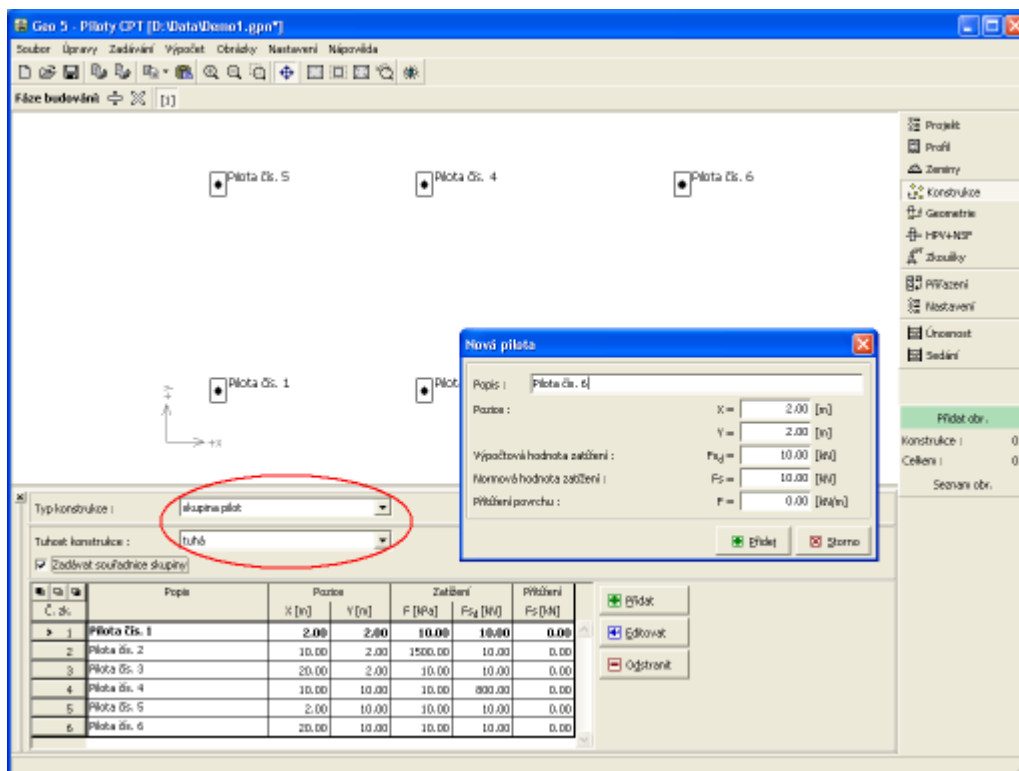


Rám "Konstrukce" - osamělá pilota (vliv NSF)

Skupina pilot

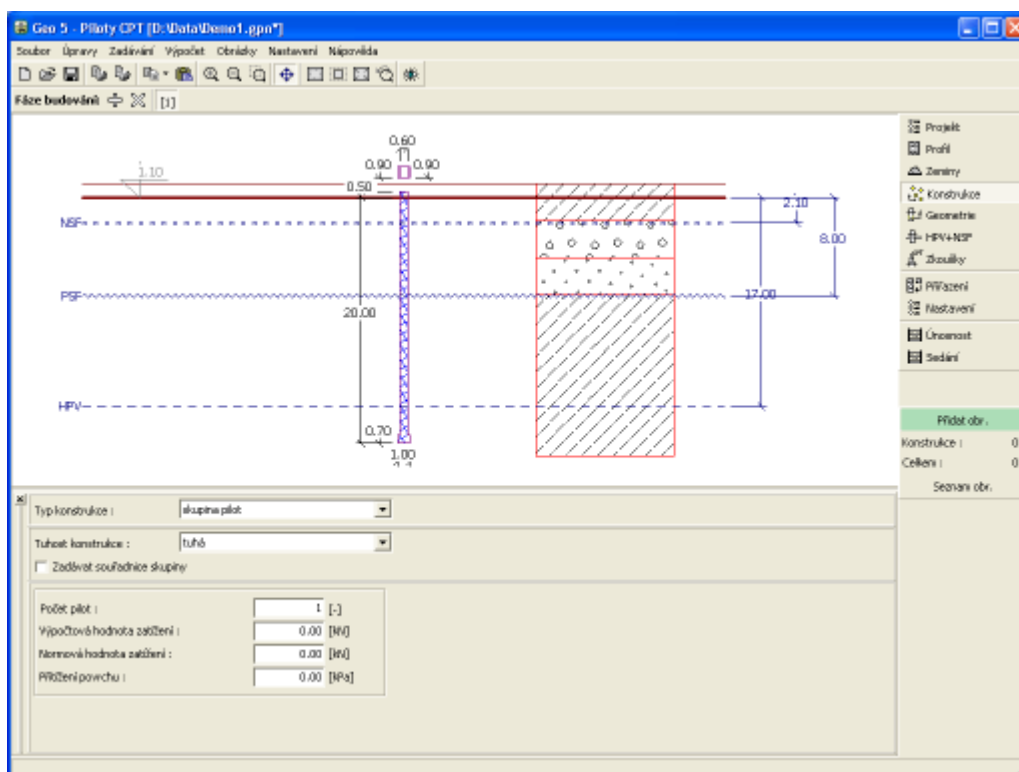
Při zadávání **skupiny pilot** se zadává tuhost konstrukce. Podle tuhosti konstrukce se pak provádí celkový výpočet a posouzení konstrukce. Základním předpokladem je, že u tuhé konstrukce sedají všechny piloty stejně, u poddajné každá samostatně. Při výpočtu podle NEN6743 se v tomto rámu zadává též způsob provádění CPT.

Pro tuhé i netuhé konstrukce je možné zadání rozmístění pilot pomocí jejich souřadnic. V tomto případě se zadávají souřadnice každé piloty (v souřadném systému x, y) a zatížení působící na každou zadávanou pilotu. Pokud je v rámu "**Nastavení**" nastavena možnost "**Uvažovat vliv negativního plášťového tření**", pak lze rámu "**HPV + NSF**" zadávat také **přetížení povrchu**. Přidání zadávané piloty se provádí v **dialogovém okně "Nová pilota"**.



Rám "Skupina pilot" - zadání rozmístění pilot pomocí souřadnic

V případě, že uživatel nezadá souřadnice rozmístění pilot, zadávají se parametry pilot přímo v rámu "**Konstrukce**". Při volbě tuhé konstrukce je možné zadat počet pilot pod konstrukcí (piloty jsou pak rovnoměrně rozmístěny).



Rám "Skupina pilot"

Geometrie

V rámu "Geometrie" se zadává **průřez piloty** (kruhová, obdélníková, kruhová s rozšířením, obdélníková s rozšířením) a typ piloty (šroubované na místě betonované, šroubované prefabrikované, prováděné průběžným šnekem atd.). Pro zvolený průřez se v zadávacích polích zadávají rozměry průřezu.

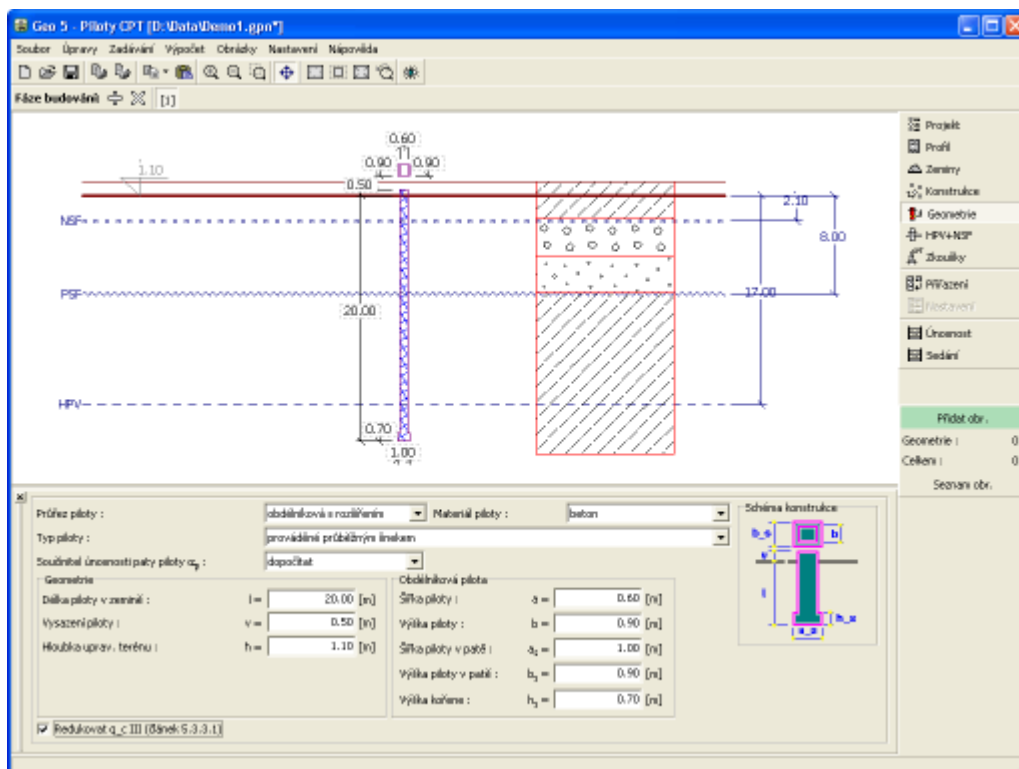
Dále se v tomto rámu zadává **materiál piloty** (dřevo, beton, ocel) a **geometrie umístění piloty** (délka piloty v zemině, vysazení piloty a hloubka upraveného terénu). Zvolený tvar s grafickou nápořádou zadávaných hodnot se zobrazuje v pravé části rámu.

Pokud je před provedením pilot odtěžen původní terén, ze kterého byly prováděny zkoušky CPT, dochází k **redukcí** naměřených hodnot penetračního odporu vzhledem ke snížení geostatického napětí.

V prostřední části rámu se zadává též **součinitel únosnosti paty piloty** α_p . Tento součinitel se standardně dopočítává podle zvoleného postupu automaticky v závislosti na typu piloty a okolní zemině.

Při výpočtu obdélníkových pilot je zaveden **součinitel tvaru piloty** s , redukující únosnost piloty v patě. Při výpočtu pilot s rozšířenou patou je zaveden **součinitel vlivu rozšířené paty** β , upravující únosnost piloty v rozšířené patě.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie"

Vliv upraveného terénu

Pokud je před provedením pilot odtěžen původní terén, ze kterého byly prováděny zkoušky CPT, dochází k redukci naměřených hodnot penetračního odporu ve všech bodech zkoušky vzhledem ke snížení geostatického napětí následovně:

$$q_{c,i,red} = q_{c,i} \cdot \chi_i$$

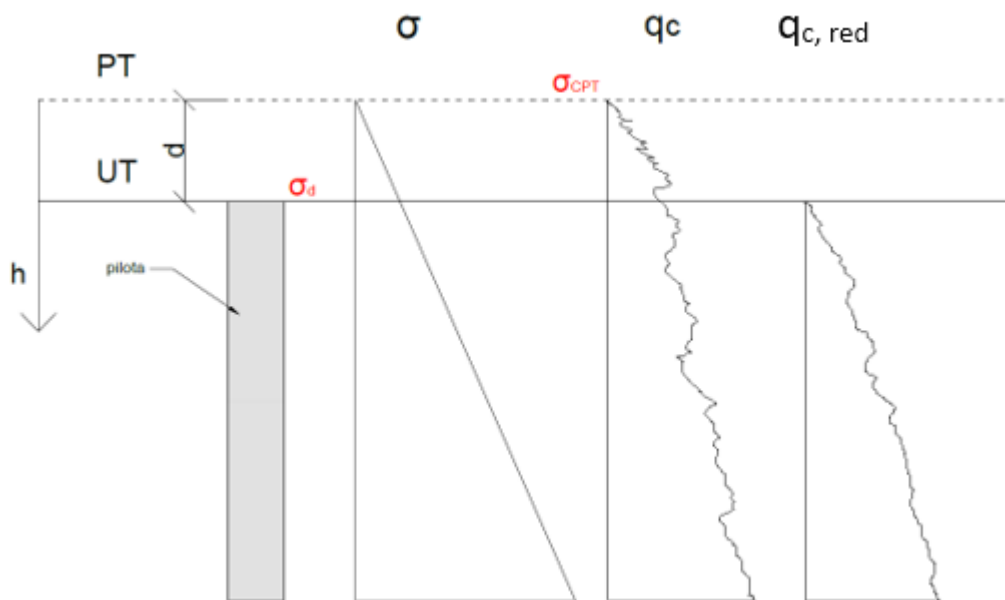
- kde:
- $q_{c,i,red}$ - redukovaný penetrační odpor v i-té vrstvě
 - $q_{c,i}$ - původní penetrační odpor v i-té vrstvě
 - χ_i - redukční součinitel v i-té vrstvě

Redukční součinitel χ_i je určen následovně:

$$x_i = \frac{\sigma_{z,i} - \sigma_d + \sigma_{CPT}}{\sigma_{z,i}}$$

$$x \in (0,1)$$

- kde:
- $\sigma_{z,i}$ - původní geostatické napětí v i-té vrstvě
 - σ_d - původní geostatické napětí v místě upraveného terénu (v hloubce d)
 - σ_{CPT} - původní geostatické napětí v místě prvního bodu zkoušky



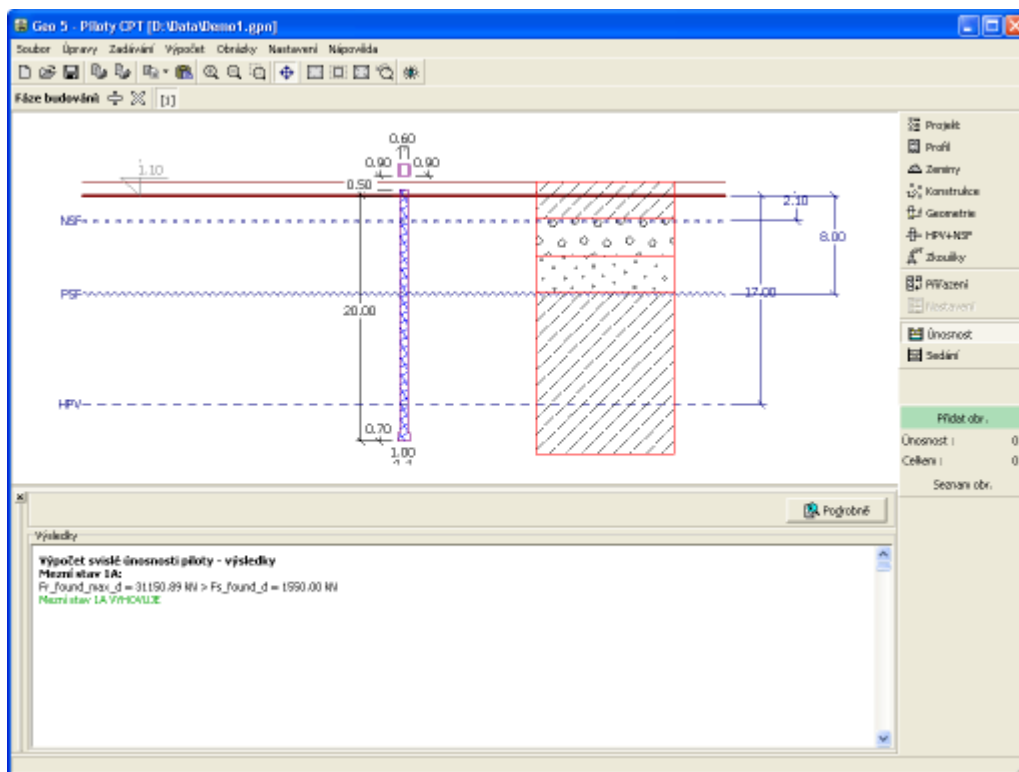
Redukce penetračního odporu vlivem upraveného terénu

V případě, že byly zkoušky CPT provedeny přímo na upraveném terénu, k redukci nedochází.

Únosnost - CPT

V rámu "Únosnost" se posuzuje **svislá únosnost piloty**. **Výsledky výpočtu** jsou zobrazeny v dolní části rámu. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Únosnost"

Únosnost - SPT

V rámu "Únosnost" se posuzuje **svislá únosnost piloty**. Program počítá svislou únosnost podle metody zvolené v rámu **Nastavení**:

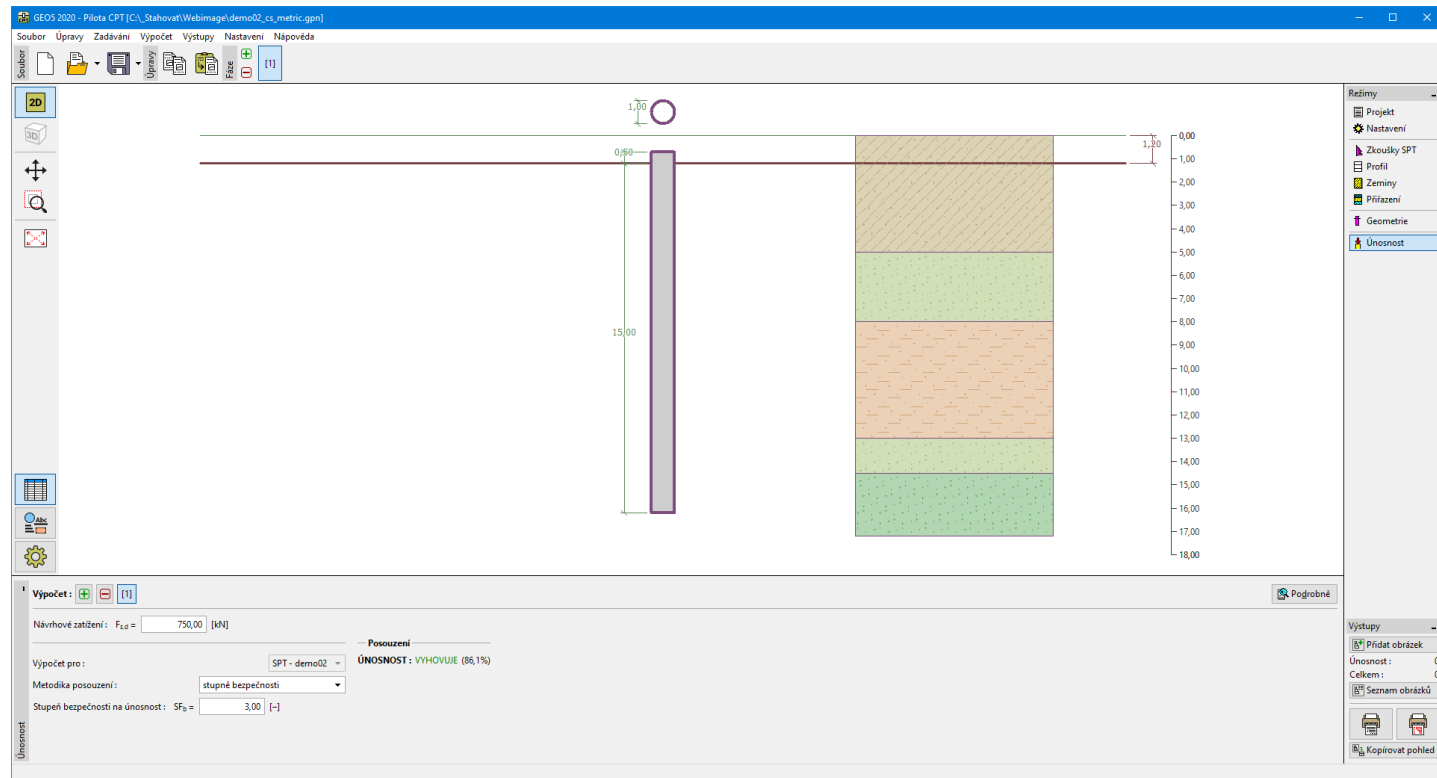
- Décourt-Quaresma
- Aoki-Velloso

Zadává se hodnota **návrhového zatížení**.

Výpočet může být proveden pro **nejhorší zkoušku**, **průměr ze všech zadaných zkoušek** nebo **konkrétní zkoušku** vybranou z rozbalitelného seznamu.

Dále se volí metodika posouzení podle stupně bezpečnosti nebo teorie mezních stavů. Požadovaný **stupeň bezpečnosti na únosnost** nebo **redukce únosnosti na patě a plášti** se zadávají přímo v tomto rámu.

Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno s výpisem podrobných výsledků posouzení.



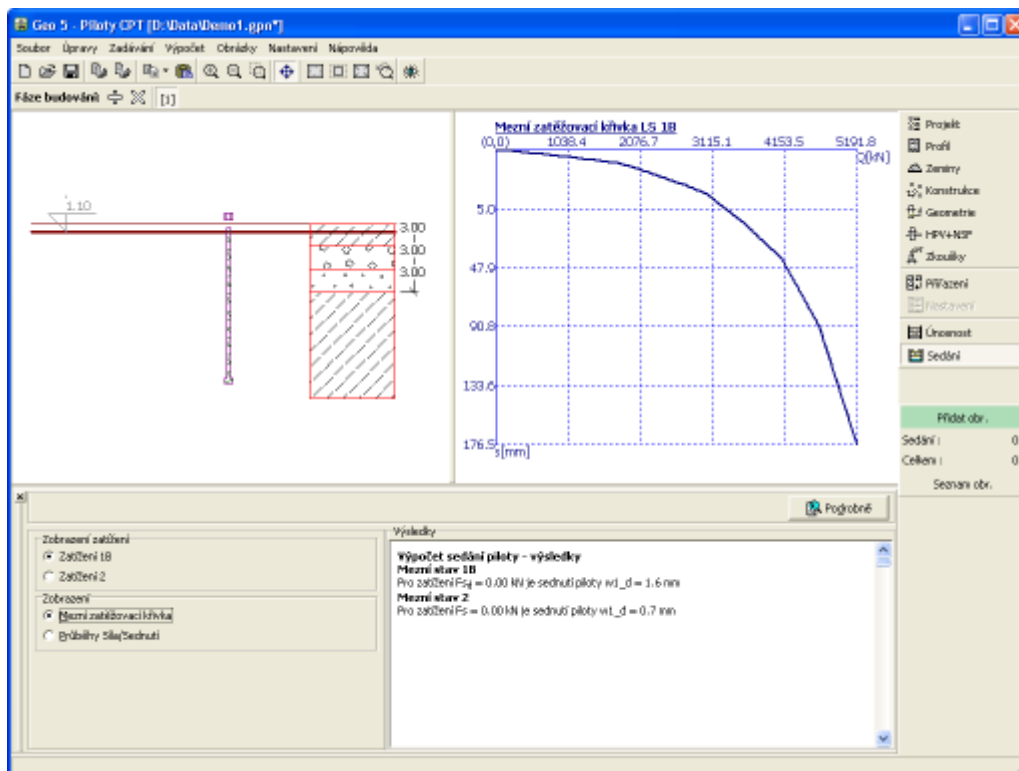
Rám "Únosnost"

Sedání

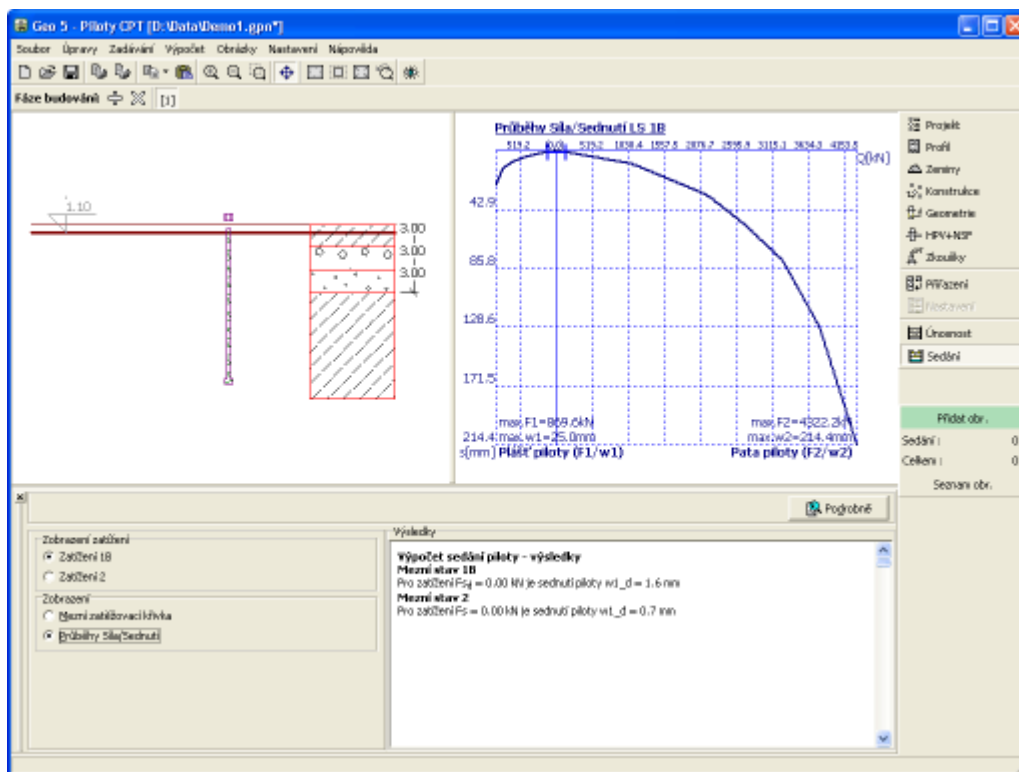
V rámu "Sedání" se posuzuje sedání piloty. Výsledky výpočtu jsou zobrazeny v pravé dolní části rámu. Tlačítko "Podrobně" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Při výpočtu sedání podle normy NEN 6743 je vedle mezní zatěžovací křivky je vykreslován i průběh závislosti síla/sednutí.

Výsledky výpočtu se zobrazují v horní části rámu. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Sedání" - Mezní zatěžovací křivka



Rám "Sedání" - Průběhy síla/sednutí

Program Skupina pilot

Program je určen k výpočtu skupiny pilot s tuhou základovou deskou pomocí pružinové metody (MKP) nebo analytického řešení. Obecné zatížení pilotové skupiny působí do středu základové desky. Geologický profil je tvořen vodorovnými vrstvami zemin nebo hornin. Piloty mohou být plovoucí, opřené nebo vetknuté do podloží.

Nápověda k programu "Skupina pilot" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávat dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Konstrukce	Geometrie	Materiál	Zatížení	Profil
Zeminy	Přiřazení	Voda	Negativní	Svislé pružiny	Vodorovný	Nastavení fáze
			plášťové tření		modul	
Svislá	Sedání	Sedání	Výpočet	Dimenzování	Únosnost	
únosnost	(soudržná zemina)	(nesoudržná zemina)	(pružinová metoda)			

- Normy a metody výpočtu
- Teorie k výpočtům v programu "Skupina pilot":

Napětí v zemině	Skupina pilot	Dimenzování železobetonových konstrukcí
-----------------	---------------	---
- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při textových a grafických výstupech.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "**Nastavení**" je určen k zadání základních "**Nastavení**" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "**Vybrat**" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "**Seznamu nastavení**".

Tlačítko "**Správce nastavení**" otevře dialogové okno "**Správce nastavení**", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat** a **importovat**.

Tlačítko "**Přidat do správce**" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "**Upravit**" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "**Přidat do správce**".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložkách "**Materiály a normy**" a "**Skupina pilot**".

V pravé části rámu se zadává způsob výpočtu - **analytické řešení**, **pružinová metoda**, nebo **pružinová metoda - mikropiloty**.

Pro analytické řešení se definuje typ podloží:

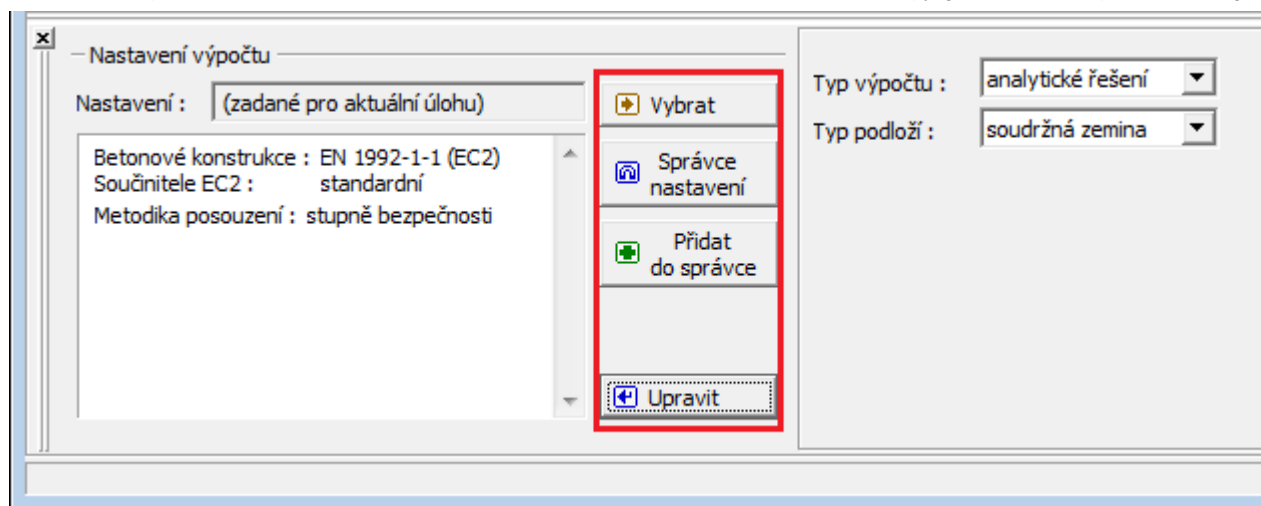
- **nesoudržná zemina** (výpočet pro odvodněné podmínky)
- **soudržná zemina** (výpočet pro neodvodněné podmínky)

Pro pružinovou metodu se zadává:

- **uložení pilot v patě** (svislé působení pilot)
- **připojení pilot k desce**
- **modul reakce podloží** (vodorovné působení pilot)

Pro pružinovou metodu - mikropiloty se zadává:

- **připojení pilot k desce**
- **modul reakce podloží** (vodorovné působení pilot)



Rám "Nastavení"

Konstrukce

V rámu "Konstrukce" se zadávají **rozměry základové desky** podle daného schématu, **počet pilot (mikropilot)**, jejich **průměr** a rozmístění.



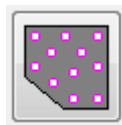
Přednastavený tvar skupiny pilot

Piloty

Jednotlivé piloty ve skupině mají shodný průměr. Pro správný návrh skupiny pilot je zapotřebí dodržet následující konstrukční zásady pro:

- počet pilot ve skupině (3 - 20)
- průměr pilot ve skupině (od 0,3 m do 4,0 m)
- osovou vzdálenost pilot ve skupině ($s = 1,5d$ až $6d$) - d je průměr jednotlivých pilot ve skupině
- přesah základové desky na okraji od líce krajních pilot ($o = 0$ až $2d$)

V případě, že zadání geometrie skupiny pilot nevyhovuje některý z výše přednastavených tvarů, program uživateli umožňuje zadat **obecný tvar skupiny pilot**. Obecný tvar skupiny pilot se zadává pomocí souřadnic bodů, je ale také možné stisknutím tlačítka "**Geometrie konstrukce**" převzít konstrukci zadanou pomocí kót a dále ji upravovat.



Zadání obecného tvaru skupiny pilot

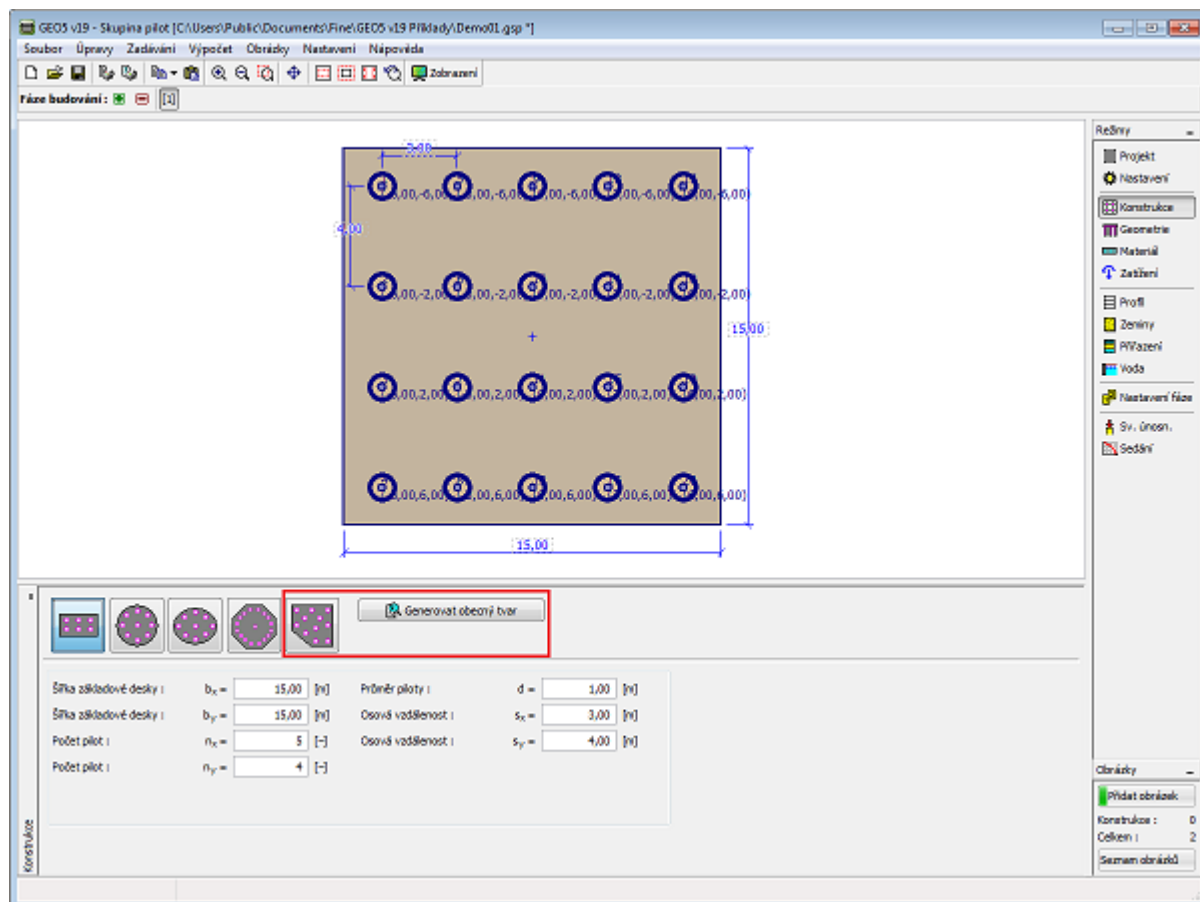
U **obecného tvaru** skupiny pilot lze zadat odklon jednotlivých pilot α . Šikmé piloty ($\alpha \neq 0^\circ$) lze použít pouze pro numerické výpočty podle **pružinové metody**. Pro **analytické řešení** se všechny piloty při výpočtu uvažují jako svislé ($\alpha = 0^\circ$). Odklon pilot se tedy pro výpočet **svislé únosnosti**, resp. **sedání skupiny pilot** nijak nezohledňuje.

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.

Mikropiloty

Jednotlivé mikropiloty ve skupině mají shodný průměr. Pro správný návrh skupiny pilot je zapotřebí dodržet následující konstrukční zásady pro:

- počet mikropilot ve skupině (3 - 20)



Rám "Konstrukce"

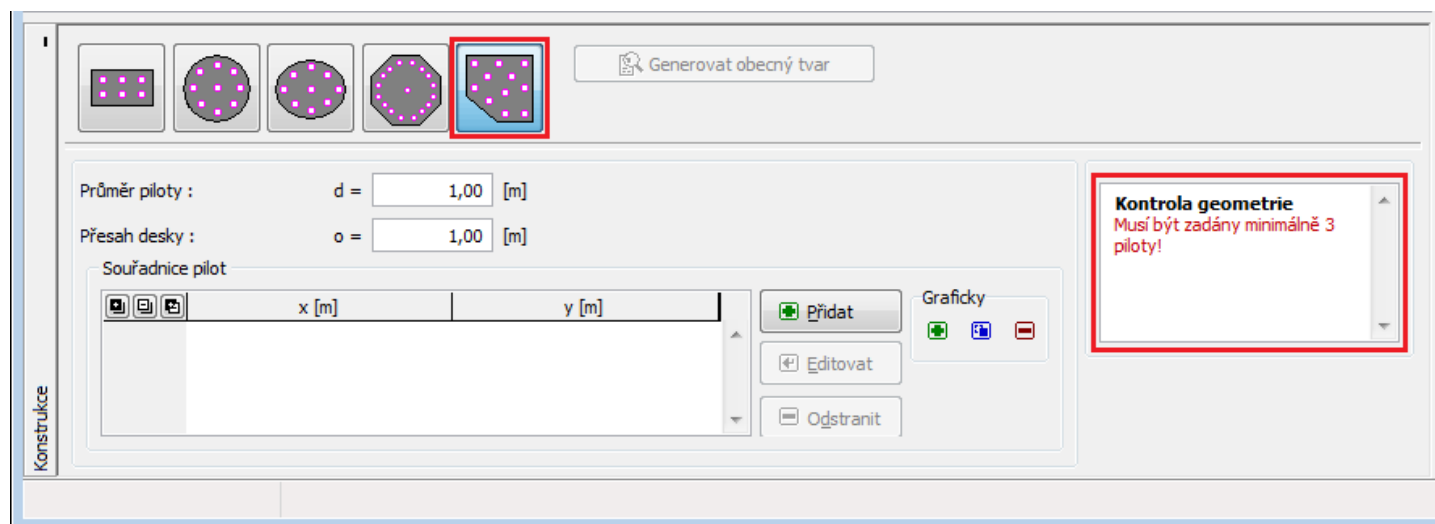
Obecný tvar skupiny pilot

Zadání obecného tvaru skupiny pilot v nové úloze

Program umožňuje zadat obecný tvar skupiny pilot dvěma způsoby:

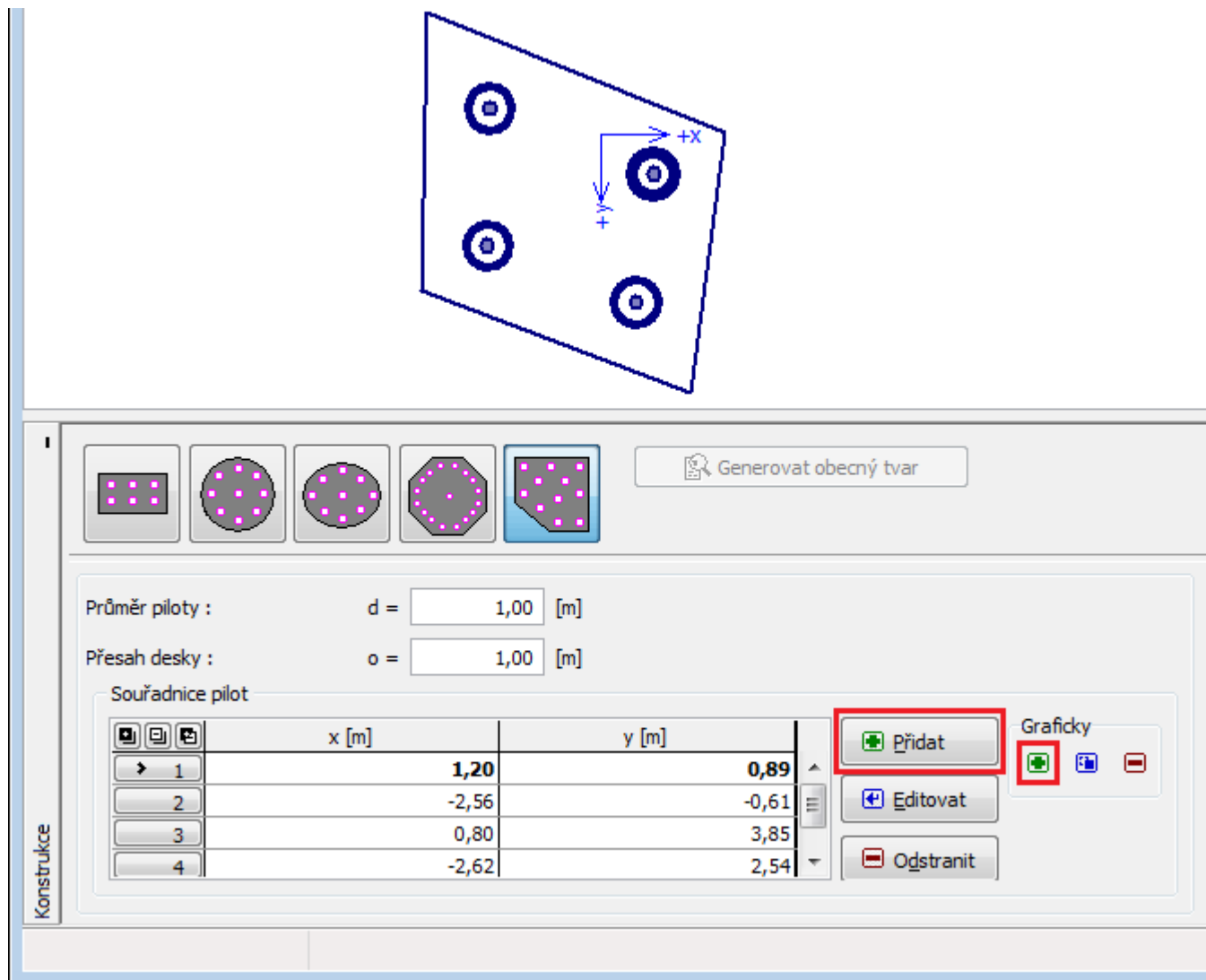
1. Zadání obecného tvaru skupiny pilot pomocí bodů

Stisknutí ikony pro vytvoření obecného tvaru skupiny pilot na vodorovné liště, program smaže desktop. Minimální počet zadaných pilot ve skupině jsou 3 (v případě zadání menšího počtu pilot se v rámu zobrazuje chybové hlášení).




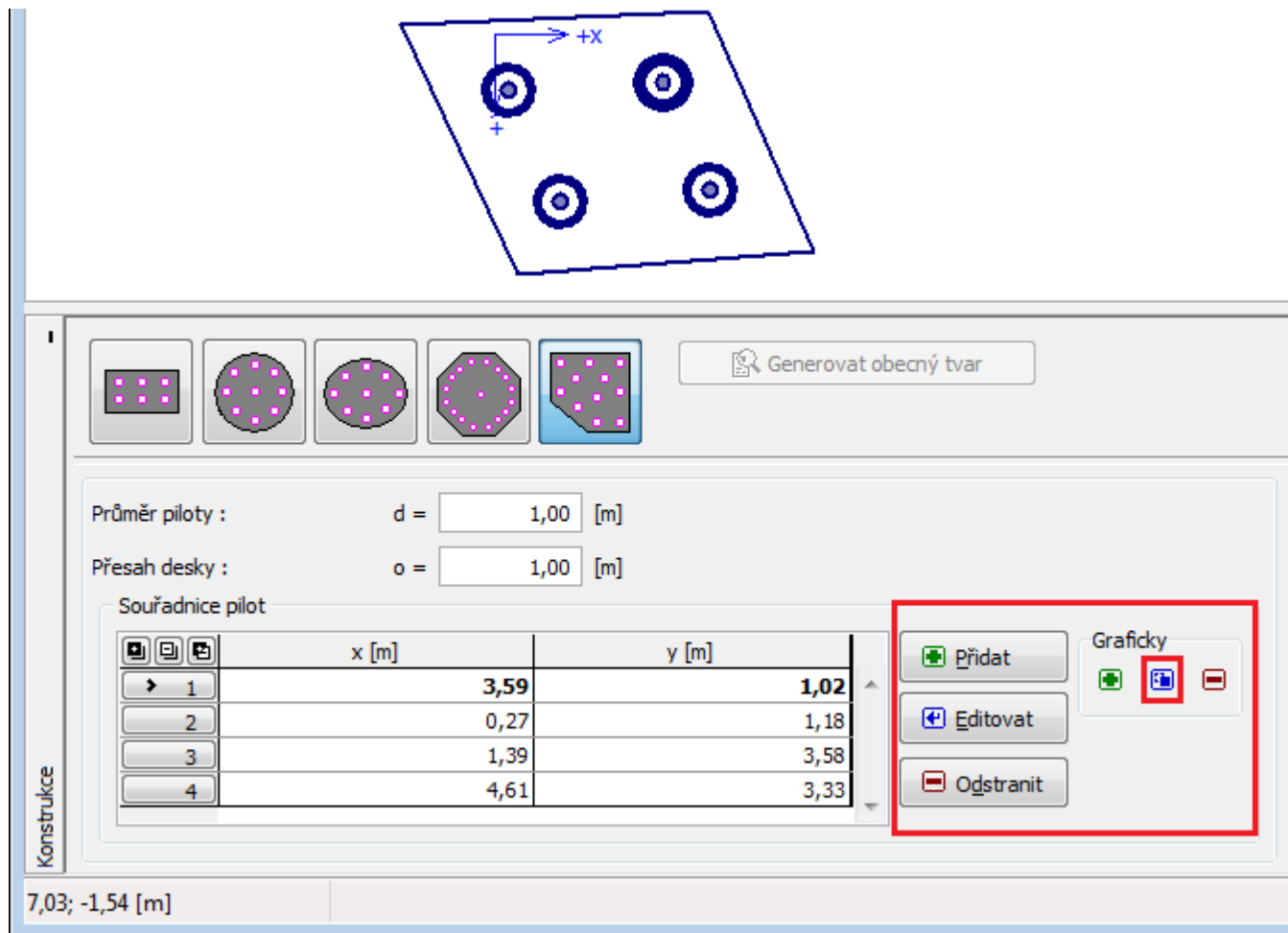
Rám "Konstrukce" - nová úloha

Pomocí tlačítka "Přidat", které otevírá dialogové okno "Nový bod" se zadávají souřadnice umístění středů pilot ve skupině (lze použít grafické zadávání kliknutím na desktopu pomocí kurzoru myši).



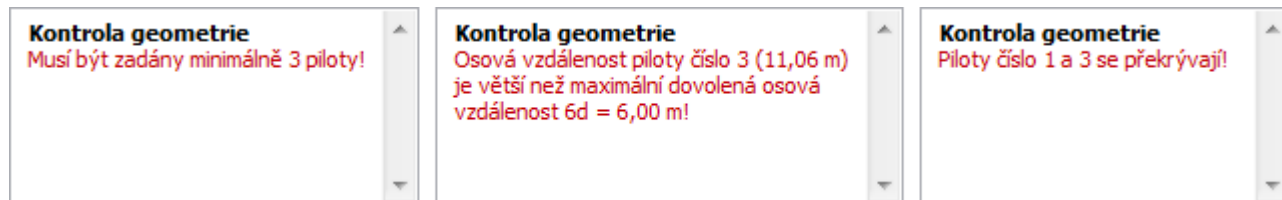
Rám "Konstrukce" - zadání obecného tvaru umístění skupiny pilot pomocí bodů

Zadané body se zapisují do tabulky a lze je dále editovat a mazat pomocí tlačítek "**Editovat**" a "**Odstranit**", nebo opět přímo kliknutím na desktopu pomocí kurzoru myši. Jednotlivé body lze posouvat přímo na desktopu pomocí kurzoru myši po kliknutí na speciální ikonu .



Rám "Konstrukce" - editace bodů

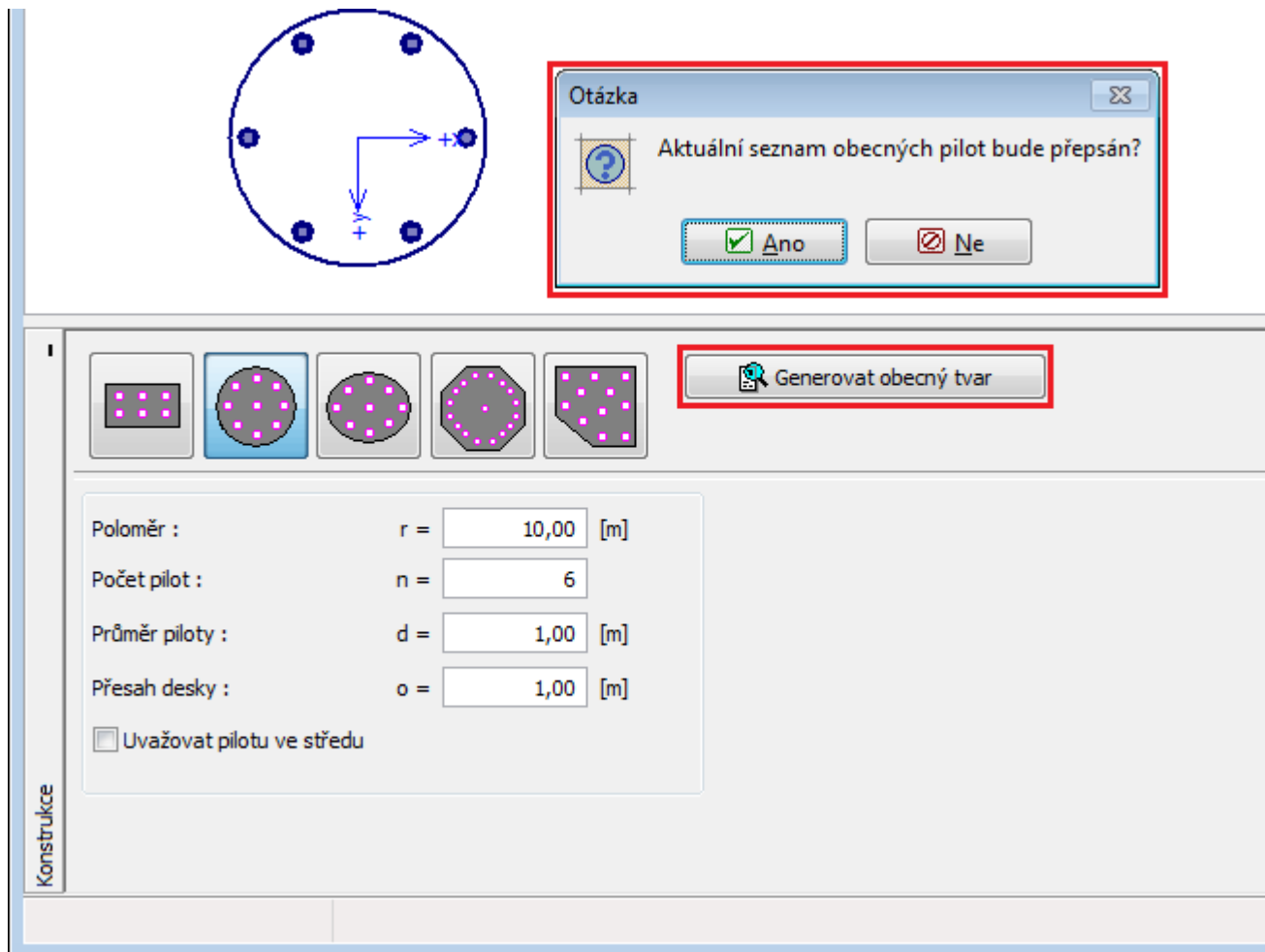
Minimální počet pilot ve skupině jsou 3. V případě nesprávného zadání (překročení maximální osové vzdálenosti pilot, překrývání pilot) program kontroluje geometrii a upozorní uživatele na chybu. V takovém případě je nutné upravit schéma umístění skupiny pilot.



Rám "Konstrukce" - chybová hlášení při zadávání skupiny pilot

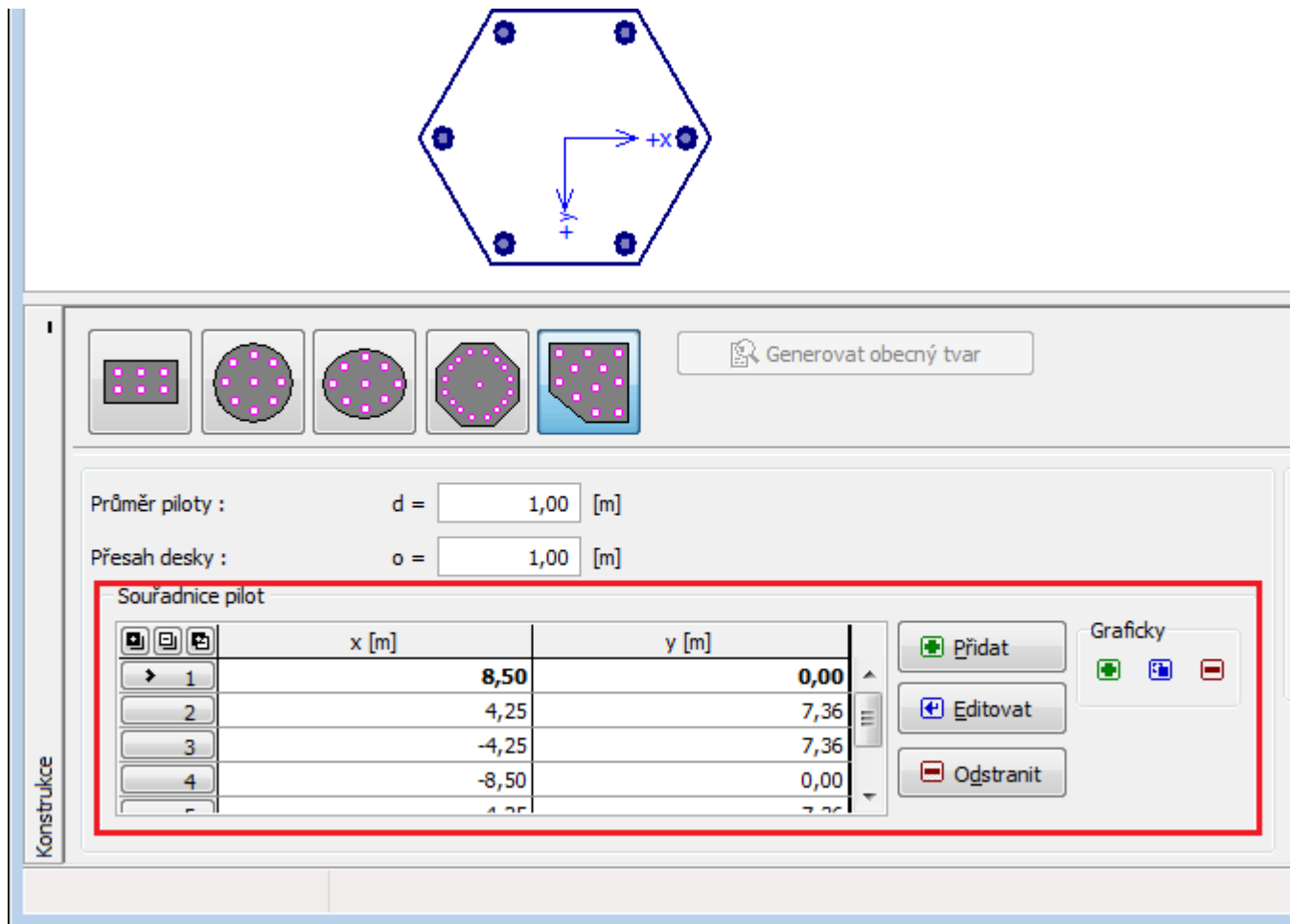
2. Zadání obecného tvaru skupiny pilot pomocí generátoru obecného tvaru

Konstrukci zadanou pomocí schématu konstrukce a rozměrů konstrukce lze stisknutím tlačítka "Geometrie konstrukce" převzít do zadávání obecného tvaru skupiny pilot. S nově vygenerovanými body lze poté dále pracovat a vygenerovaný tvar skupiny pilot upravit.



Rám "Konstrukce" - zadání obecného schematu skupiny pilot pomocí generátoru obecného tvaru

Vzhled rámu se poté změní jako v prvním případě zadání obecného tvaru skupiny pilot. Dále lze tedy s kresbou umístění pilot pracovat úplně stejně, jak bylo již výše popsáno.



Rám "Konstrukce" - vzhled rámu po generování obecného tvaru

Geometrie

V rámu "Geometrie" se zadávají parametry pilot (mikropilot). Vzhled rámu se mění podle nastavení typu výpočtu v rámu "Nastavení" (pružinová metoda, analytické řešení, pružinová metoda - mikropiloty).

Pro **pružinovou metodu** a **analytické řešení** se zadává:

- hloubka založení
- vysazení piloty
- tloušťka základové desky
- délka pilot

Pro **pružinovou metodu - mikropiloty** se zadává:

- tloušťka základové desky
- délka mikropilot
- průměr kořene mikropilot
- délka kořene mikropilot
- odpor základové půdy - tento údaj je velice důležitý a značně ovlivňuje výsledky výpočtu - velikost odporu základové půdy závisí nejen na základové půdě, ale způsobu budování konstrukce a postupu vnesení zatížení - od zadaného zatížení je odečtena normálová síla N o velikosti:

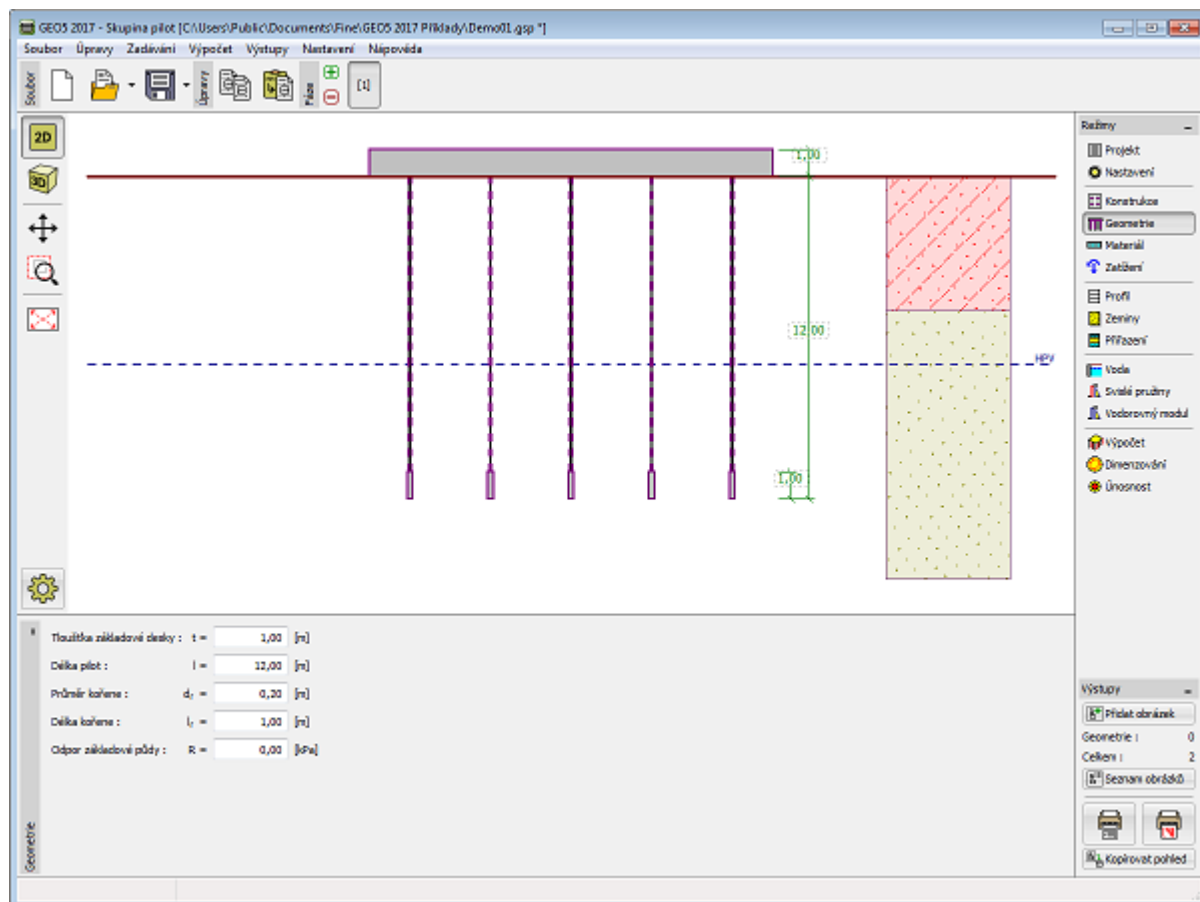
$$N = AR$$

kde: A - plocha základu
 R - zadaný odpor základové půdy

Limitní případy zadání

- zadaný odpor roven nule => veškeré zatížení se přenáší do mikropilot, pod základem se zemina neuvažuje.
- zadaný odpor větší než celkové zatížení a vlastní tíha desky => do mikropilot se nepřenese žádné zatížení a sednutí základu bude nulové.

Jednotlivé piloty (mikropiloty) ve skupině jsou **vždy stejně dlouhé**.



Rám "Geometrie"

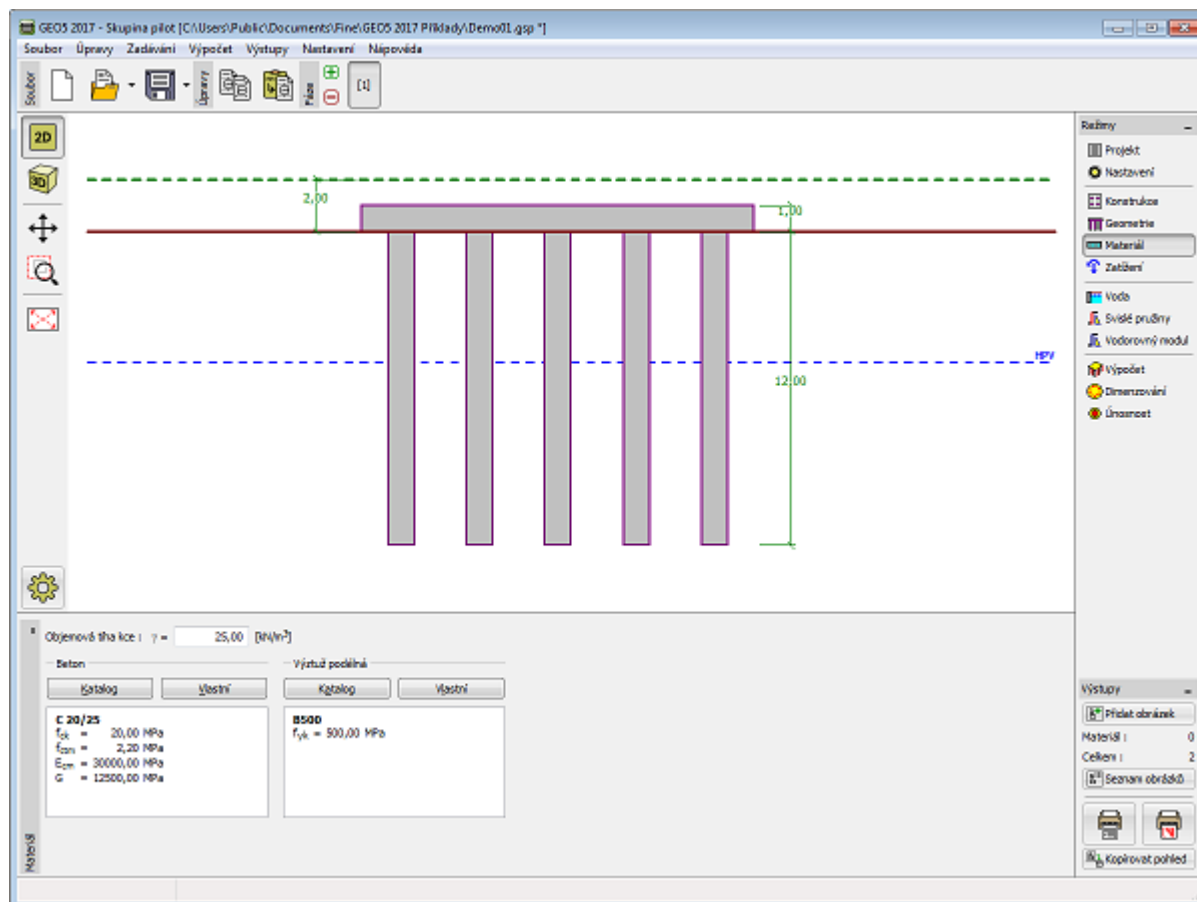
Materiál

V rámu "Materiál" se zadávají materiálové charakteristiky.

Pro nastavení parametrů materiálu lze použít dvě možnosti:

- tlačítkem "**Katalog**" otevřeme dialogové okno "**Katalog materiálů**" a ze seznamu vybereme požadovaný materiál
- tlačítkem "**Vlastní**" otevřeme dialogové okno "**Editor materiálu**" a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogů se mění v závislosti na nastavení normy na navrhování **betonových** nebo **ocelových** konstrukcí v záložce "**Materiály a normy**". V zadávacím poli v horní části rámu se zadává objemová tíha konstrukce.



Rám "Materiál"

Zatížení

Rám "Zatížení" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zatížení. **Přidání** (editace) zatížení se provádí v **dialogovém okně "Nové (editace) zatížení"**. Síly se zadávají dle konvence vykreslené v pravé části dialogového okna.

Program také umožňuje **import zatížení**, které lze provést pomocí tlačítka **"Import"**.

Zadané zatížení na skupinu pilot působí v úrovni horní podstavy základové desky, a to v bodě [0,0]. Tento bod nesmí být umístěn mimo základovou desku. Tyto hodnoty lze jednoduše **získat z výpočtu** jakéhokoliv statického programu.

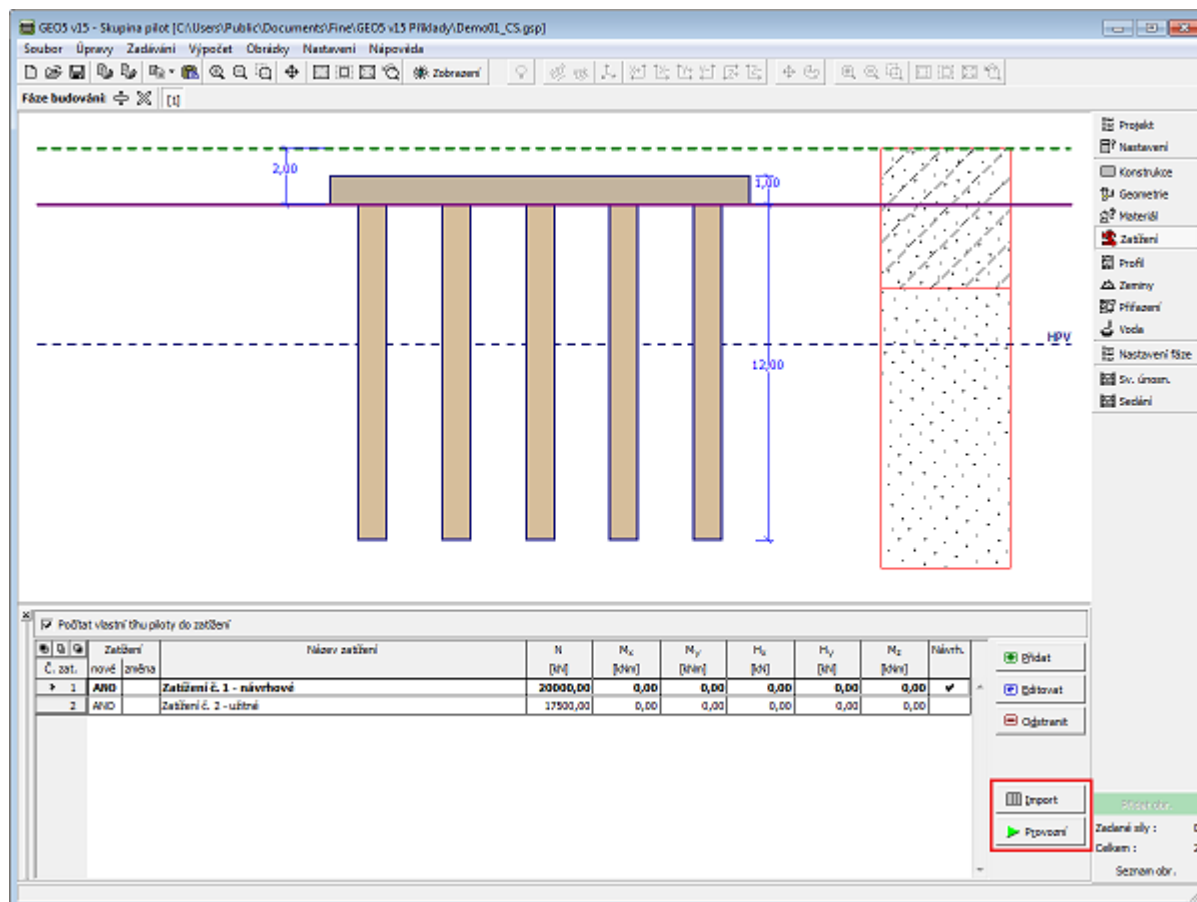
Program automaticky připočítává **vlastní tíhu základové desky** k již zadanému zatížení. Tento program dále umožňuje **počítat vlastní tíhu piloty do zatížení** (pomocí tlačítka v levé části desktopu).

Vlastní tíha základové desky G_{cap} se v programu dopočítává podle vztahu:

$$G_{cap} = A_{cap} t \gamma$$

kde:

- A_{cap} - půdorysná plocha podstavy základové desky [m^2]
- t - tloušťka základové desky [m]
- γ - objemová tíha konstrukce [kN/m^3]



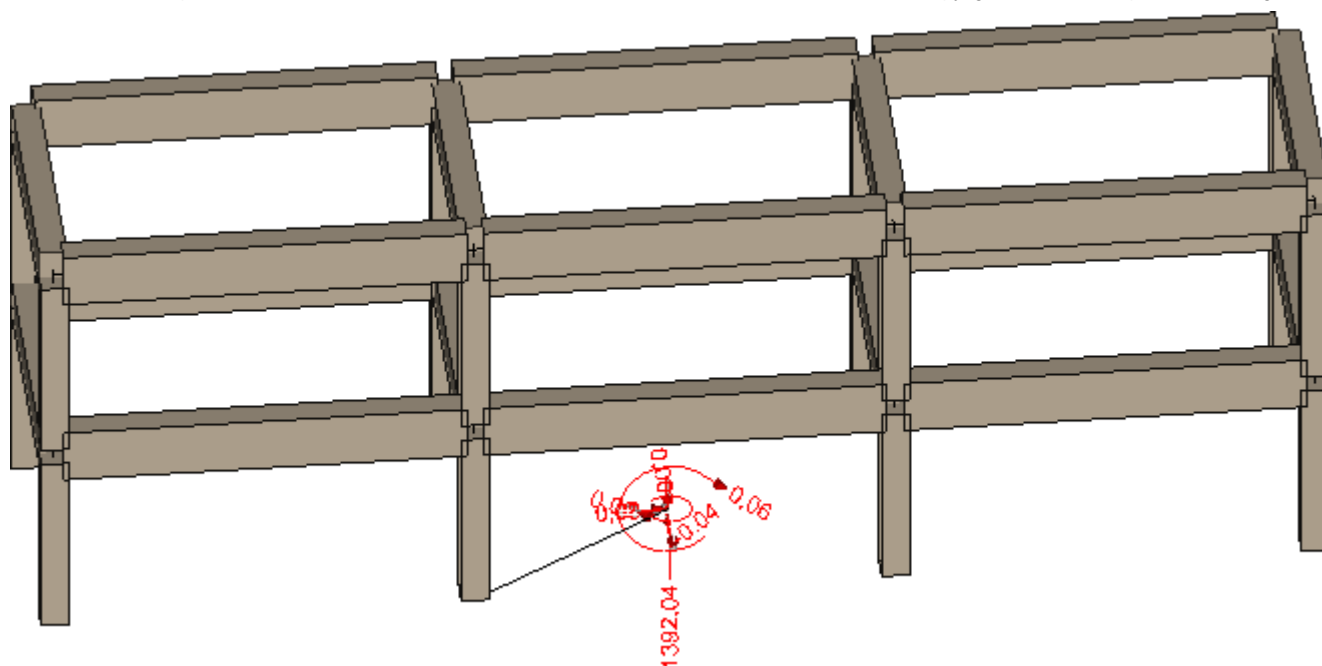
Rám "Zatížení"

Stanovení zatížení na skupinu pilot

Na pilotové skupině mohou být založeny jak mostní opěry, tak libovolné konstrukce pozemních staveb. Výpočet zatížení na desku může být velmi komplikovaný. Zatížení může působit na více místech, může mít charakter bodový (sloup), liniový (stěna) i plošný. Následující postup ukazuje, jak jednoduše stanovit zatížení v požadovaném bodě při použití libovolného statického programu.

1. Vycházíme z modelu konstrukce ve statickém programu
2. Pokud v místě **středu základové desky** není definován styčník, zadáme ho.
3. Do styčnicku zavedeme okrajovou podmínku plného **vetknutí ve všech 6 směrech** (fixed, fixed, fixed, fixed, fixed, fixed)
4. Pokud není styčník na základové desce (prutový model), tak ho propojíme nosníkem s vlastní s konstrukcí (Tuhost by měla odpovídat tuhosti ostatních prvků)
5. Zrušíme **všechny okrajové podmínky** na zadaném modelu, kromě nového styčnicku
6. Provedeme výpočet - **reakce ve styčnicku odpovídají zatížení**, které zadáme do programu "Skupina pilot" - lze využít i funkci import zatížení

Pozn.: pokud jsou v konstrukci **vnitřní klouby**, je nutné je změnit na tuhé připojení, aby statický program našel řešení.



Konstrukce s namodelovanou tuhou podporou

zatizení – Poznámkový blok						
Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápověda		
G1+G2	0,00	0,00	1879,25	-0,05	0,08	0,00
W4 : G1+G2	0,00	-162,00	1879,25	728,95	0,08	0,00
Q3 : G1+G2	0,00	0,00	3499,25	1079,95	0,08	0,00
Q3 : G1+G2+W4	0,00	-97,20	3499,25	1517,35	0,08	0,00
W4 : G1+G2+Q3	0,00	-162,00	3013,25	1484,95	0,08	0,00
G1+G2	0,00	0,00	1392,04	-0,04	0,06	0,00
W4 : G1+G2	0,00	-108,00	1392,04	485,96	0,06	0,00
Q3 : G1+G2	0,00	0,00	2472,04	719,96	0,06	0,00
Q3 : G1+G2+W4	0,00	-64,80	2472,04	1011,56	0,06	0,00
W4 : G1+G2+Q3	0,00	-108,00	2148,04	989,96	0,06	0,00

Reakce v podpoře připravené k importu do programu "Skupina pilot"

<input type="checkbox"/> Počítat vlastní tíhu piloty do zatížení									
Č. zat.	Zatížení	Název zatížení	N	M _x	M _y	H _x	H _y	Návrh.	
	nové	změna	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]		
1	ANO		1_G1+G2 (1)	0,00	0,00	1879,25	-0,05	0,08	✓
2	ANO		2_W4:G1+G2 (2)	0,00	-162,00	1879,25	728,95	0,08	✓
3	ANO		3_Q3:G1+G2 (3)	0,00	0,00	3499,25	1079,95	0,08	✓
4	ANO		4_Q3:G1+G2+W4 (4)	0,00	-97,20	3499,25	1517,35	0,08	✓
5	ANO		5_W4:G1+G2+Q3 (5)	0,00	-162,00	3013,25	1484,95	0,08	✓
6	ANO		1_G1+G2 (6)	0,00	0,00	1392,04	-0,04	0,06	✓
7	ANO		2_W4:G1+G2 (7)	0,00	-108,00	1392,04	485,96	0,06	✓
8	ANO		3_Q3:G1+G2 (8)	0,00	0,00	2472,04	719,96	0,06	✓
9	ANO		4_Q3:G1+G2+W4 (9)	0,00	-64,80	2472,04	1011,56	0,06	✓
10	ANO		5_W4:G1+G2+Q3 (10)	0,00	-108,00	2148,04	989,96	0,06	✓

Naimportované zatížení v programu "Skupina pilot" v rámu "Zatížení"

Profil

Rám "Profil" obsahuje tabulku se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí aktivních kót.

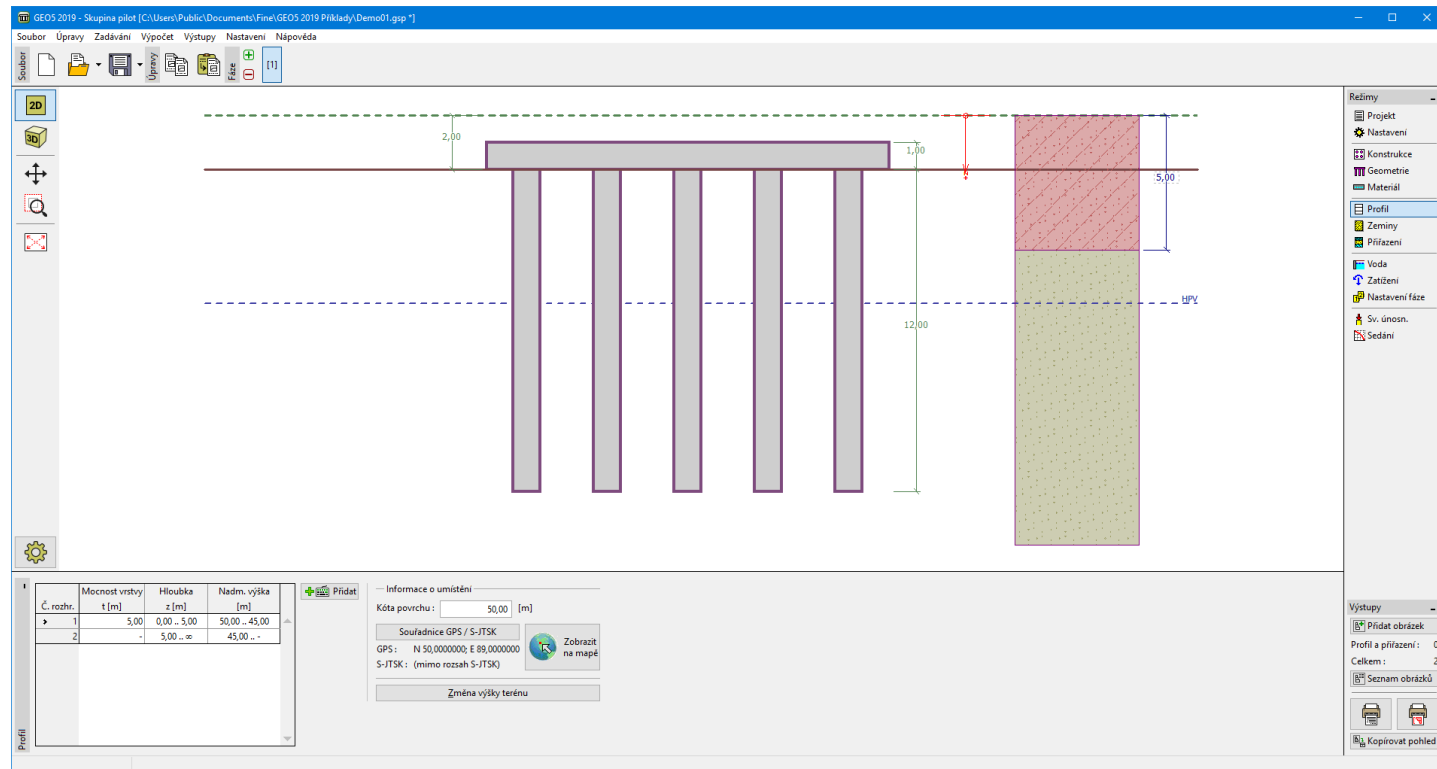
Přidání rozhraní se provádí v dialogovém okně "Nové rozhraní". Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu

konstrukce (z) nebo mocnost vrstvy (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" zobrazit umístění konstrukce v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

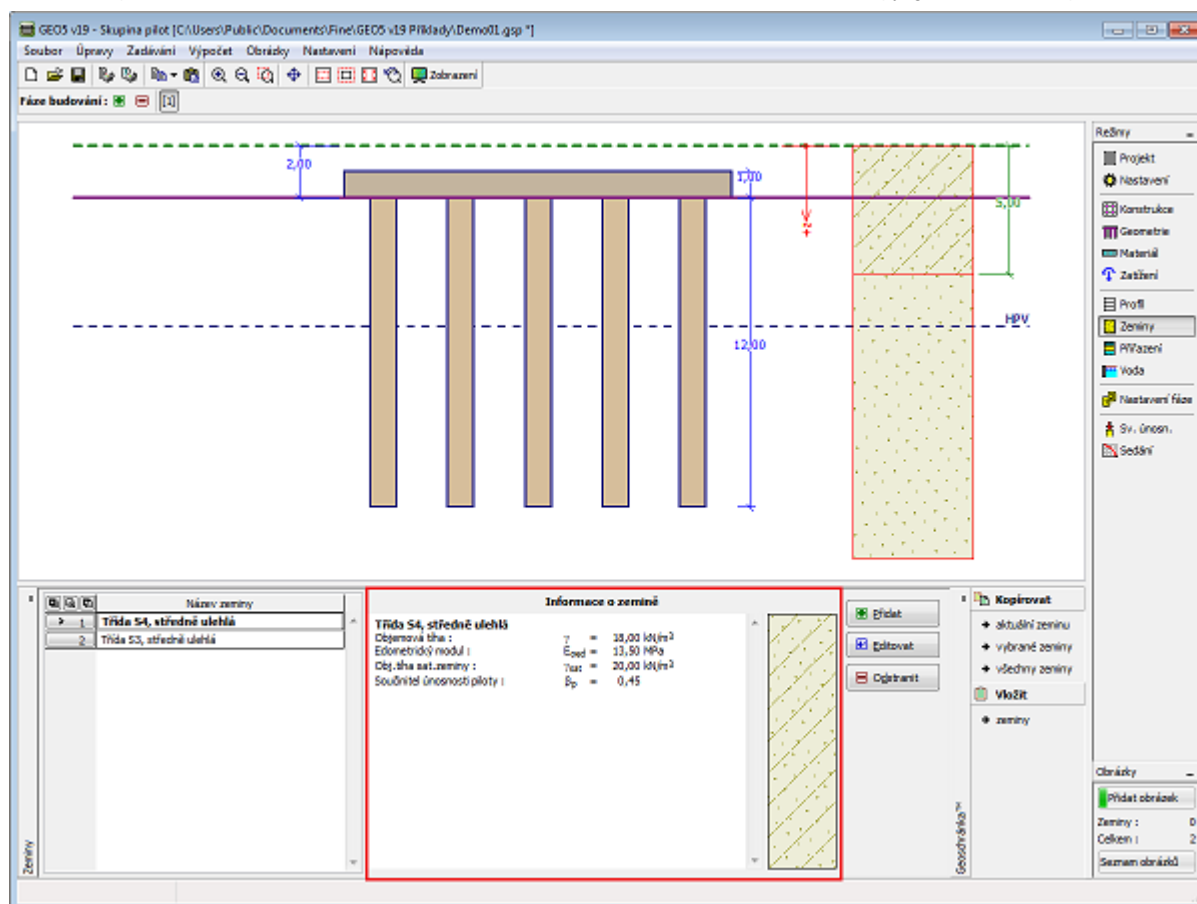
Zeminy

Rám "**Zeminy**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v dialogovém okně "**Přidání nových zemín**".

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "**Základní data**", "**Vztlak**", "**Sedání**", "**Modul reakce podloží**". Zadávané charakteristiky zemín jsou závislé na volbě parametrů v rámu "**Nastavení**" a teorii zadané v záložce "**Skupina pilot**".

Data zadáných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemín**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemín. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Výpočet "Skupiny pilot" se odlišuje podle zvoleného typu podloží:

- **nesoudržná zemina**: standardně se používají **efektivní** parametry smykové pevnosti zemin c_{ef} , ϕ_{ef} .
- **soudržná zemina**: v programu se zadává pouze hodnota **totální** soudržnosti zeminy c_u , pomocí které se určí svislá únosnost skupiny pilot (resp. zemního hranolu).

Parametry zemin se odlišují podle zvoleného typu výpočtu a metody posouzení (rám "Nastavení", záložka "Skupina pilot").

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "Výpočet Skupiny pilot".

Přidání nových zemin

Identifikace
 Název : Třída F1, konzistence tuhá

Základní data ?

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0

Soudržnost zeminy : $c_u =$ [kPa] 70

Sedání - edometrický modul ?

Poissonovo číslo : $\nu =$ [-] 0,35

Typ E_{oed} :

Výpočet sedání :

Edometrický modul : $E_{oed} =$ [MPa] 16 - 32

Vztlak ?

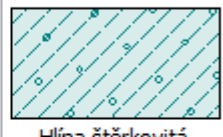
Způsob výp.vztlaku :

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Barva :

Kategorie vzorků :

Vzorek :  Hlína štěrkovitá

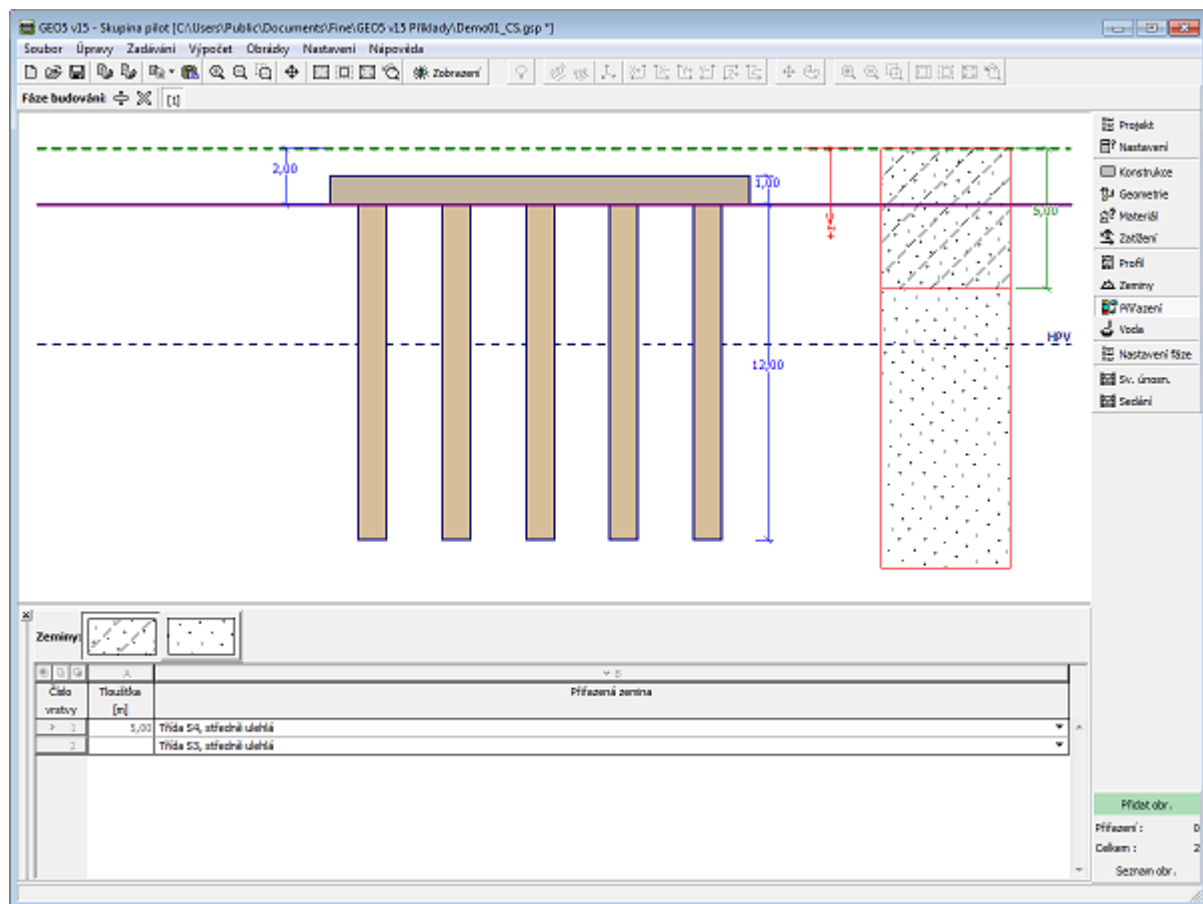
Zatřídění

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).



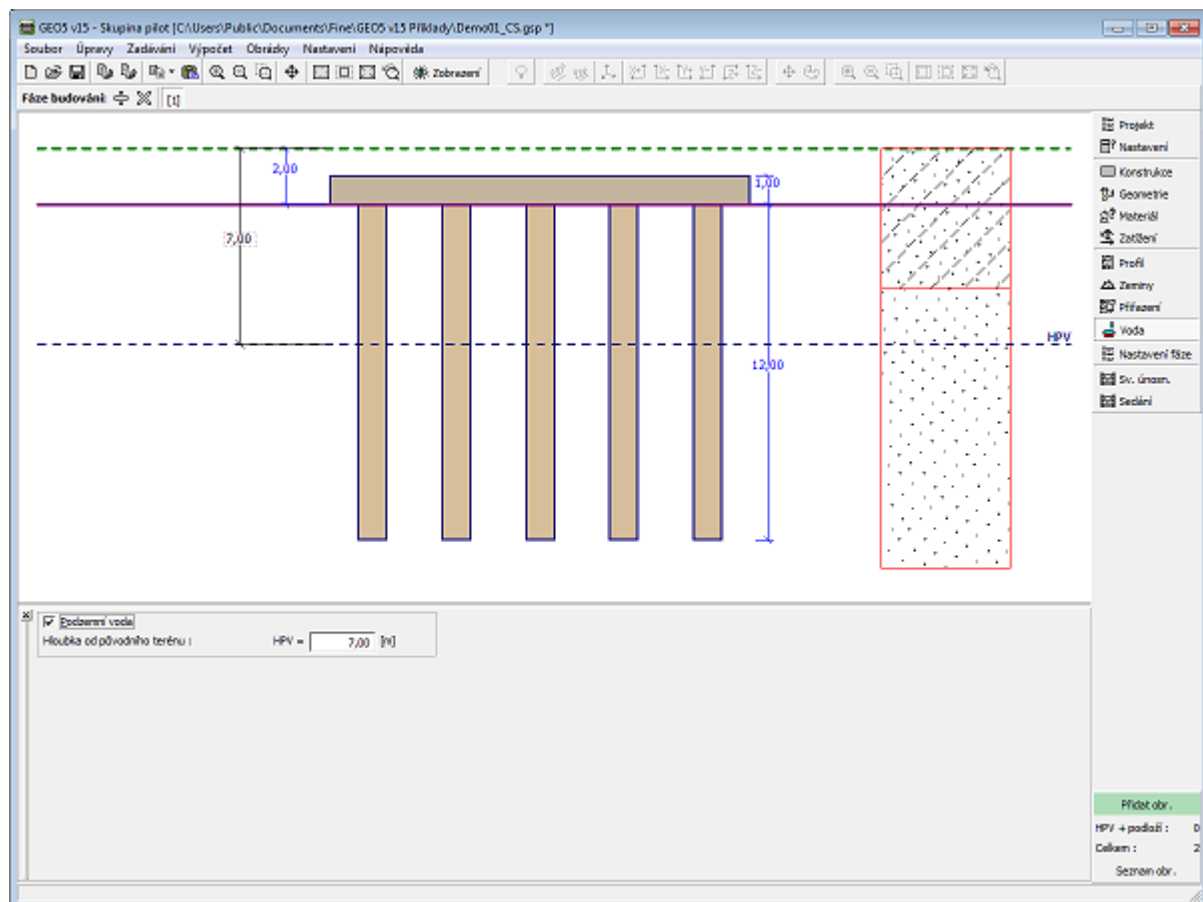
Rám "Přířez"

Voda

V rámu "Voda" se zadává **hloubka hladiny podzemní vody**.

Hodnotu lze editovat buď v rámu vložením hodnoty do zadávacího pole, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

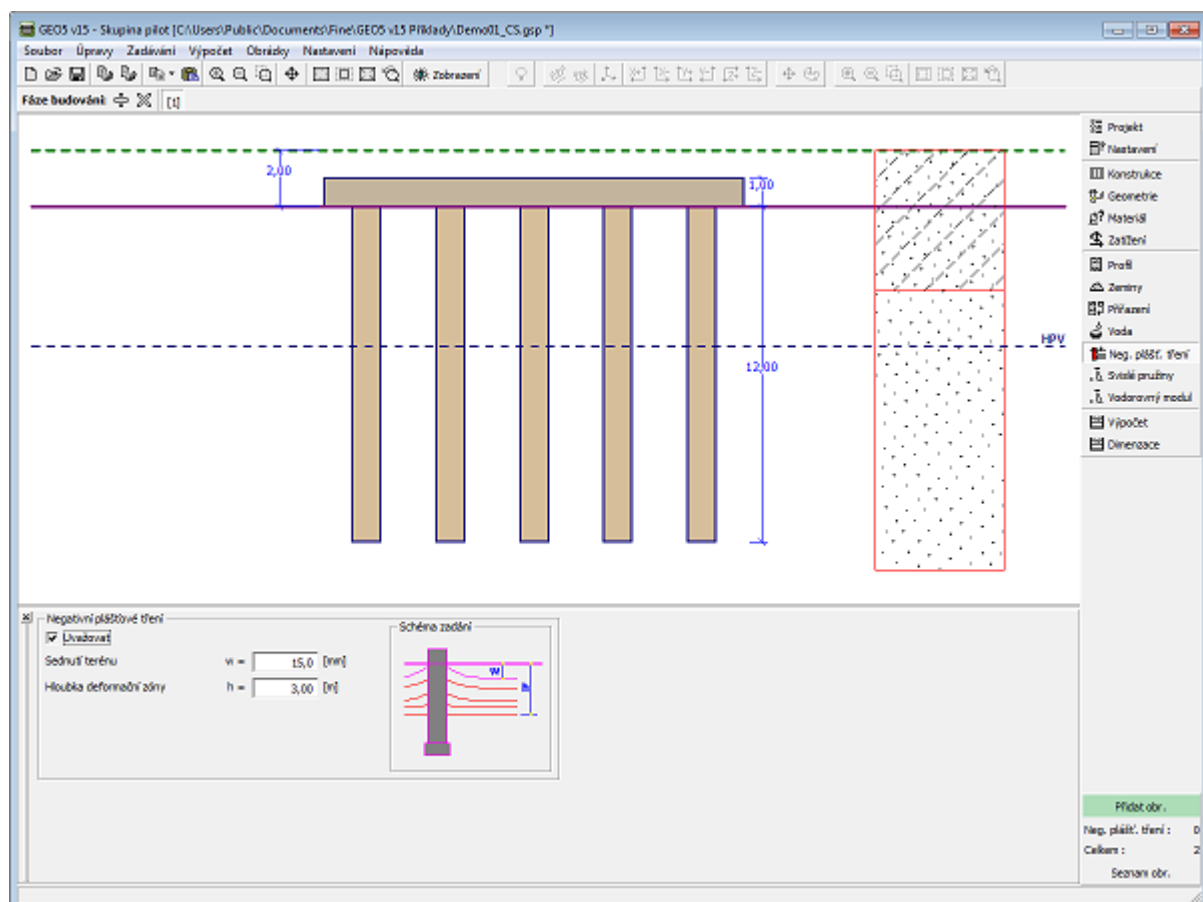
Vliv vody se projevuje ve změně **geostatického napětí**.



Rám "Voda"

Negativní plášťové tření

V rámu "Negativní plášťové tření" se zadává sednutí okolního terénu a hloubka deformační zóny. Uvažování vlivu negativního plášťového tření je popsáno v teoretické části nápovědy.



Rám "Negativní plášťové tření"

Svislé pružiny

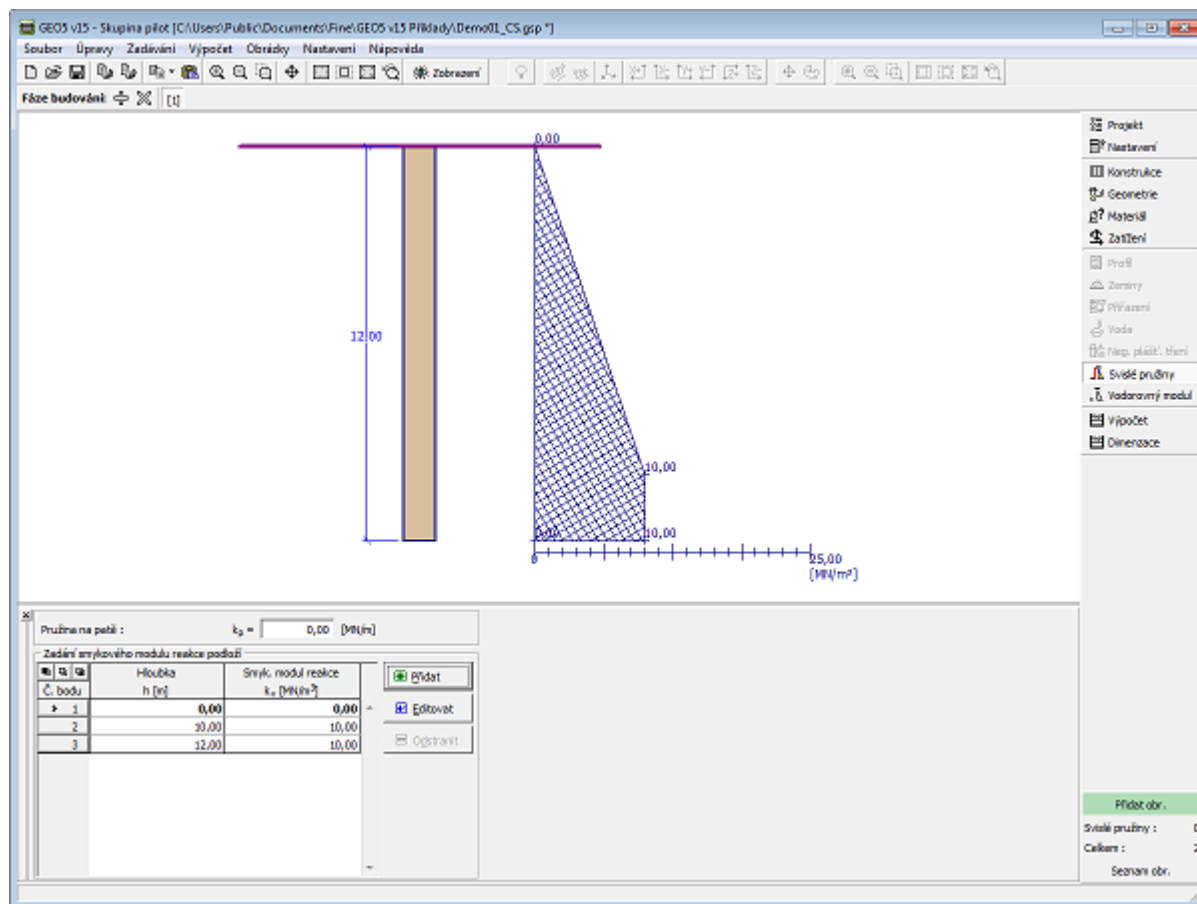
Rám "Svislé pružiny" je aktivní pouze v případě výpočtu **plovoucí piloty**. Zadané pružiny se zobrazují v **tabulce**.

Pro volbu "zadat tuhosti pružin" se zadávají:

- pružina na patě piloty [MN/m]
- smykový modul reakce podloží po délce piloty [MN/m^3].

Zadané hodnoty jsou stejné pro všechny piloty ve skupině. Ve vlastním výpočtu jsou pak svislé tuhosti krajních a vnitřních pilot ve skupině **redukovány** příslušnými součiniteli.

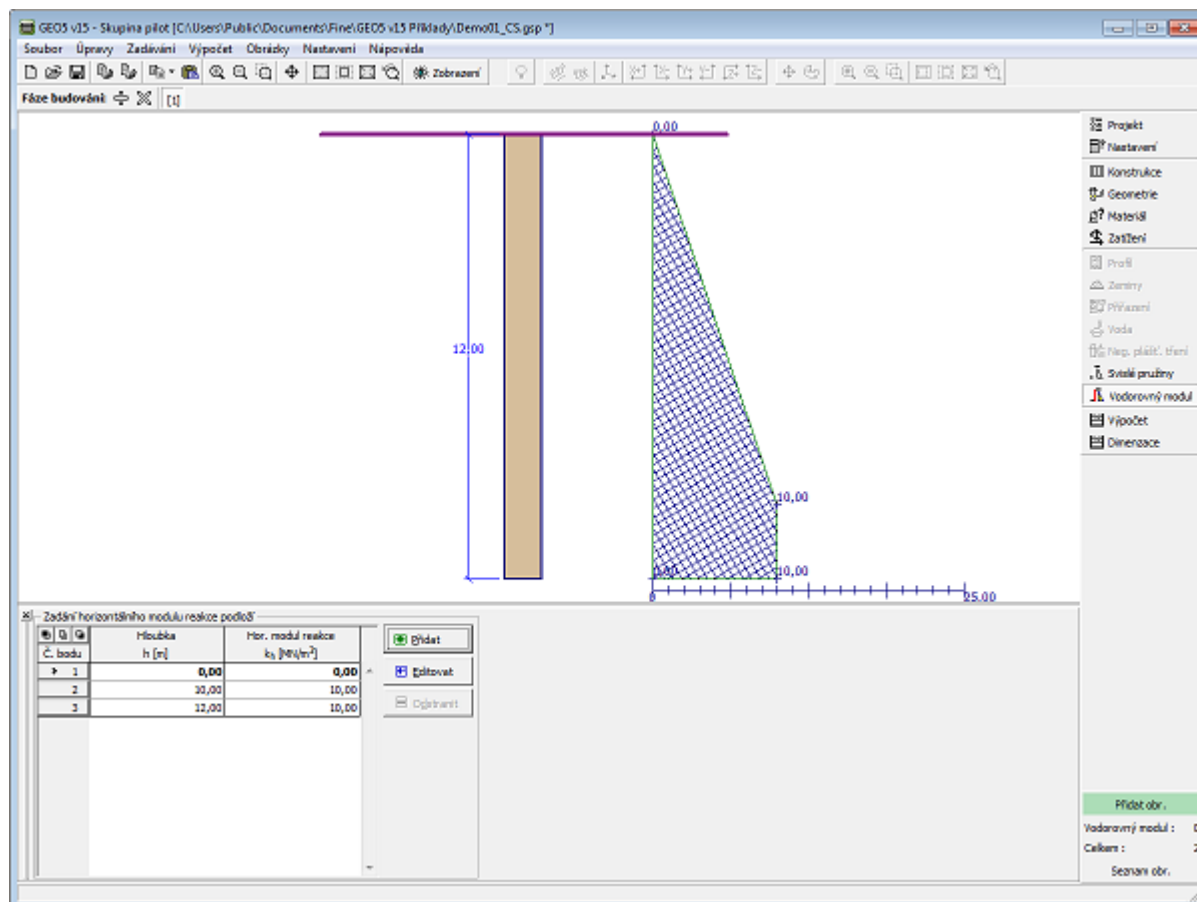
Pro volbu "tuhosti pružin dopočítat z parametrů zemin" se zadává **typické zatížení** pro výpočet tuhostí pružin.



Rám "Svislé pružiny"

Vodorovný modul

V rámu "Vodorovný modul" se zadává horizontální modul reakce podloží, který charakterizuje chování piloty ve vodorovném směru. Zadané hodnoty modulu reakce podloží v zadané hloubce profilu se zobrazují v **tabulce**.

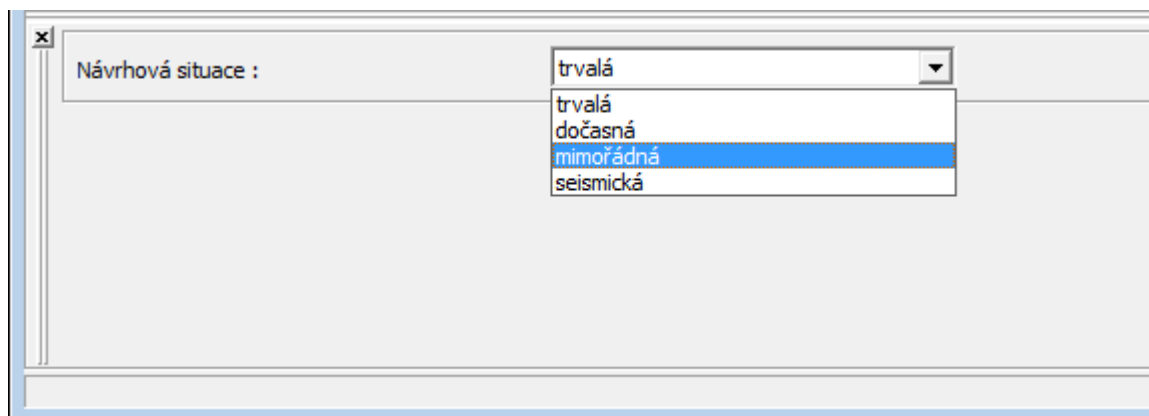


Rám "Vodorovný modul"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Vybraná **návrhové situace** určuje, s jakými součiniteli bezpečnosti se provede výpočet příslušné fáze budování.



Rám "Nastavení fáze"

Svislá únosnost - analytické řešení

V rámu "Svislá únosnost" se posuzuje **svislá únosnost skupiny pilot**. V rámu lze provést **více výpočtů**. Posouzení lze provést pro jednotlivá zatížení nebo program vyhledá **zatížení s maximálním účinkem** (lze vybrat v rozbalitelném seznamu).

Výpočet je proveden podle teorie zadané v rámu "Nastavení":

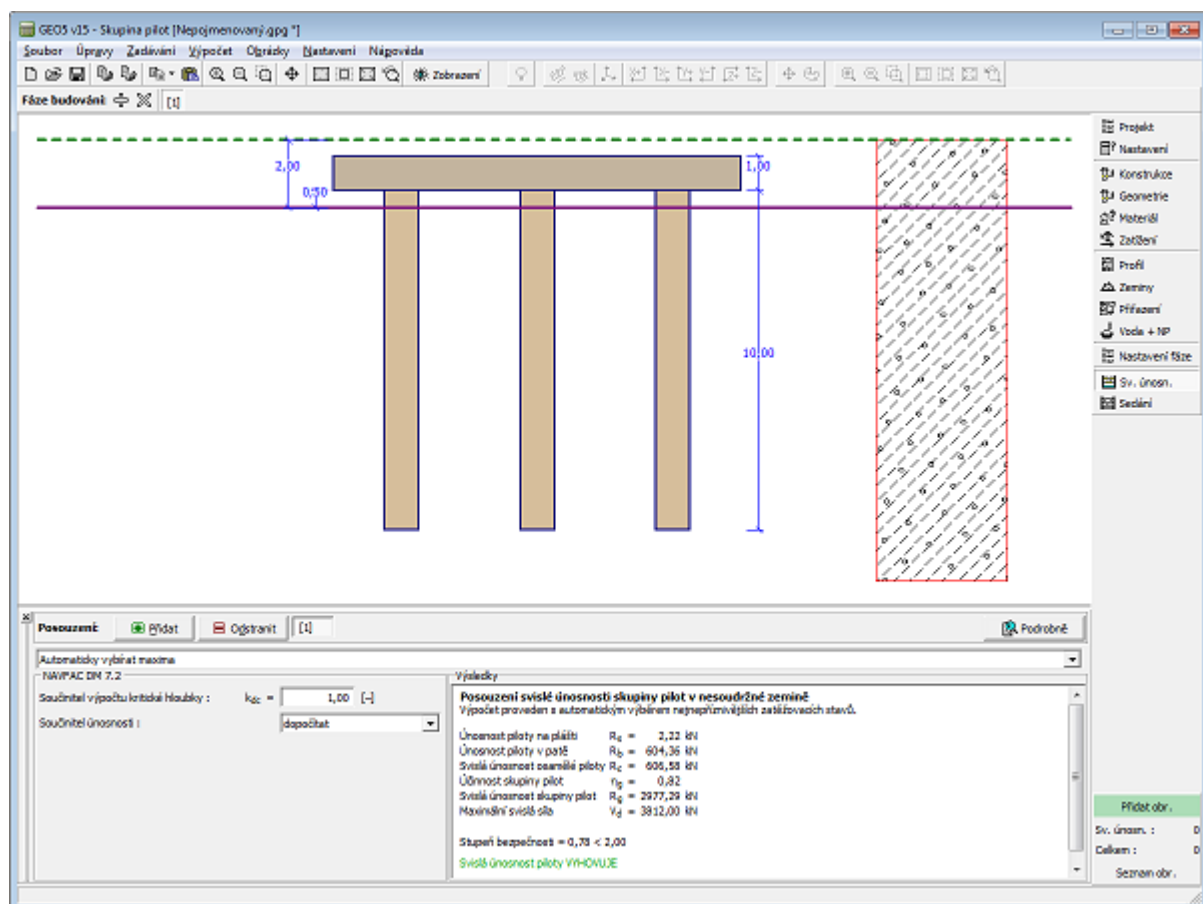
- pro **soudržnou zeminu** (neodvodněné podmínky) - řešení únosnosti zemního hranolu podle FHWA
- pro **nesoudržnou zeminu** (odvodněné podmínky) - NAVFAC DM 7.2, Efektivní napětí, ČSN 73 1002

Potřebné parametry k řešení skupiny pilot se pro jednotlivé metody zadávají v levé části rámu.

Posouzení je provedeno podle zvolené **metodiky posouzení** zadané v záložce "Skupina pilot" (**stupně bezpečnosti, mezní stavy**, EN 1997-1).

Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Výsledky výpočtu se zobrazují v pravé části desktopu.

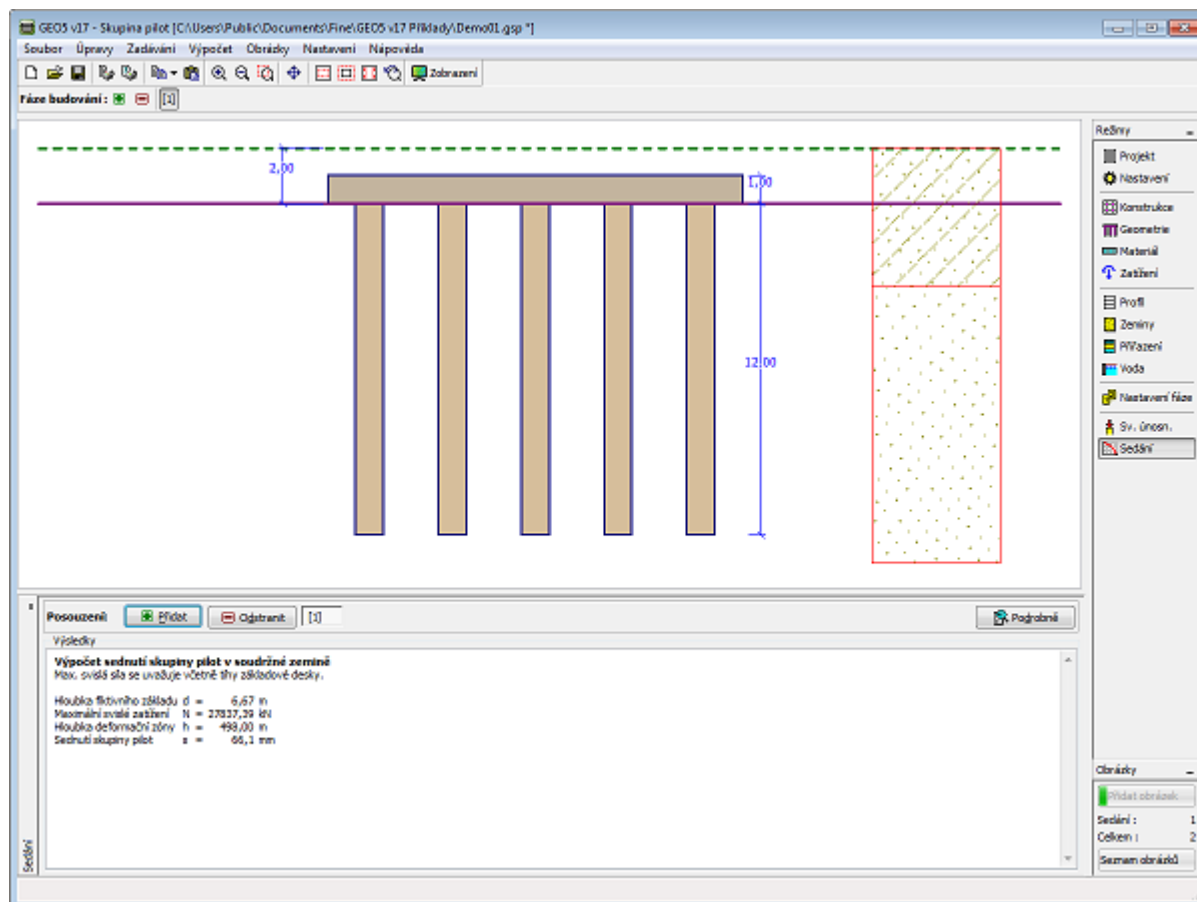


Rám "Svislá únosnost" - analytické řešení

Sedání - soudržná zemina

V tomto rámu se počítá "**Sedání**" skupiny pilot pro soudržné zeminy. Výpočet **sedání** je proveden podle zvolené teorie výpočtu sedání v záložce "**Skupina pilot**".

Výsledky výpočtu jsou zobrazeny v dolní části desktopu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.



Rám "Sedání" - soudržné zeminy

Sedání - nesoudržná zemina (zatěžovací křivka)

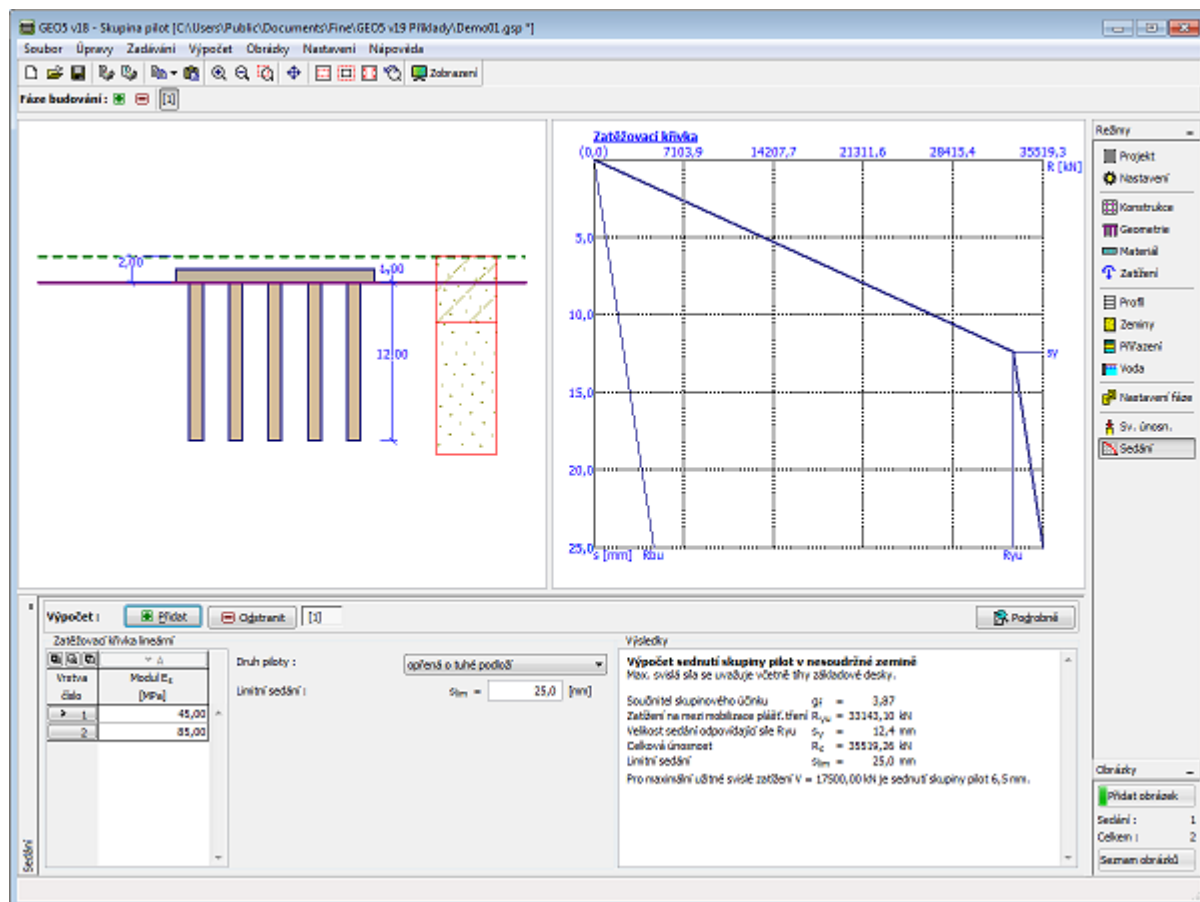
V rámu "Sedání" se zobrazuje lineární zatěžovací křivka pro sedání skupiny pilot v nesoudržné zemině. V rámu lze provést více výpočtů.

Výpočet zatěžovací křivky pilotové skupiny je proveden vždy pro zadané **limitní sednutí**.

V levé dolní části rámu je umístěna tabulka, ve které se zadávají hodnoty **sečnového modulu deformace** pro příslušné vrstvy zemin.

Výsledky výpočtu jsou zobrazeny v pravé části rámu. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

Výsledky výpočtu (zatěžovací křivka pilotové skupiny) se zobrazují v pravé části desktopu.



Rám "Sedání" - nesoudržná zemina (zatěžovací křivka pilotové skupiny)

Výpočet - pružinová metoda

V tomto rámu se provádí výpočet skupiny pilot pomocí **pružinové metody**. Výpočet je nutné spustit tlačítkem "**Výpočet**".

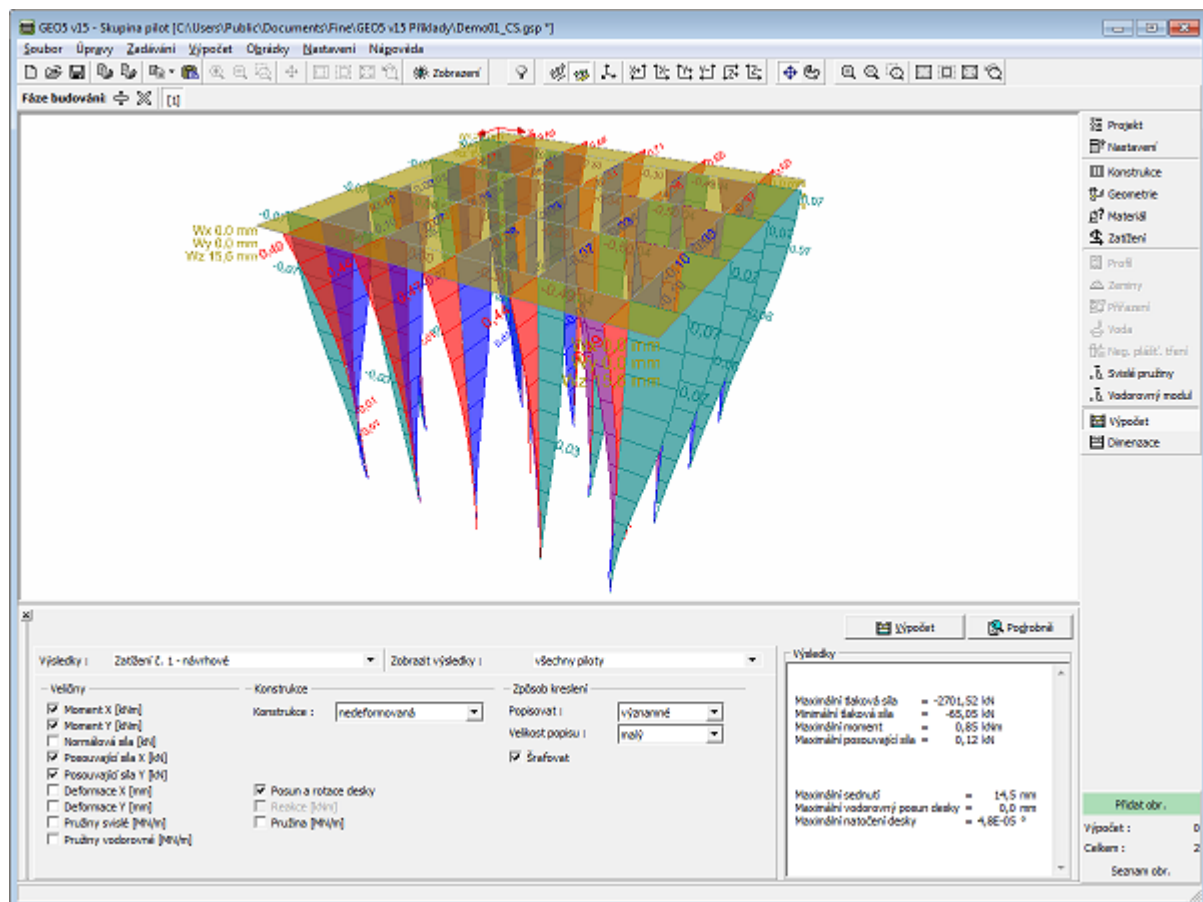
Po provedení výpočtu se v pravé části rámu ("**Výsledky**") zobrazí informace o **maximálních vnitřních silách, deformacích a natočení konstrukce**. Deformace konstrukce zobrazené v okně jsou stanoveny pouze pro **užitná zatížení**. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení.

V levé části rámu lze definovat zobrazení na obrazovce:

- Výsledky** - výsledky je možné zobrazit pro jednotlivé zatěžovací stavy, nebo jejich obálku
- Zobrazit výsledky** - výsledky je možné zobrazit pro všechny či jednotlivé piloty
- Veličiny** - zobrazení hodnot jednotlivých veličin (momenty, normálové a posouvající síly, deformace, pružiny)
- Konstrukce** - umožňuje zobrazit deformovanou konstrukci (pro obálky zatěžovacích stavů lze zobrazit pouze nedeformovanou konstrukci), dále je možné zobrazit velikosti deformací desky, reakce a velikosti pružin v patě piloty.
- Způsob kreslení** - definuje způsob popisu zobrazených výsledků

Zobrazené výsledky lze kdykoliv přidat do "**Seznamu obrázků**", a použít v **protokolu o výpočtu**.

Natočení, zvětšení a osvětlení konstrukce se mění pomocí nástrojové lišty "**Ovládání kresby**". Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



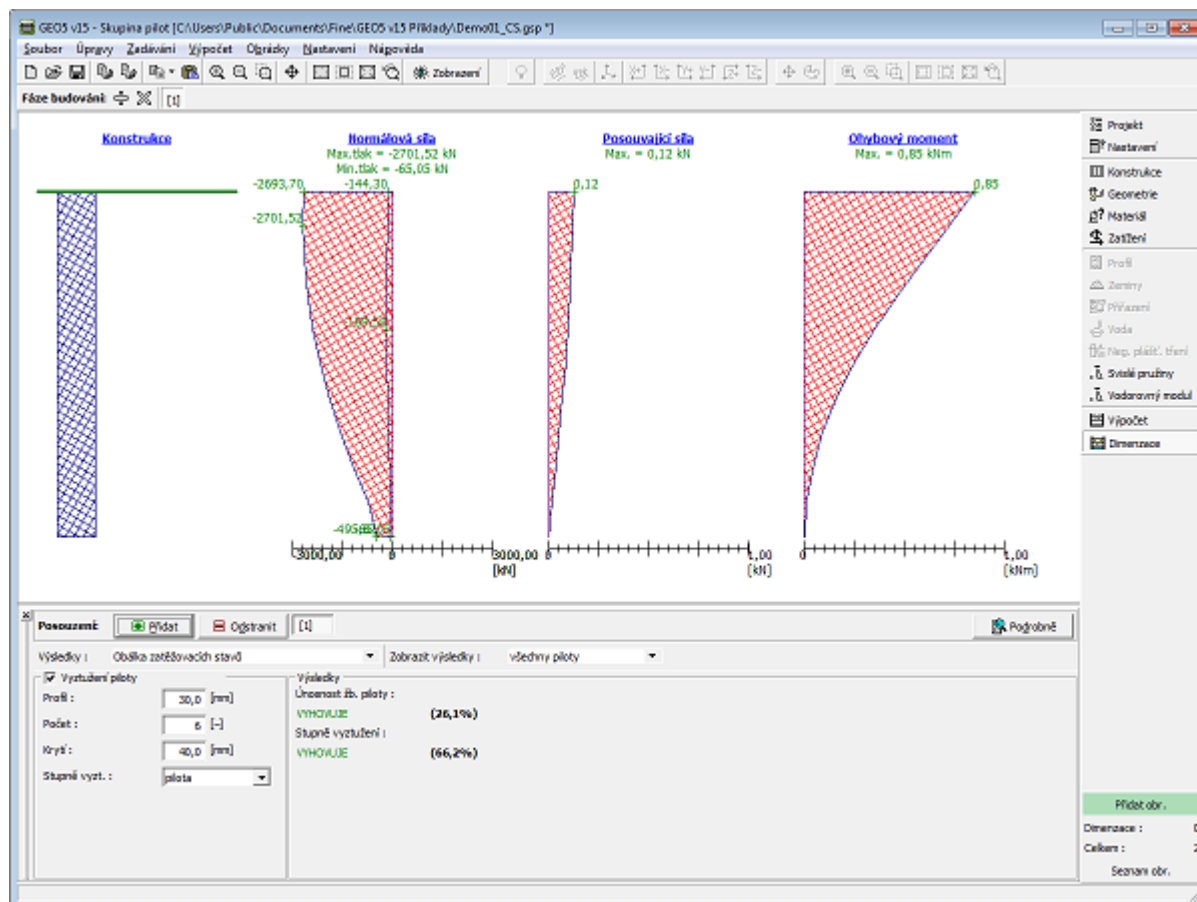
Rám "Výpočet" - pružinová metoda

Dimenzování

V rámu "Dimenzování" program přebírá výsledky spočtené v rámu "Výpočet". Lze vybrat obálku zatížení resp. jednotlivé zatěžovací stavy. Výztuž lze navrhnout do vybrané piloty, nebo stejnou výztuž do všech pilot ve skupině.

Posouzení **železobetonové piloty** je provedeno **podle normy** zvolené v záložce "Materiály a normy".

Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Dimenzování" - pružinová metoda

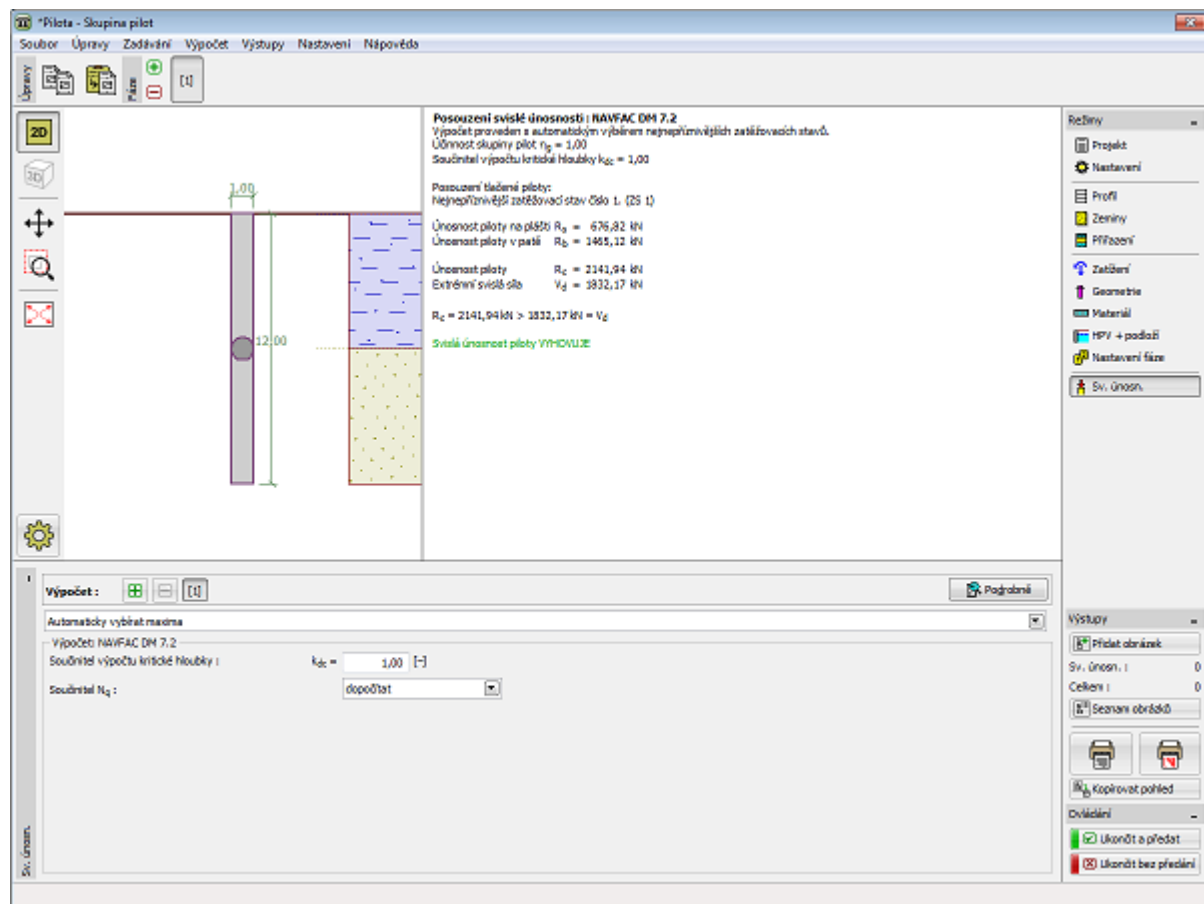
Únosnost

Podle volby v rámu "Nastavení" ("Pružinová metoda", "Pružinová metoda - Mikropiloty") se z rámu "Únosnost" spouští program "Pilota" nebo "Mikropilota"

Pilota

Při stisknutí tlačítka "Únosnost" se spustí program "Pilota" a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu "Pilota" pak můžeme posoudit **svislou únosnost piloty**. Pokud program "Pilota" není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "Ukončit a předat" - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu v programu "Skupina piloty".

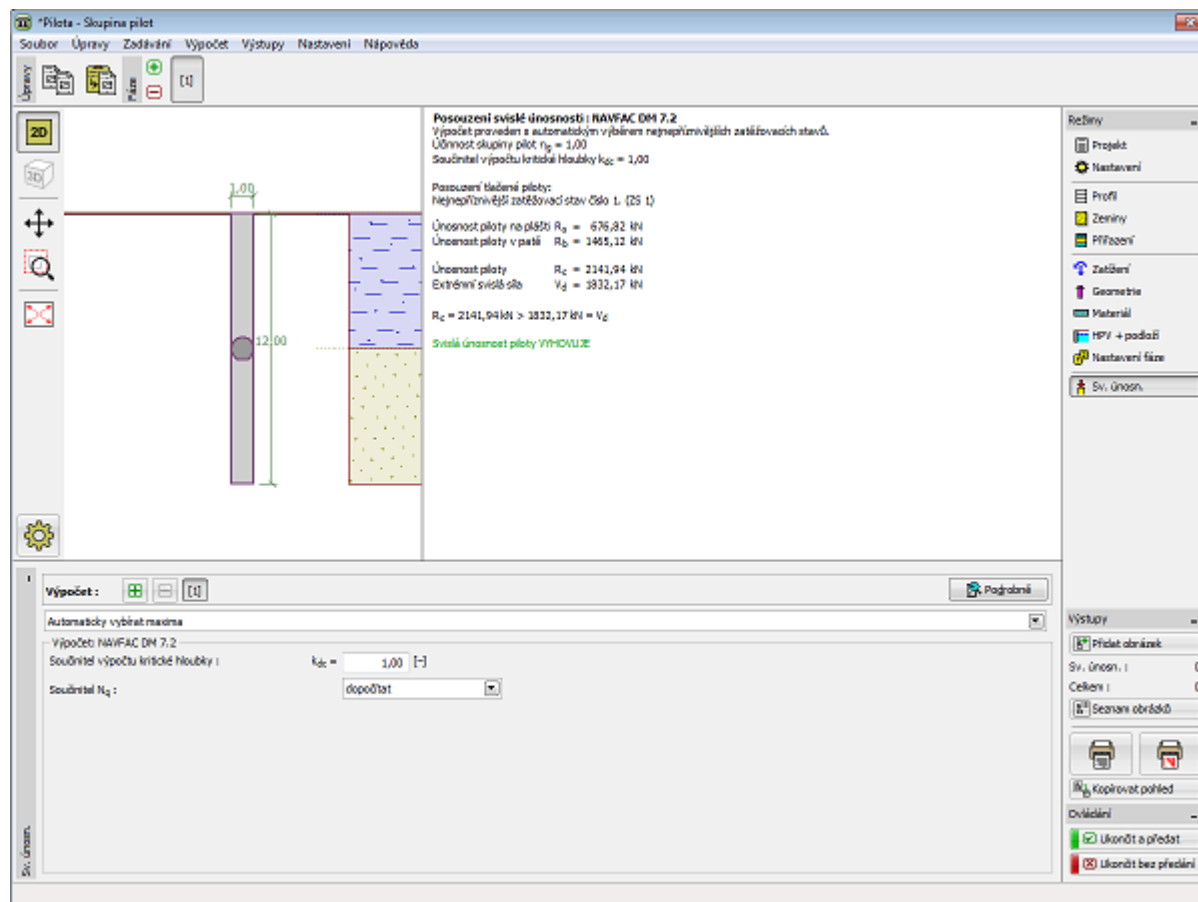


Program "Pilot"

Mikropilota

Při stisknutí tlačítka "Únosnost" se **spustí program "Mikropilota"** a přenesou se do něj všechna potřebná data. V programu "Pilot" ("Mikropilota") pak můžeme posoudit **průřez a kořen mikropiloty**. Pokud program "Mikropilota" není nainstalován, není tlačítko dostupné.

Po provedení výpočtů odejdeme tlačítkem "Ukončit a předat" - výsledky, resp. zadané obrázky se přenesou do protokolu u výpočtu v programu "Skupina pilot".



Program "Mikropilota"

Program Mikropilota

Program GEO5 Mikropilota posuzuje trubní mikropiloty (mikropiloty vyztužené ocelovou trubkou). Při výpočtu únosnosti mikropiloty se posuzuje kořenová část (kořen) a vlastní dílek mikropiloty.

Nápověda k programu "Mikropilota" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Profil	Zeminy	Geometrie	Materiál	Přiřazení
Zatížení	Voda	Zkoušky	Zkoušky	Posouzení	Posouzení	
		SPT	presimetr	průřezu	kořene	

- Normy a metody výpočtu
- Teorie k výpočtům v programu "Mikropilota":

Mikropilota	Terénní zkoušky	Dimenzování ocelových průřezů
-------------	-----------------	-------------------------------
- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze,

tn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "**Nastavení**" je určen k zadání základních "**Nastavení**" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "**Vybrat**" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "**Seznamu nastavení**".

Tlačítko "**Správce nastavení**" otevře dialogové okno "**Správce nastavení**", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat** a **importovat**.

Tlačítko "**Přidat do správce**" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "**Upravit**" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "**Přidat do správce**".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložce "**Mikropiloty**".

Rám "Nastavení"

Profil

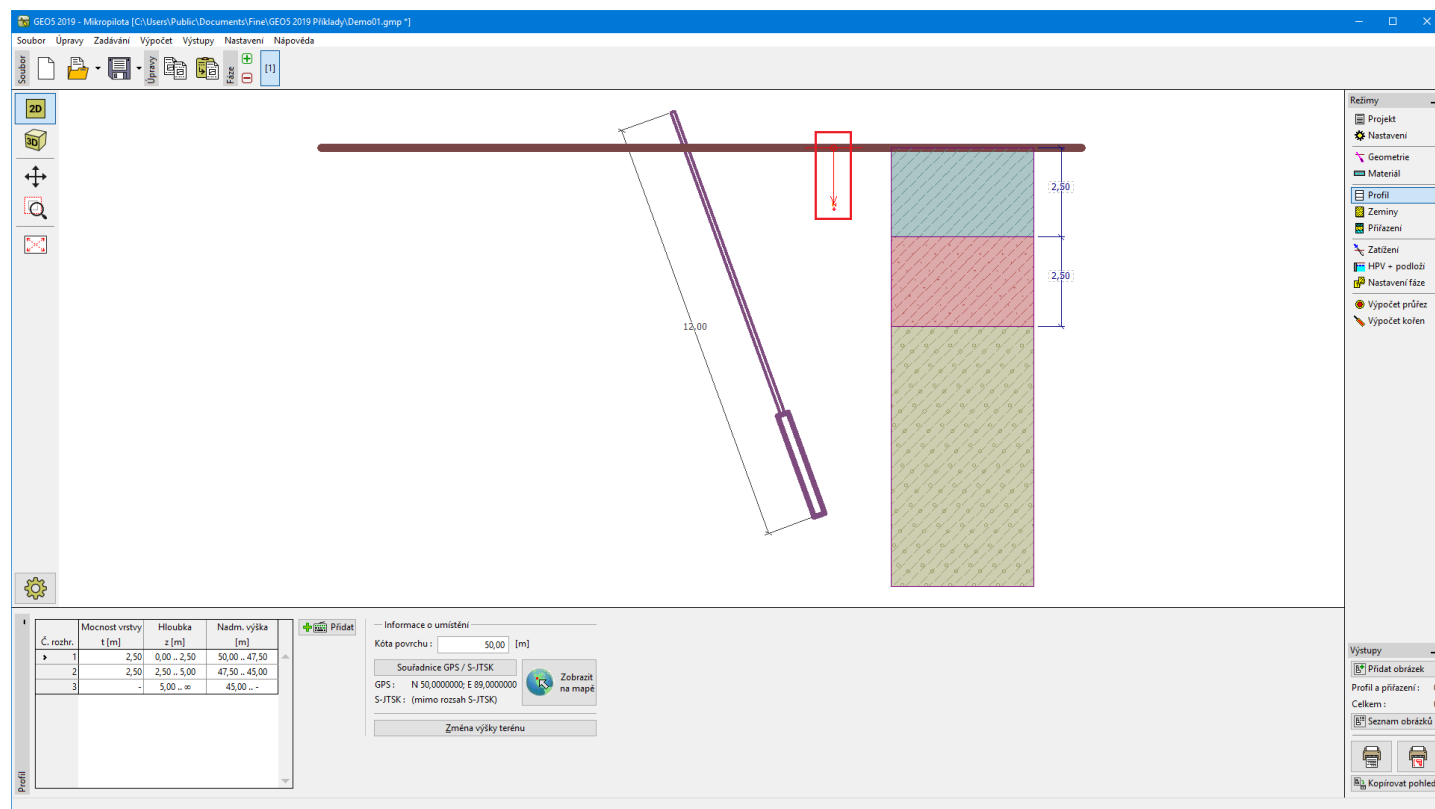
Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání (editace) rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrty (t).

V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- **nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- **souřadnice GPS** - při jejím zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu "**Terén**" nebo "**Stratigrafie**".



Rám "Profil"

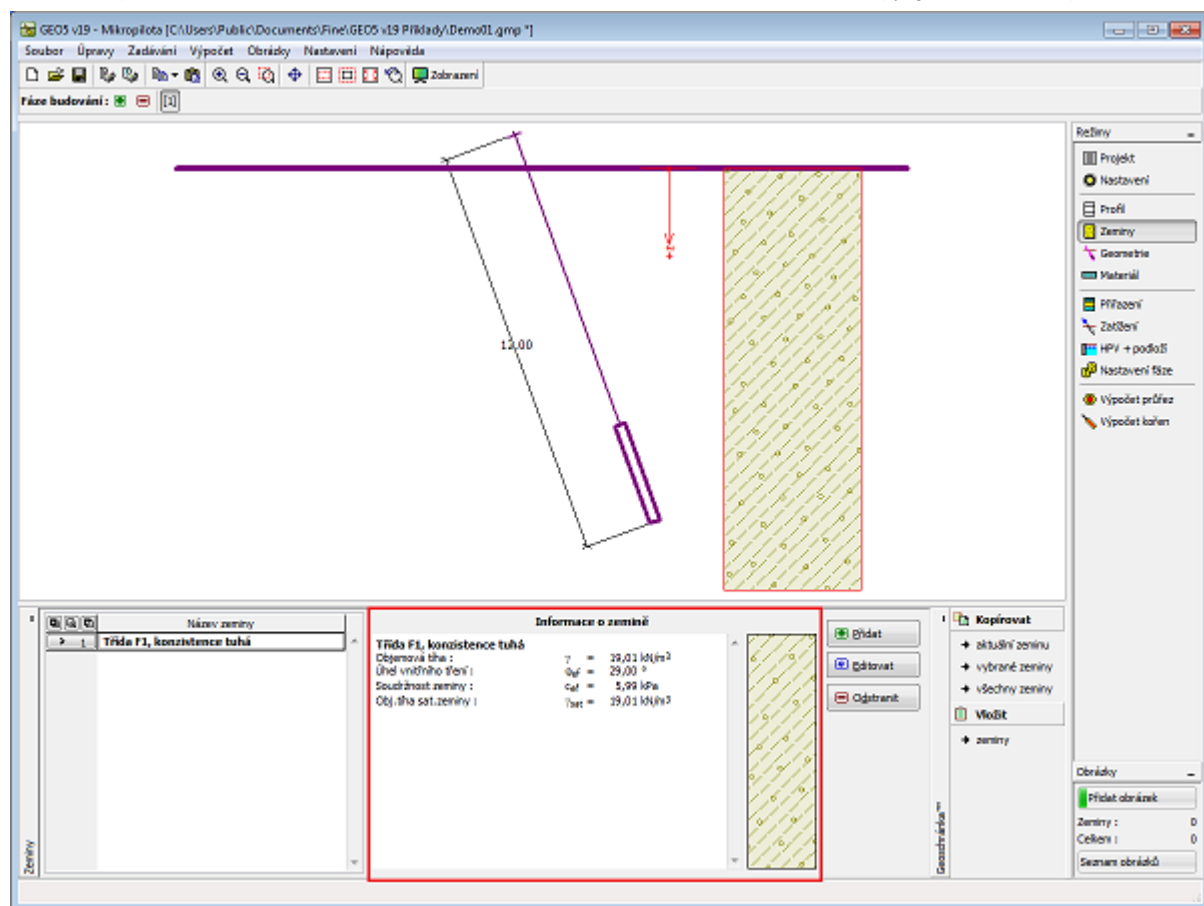
Zeminy

Rám "**Zeminy**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání (editace) zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

V programu se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "**Základní data**" a "**Vztlak**". Zadávané parametry zemín jsou závislé na teorii výpočtu, která se zadává v záložce "**Mikropiloty**".

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadávají základní parametry vlastností zeminy - **objemová tíha zeminy**, **úhel vnitřního tření zeminy** a **soudržnost zeminy**. Tyto hodnoty se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemín**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemín. Charakteristiky hornin nejsou uvedeny v zabudované databázi, tyto parametry je zapotřebí zadat ručně.

Při výpočtu únosnosti dříku podle **Salase** se navíc zadává modul pružnosti zemin **E** .

Související teorie je podrobně popsána v kapitole "**Mikropilota**".

Přidání nových zemin

Identifikace

Název : Třída F1, konzistence tuhá

Třída F1, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ [kN/m³] 19,0

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 29,00$ [°] 26-32

Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 8,00$ [kPa] 4-12

Vztlak

Způsob výp.vztaku : standardní

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,00$ [kN/m³]

Zobrazení

Barva

Kategorie vzorků : GEO

Vzorek : Hlína štěrkovitá

Zatřídění

Zatříd

Vymaž

Přidej

Storno

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

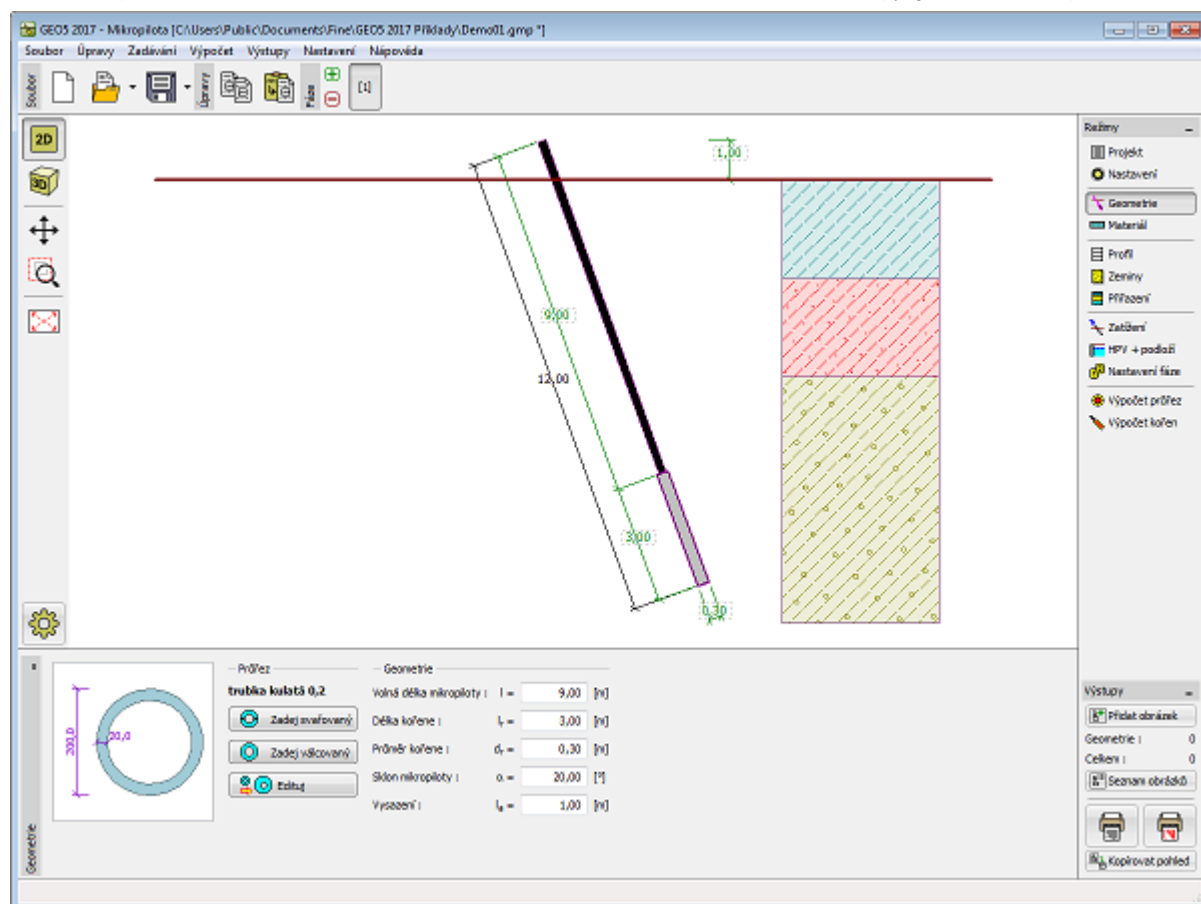
Geometrie

V rámu "Geometrie" se zadává **průřez mikropiloty** (svařovaný, válcovaný). Zvolený tvar s grafickou nápovědou zadávaných hodnot se zobrazuje v levé části rámu. Průřez mikropiloty se volí v dialogových oknech, které se otevírají pomocí tlačítek "Zadej svařovaný" a "Zadej válcovaný" (pro válcované průřezy se výběr provádí z katalogu v dialogovém okně). V dialogovém okně je možné zapnout informační okno, ve kterém se zobrazí podrobný popis dat zvoleného profilu. Po volbě průřezu mikropiloty je možná editace zvolených dat.

V pravé části rámu se zadávají základní geometrická data:

- Volná délka mikropiloty (uvažuje se vzdálenost hlavy mikropiloty od začátku kořene)
- Délka kořene
- Průměr kořene
- Sklon mikropiloty (rozsah **-60°** až **60°** od svislé, kladná hodnota je odklon kořene proti směru hodinových ručiček)
- Vysazení (ukončení mikropiloty nad povrchem terénu (rozsah **0** až **10 m**)

Program umožňuje **export** geometrie konstrukce ve formátu *.DXF.



Rám "Geometrie"

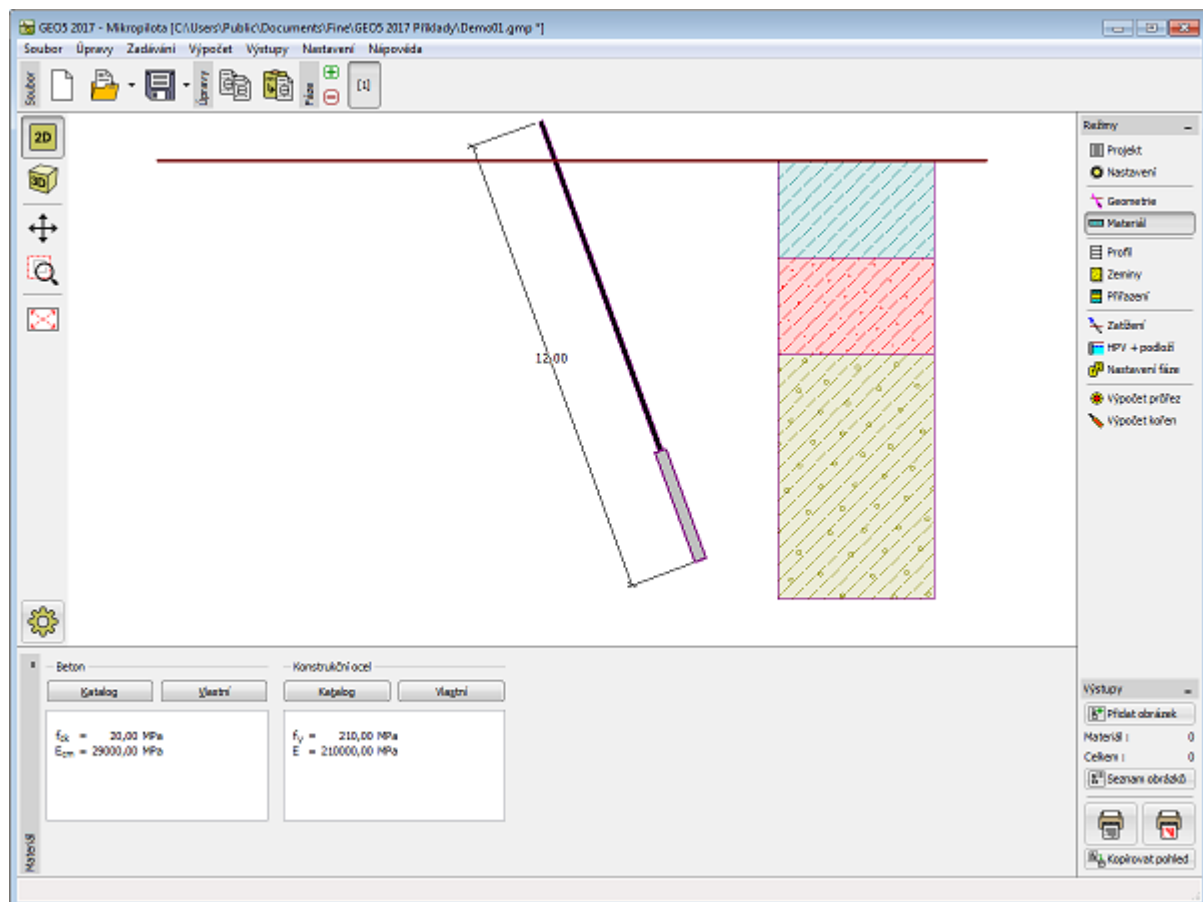
Materiál

V rámu "Materiál" se zadávají materiálové charakteristiky.

Pro nastavení parametrů materiálu lze použít dvě možnosti:

- tlačítkem "**Katalog**" otevřeme dialogové okno "**Katalog materiálů**" a ze seznamu vybereme požadovaný materiál
- tlačítkem "**Vlastní**" otevřeme dialogové okno "**Editor materiálu**" a zadáme potřebné materiálové charakteristiky ručně

Obsah katalogu se mění v závislosti na nastavení normy pro navrhování ocelových konstrukcí v záložce "**Materiály a normy**".

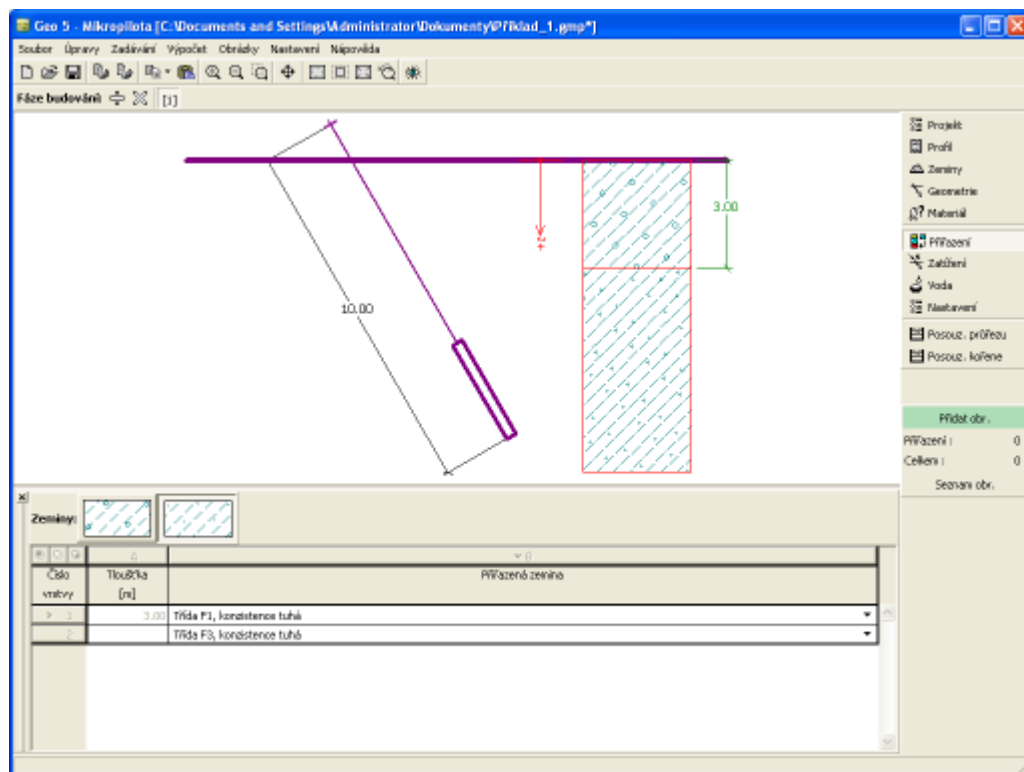


Rám "Material"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemín. Seznam zemín je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

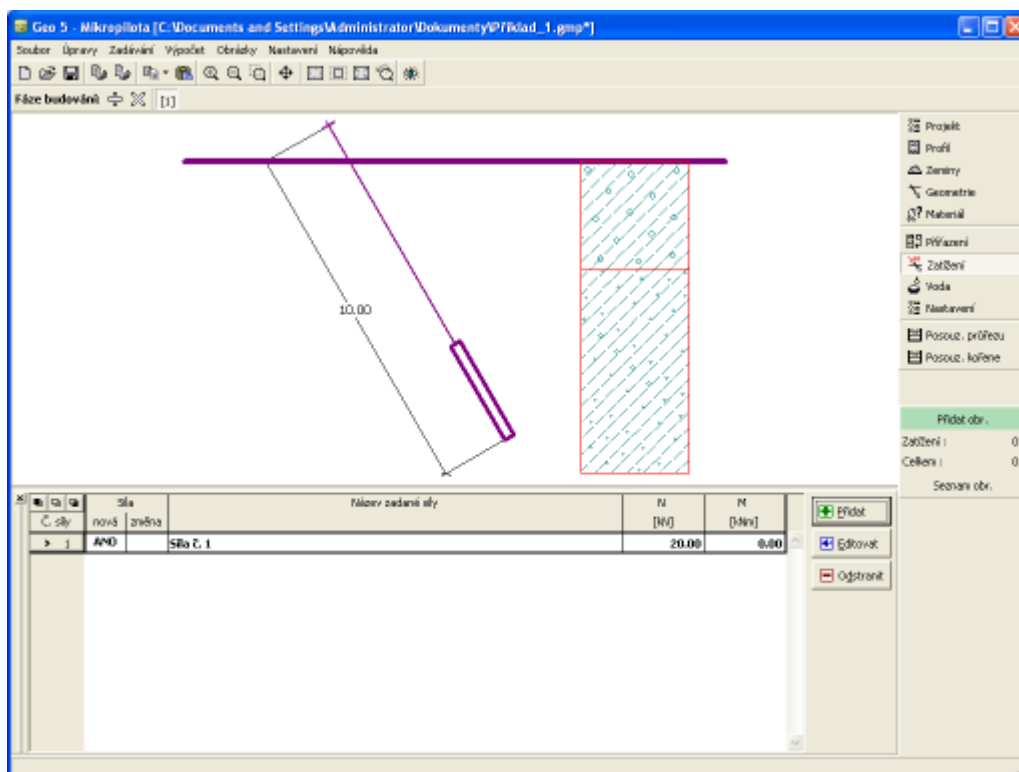
Postup přiřazení zemín je podrobně popsán [zde](#).



Rám "Přiřazení"

Zatížení

Rám "Zatížení" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zatížení. **Přidání** zatížení se provádí v **dialogovém okně "Nové zatížení"**. Síly a momenty se zadávají dle konvence vykreslené v pravé části dialogového okna.

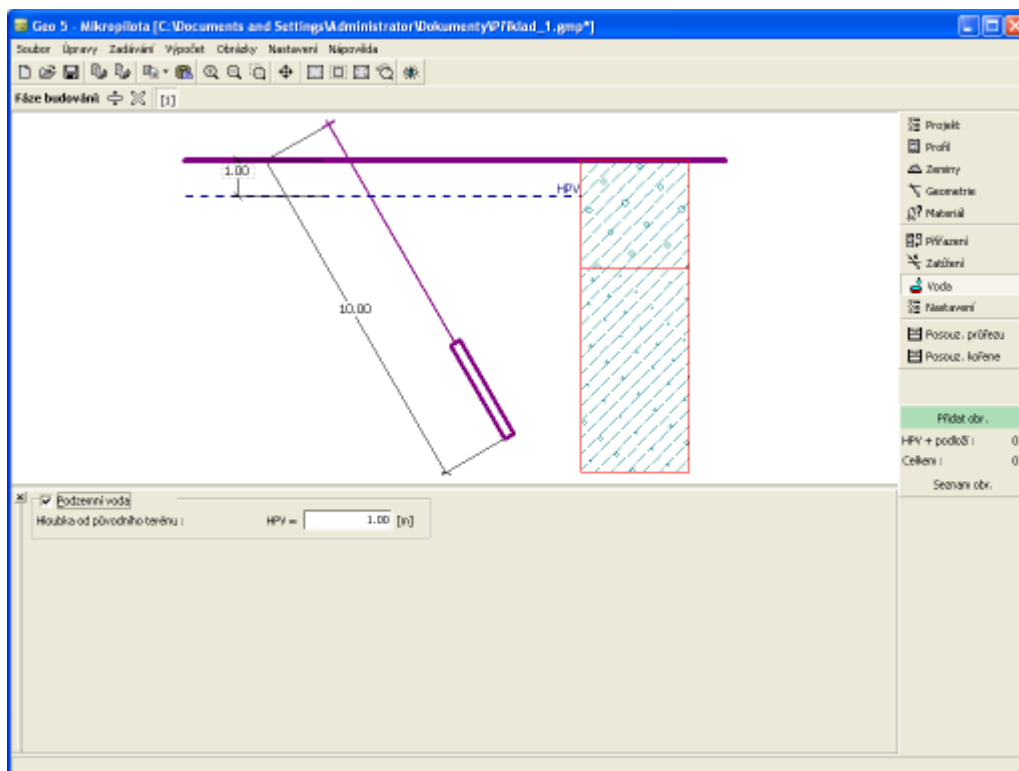


Rám "Zatížení"

Voda

V rámu "Voda" se zadává **hloubka hladiny podzemní vody**.

Hodnoty lze editovat buď v rámu vložením hodnot do zadávacích polí, nebo na desktopu pomocí **aktivních kót**.

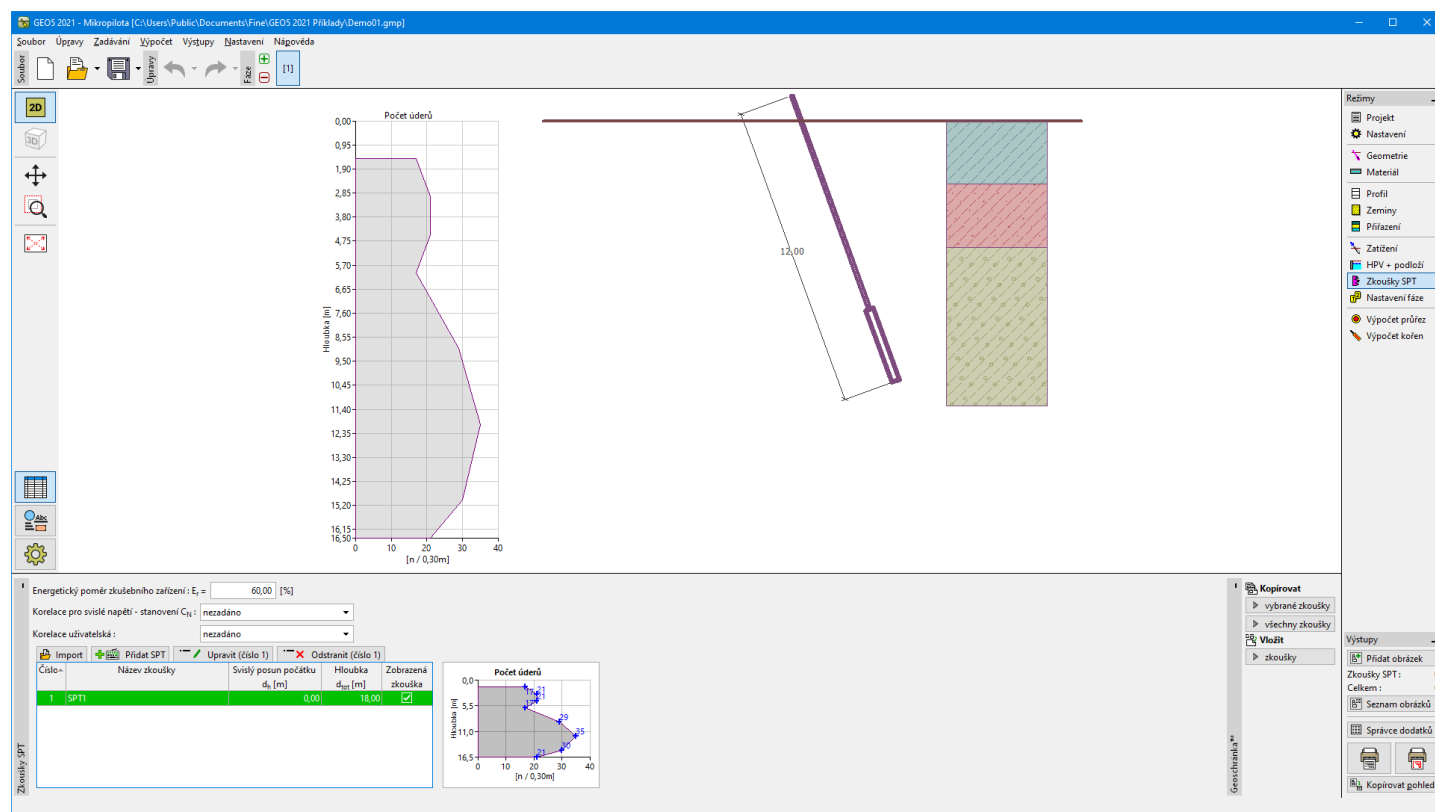


Rám "Voda"

Zkoušky SPT

Rám "Zkoušky SPT" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných **standardních penetračních zkoušek (SPT)**.

Vyhodnocení SPT zkoušek je vstupním údajem pro metodu **Bustamante**.



Rám "Zkoušky SPT"

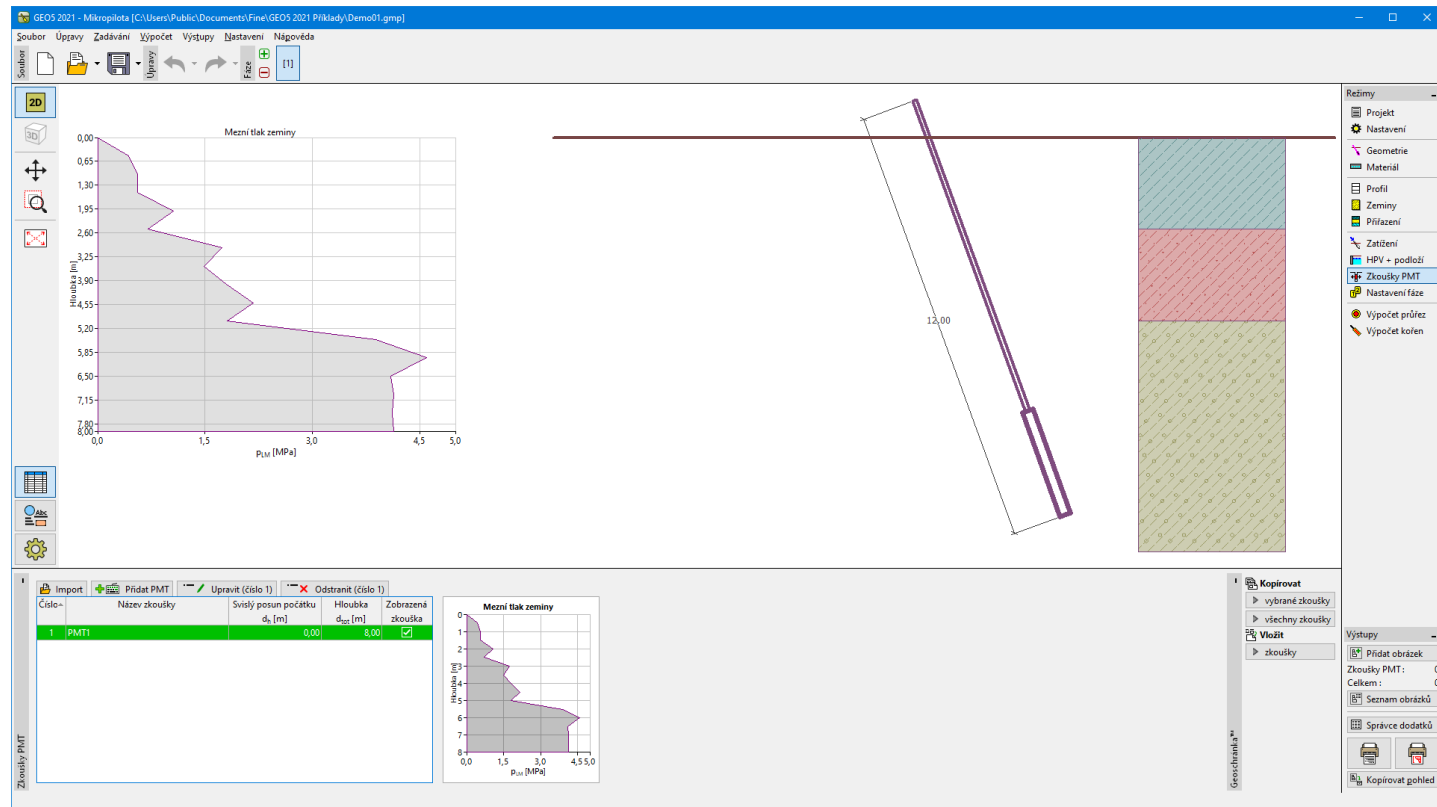
Výsledky standardních penetračních zkoušek (SPT) je možné též **importovat** v různých formátech (např. *.TXT, *.CSV, *.XLSX, *.ODS).

Zkoušky SPT lze přenášet v rámci programů "Mikropilota", "Pilota CPT", "PatkyCPT" a "Stratigrafie" pomocí "Geoschránky".

Zkoušky PMT

Rám "Zkoušky PMT" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných bodů **presiomrické zkoušky (PMT)**.

Vyhodnocení PMT zkoušek je vstupním údajem pro metodu **Bustamante**.



Rám "Zkoušky presiometru"

Hodnoty presiometrických zkoušek (PMT) lze do programu **importovat** pomocí souboru v různých formátech (např. *.TXT, *.CSV, *.XLSX, *.ODS).

Zkoušky PMT lze přenášet v rámci programů "Mikropilota", "Pažení posudek", "Stabilizační pilota", "Patka CPT" a "Stratigrafie" pomocí "Geoschránky".

Posouzení průřezu

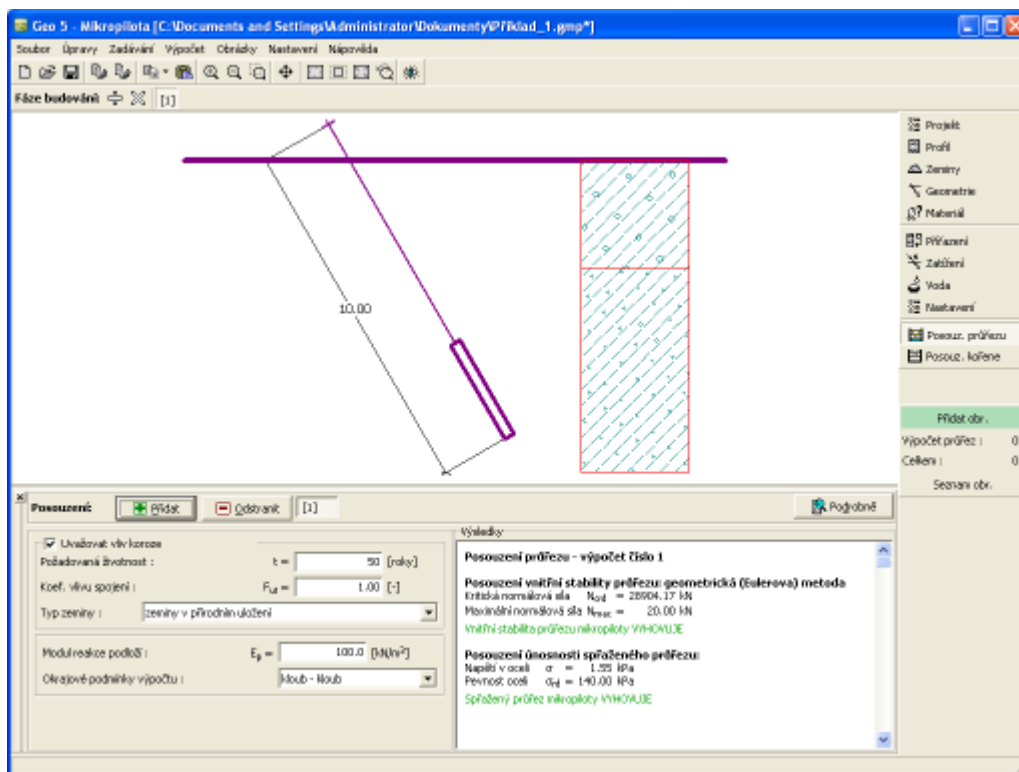
V **rámu "Posouzení průřezu"** jsou zobrazeny výsledky výpočtu únosnosti dřívku mikropiloty. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**. V levé části rámu lze zadat modul reakce podloží, a zohlednit **vliv koroze** na výpočet.

Při **posouzení dřívku** mikropiloty (posouzení průřezu) rozlišujeme případ piloty namáhané tahem nebo tlakem.

U tažené mikropiloty se vypočte **únosnost spřaženého průřezu** (pevnost cementové směsi v tahu není uvažována).

U tlačené mikropiloty se posuzuje **únosnost spřaženého průřezu** a **vnitřní stabilita průřezu** v závislosti na zvolené metodě v záložce "Mikropilota".

V pravé části rámu se zobrazují výsledky posouzení. Tlačítko "**Podrobně**" otevírá dialogové okno, které obsahuje detailní výpis výsledků posouzení. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



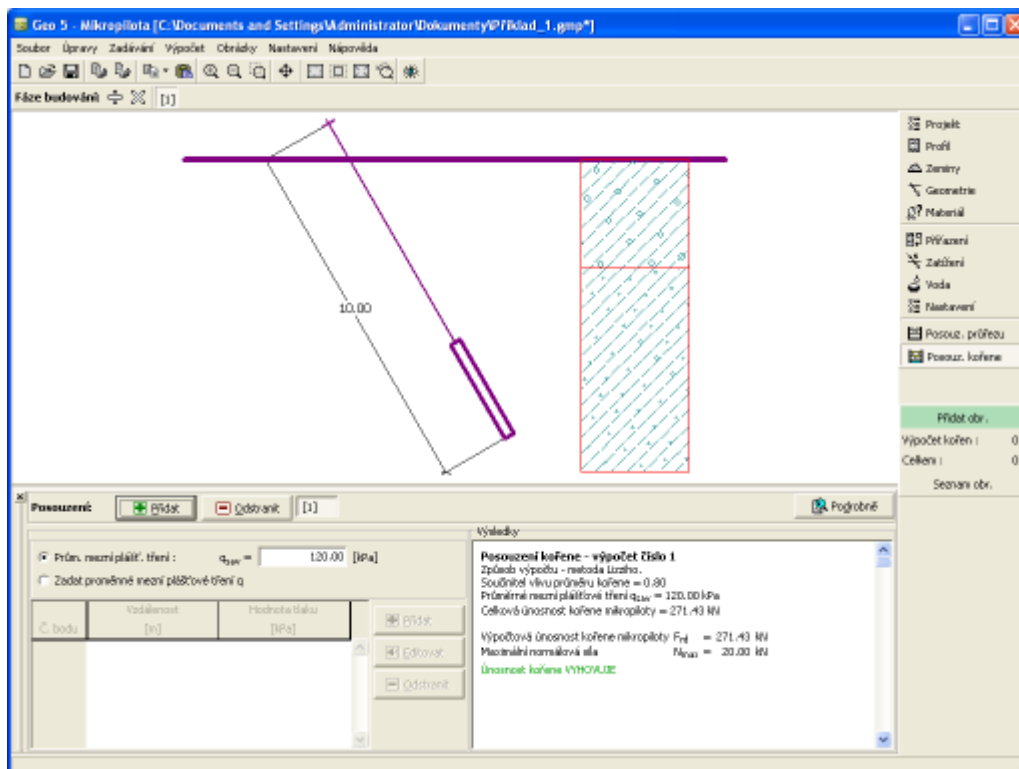
Rám "Posouzení průřezu"

Posouzení kořene

V rámu "Posouzení kořene" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**. V levé části rámu lze zadat mezní plášťové tření.

Postup posouzení kořene mikropiloty je popsán [zde](#).

V pravé části rámu se zobrazují výsledky posouzení. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "Nastavení kreslení".



Rám "Posouzení kořene"

Program Deska

Program je určen pro výpočet základové, resp. stropní desky obecného tvaru metodou konečných prvků.

Nápověda k programu "Deska" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Styčníky	Linie	Makroprvky	Otvory	Zahuštění
Zahuštění linií	Zahuštění makroprvků	Generování sítě	Podpory styčníků	Podpory linií	Nosníky	stýčníků Vnitřní klouby
Podloží makroprvků	Zatěžovací stavy	Zatížení styčníků	Zatížení linií	Zatížení makroprvků	Volné bodové zatížení	Volné liniové zatížení
Volné plošné zatížení Průběhy	Kombinace MSÚ	Kombinace MSP	Parametry dimenzování	Dimenzování makroprvků	Výpočet	Hodnoty

- Normy a metody výpočtu
- Teorie k dimenzování železobetonových konstrukcí
- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při textových a grafických výstupech.

V rámu lze také přepínat jednotky (metrické / imperiální). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "**Správce nastavení**" otevře dialogové okno "**Správce nastavení**", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat** a **importovat**.

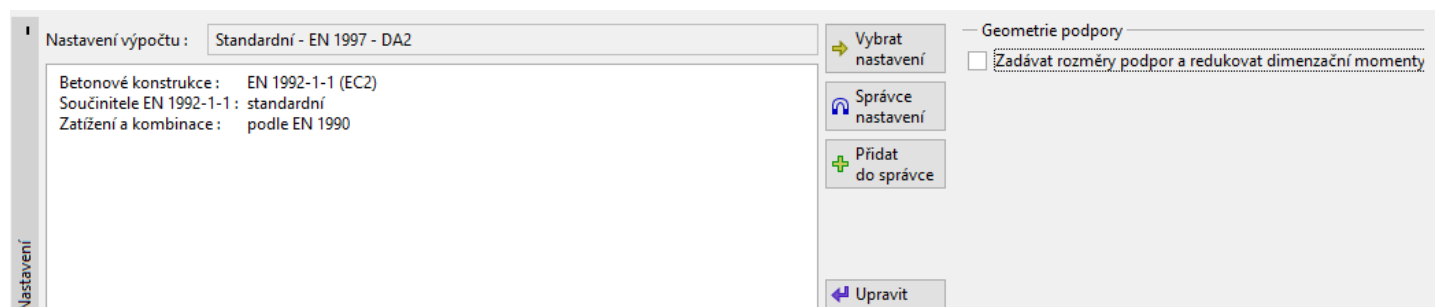
Tlačítko "**Přidat do správce**" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "**Upravit**" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "**Přidat do správce**".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložce "**Materiály a normy**".

Program umožňuje zadávat rozměry podpor a **redukovat dimenzační momenty**.

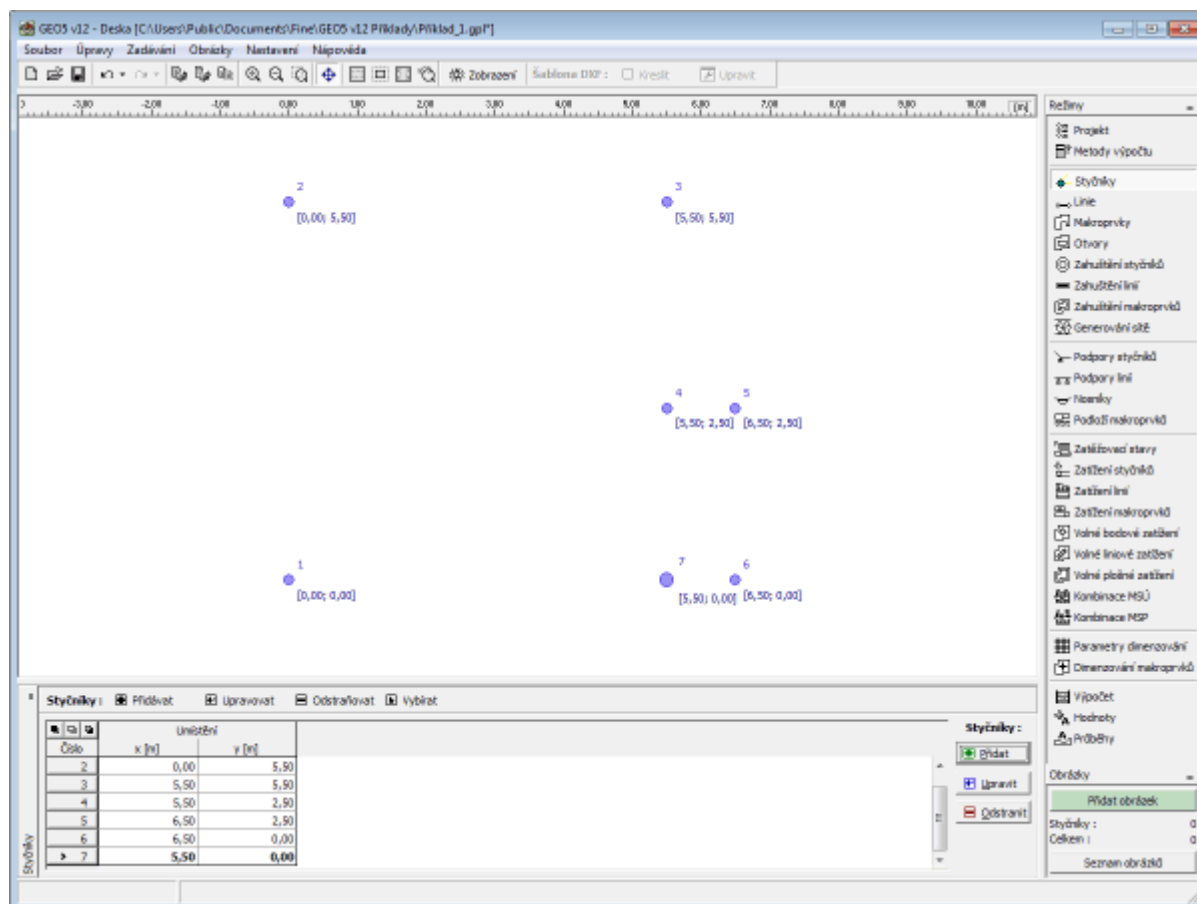


Rám "Metody výpočtu"

Styčníky

Rám "**Styčníky**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných styčnic. **Přidání** styčnic se provádí v **dialogovém okně "Nové styčníky"**.

Zadané styčníky body lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.



Rám "Styčníky"

Linie

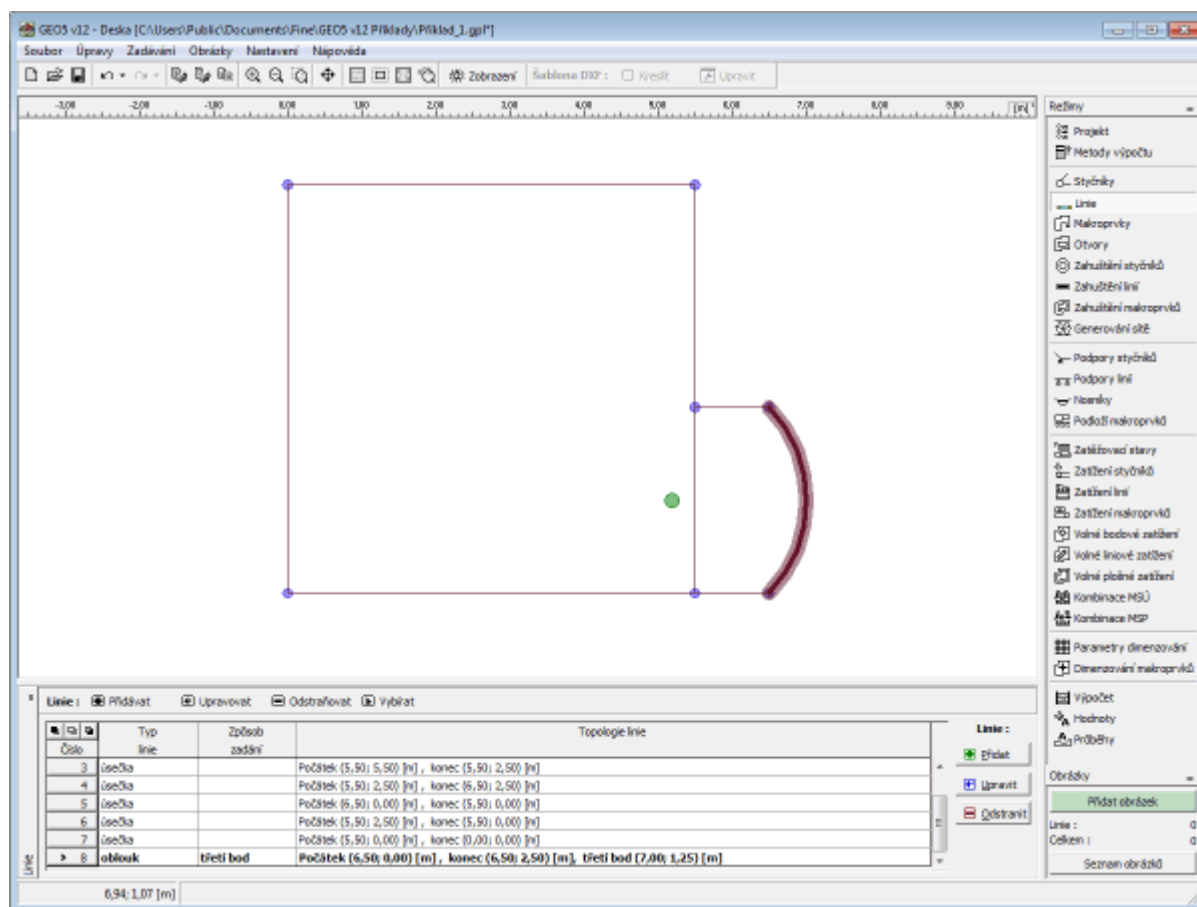
Rám "Linie" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných linií. **Přidání** linií se provádí v **dialogovém okně "Nové linie"**.

Linie jsou definovány **mezi jednotlivými body** (úsečky, oblouky, kružnice) resp. kolem jednotlivých bodů (kružnice). Linie se mohou **libovolně dotýkat resp. protínat** - průsečíky zadaných linií najde program automaticky při korekci zadané geometrie.

Při zadávání je nutné definovat typ linie. K dispozici jsou tyto módy:

- **Typ linie** V rozbalitelném seznamu se vybere typ požadované linie (úsečka, oblouk, kružnice).
 - **úsečka** Kliknutím levého tlačítka myši na styčníky zadáme umístění linie.
 - **oblouk** V rozbalitelném seznamu se vybere způsob zadání oblouku (třetí bod, střed, poloměr, výška, sevřený úhel) a kliknutím levého tlačítka myši na desktop určíme body, které zadávají oblouk. V případě zadání oblouku pomocí středu, poloměru a sevřeného úhlu se v rozbalitelném seznamu volí orientace (kladná, záporná).
 - **kružnice** V rozbalitelném seznamu se vybere způsob zadání kružnice (střed a poloměr, tři body) a kliknutím levého tlačítka myši na desktop určíme body, které zadávají kružnici. V rozbalitelném seznamu se volí orientace (kladná, záporná).

Zadané linie lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

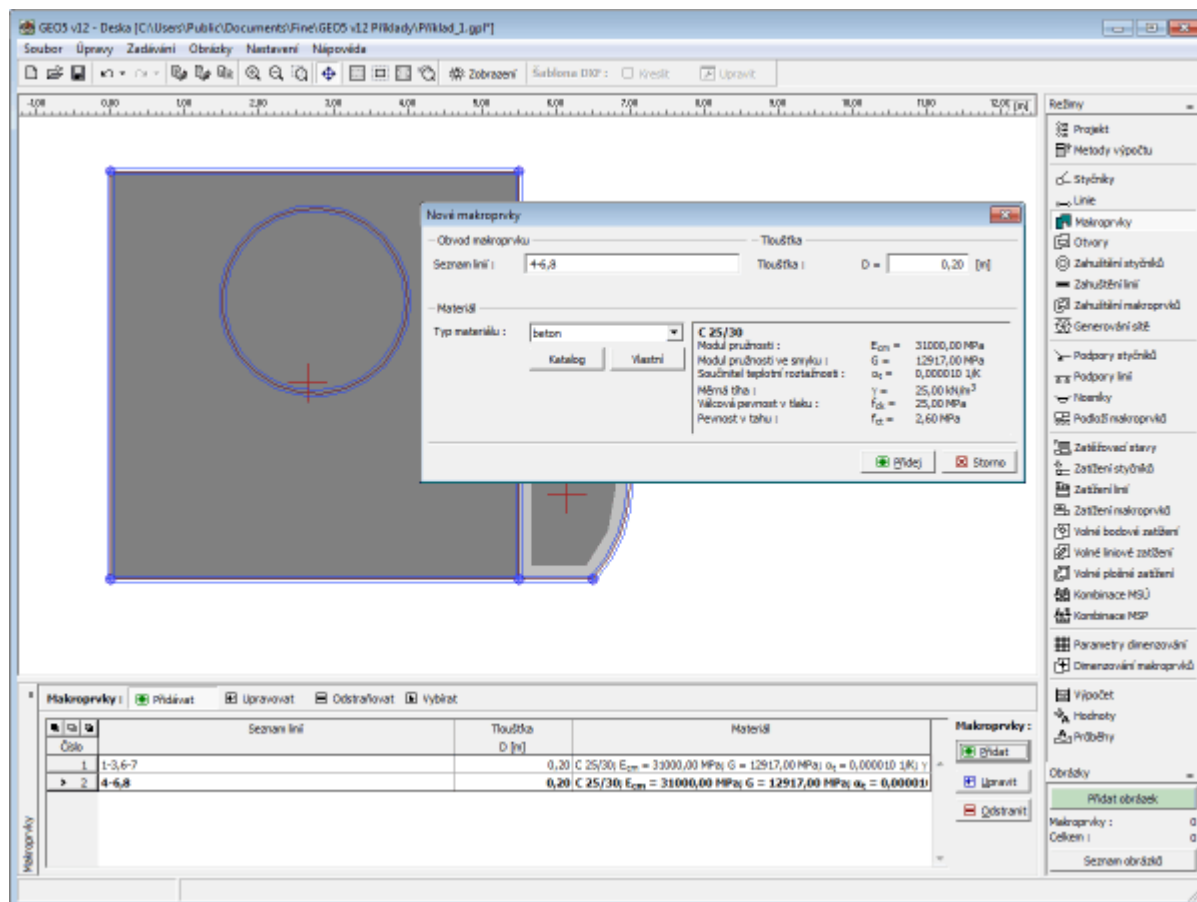


Rám "Linie"

Makroprvky

Rám "Makroprvky" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných makroprvků. **Přidání** makroprvků se provádí v **dialogovém okně "Nové makroprvky"**. V dialogovém okně se zadává seznam linií, který definuje ohraničení makroprvku, tloušťka a materiál makroprvku. Materiál makroprvku lze volit z katalogu materiálů, nebo lze zadat vlastní charakteristiky materiálu v dialogovém okně **"Editor materiálu"**.

Zadané makroprvky lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

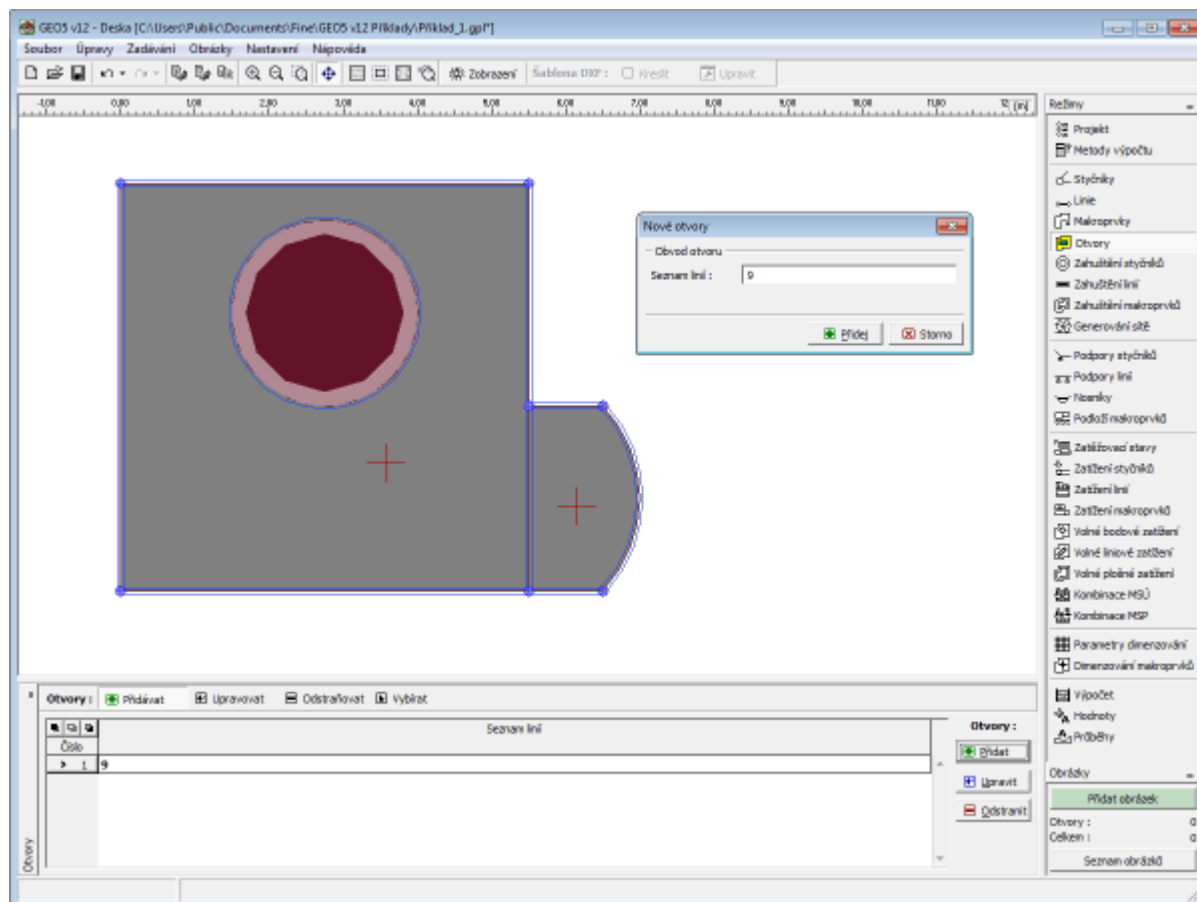


Rám "Makroprvky"

Otvory

Rám "Otvory" obsahuje tabulku se seznamem zadáných otvorů. Přidání otvorů se provádí v dialogovém okně "Nové otvory".

Zadané otvory lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

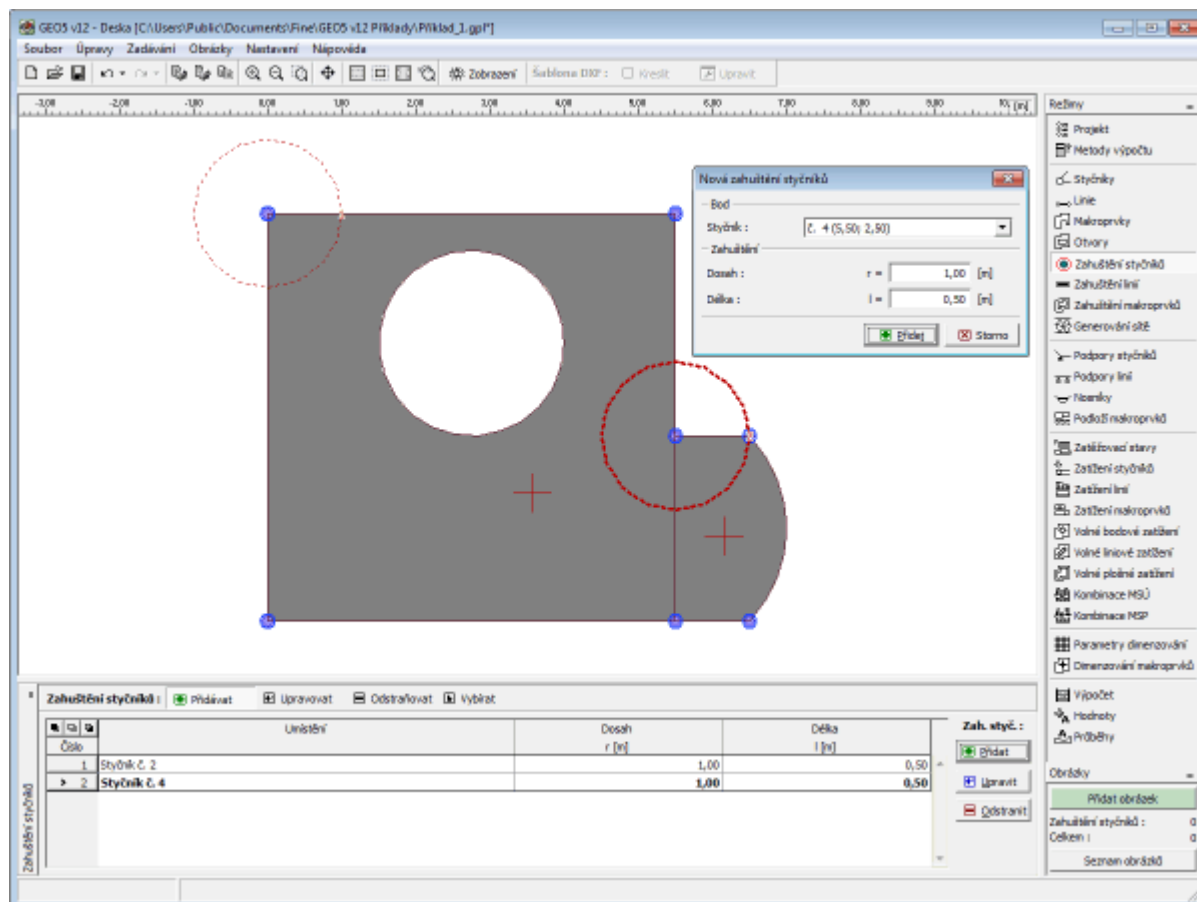


Zahuštění styčníků

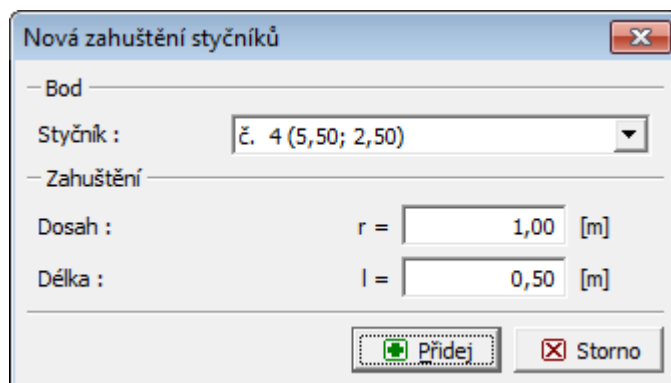
Rám "**Zahuštění styčníků**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zahuštění styčníků. **Přidání** zahuštění styčníků se provádí v **dialogovém okně "Nová zahuštění styčníků"**.

Zahuštění sítě konečných prvků okolo styčníků je důležitou pomůckou pro vytvoření vhodné **sítě konečných prvků**.

Zadané zahuštění styčníků lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.



Rám "Zahuštění styčnicků"



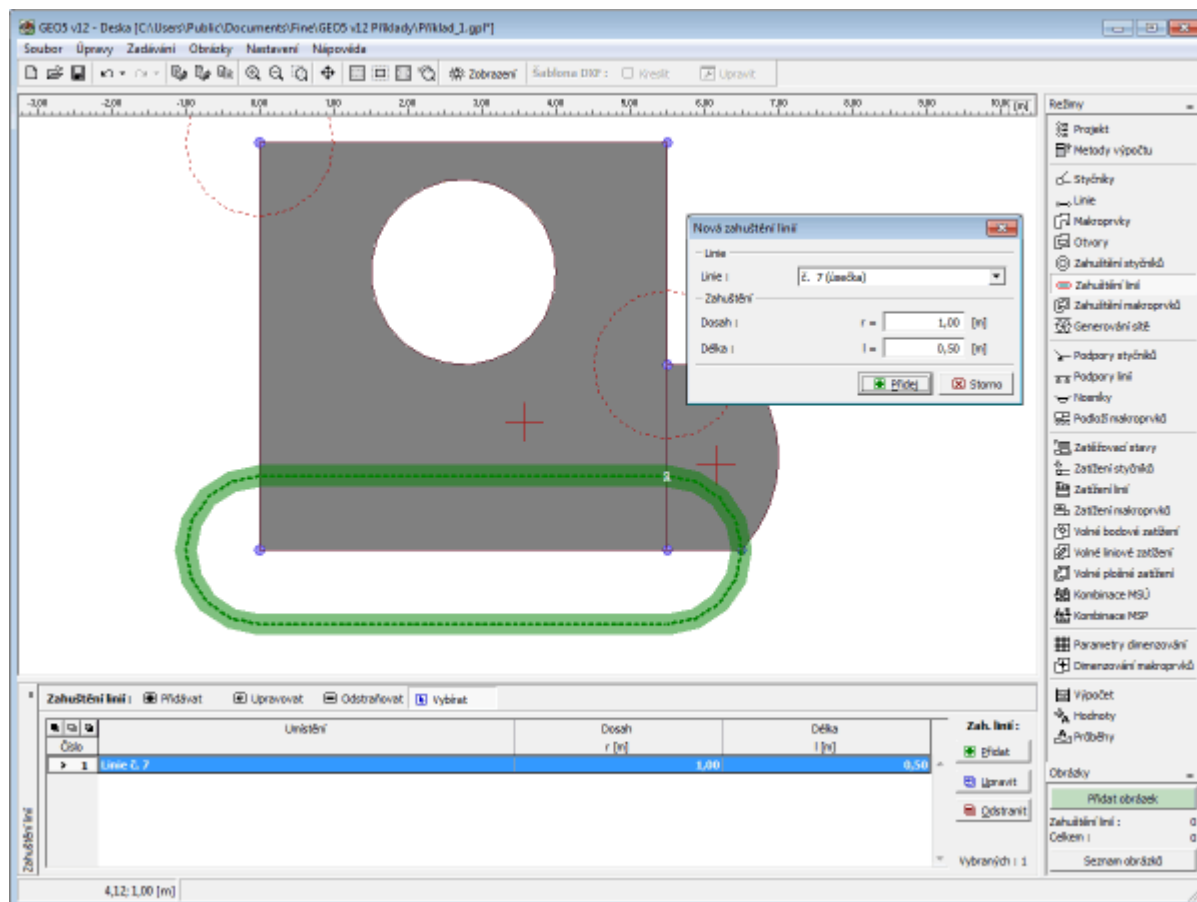
Dialogové okno "Nová zahuštění styčnicků"

Zahuštění linií

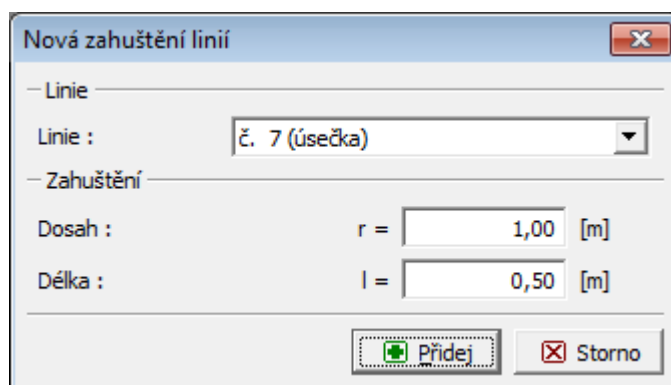
Rám "Zahuštění linií" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zahuštění linií. Přidání zahuštění linií se provádí v dialogovém okně "Nová zahuštění linií".

Zahuštění sítě konečných prvků okolo linií je důležitou pomůckou pro vytvoření vhodné sítě konečných prvků.

Zadané zahuštění linií lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.



Rám "Zahuštění linií"

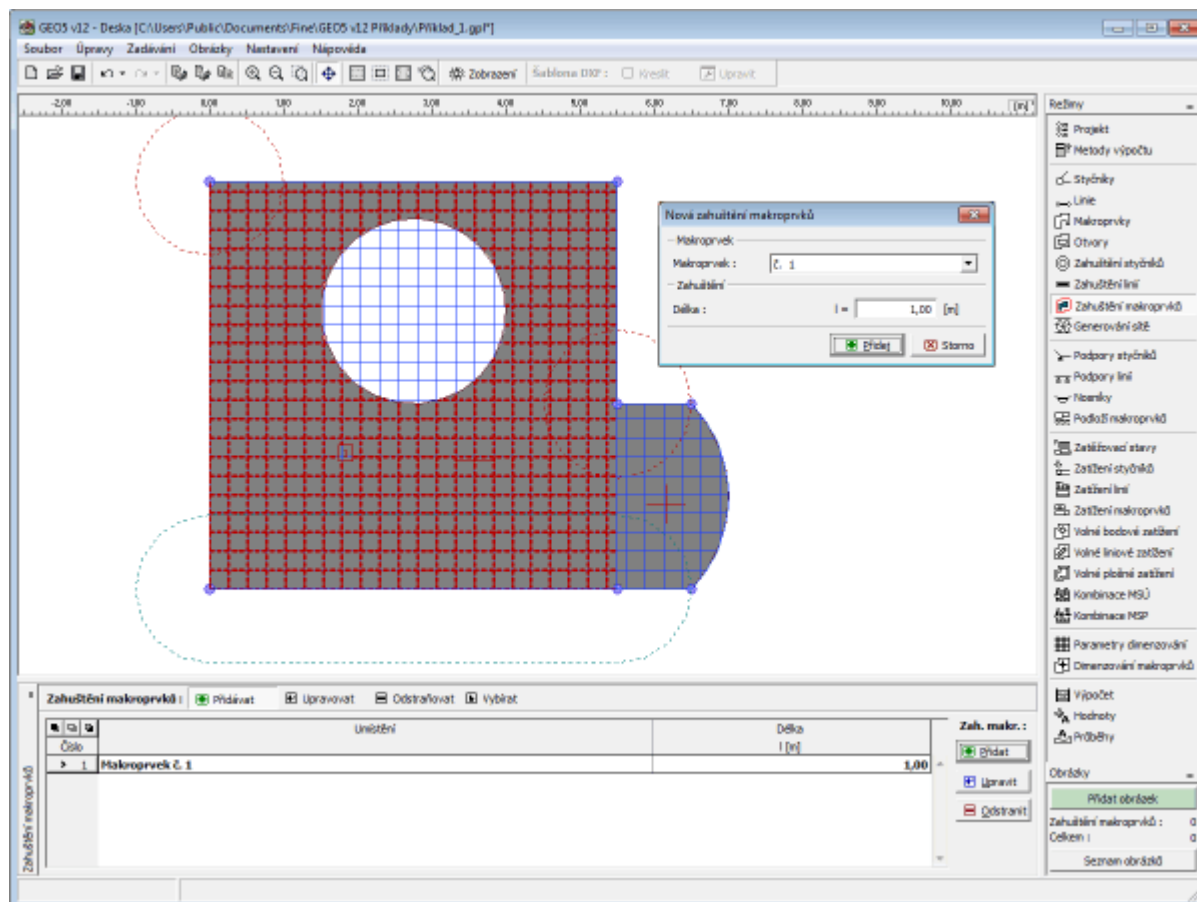


Dialogové okno "Nová zahuštění linií"

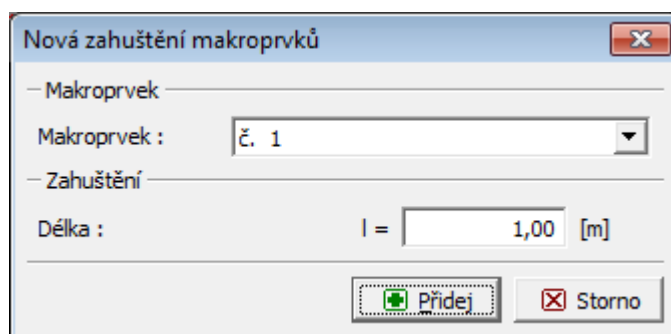
Zahuštění makroprvků

Rám "Zahuštění makroprvků" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zahuštění makroprvků. Přidání zahuštění makroprvků se provádí v dialogovém okně "Nová zahuštění makroprvků".

Zahuštění sítě konečných prvků makroprvků je důležitou pomůckou pro vytvoření vhodné sítě konečných prvků. Zadané zahuštění makroprvků lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.



Rám "Zahuštění makroprvků"



Dialogové okno "Nová zahuštění makroprvků"

Generování sítě

Rám "Generátor sítě" obsahuje v levé části základní nastavení pro generování sítě (délka hrany prvků, typ sítě, vyhlazování sítě) a v pravé části pole pro zobrazení informací o vygenerované síti. Tlačítkem "Analýza chyb" lze přepnout zobrazení výpisu chyb v pravé části rámu (seznam problémů v konstrukci).

Informace o vygenerované síti jsou zobrazeny v pravém dolním okně s **varováním o problémových místech**.

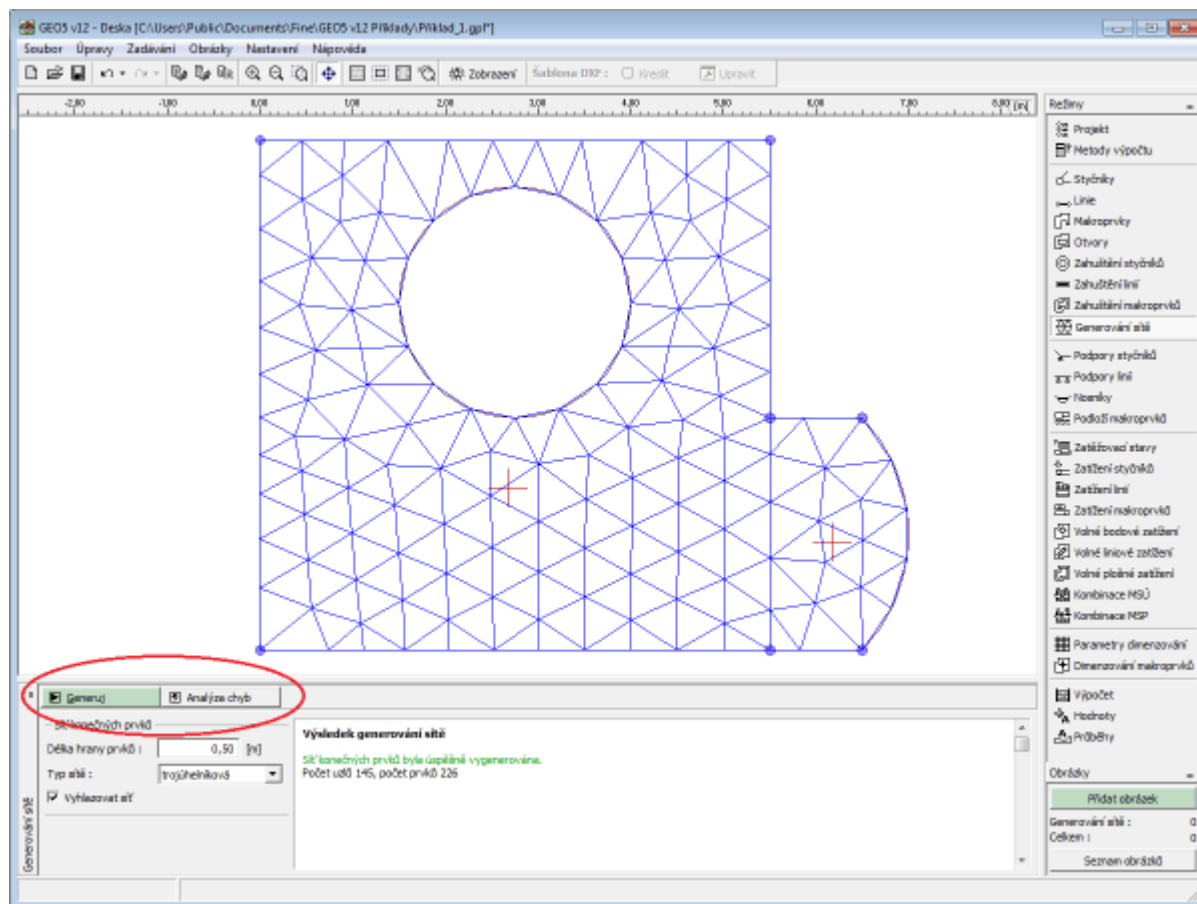
Generátor umožňuje pokrýt síť konečných prvků libovolný půdorys desky omezený **liniemi** (úsečkami, kruhovými oblouky a kružnicemi). Deska se může skládat z jednoho či více **makroprvků**, na nichž má konstantní tloušťku a materiálové vlastnosti a může obsahovat libovolný počet **otvorů**. Dále je možné předepsat vnitřní body a linie, které se respektují jako uzly resp. hrany sítě. Ve **styčnicích**, podél **linií** a na **makroprvcích** lze zadat zahuštění sítě charakterizované požadovanou délkou hran prvků v centru zahuštění a dosahem. Podle volby uživatele se generuje čistě trojúhelníková síť nebo smíšená síť skládající se z troj- a čtyřúhelníků. Jádrem algoritmu je Delaunayova triangulace rozšířená o řadu metod pro modifikaci a optimalizaci sítě. Na závěr generování jsou uzly sítě přečíslovány tak, aby se minimalizovala šířka pásu výsledné soustavy rovnic při výpočtu desky.

Správně vygenerovaná síť konečných prvků je základním předpokladem dosažení správných výsledků. Kvalita sítě má vliv na přesnost výpočtu pomocí metody konečných prvků (MKP). Optimální jsou trojúhelníkové prvky blízké rovnostranným trojúhelníkům a čtyřúhelníkové prvky blízké čtvercům. Program má zabudovaný automatický generátor sítě, který značně usnadňuje tuto úlohu. Základní hustota sítě se zadává v okně "Generátor sítě". Čím je hustší síť, tím jsou přesnější výsledky. Výpočet a vykreslování úlohy se ale značně zpomaluje. Cílem je tedy najít optimální hustotu sítě - závisí to především na zkušenosti uživatele.

Vzhledem k rychlosti generování není problém pomocí změn vstupních parametrů síť optimalizovat. Kvalitu výsledné sítě zvyšuje i zabudovaný algoritmus pro její shlazování, který lze ale vypnout. Samotný výpočet desky je velmi rychlý, takže není zapotřebí se obávat ani hustých sítí s mnoha tisíci prvky.

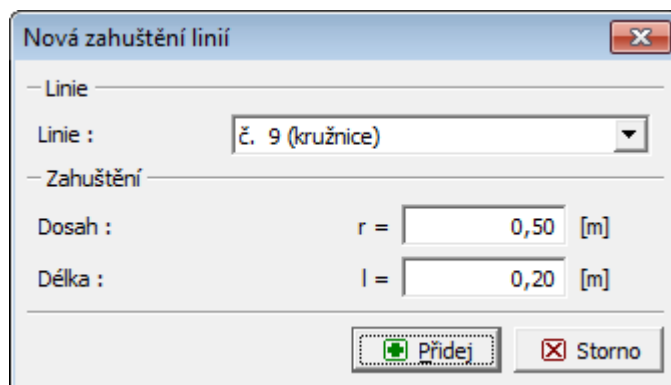
Při tvorbě sítě doporučujeme dodržet následující postup:

- Nejprve vygenerujeme nad všemi oblastmi síť s rovnoměrnou hustotou srovnatelnou s tloušťkou desky (**1-5** násobek).

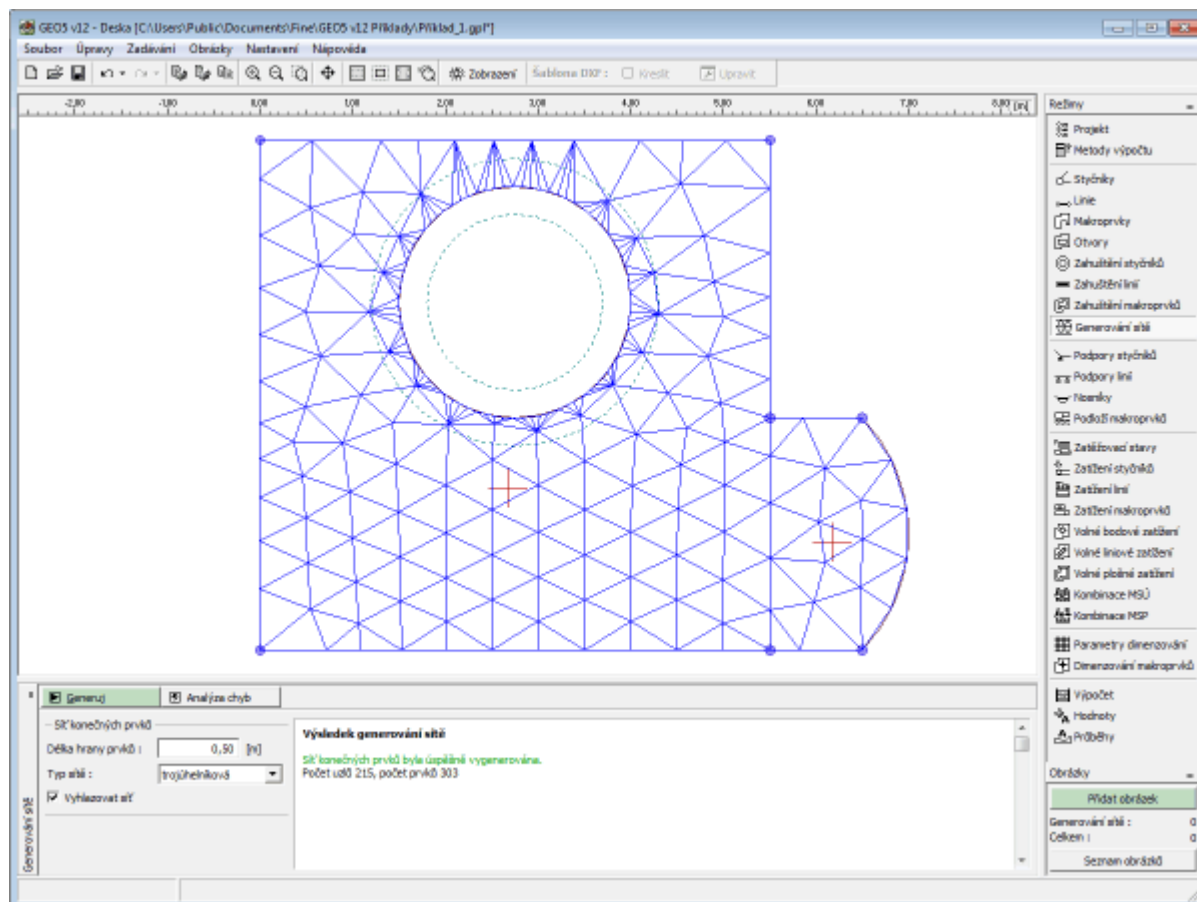


Rám "Generování sítě" - síť bez lokálního zahuštění

- Síť prvků by měla být dostatečně hustá hlavně v těch místech řešené oblasti, kde lze očekávat velké gradienty napětí (bodové podepření, ostré rohy, otvory, rohy s vnitřním úhlem větším než 180°). Zahuštění sítě je možné zadat kolem jednotlivých **stýčků**, **linií**, nebo na **makroprvcích**. Je nutné, aby tento dosah zahuštění byl alespoň 2-3 násobek hustoty ve středu zahuštění a aby obě hodnoty v bodech (hustota, dosah) byly v rozumném poměru k hustotě sítě předepsané pro okolní oblast. Tím se zaručí hladký přechod mezi oblastmi s rozdílnou hustotou. Obdobně je nutné zacházet se singulárními liniemi.



Zadání zahuštění sítě kolem kruhové linie



Nová síť po zahuštění kolem kruhové linie

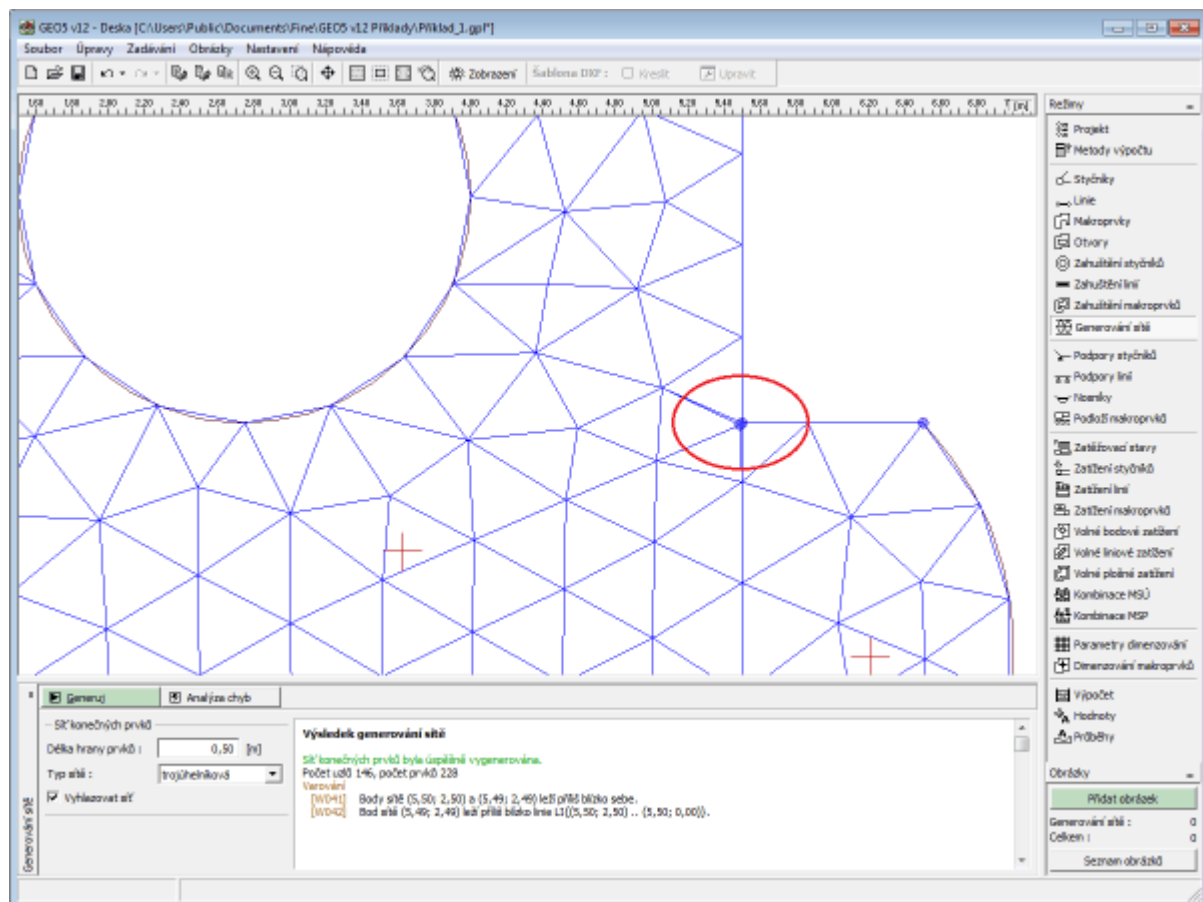
Varování generátoru sítě

V okénku "**Varování - možná problematická místa na konstrukci**" je uživatel upozorněn na kritická místa pro generátor sítě. Při nastavení kursoru na jednotlivá varování se příslušné místo na konstrukci zobrazí červeně. Kontroluje se:

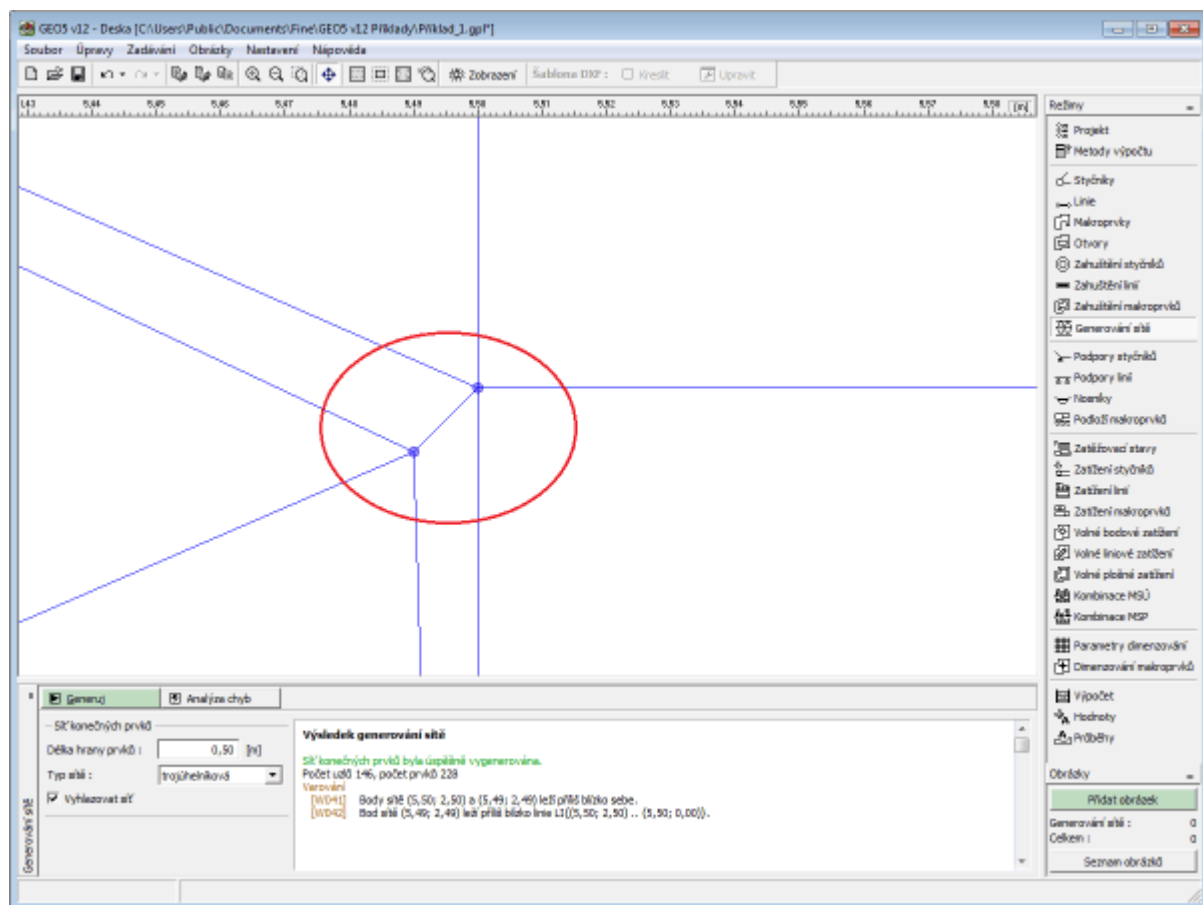
- zda vzdálenost dvou uzlů je větší než desetina délky hrany sítě,
- zda vzdálenost uzlu od linie je větší než desetina délky hrany sítě,
- zda plocha oblasti je větší než kvadrát délky sítě,
- zda uzly resp. linie leží v konstrukci (země).

Tato varování upozorňují na místa, kde může mít generátor sítě problémy. Při generaci sítě pak může dojít k těmto variantám:

- síť se nevygeneruje => v tomto případě je nutné opravit zadání,
- síť se vygeneruje => v tomto případě je na uživateli, aby posoudil, zda je vygenerovaná síť uspokojivá - v každém případě lze dále varování ignorovat a postupovat ve výpočtu.



Varování o kritických místech sítě KP



Kritické místo po zvětšení - dva body jsou příliš blízko sebe

Podpory styčnicků

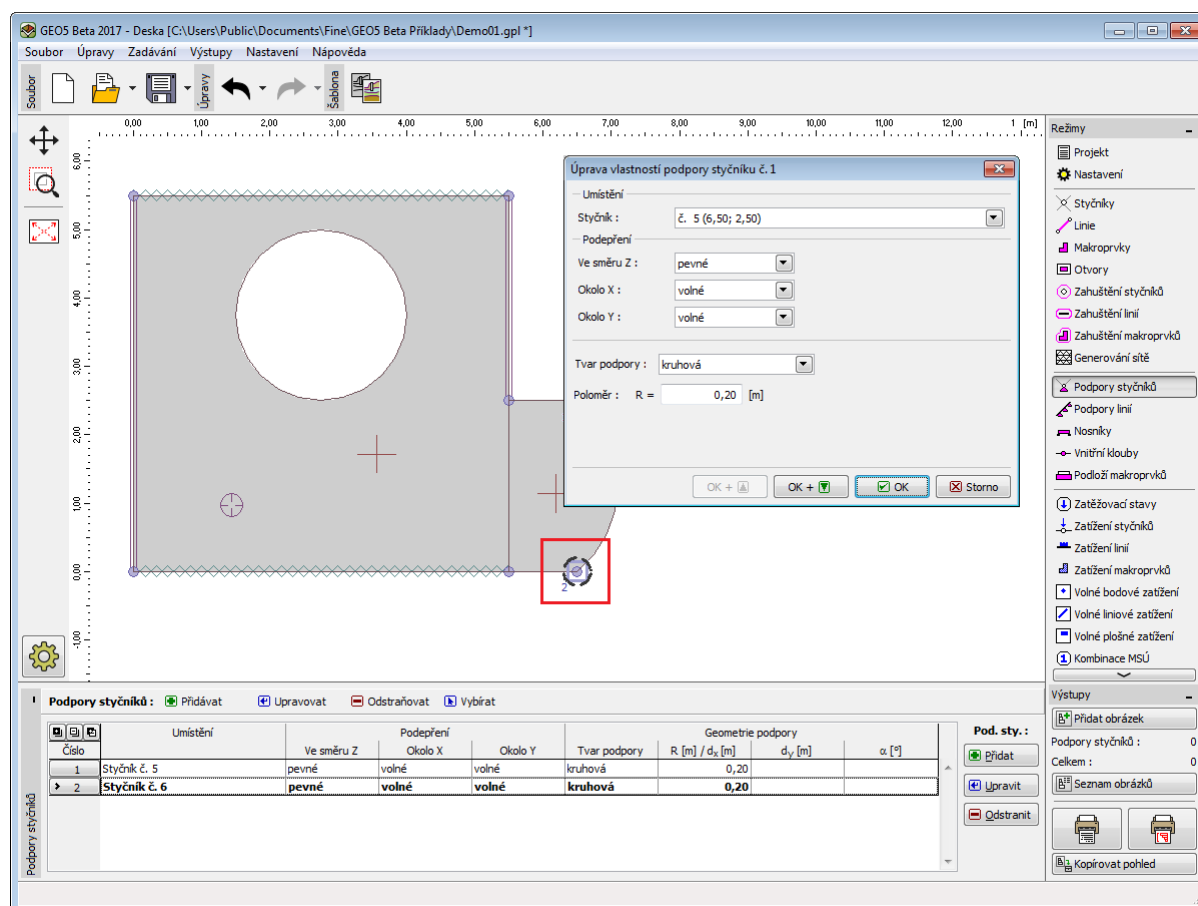
Rám "Podpory styčnicků" obsahuje **tabulku** se seznamem zadanych podpor styčnicků. **Přidání** podpor styčnicků se provádí v **dialogovém okně "Nové podpory styčnicků"**.

Zadané podepření styčnicků lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

Typ podepření styčnicku může být:

- volná
- pevná
- pružná

V případě **redukce dimenzačních momentů** lze zadávat geometrii podpor (rám "Nastavení"). Geometrii podpory lze zadat jako kruhovou (parametr poloměr R) nebo obdélníkovou (parametry rozměry d_x a d_y a natočení α).



Rám "Podpory styčnicků"

Dialogové okno "Nová podpora styčnicku"

Podpory linií

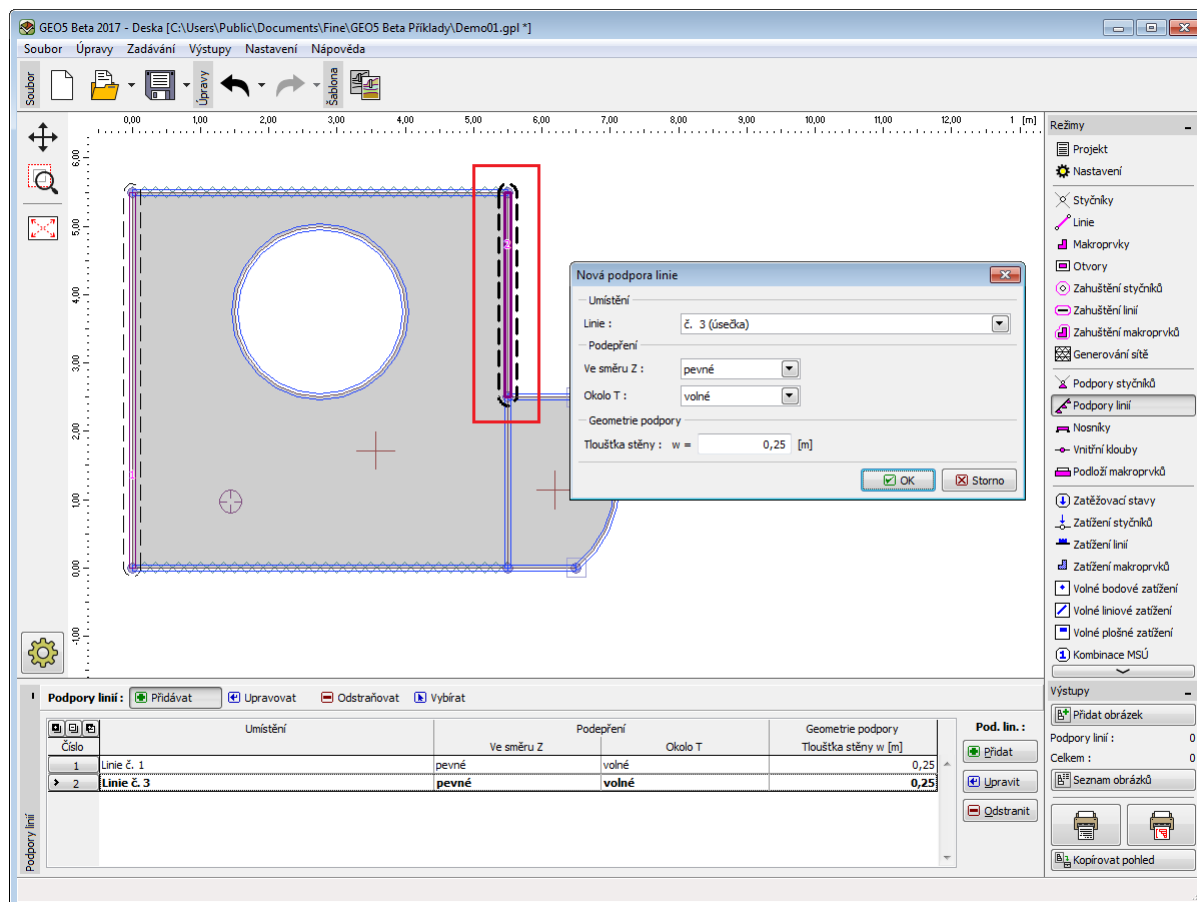
Rám "Podpory linií" obsahuje tabulku se seznamem zadaných podpor linií. Přidání podpor linií se provádí v dialogovém okně "Nové podpory linií".

Zadané podepření linií lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

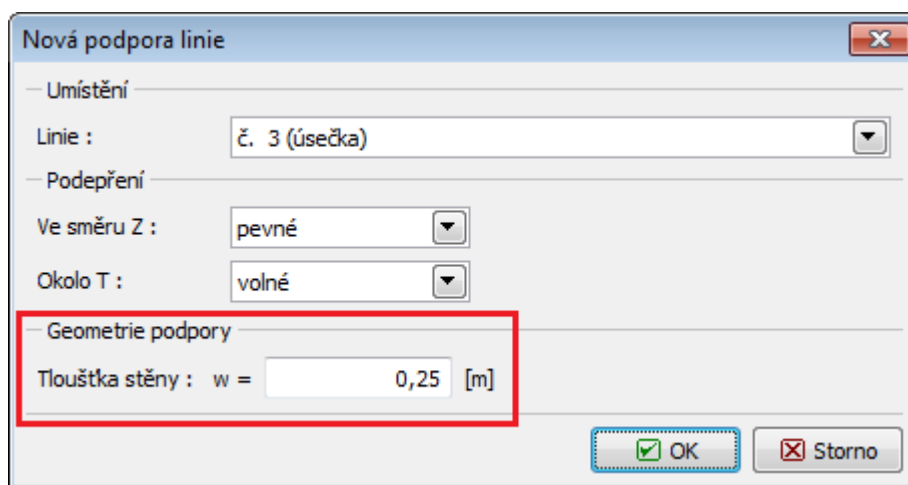
Typ podepření linie může být:

- volná
- pevná
- pružná

V případě redukce dimenzačních momentů lze zadávat geometrii podpor (rám "Nastavení"). Zadává se tloušťka stěny w , na konci stěny je uvažováno kruhové okolí.



Rám "Podpory linií"



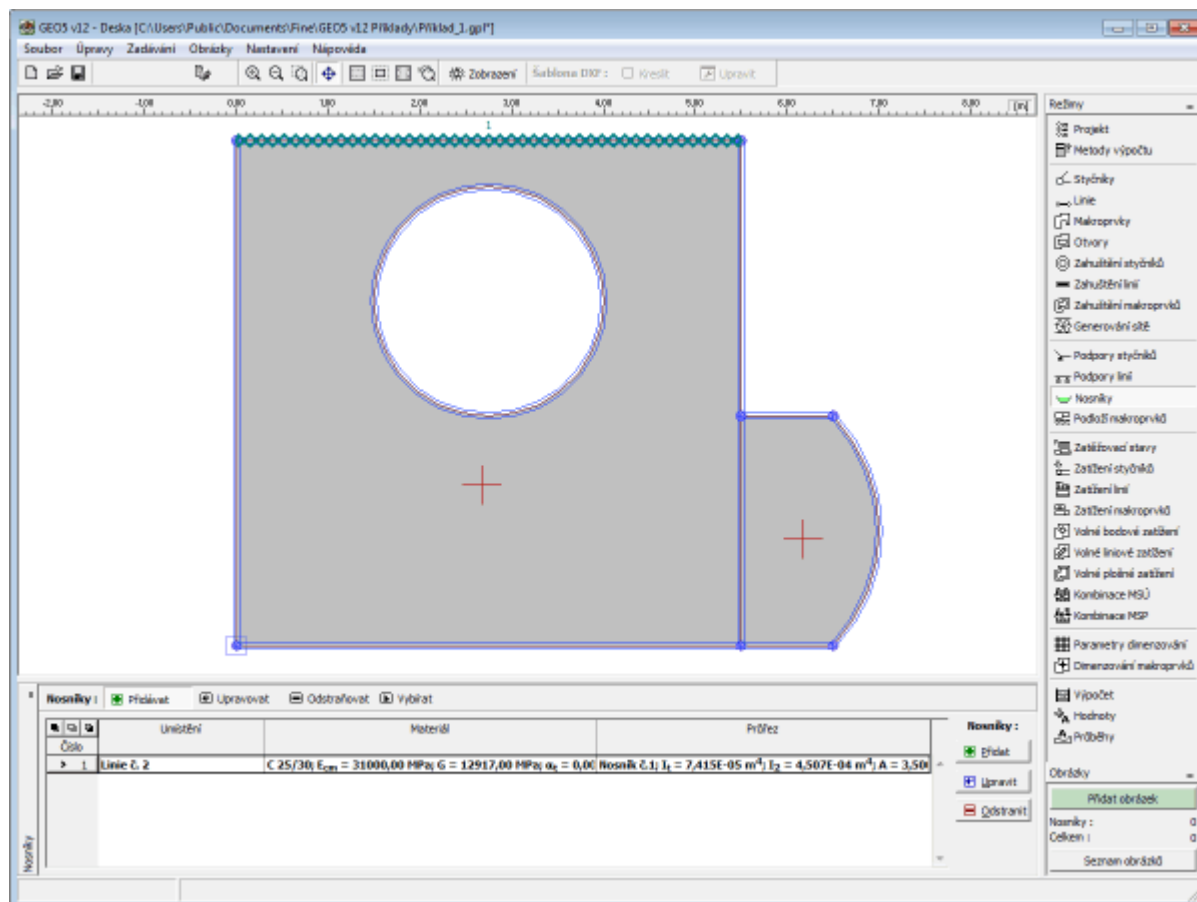
Dialogové okno "Nová podpora linie"

Nosníky

Rám "Nosníky" obsahuje tabulku se seznamem zadanych nosníků. Přidání nosníků se provádí v dialogovém okně "Nové nosníky".

V dialogovém okně se zadává číslo linie umístění nosníku, materiál a průřez nosníku. Podle typu materiálu (beton, ocel, jiný) lze zadat jeho charakteristiky z katalogu materiálů, nebo je zadat v editoru materiálu. Průřezové charakteristiky (zadání typu průřezu) lze dopočítat v dialogovém okně "Dopočet průřezových charakteristik", nebo zadat v dialogovém okně "Zadání průřezových charakteristik".

Zadané nosníky lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.



Rám "Nosníky"

Nový nosník

Umístění
Linie :

Materiál
Typ materiálu :

C 25/30
 Modul pružnosti : $E_{cm} = 31000,00 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti ve smyku : $G = 12917,00 \text{ MPa}$
 Součinitel teplotní roztažnosti : $\alpha_t = 0,000010 \text{ 1/K}$
 Měrná tíha : $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Průřez

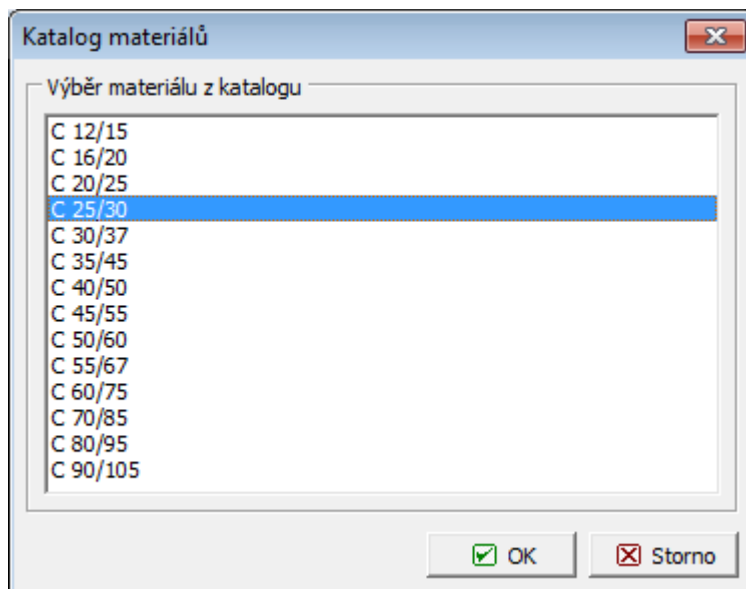
Nosník č.1
 Moment setrvačnosti : $I_t = 7,415E-05 \text{ m}^4$
 Moment setrvačnosti : $I_2 = 4,507E-04 \text{ m}^4$
 Plocha : $A = 3,500E-02 \text{ m}^2$
 Smyková plocha : $A_s = 3,500E-02 \text{ m}^2$

☒ OK ☐ Storno

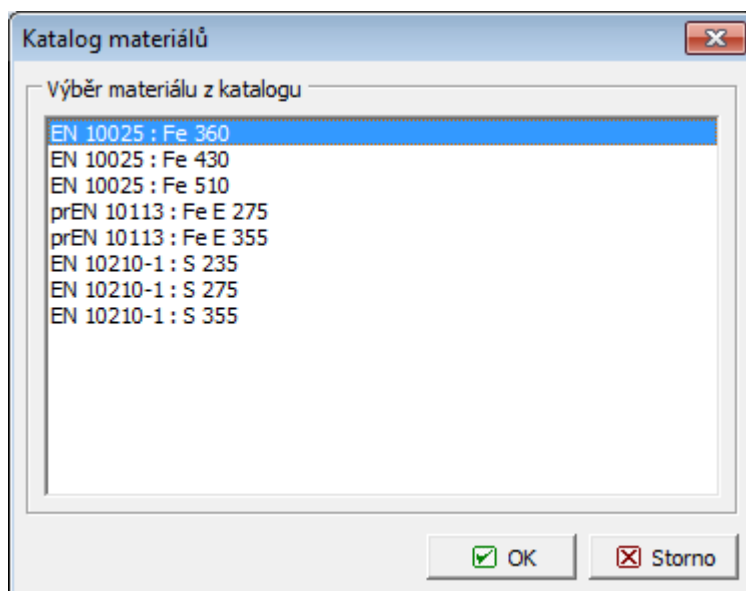
Dialogové okno "Nový nosník"

Katalog materiálů

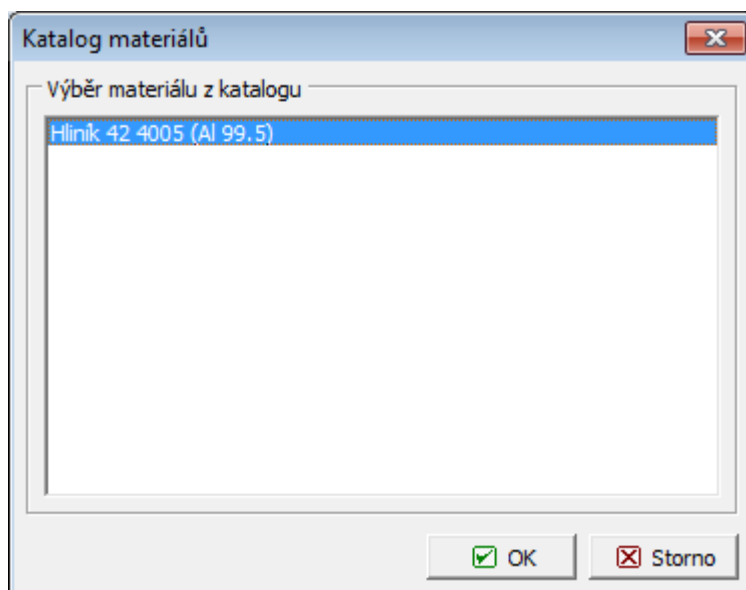
Program obsahuje katalog materiálů pro ocel a beton a jiné materiály (hliník). V dialogovém okně se zadává pouze typ materiálu. **Typ průřezu** se zadává v dialogovém okně "**Dopočet průřezových charakteristik**", nebo "**Zadání průřezových charakteristik**".



Dialogové okno "Katalog materiálů" - beton



Dialogové okno "Katalog materiálů" - ocel



Dialogové okno "Katalog materiálů" - hliník

Editor materiálu

Program umožňuje kromě výběru z "**Katalogu materiálů**" zadat pro ocel a beton materiálové charakteristiky ručně. V dialogovém okně se zadává pouze typ materiálu (charakteristiky materiálu). **Typ průřezu** se zadává v dialogovém okně "**Dopočet průřezových charakteristik**", nebo "**Zadání průřezových charakteristik**".

Základní materiálové charakteristiky			
Modul pružnosti	$E_{cm} =$	30000,00	MPa
Modul pružnosti ve smyku	$G =$	12500,00	MPa
Součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha_t =$	0,000010	1/K
Měrná tíha	$\gamma =$	25,00	kN/m ³

Dialogové okno "Editor materiálu - Beton"

Základní materiálové charakteristiky			
Modul pružnosti	$E =$	210000,00	MPa
Modul pružnosti ve smyku	$G =$	81000,00	MPa
Součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha_t =$	0,000012	1/K
Měrná tíha	$\gamma =$	78,50	kN/m ³

Dialogové okno "Editor materiálu - Konstrukční ocel"

Základní materiálové charakteristiky			
Modul pružnosti	$E =$		MPa
Modul pružnosti ve smyku	$G =$		MPa
Součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha_t =$		1/K
Měrná tíha	$\gamma =$		kN/m ³

Dialogové okno "Editor materiálu - Základní"

Typ průřezu

V dialogovém okně "**Dopočet průřezových charakteristik**" se zadávají parametry průřezu. Průřezové charakteristiky lze zadat z **katalogu průřezů**, nebo **editoru průřezů** pro různé materiály.

Dopočet průřezových charakteristik

Název :

Typ průřezu :

Parametry

Průřez: T-průřez

$I_t = 7,415E-05 \text{ [m}^4\text{]}$ $I_2 = 4,507E-04 \text{ [m}^4\text{]}$

$A = 3,500E-02 \text{ [m}^2\text{]}$ $A_s = 3,500E-02 \text{ [m}^2\text{]}$

Dialogové okno "Dopočet průřezových charakteristik"

Katalog průřezů

Program umožňuje v případě ocelového průřezu výběr z katalogu průřezů. V dialogovém okně se zadává pouze typ průřezu. Typ materiálu průřezu se stejně jako u ostatních průřezů zadává v "Katalogu materiálů", nebo číselně v "Editoru materiálů".

Katalog průřezů

Třída profilu

Tyče průřezu I

Tyče průřezu IE

Tyče průřezu IPE

Tyče průřezu HEB

ARBED IPE

ARBED HE, HL

ARBED HD

ARBED HP

ARBED IPN

ARBED W

ARBED UB

ARBED UC

Tyče průřezu U

Tyče průřezu IPE

Profil

IE 80

IE 100

IE 120

IE 140

IE 160

IE 180

IE 200

IE 220

IE 240

IE 270

IE 300

IE 330

IE 360

IE 400

Norma ČSN 42 5551

80,0

46,0

3,8










5,3

Dialogové okno "Katalog průřezů"

Editor průřezů

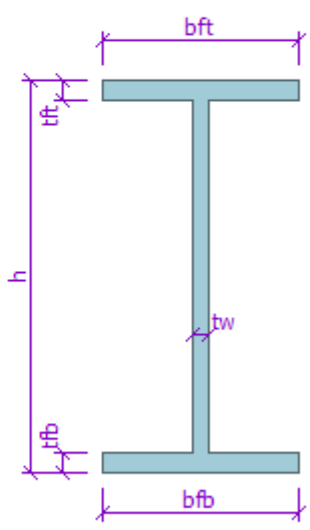
Program umožňuje v případě ocelového a betonového průřezu uživatelské zadání tvaru průřezu. V dialogovém okně se zadává pouze tvar průřezu. Typ materiálu průřezu se stejně jako u ostatních průřezů zadává v katalogu materiálů, nebo číselně v editoru materiálů.

Editor průřezu - Konstrukční ocel, celistvý svařovaný

Popis průřezu	
název	I-průřez
poznámka	

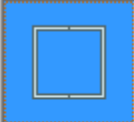

Rozměry průřezu			
výška průřezu	h =	300,0	mm
šířka horní pásnice	b _{ft} =	150,0	mm
šířka spodní pásnice	b _{fb} =	150,0	mm
tloušťka stojiny	t _w =	12,0	mm
tloušťka horní pásnice	t _{ft} =	15,0	mm
tloušťka spodní pásnice	t _{fb} =	15,0	mm



☒ OK
 ☐ Storno

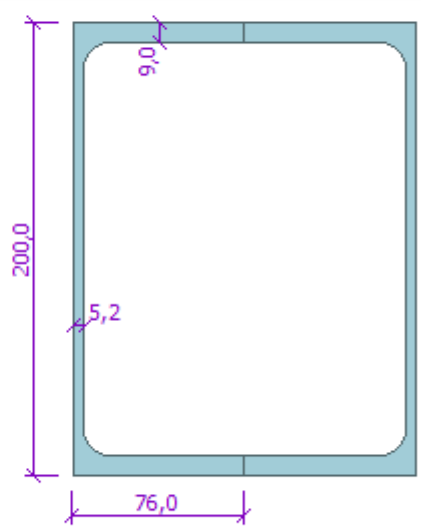
Dialogové okno "Editor průřezu - Konstrukční ocel, celistvý svařovaný"

Editor průřezu - Konstrukční ocel, složený válcovaný

Třída profilu	Profil
Tyče průřezu U	UPE 200
Tyče průřezu UE	UPE 220
Tyče průřezu UPE	UPE 240
ARBED UAP	UPE 270
ARBED UPN	UPE 300

Norma ČSN 42 5572



☒ OK
 ☐ Storno

Dialogové okno "Editor průřezu - Konstrukční ocel, složený válcovaný"

Editor průřezu - Beton, standardní

Popis průřezu	
název	T-průřez
poznámka	

Rozměry průřezu	
výška průřezu	$h = 370,0$ mm
šířka průřezu	$b = 200,0$ mm
tloušťka stojiny	$t_w = 70,0$ mm
tloušťka pásnice	$t_f = 70,0$ mm

OK Storno

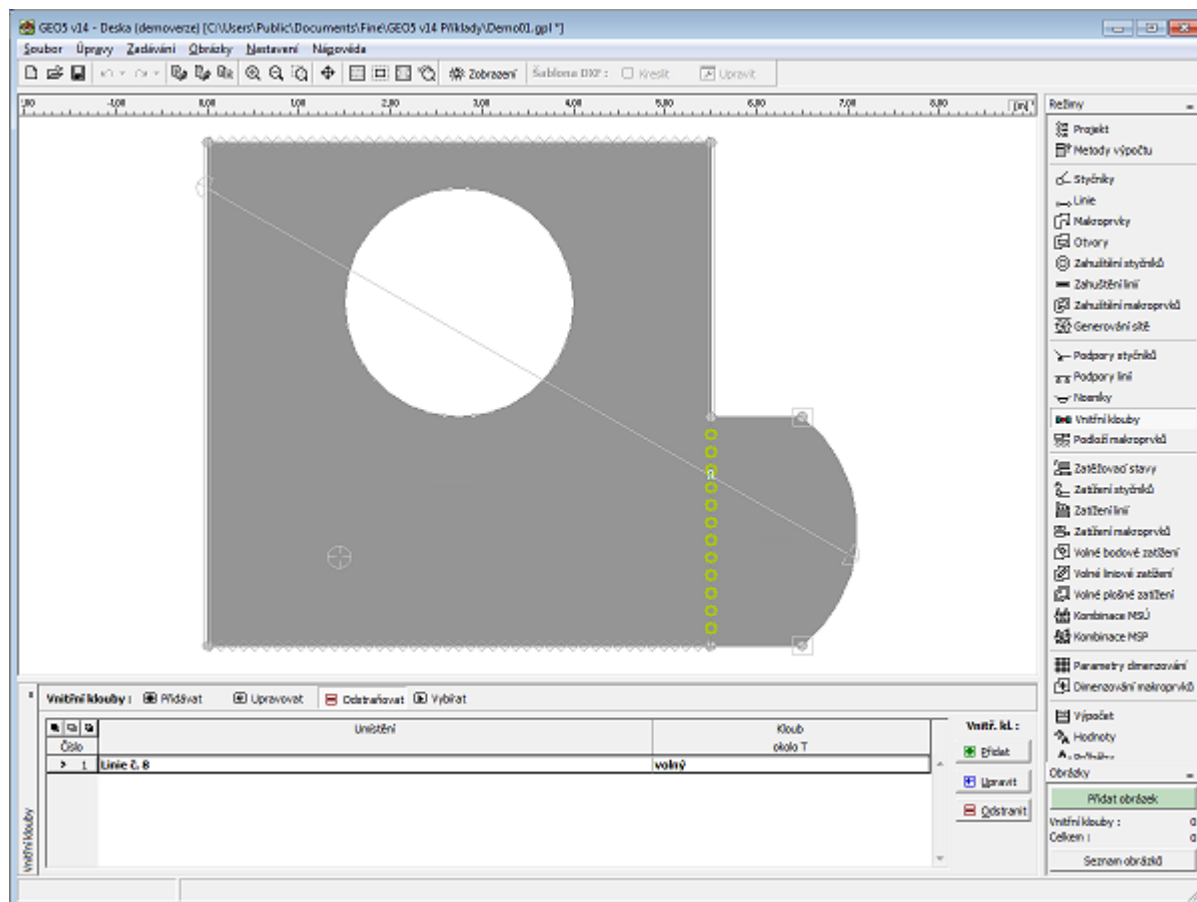
Dialogové okno "Editor průřezu - Beton, standardní"

Vnitřní klouby

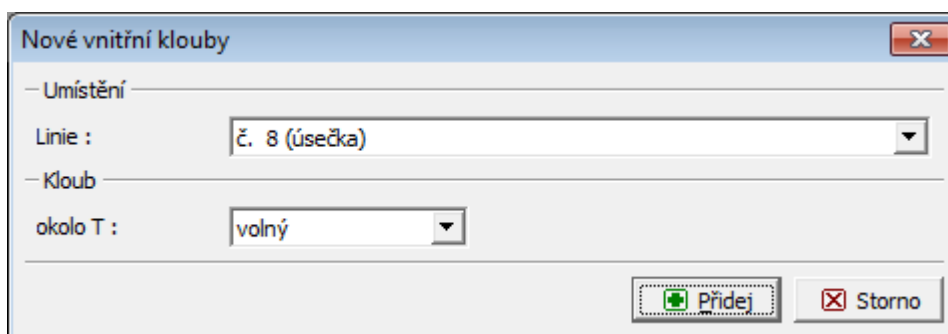
Rám "Vnitřní klouby" obsahuje tabulku se seznamem zadaných vnitřních kloubů. Přidání vnitřních kloubů se provádí v dialogovém okně "Nové vnitřní klouby". V dialogovém okně se zadává číslo linie umístění vnitřního kloubu a typ vnitřního kloubu (volný, pružný).

Vnitřní kloub je okrajová podmínka, která umožňuje přesně modelovat situaci, kdy podél linie mezi dvěma částmi desky je průhyb ve svislém směru na obou stranách hranice identický (vazba), zatímco pootočení kolem os x a y jsou v jednotlivých částech nezávislá. Vnitřní kloub může být předepsán na libovolné linii tvořící hranici mezi dvěma makroprvky. Podmínka pro rotaci kolem linie kloubu může být volná, nebo pružná s tuhostí $K_{\phi, T}$.

Zadané nosníky lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.



Rám "Vnitřní klouby"

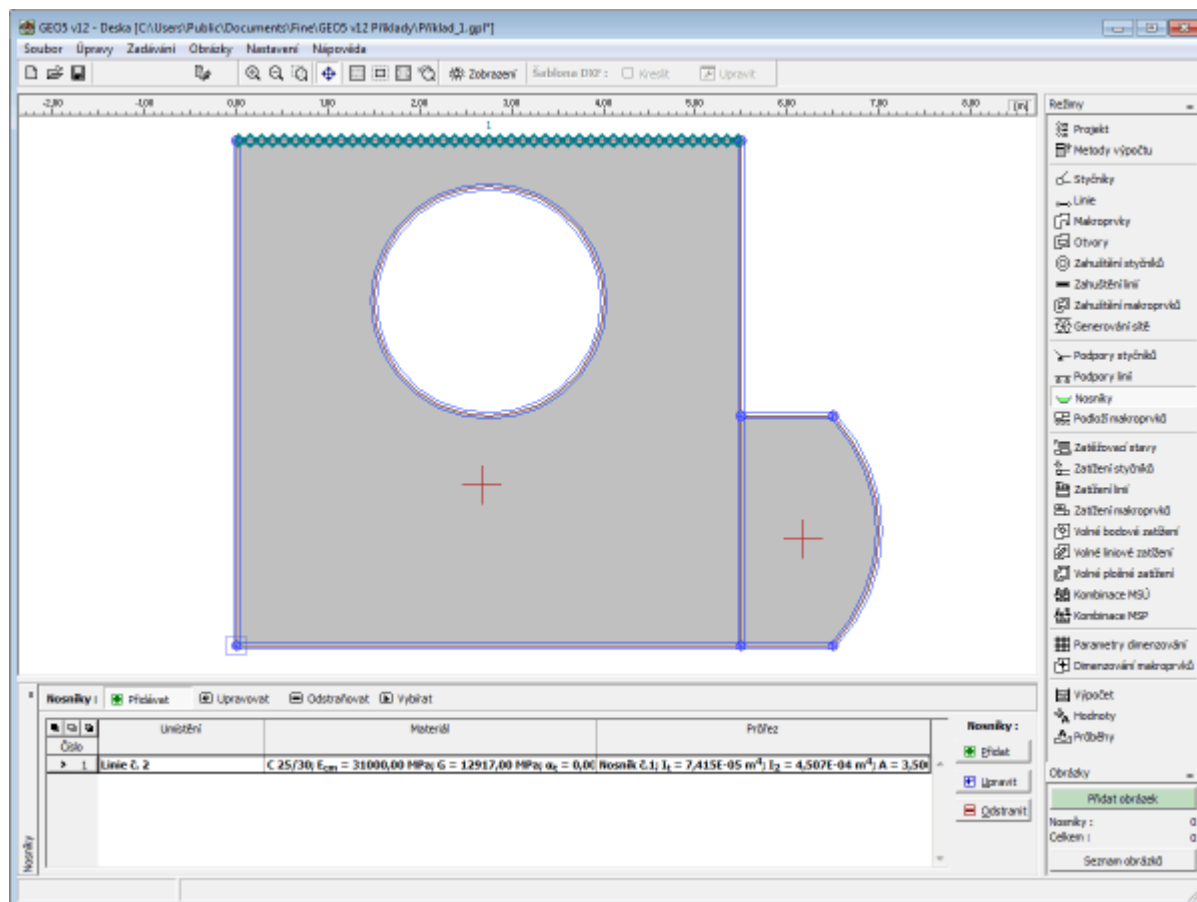


Dialogové okno "Nové vnitřní klouby"

Podloží makroprvků

Rám "Podloží makroprvků" obsahuje tabulku se seznamem zadanych podloží makroprvků. Přidání podloží se provádí v dialogovém okně "Nová podloží makroprvků". V dialogovém okně se zadává číslo makroprvku a parametry C_1 a C_2 . Winkler-Pasternakovy konstanty podloží C_1 a C_2 se mohou přímo zadat nebo nechat dopočítat. V případě dopočtu je nutné dále zadat přetvárné charakteristiky zemin (modul přetvárnosti, poissonovo číslo a hloubku deformační zóny) v dialogovém okně "Dopočti C_1 a C_2 ". Tyto přetvárné charakteristiky lze stanovit pomocí programu "Patky" (2. mezní stav) a poté je zadat do programu.

Zadané podloží makroprvků lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.



Rám "Nosníky"

Winkler-Pasternakovy konstanty C1 a C2

Winklerův-Pasternakov model podloží pro případ řešení pružné vrstvy zavádí požadavek rovnováhy ve svislém směru:

$$c_1 \cdot w - c_2 \cdot \Delta w = f_z$$

kde:

- c_1, c_2 - konstanty charakterizující Winkler - Pasternakov model
- w - posun ve svislém směru
- f_z - svislé zatížení vrstvy

Do výpočtu vstupuje pružné podloží pomocí lokálních matic tuhosti, které se přičítají k maticím tuhosti jednotlivých prvků, pokud spočívají na podloží. Výstupem programu je kontaktní napětí σ .

Dopočet Winkler-Pasternakových konstant z převárných charakteristik zemin

V programu se Winkler - Pasternakovy konstanty C_1 a C_2 počítají z podmínky rovnosti matic poddajnosti nekonečně tuhého nekonečného základového pásu spočívajícího na Winkler - Pasternakově podloží a na pružné vrstvě. Tato podmínka je obsažena v následujících rovnostech:

$$[C] = \begin{bmatrix} \frac{1}{2 \left[\sqrt{C_{1WF} C_{2WF}} + b C_{1WF} \right]} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2 \left[b^2 \sqrt{C_{1WF} C_{2WF}} + b C_{2WF} + \frac{b^3}{3} C_{1WF} \right]} \end{bmatrix} =$$

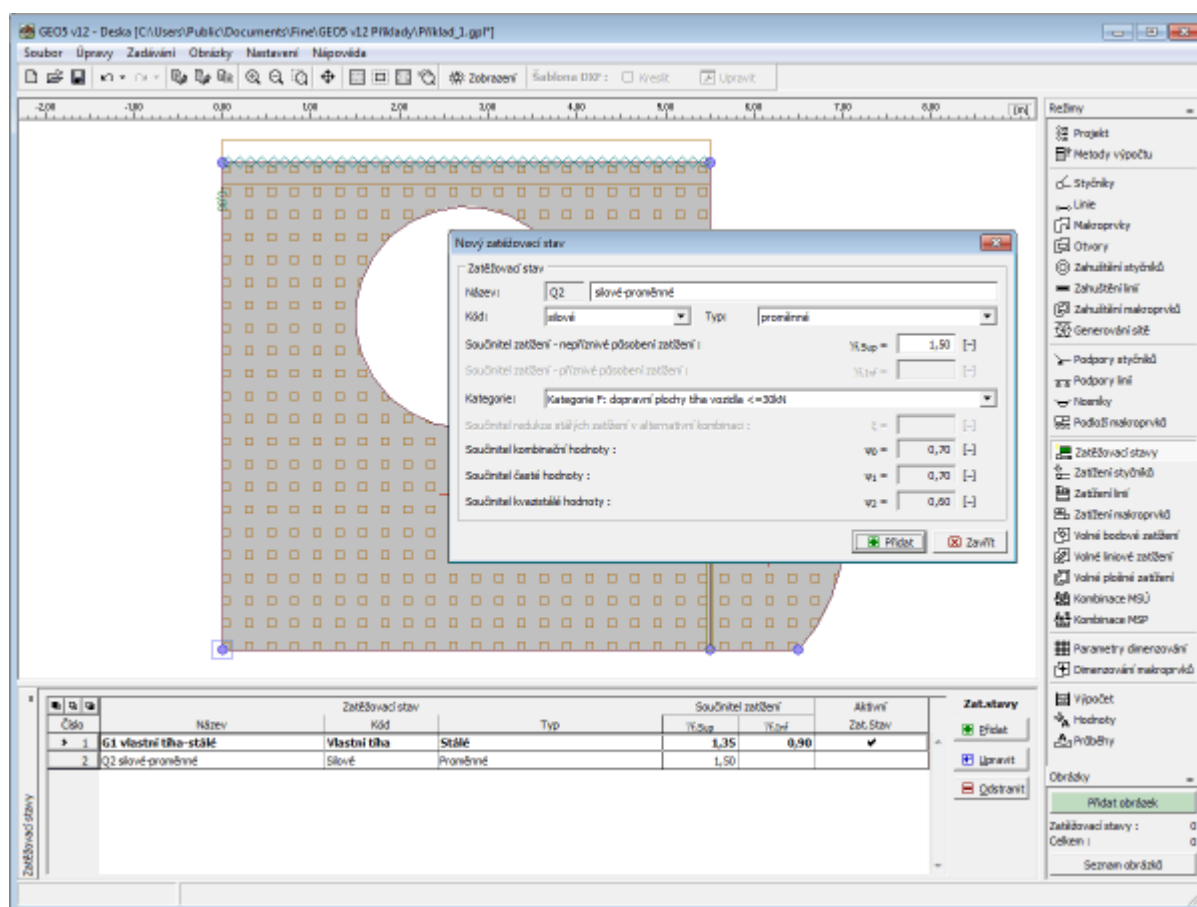
$$= \begin{bmatrix} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2\sqrt{H} \left[(2n+1) \sqrt{C_{1w} C_{2w}} + (2n+1)^2 b C_{1w} \right]} & 0 \\ 0 & \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2\sqrt{H} \left[(2n+1) b^2 \sqrt{C_{1w} C_{2w}} + b C_{2w} + (2n+1)^2 \frac{b^3}{3} C_{1w} \right]} \end{bmatrix}$$

kde:

- $[C]$ - matice konstant C_1 a C_2
- b - polovina šířky základu
- c_{1w}, c_{2w} - Winklerovy konstanty
- H - hloubka deformační zóny

Zatěžovací stavy

Rám "Zatěžovací stavy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zatěžovacích stavů. Přidání zatěžovacích stavů a jejich parametrů se provádí v dialogovém okně "Nový zatěžovací stav". Editaci lze provádět pomocí tlačítka "Upravit", nebo kliknutím levého tlačítka myši na řádek v tabulce s požadovaným zatěžovacím stavem.



Rám "Zatěžovací stavy"

Parametry zatěžovacích stavů

V dialogovém okně "Nový zatěžovací stav" se zadávají následující parametry:

Identifikátor zatěžovacího stavu

Před políčkem pro zadání názvu se zobrazuje identifikátor zatěžovacího stavu, který se skládá z čísla zatěžovacího stavu a jednopísmenné předpony. Předpona je určena typem zatížení:

- G** - stálé zatížení
- Q** - proměnné zatížení
- A** - mimořádné zatížení

Identifikátor zatěžovacího stavu se uplatňuje především ve výpisech kombinací.

Kód zatěžovacího stavu

Kód zatěžovacího stavu určuje, jaké zatížení lze v tomto zatížení zadávat. Lze použít následující možnosti:

- Vlastní tíha** - Zatížení v tomto zatěžovacím stavu představuje vlastní tíhu konstrukce a je generováno automaticky programem. V jedné úloze se může vyskytovat pouze jeden zatěžovací stav s tímto kódem.
- Silové** - Do zatěžovacích stavů s tímto kódem lze zadávat jakékoliv silové zatížení (síly a momenty). Počet silových ZS není omezen

Typ zatížení

Určuje charakter zatěžovacích stavů dle jejich proměnnosti v čase. Výběr typů odpovídá klasifikaci dle čl. 4.1.1. normy EN 1990.

Součinitele zatížení

Umožňuje zadat dílčí součinitel zatížení γ_f . Tento součinitel zohledňuje možné nepříznivé odchylky hodnot zatížení od reprezentativních hodnot. Pro stálá zatížení je nutné zadat různé hodnoty pro příznivé ($\gamma_{f, inf}$) a nepříznivé ($\gamma_{f, sup}$) působení zatížení v kombinaci. V případě zadávání zatížení dle EN 1990 jsou výchozí hodnoty součinitelů stanoveny dle tabulky A1.2(B).

Kategorie

Zatřídění zatěžovacích stavů do kategorií odpovídá klasifikaci zatížení dle tabulky A1.1 normy EN 1990. Dle tohoto zatřídění jsou proměnným zatěžovacím stavům přiřazeny kombinační součinitele ψ_0 , ψ_1 a ψ_2 . Kategorie "Uživatelské zadání" umožňuje zadání vlastních hodnot součinitelů. Výběr kategorie je dostupný pouze pro zatěžovací stavy zadané dle EN 1990 (norma se volí v záložce "Materiály a normy").

Kombinační součinitele

Základní hodnoty součinitelů pro sestavování kombinací vychází z normy EN 1990 a závisí na kategorii zatěžovacího stavu. Při uživatelském zadání lze nastavit vlastní hodnoty součinitelů. Pro sestavování kombinací jsou použity následující součinitele:

- ξ - **Součinitel redukce stálých zatížení v alternativní kombinaci** - tento součinitel je přiřazen všem stálým zatížením a je použit při sestavování alternativních kombinací pro mezní stav únosnosti (kombinace dle vztahu 6.10b v EN 1990)
- ψ_0 - **Součinitel kombinační hodnoty** - součinitel pro proměnná zatížení, používá se při sestavování kombinací pro mezní stavy únosnosti i použitelnosti
- ψ_1 - **Součinitel časté hodnoty** - součinitel pro proměnná zatížení, používá se při sestavování mimořádných kombinací a kombinací pro mezní stavy použitelnosti.
- ψ_2 - **Součinitel kvazistálé hodnoty** - součinitel pro proměnná zatížení, používá se při sestavování mimořádných kombinací a kombinací pro mezní stavy použitelnosti.

Tyto kombinační součinitele jsou dostupné pouze pro zatěžovací stavy zadané dle EN 1990 (norma se volí v záložce "Materiály a normy").

Dialogové okno "Nový zatěžovací stav"

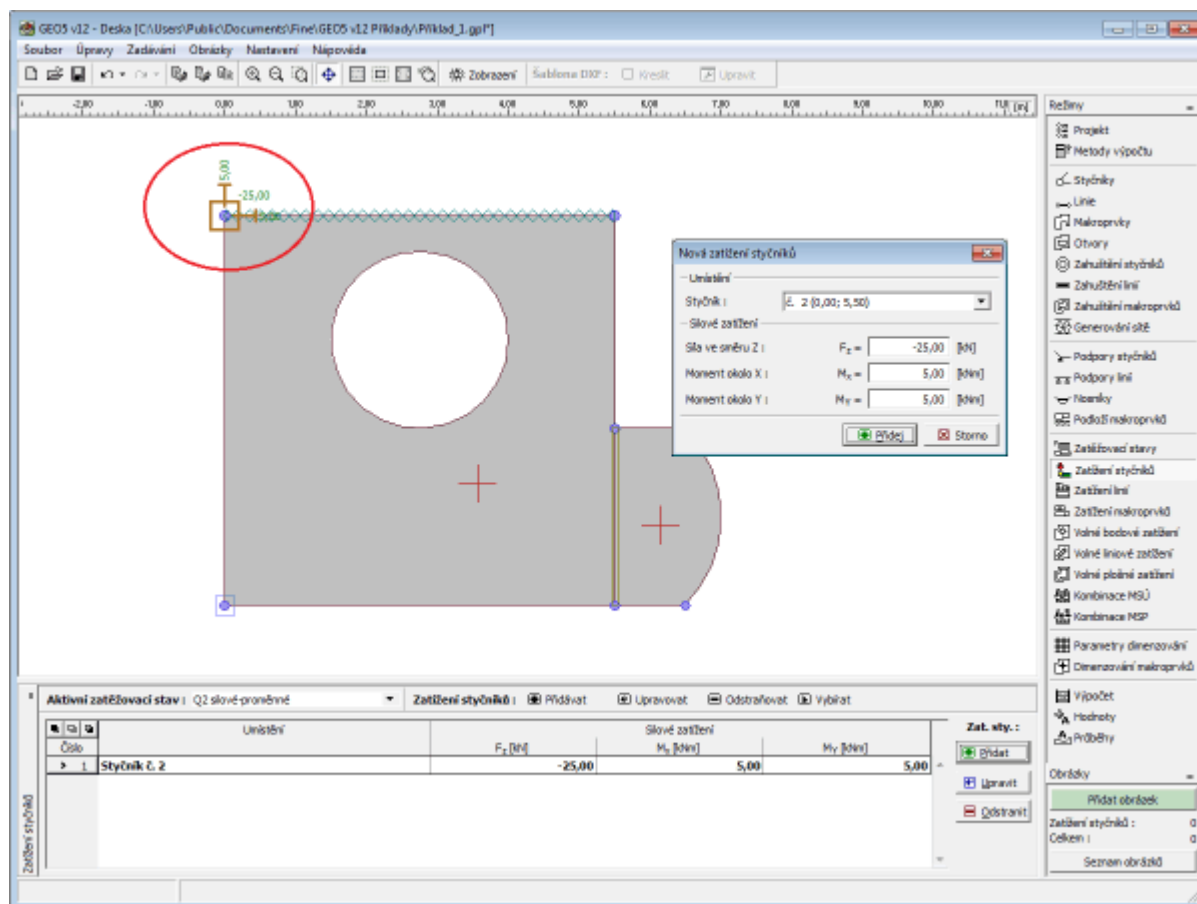
Zatížení styčníků

Rám "Zatížení styčníků" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zatížení styčníků. Každé zatížení styčníků je přiřazeno zatěžovacímu stavu a některému ze zadaných **stýčníků**. Výběr zatěžovacího stavu se provádí nad tabulkou v rozbalitelném seznamu "**Aktivní zatěžovací stav**". **Přidání** zatížení se provádí v **dialogovém okně "Nová zatížení styčníků"**.

Program umožňuje zadání silových nebo deformačních účinků.

Zadané zatížení styčníků lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

Program používá následný **souřadný systém** (znaménkovou konvenci).



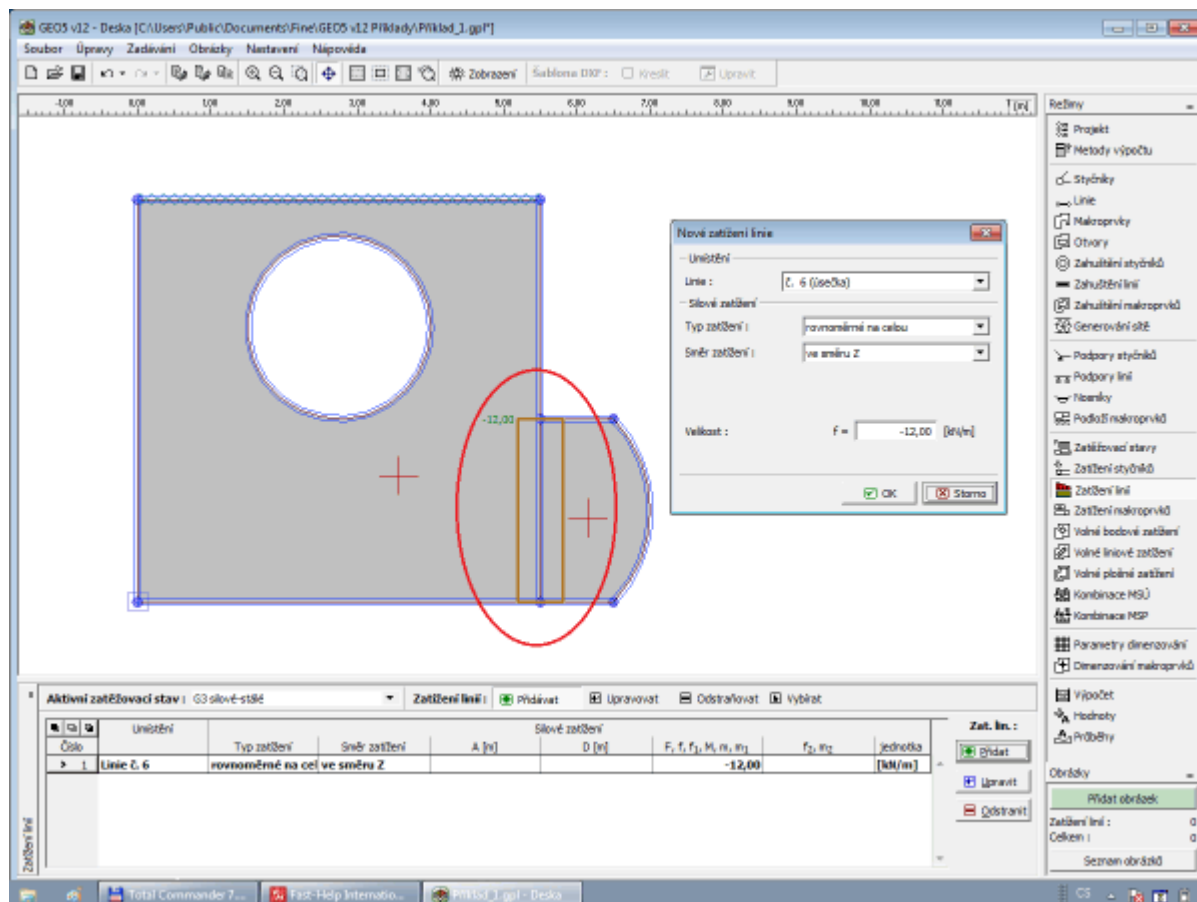
Rám "Zatížení styčníků"

Zatížení linií

Rám "Zatížení linií" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zatížení linií. Každé zatížení linií je přiřazeno zatěžovacímu stavu a některé ze zadaných **linií**. Výběr zatěžovacího stavu se provádí nad tabulkou v rozbalitelném seznamu "**Aktivní zatěžovací stav**". **Přidání** zatížení se provádí v **dialogovém okně "Nová zatížení linií"**. Program umožňuje zadání silových, deformačních nebo **teplotních** účinků.

Zadané zatížení linií lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

Program používá následný **souřadný systém** (znaménkovou konvenci).



Rám "Zatížení linií"

Zatížení teplotou

Zatížení teplotou předpokládá lineární průběh teploty mezi oběma líci desky. Tento teplotní gradient vyvolává v desce momentové zatížení:

$$m_t = \frac{E \cdot h^2 \cdot \alpha \cdot \Delta t}{12 \cdot (1 - \nu)}$$

kde:

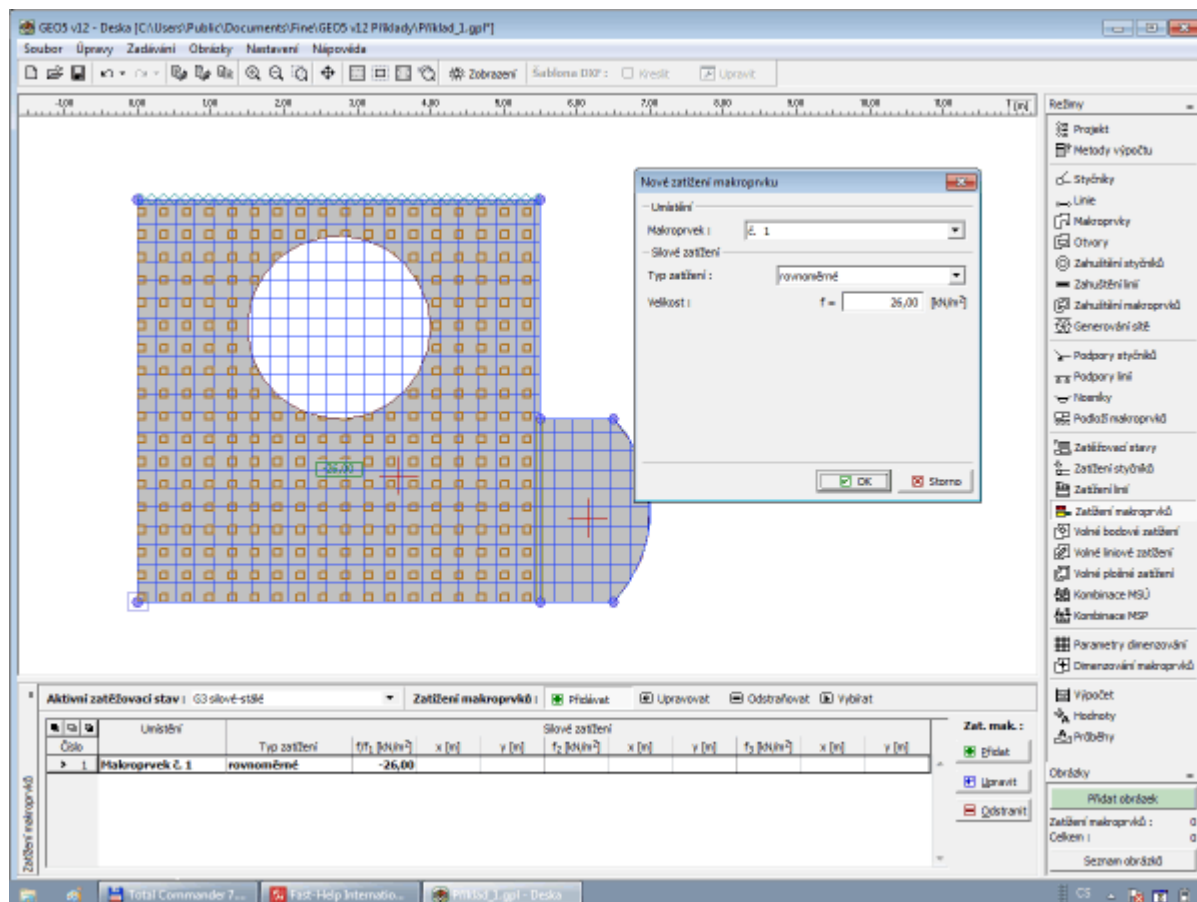
- E - modul pružnosti
- ν - Poissonovo číslo
- h - tloušťka desky
- α - součinitel teplotní roztažnosti
- Δt - rozdíl teplot

Zatížení makroprvků

Rám "Zatížení makroprvků" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zatížení makroprvků. Každé zatížení makroprvku je přiřazeno zatěžovacímu stavu a některému ze zadaných makroprvků. Výběr zatěžovacího stavu se provádí nad tabulkou v rozbalitelném seznamu "Aktivní zatěžovací stav". Přidání zatížení se provádí v dialogovém okně "Nová zatížení makroprvků". Program umožňuje zadání silových nebo teplotních účinků.

Zadané zatížení makroprvků lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Program používá následný souřadný systém (znaménkovou konvenci).



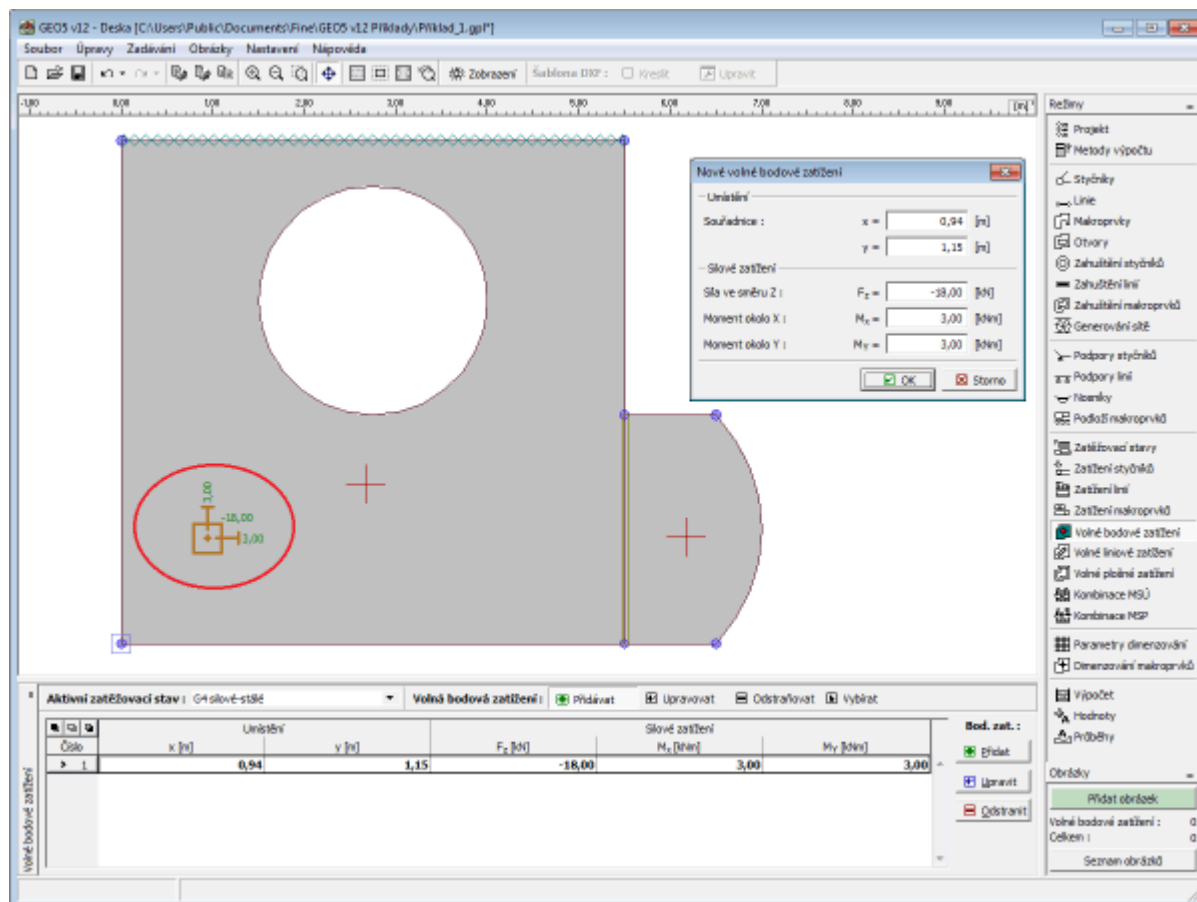
Rám "Zatížení makroprvků"

Volné bodové zatížení

Rám "Volné bodové zatížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zatížení bodů. Každé bodové zatížení je přiřazeno zatěžovacímu stavu a může být zadáno libovolně na ploše desky. Výběr zatěžovacího stavu se provádí nad tabulkou v rozbalitelném seznamu "Aktivní zatěžovací stav". Přidání zatížení se provádí v dialogovém okně "Nová volná bodová zatížení".

Zadané zatížení bodů lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Program používá následný souřadný systém (znaménkovou konvenci).



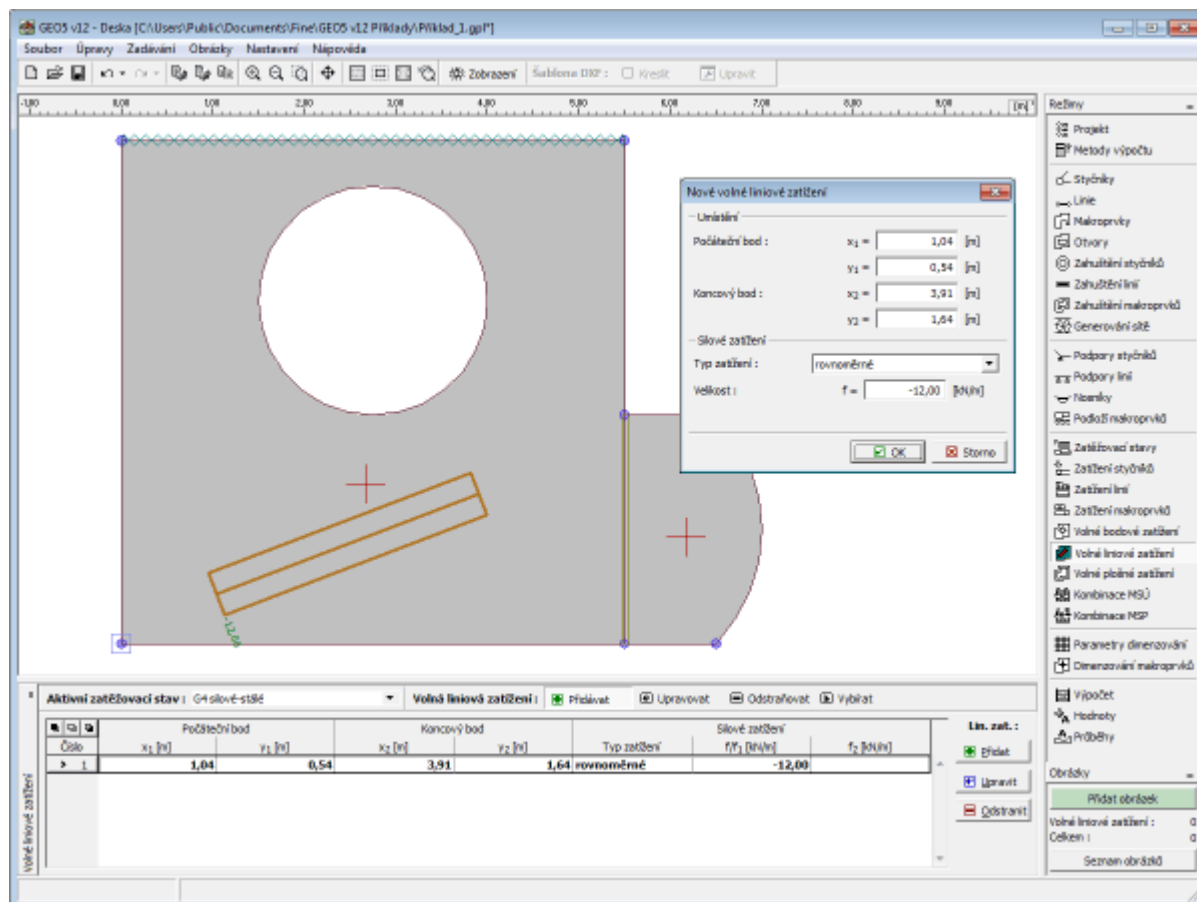
Rám "Volné bodové zatížení"

Volné liniové zatížení

Rám "Volné liniové zatížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zatížení volných linií. Každé liniové zatížení je přiřazeno zatěžovacímu stavu a může být zadáno v libovolném směru na ploše desky. Výběr zatěžovacího stavu se provádí nad tabulkou v rozbalitelném seznamu "Aktivní zatěžovací stav". Přidání zatížení se provádí v dialogovém okně "Nová volná liniová zatížení".

Zadané zatížení linií lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Program používá následný souřadný systém (znaménkovou konvenci).



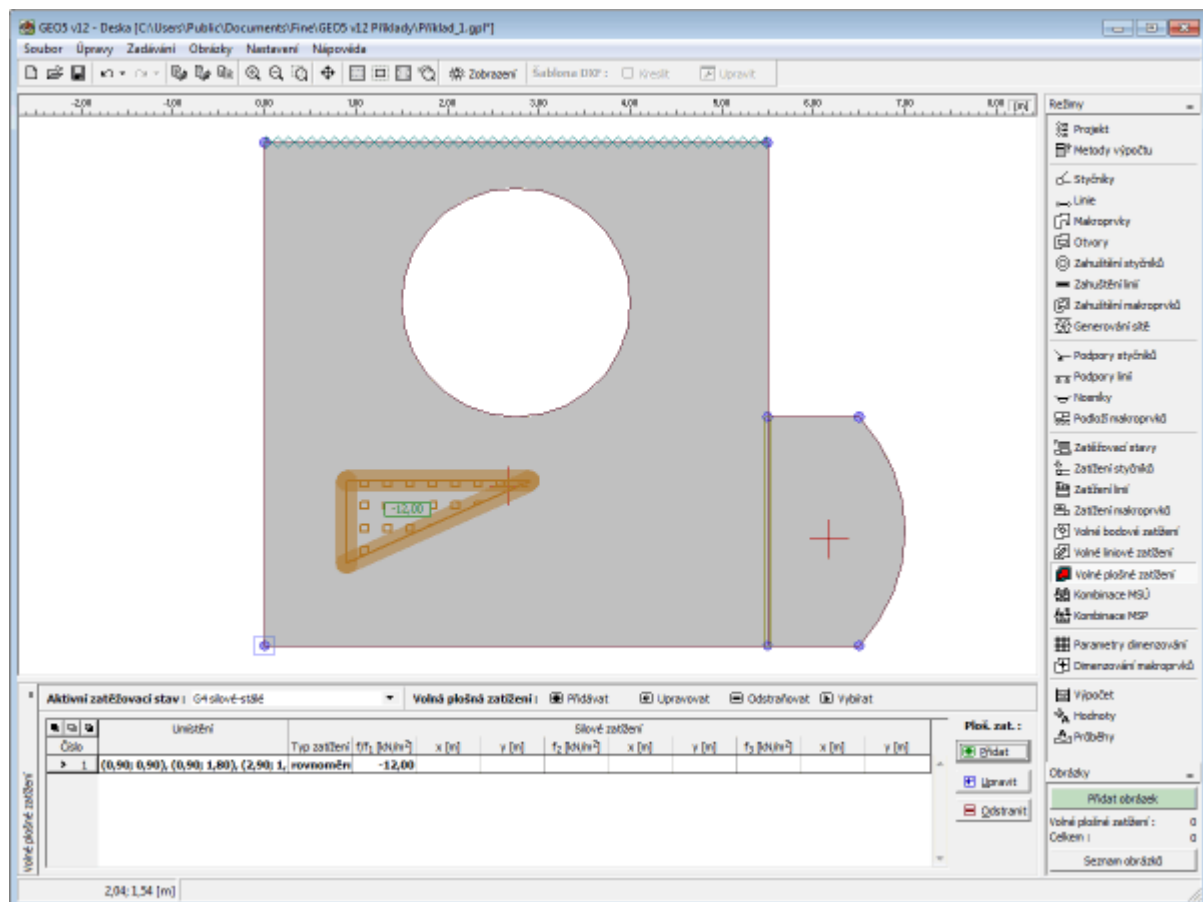
Rám "Vlné liniové zatížení"

Volné plošné zatížení

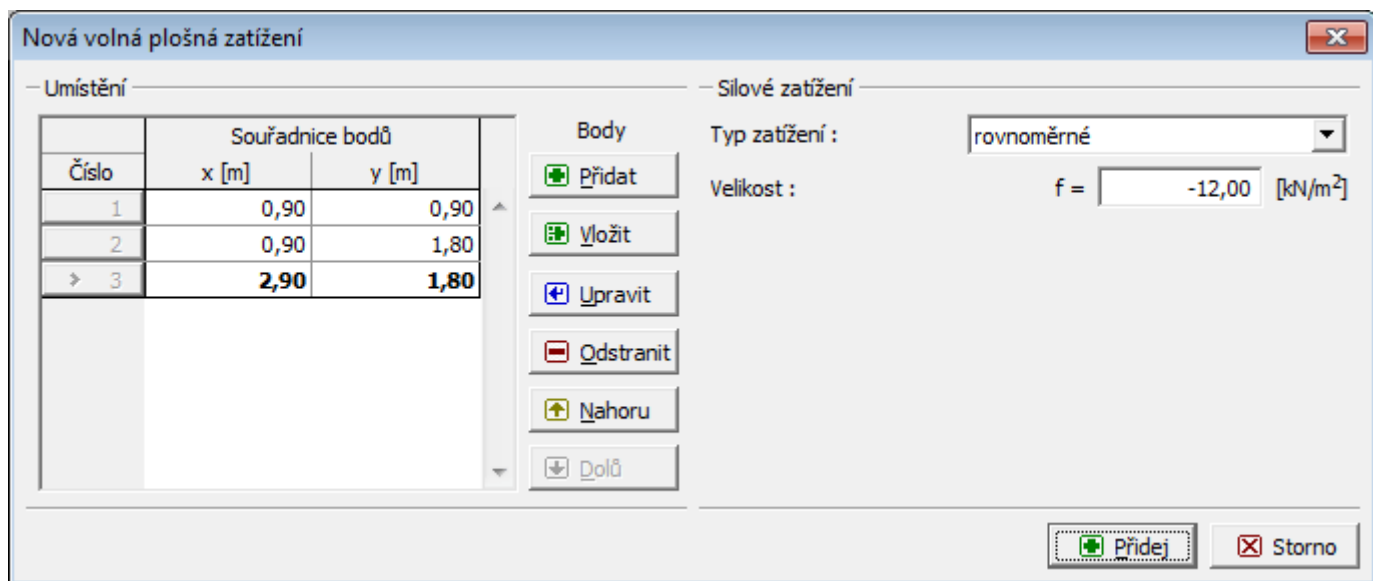
Rám "Volné plošné zatížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zatížení volných plošných zatížení. Každé volné plošné zatížení je přiřazeno zatěžovacímu stavu a může být pomocí bodů zadáno v libovolném tvaru a na libovolném místě na ploše desky. Výběr zatěžovacího stavu se provádí nad tabulkou v rozbalitelném seznamu "Aktivní zatěžovací stav". Přidání zatížení se provádí v dialogovém okně "Nová volná plošná zatížení".

Plošné zatížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Program používá následný souřadný systém (znaménkovou konvenci).



Rám "Volné plošné zatížení"

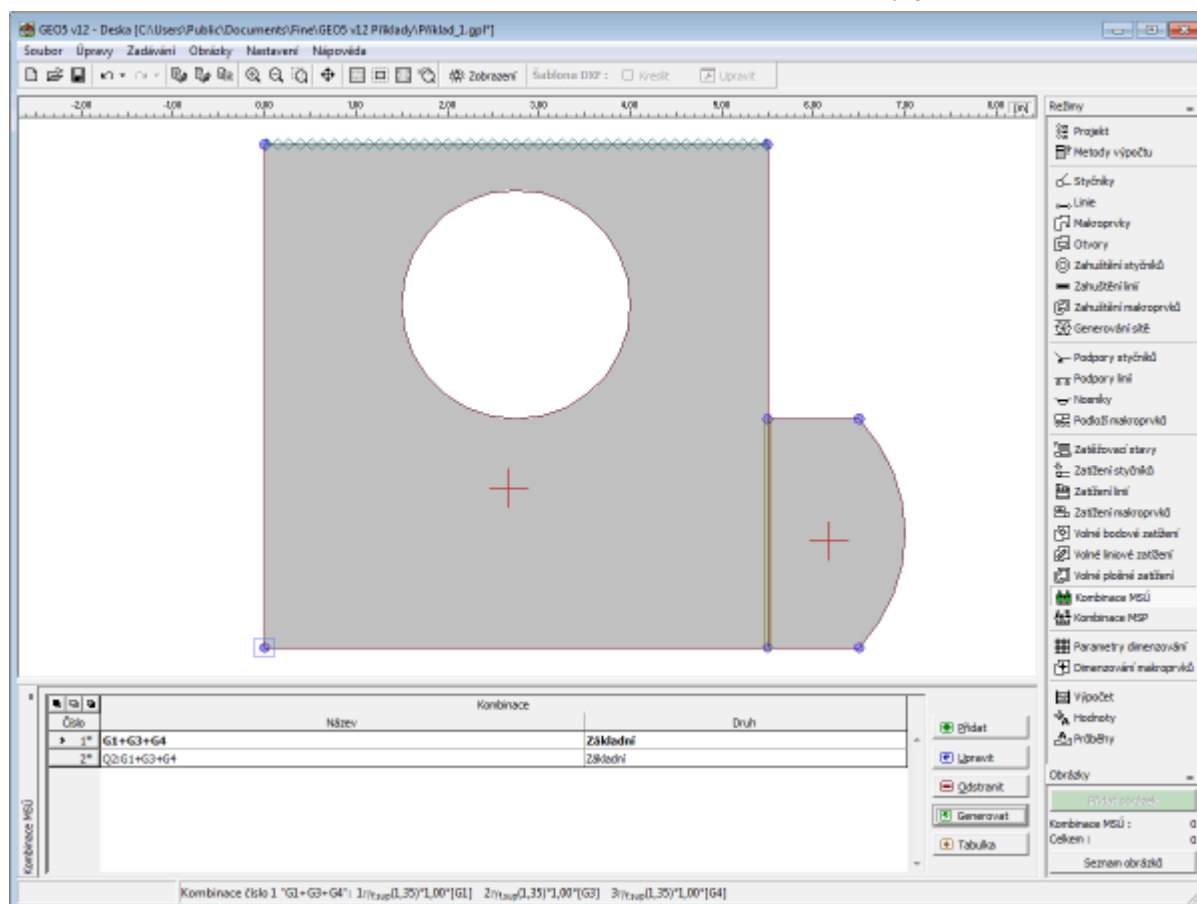


Dialogové okno "Nová volná plošná zatížení"

Kombinace MSÚ

Rám "Kombinace MSÚ" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kombinací mezního stavu únosnosti. Přidání (editace) kombinace a jejich parametrů se provádí v dialogovém okně "Nová kombinace zatěžovacích stavů". Editaci lze provádět pomocí tlačítka "Upravit", nebo kliknutím levého tlačítka myši na řádek v tabulce s požadovanou kombinací.

Program umožňuje použít pro vytvoření kombinací zabudovaný generátor kombinací zatěžovacích stavů.



Rám "Kombinace MSÚ"

Parametry kombinací MSÚ

V dialogovém okně **"Nová kombinace zatěžovacích stavů"** se zadávají následující parametry:

Název kombinace

Před polem pro zadání názvu kombinace je znázorněn stručný výpis kombinace. Všechny obsažené zatěžovací stavy jsou zaznamenány formou jejich **identifikátorů**, hlavní proměnná zatížení jsou přesunuta na začátek výpisu a oddělena od ostatních ZS dvojtečkou.

Druh kombinace (pouze pro kombinace dle EN 1990)

Pro mezní stav únosnosti lze vytvářet následující kombinace:

- Základní** - Základní kombinace dle vztahu 6.10 normy EN 1990.
- Alternativní** - Kombinace dle vztahů 6.10a a 6.10b normy EN 1990. V tomto případě se ve výpočtech uvažují dvě varianty kombinací, jedna s redukovanými stálými ZS a druhá s redukováním hlavním proměnným ZS.
- Mimořádná** - Mimořádné kombinace dle 6.11.

Výběr zatěžovacích stavů

Tabulka se zatěžovacími stavy umožňuje výběr zatěžovacích stavů, které budou zahrnuty v kombinaci. Zatěžovací stav lze do kombinace přidat zaškrtnutím políčka ve sloupci **"Uvažovat"** u příslušného ZS. Další nastavení v tabulce závisí na výběru způsobu zadávání zatížení v záložce **"Materiály a normy"**.

Zatížení podle EN 1990

Ve sloupci **"Uvažovat"** je u každého zatěžovacího stavu k dispozici i druhé zaškrťovací políčko, které umožňuje nastavit příznivé působení stálých ZS (použití součinitele γ_f , \inf) resp. zadat proměnné zatížení jako hlavní. Počet hlavních proměnných zatížení v kombinaci není omezen.

Pro kombinace druhu **"Mimořádné"** lze zadat mimořádné zatížení (výběr probíhá pouze ze zatěžovacích stavů s typem **"Mimořádné"**). U mimořádných kombinací je též nutné vybrat, zda hlavní proměnné zatížení má být redukováno součinitelem ψ_1 nebo ψ_2 .

Obecné zatížení

U každého zatěžovacího stavu lze zadat součinitel uplatnění, kterým lze upravit míru zapojení zatěžovacího stavu do kombinace.

Nová kombinace zatěžovacích stavů

Parametry kombinace

Název:

Druh:

Zatěžovací stav			Uplatnění		Součinitel
Název	Kód	Typ	Uvažovat	Součinitel	
G1 vlastní tíha-stálé	Vlastní tíha	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00
Q2 silové-proměnné	Silové	Proměnné	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
G3 silové-stálé	Silové	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00
G4 silové-stálé	Silové	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00

Mimořádné zatížení:

Součinitel pro hlavní proměnné zatížení:

Dialogové okno "Nová kombinace zatěžovacích stavů"

Generátor kombinací

Dialogové okno "**Generátor kombinací - 1. řád**" umožňuje hromadnou tvorbu kombinací zatěžovacích stavů na základě zadaných kombinačních pravidel. S ohledem na charakter normy EN 1990 může být počet generovaných kombinací poměrně velký a v extrémních případech by mohl způsobit i výrazné zpomalení programu. Z tohoto důvodu je v pravém dolním rohu zobrazována informace o předpokládaném počtu kombinací, které budou vygenerovány. Uživatel tak může ještě před spuštěním generování zjistit, kolik kombinací bude vytvořeno, a případně upravit podmínky generátoru. Horní část okna slouží k zadávání podmínek pro generování kombinací, spodní obsahuje různá nastavení generátoru.

Generátor kombinací - kombinace 1.řád

Podmínky generátoru

Vzájemně spolupůsobící zatěžovací stavy.

Vyloučené spolupůsobení zatěžovacích stavů.

Zatěžovací stavy a skupiny působící jako hlavní proměnné zatížení. ☒ Automaticky vytvářet hlavní proměnná zatížení

Spolupůsobící zatěžovací		Vyloučené vzájemné působení		Hlavní proměnná zatížení	
Počet: 4	z toho G: 3; Q: 1	Počet: 1		Počet: 1	
1	G1	1	(G1) - (G4)	1	Q2
2	Q2				
3	G3				
4	G4				

Parametry generatoru

Původní kombinace: ☒ Stálá zatížení působí pouze nepříznivě

Generovat kombinace: ☐ Všechna stálá zatížení vždy v kombinaci

Mimořádné zatížení: Součinitel pro hlavní proměnné zatížení:

Předpokládaný počet kombinací : 2

Dialogové okno "Generátor kombinací - 1.řád"

Vzájemně spolupůsobící zatěžovací stavy a skupiny

V této části je možné sloučit zatěžovací stavy, které mají vystupovat v kombinacích vždy společně. Do jedné skupiny nelze slučovat stálá a proměnná zatížení. Pokud je v Parametrech generátoru zaškrtnuté nastavení **Všechna stálá zatížení vždy v kombinaci**, nemá vytváření skupin stálých ZS vliv na výskyt v kombinacích, neboť každá vygenerovaná

kombinace bude obsahovat všechny stálé ZS. V takovém případě má slučování stálých ZS vliv pouze na uvažování příznivých/nepříznivých účinků ZS, pokud není zaškrtnuto **Stálá zatížení působí pouze nepříznivě**.

Vzájemně spolupůsobící zatěžovací stavy.

Vytvořit Rozložit

Spolupůsobící zatěžovací	
Počet: 4	z toho G: 3; Q: 1
➤ 1	G1
2	Q2
3	G3
4	G4

Dialogové okno "Generátor kombinací" - Vzájemně spolupůsobící zatěžovací stavy a skupiny

Vyloučené spolupůsobení zatěžovacích stavů

V této části lze zadat, jaké zatěžovací stavy se spolu nesmí vyskytnout v kombinaci. Navzájem lze vylučovat libovolné zatěžovací stavy či sloučené skupiny, nezávisle na typu zatěžovacího stavu. Při zadávání skupiny pro vyloučení lze využít dva způsoby zadávání:

- Vzájemné vyloučení**
- Lze zadat libovolný počet zatěžovacích stavů do jedné skupiny. Program v tomto případě nevygeneruje žádnou kombinaci, která obsahuje minimálně dva zatěžovací stavy z této skupiny.
- Vyloučení po dvojicích**
- V případě, že je nutné vytvořit větší množství vylučovacích skupin o dvou stavech, kde je jeden ZS stejný (například vyloučení montážní varianty stálých zatížení se všemi provozními zatěžovacími stavy), lze využít tuto možnost. V prvním sloupečku se vybere zatěžovací stav, který je třeba vyloučit s ostatními, v druhém pak lze vybrat libovolný počet ZS, s kterými je třeba vytvořit vylučovací skupiny.

Vyloučené spolupůsobení zatěžovacích stavů.

Přidat Upravit Odstranit

Vyloučené vzájemné působení	
Počet: 1	
➤ 1	(G1) - (G4)

Dialogové okno "Generátor kombinací" - Vyloučené spolupůsobení zatěžovacích stavů

Zatěžovací stavy a skupiny působící jako hlavní proměnné zatížení

Tato část je dostupná pouze v případě zadávání zatížení dle EN 1990(norma se volí v záložce "**Materiály a normy**"). V automatickém režimu je při vytváření kombinací každé proměnné zatížení použito jako hlavní. Pokud je vypnut automatický režim, je možné v seznamu hlavních proměnných zatížení provádět ruční úpravy. Lze například libovolný zatěžovací stav odstranit ze seznamu, takže nebude uvažován v kombinacích jako hlavní proměnné. Pokud se do seznamu přidá nová položka s více zatěžovacími stavy, budou všechny tyto zatěžovací stavy v těch kombinacích, kde se vyskytnou pohromadě, uvažovány jako hlavní.

Zatěžovací stavy a skupiny působící jako hlavní proměnné zatížení.

☒ Automaticky vytvářet hlavní proměnná zatížení

Přidat Upravit Odstranit

Hlavní proměnná zatížení	
Počet: 1	
➤ 1	Q2

Dialogové okno "Generátor kombinací" - Zatěžovací stavy a skupiny působící jako hlavní proměnné zatížení

Parametry generátoru (parametry nastavitelné v dolní části dialogového okna)

Rozbalitelný seznam "Původní kombinace"

- Ponechat původní kombinace** - Po stisknutí tlačítka "**Generuj**" program k původním kombinacím přidá nové, vytvořené dle zadaných pravidel
- Odstranit všechny kombinace** - Po stisknutí tlačítka "**Generuj**" program smaže všechny původní kombinace a nahradí je novými
- Odstranit vygenerované kombinace** - Po stisknutí tlačítka "**Generuj**" program smaže starší generované kombinace a přidá nové, vytvořené dle zadaných pravidel.
- Odstranit všechny kombinace aktuálního druhu** - Po stisknutí tlačítka "**Generuj**" program smaže všechny původní kombinace daného druhu a nahradí je novými
- Odstranit vygenerované kombinace aktuálního druhu** - Po stisknutí tlačítka "**Generuj**" program smaže starší generované kombinace daného druhu a přidá nové, vytvořené dle zadaných pravidel.

Rozbalitelný seznam "Generovat kombinace"

Pro zatížení dle EN 1990 lze zvolit následující typy generovaných kombinací:

- Základní** - Generuje základní kombinace pro mezní stav únosnosti dle vztahu 6.10 z normy EN 1990
- Alternativní** - Generuje kombinace pro mezní stav únosnosti dle vztahů 6.10a a 6.10b z normy EN 1990. Tato varianta vytváří dvojnásobný počet kombinací, avšak poskytuje lepší výsledky.
- Mimořádná** - Generuje mimořádné kombinace pro mezní stav únosnosti dle vztahu 6.11b z normy EN 1990. U mimořádných kombinací lze zadat mimořádný zatěžovací stav, který bude v těchto kombinacích použit. Zároveň je nutné určit, zda bude pro hlavní proměnné zatížení použit součinitel ψ_1 nebo ψ_2 .

Stálá zatížení působí pouze nepříznivě

Není-li toto nastavení zaškrtnuté, program vytvoří všechny možné kombinace, kde se prostřídají všechny varianty příznivého a nepříznivého zapojení stálých zatížení.

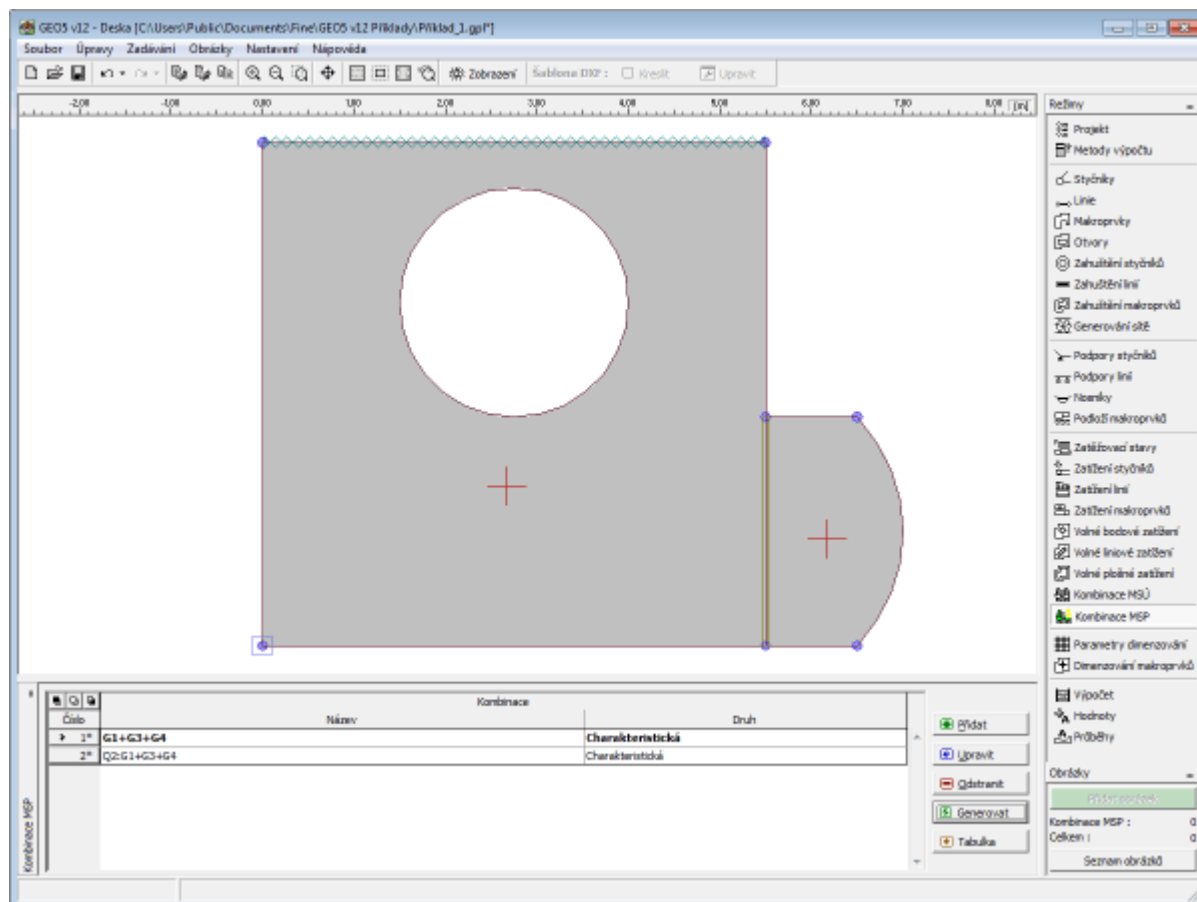
Všechna stálá zatížení vždy v kombinaci

Pokud toto nastavení není zaškrtnuté, vytvoří program kombinace tak, aby se vystřídalo postupné zapojení všech ZS do kombinace.

Kombinace MSP

Rám "Kombinace MSP" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných kombinací mezního stavu použitelnosti. Přidání (editace) kombinace a jejich **parametrů** se provádí v dialogovém okně "**Nová kombinace zatěžovacích stavů**". Editaci lze provádět pomocí tlačítka "**Upravit**", nebo kliknutím levého tlačítka myši na řádek v tabulce s požadovanou kombinací.

Program umožňuje použít pro vytvoření kombinací zabudovaný **generátor kombinací** zatěžovacích stavů.



Rám "Kombinace MSP"

Parametry kombinací MSP

Kombinace MSP slouží k posuzování stavů, které se týkají vzhledu konstrukce, pohody osob či funkce konstrukce za běžného užívání. Obvykle se jedná především o posuzování deformací, kmitání apod. V **dialogovém okně** (podobně jako v případě **kombinací pro MSÚ**) "**Nová kombinace zatěžovacích stavů**" se zadávají následující parametry:

Druh kombinace podle EN 1990

Pro mezní stavy použitelnosti lze vytvářet následující kombinace:

- Charakteristická** - kombinace dle vztahu 6.14 normy EN 1990
- Častá** - kombinace dle vztahu 6.15 normy EN 1990
- Kvazistálá** - kombinace dle vztahu 6.16 normy EN 1990

Výběr zatěžovacích stavů

Tabulka se zatěžovacími stavy umožňuje výběr zatěžovacích stavů, které budou zahrnuty v kombinaci. Zatěžovací stav lze do kombinace přidat zaškrtnutím políčka ve sloupci "**Uvažovat**" u příslušného ZS. Pro obecně zadané kombinace (volí se v záložce "**Materiály a normy**") lze zadat součinitel uplatnění, který upravuje míru zapojení zatěžovacího stavu do kombinace.

Kombinace zatěžovacích stavů č.3

Parametry kombinace

Název:

☒ **Povolit úpravu vygenerované kombinace**

Druh:

Zatěžovací stav			Uplatnění		Součinitel
Název	Kód	Typ	Uvažovat		
G1 vlastní tíha-stálé	Vlastní tíha	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00
Q2 silové-proměnné	Silové	Proměnné	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
G3 silové-stálé	Silové	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00
G4 silové-stálé	Silové	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00

☒ OK ☐ Storno

Dialogové okno "Nová kombinace zatěžovacích stavů"

Generátor kombinací

Dialogové okno "**Generátor kombinací - 1. řád**" umožňuje hromadnou tvorbu kombinací zatěžovacích stavů pro mezní stavy použitelnosti. Funkce generátoru kombinací jsou vysvětleny v části věnované **generátoru kombinací pro mezní stav únosnosti**.

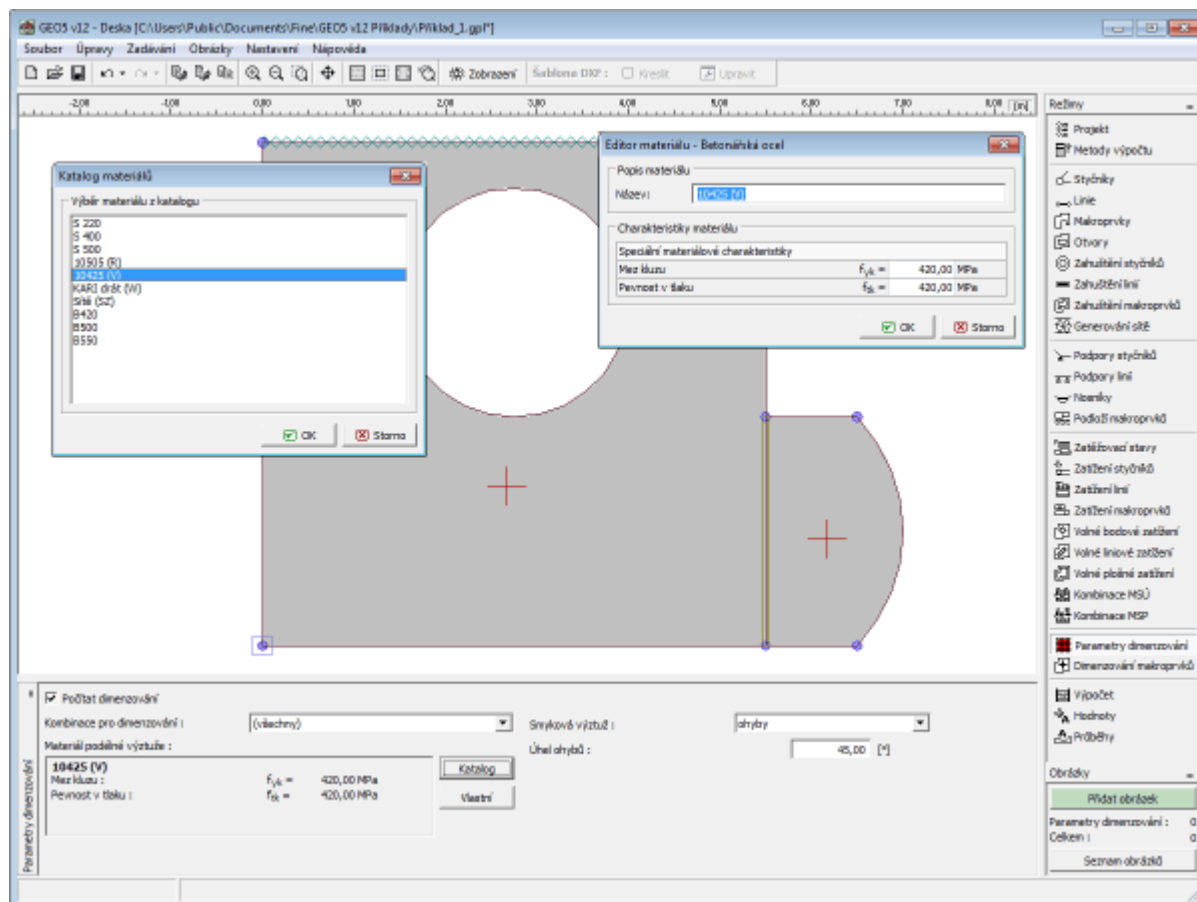
Je-li v záložce "**Materiály a normy**" zvoleno zadávání zatížení dle EN 1990, je možné pro mezní stav použitelnosti generovat následující typy kombinací:

- Charakteristická** - kombinace dle vztahu 6.14 normy EN 1990
- Častá** - kombinace dle vztahu 6.15 normy EN 1990
- Kvazistálá** - kombinace dle vztahu 6.16 normy EN 1990

Parametry dimenzování

V rámu "**Parametry dimenzování**" se zadávají údaje potřebné pro dimenzování **podélné** a **smykové výztuže**. Zadává se **číslo kombinace** (popř. všechny kombinace) pro kterou bude výztuž počítána. Materiál podélné výztuže lze volit z "**Katalogu materiálů**", nebo lze zadat vlastní charakteristiky výztuže v "**Editoru materiálu**". Smyková výztuž se zadává jako **ohyby**, nebo **třmínky** (u ohybů se zadává jejich úhel).

V případě výpočtu **dimenzování** program generuje hodnoty následujících **veličin**. Výpočet je proveden podle normy nastavené v záložce "**Materiály a normy**".



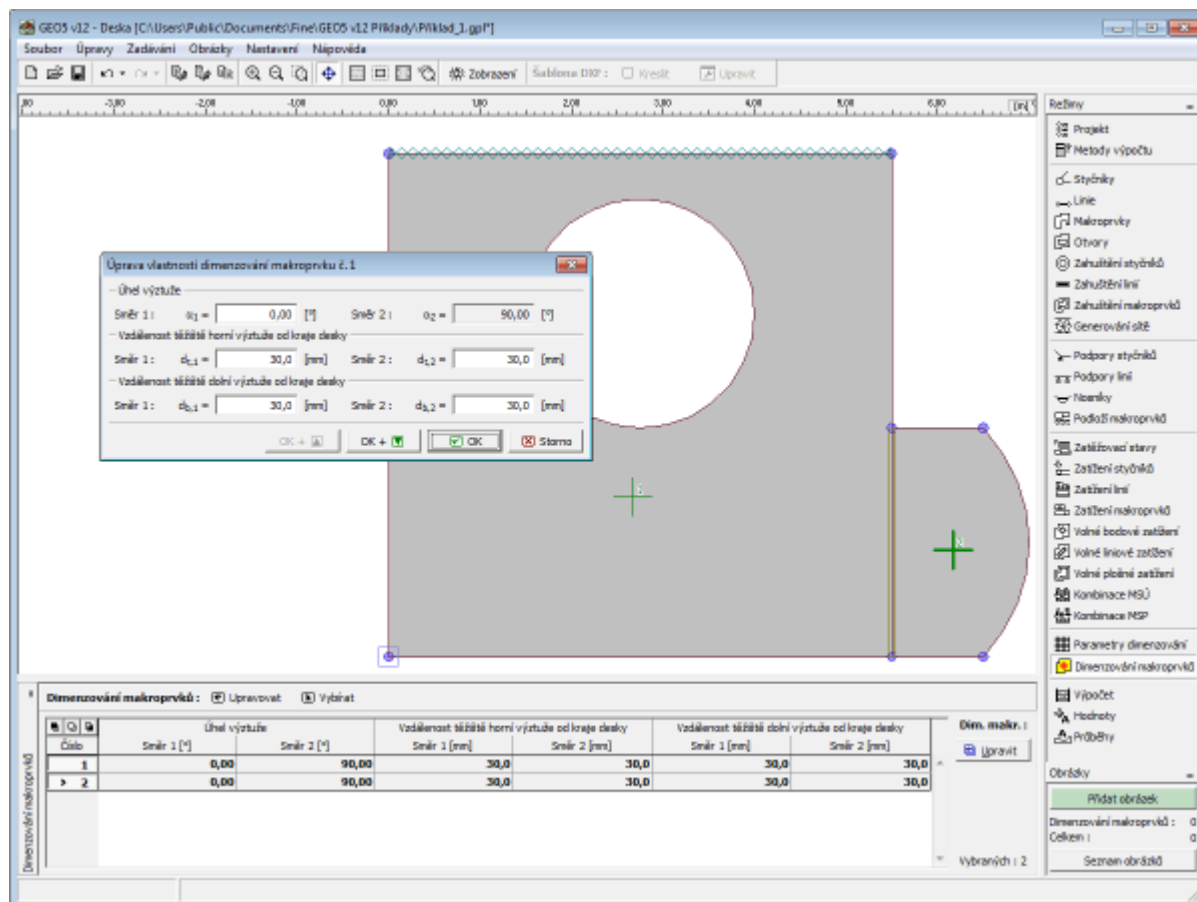
Rám "Parametry dimenzování"

Dimenzování makroprvků

Rám "Dimenzování makroprvků" obsahuje tabulku se seznamem zadaných makroprvků. Editace vlastností výztuže (lze měnit směr výztuže a vzdálenost těžiště horní a dolní výztuže od kraje desky), se provádí v dialogovém okně "Úprava vlastností dimenzování makroprvků".

V případě výpočtu dimenzování program generuje hodnoty následujících veličin. Výpočet je proveden podle normy nastavené v záložce "Materiály a normy".

Zadané dimenzování makroprvků lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.



Rám "Dimenzování makroprvků"

Výpočet

V rámu "Výpočet" jsou zobrazeny **výsledky** výpočtu. **Výpočet je proveden** pomocí metody konečných prvků. Výpočet **dimenzování** je proveden podle normy nastavené v záložce "Materiály a normy".

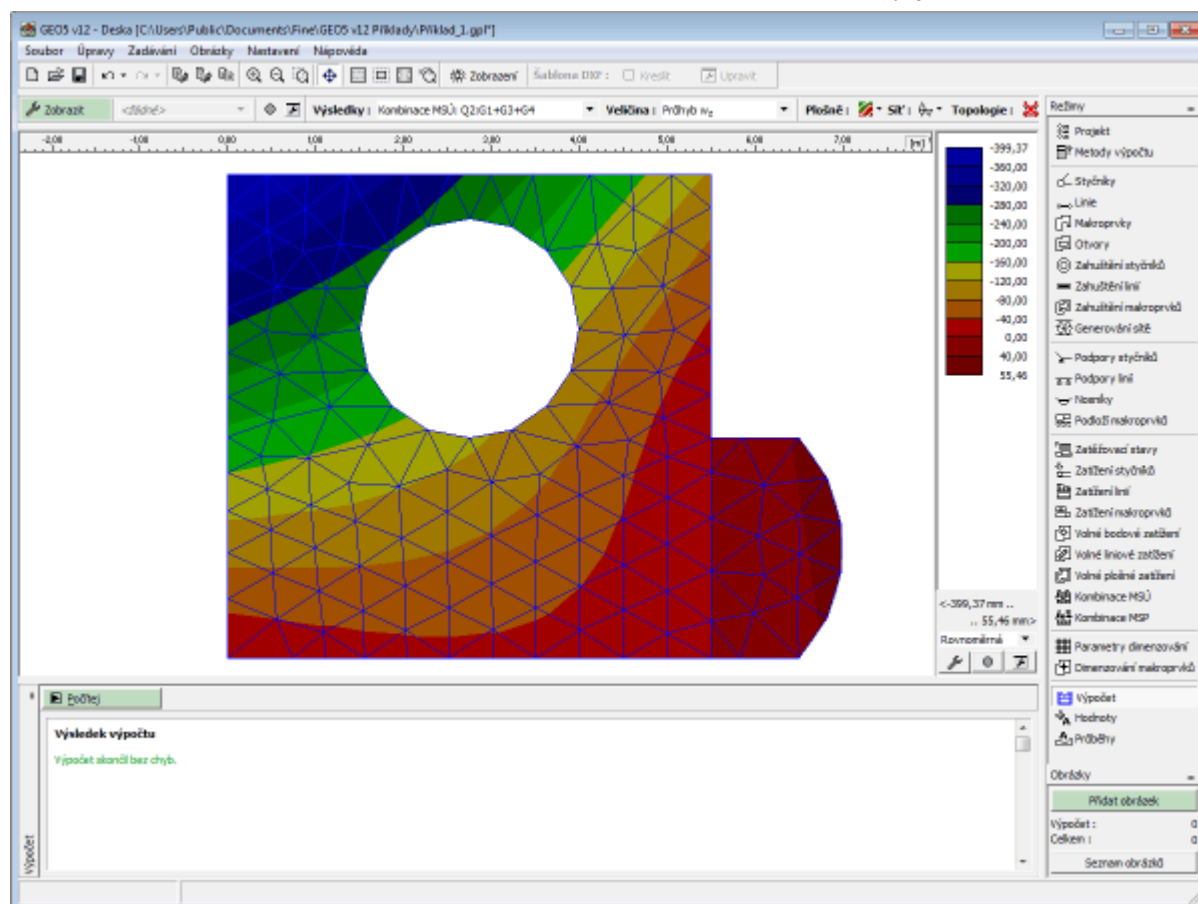
Výpočet můžeme kdykoliv přerušit stisknutím tlačítka "Přeruš".

Po skončení výpočtu se zobrazí **výsledky** a informace o skončeném výpočtu. Informace o průběhu výpočtu a jeho výsledku (s případným hlášením chyb) jsou vypsány v okně ve spodní části rámu. Hlavním výstupním prostředkem je ale zobrazení výsledků na obrazovce. K ovládání zobrazení je určena **nástrojová lišta** v horní části obrazovky, umožňující nastavit zobrazení kresby a vykreslení výstupních veličin.

V pravé části desktopu je vykreslena **barevná škála**, pod kterou jsou umístěna tlačítka pro **nastavení barevné škály**.

Program používá následný **souřadný systém** (znaménkovou konvenci).

Zobrazení kresby lze měnit v dialogovém okně "Nastavení stylu zobrazení".



Rám "Výpočet" - zobrazení po provedení výpočtu

Postup výpočtu

Po sestavení globální matice tuhosti s respektováním uložení konstrukce (pevné, volné či pružné uložení ve styčnicích či podél linií, pružné podloží) a výpočtu pravých stran ze zatížení se výsledná soustava rovnic řeší Choleskyho metodou rozkladu na horní a dolní trojúhelníkovou matici. Využívá se přitom skutečnosti, že MKP poskytuje symetrickou a pásovou soustavu lineárních rovnic. Z primárních hodnot neznámých w_z , φ_x a φ_y v uzlech se poté vypočtou vnitřní síly m_x , m_y , m_{xy} , v_x a v_y a odvozené veličiny m_1 , m_2 jakož i hodnoty reakcí v podporách.

2D-prvky

Pro kvalitu výsledků výpočtu deskového problému metodou konečných prvků je podstatná volba typu prvků. V programu byla zvolena deformační varianta MKP s trojúhelníkovými a čtyřúhelníkovými prvky označovanými jako DKMT a DKMQ (Discrete Kirchhoff-Mindlin Triangle and Quadrilateral).

Formulace prvků je založena na diskretní Kirchhoffově teorii ohybu tenkých desek, kterou lze považovat za zvláštní případ Mindlinovy teorie tlustých desek vycházející z těchto předpokladů:

- stlačení desky ve směru z je zanedbatelné vzhledem k absolutní hodnotě posunu W_z
- normály ke střednicové rovině desky zůstávají i po deformaci přímé, nejsou však již kolmé ke střednicové ploše desky
- normálové napětí σ_z je malé ve srovnání s napětími σ_x , σ_y

Prvky DKMT a DKMQ mají 9 resp. 12 stupňů volnosti - v každém uzlu vystupují tři nezávislé proměnné:

W_z - pružný průhyb ve směru osy z

φ_x - pootočení kolem osy x

φ_y - pootočení kolem osy y

Prvky vyhovují těmto kritériím:

- matice tuhosti má správnou hodnotu (nevznikají deformační stavy s nulovou energií)
- splňují tzv. patch test
- jsou vhodné pro výpočet tenkých i tlustých desek
- mají dobré konvergenční vlastnosti
- jsou výpočtově nenáročné

Při volbě typu sítě lze mírně preferovat čtyřúhelníkové prvky, které mají za předpokladu kvalitně vygenerované sítě

obecně lepší vlastnosti než trojúhelníkové.

1D-prvky

Deska může být vyztužena nosíky, pro něž je implementován jednorozměrný roštový prvek s posunutími W_z , ϕ_x a ϕ_y a výslednými vnitřními silami M_1 , M_2 a V_3 (torzní, ohybový moment a posouvající síla), který je kompatibilní s deskovými prvky (podrobnosti v literatuře). Nosník je charakterizován momenty setrvačnosti I_t a I_2 (torze, ohyb), plochou A a smykovou plochou A_s . Tyto průřezové charakteristiky je možné v programu dopočítat podle typu průřezu z jeho geometrických rozměrů. Ve výpočtu se pro nosníky vytvoří lokální matice tuhosti 6×6 , které se uplatní v globální matici tuhosti konstrukce.

Literatura:

I. Katili, A new discrete Kirchhoff-Mindlin element based on Mindlin-Reissner plate theory and assumed shear strain fields - part I: An extended DKT element for thick-plate bending analysis, Int. J. Numer. Meth. Engng., Vol. 36, 1859-1883 (1993).

I. Katili, A new discrete Kirchhoff-Mindlin element based on Mindlin-Reissner plate theory and assumed shear strain fields - part II: An extended DKQ element for thick-plate bending analysis, Int. J. Numer. Meth. Engng., Vol. 36, 1885-1908 (1993).

Z. Bittnar, J. Šejnoha, Numerické metody mechaniky, ČVUT, Praha, 1992.

Výsledky

Zobrazení a interpretace výsledků je jednou z nejdůležitějších částí programu.

Nastavením na **nástrojové liště** lze zobrazit **veličiny** (pružný průhyb, momenty, natočení) pro libovolný zatěžovací stav, nebo kombinaci ZS, příp. **veličiny pro dimenzování** (hodnoty nutných ploch vyztuží spočtené podle normy zvolené v záložce "**Materiály a normy**").

Výpočet hodnot v uživatelsky definovaných bodech, nebo na liniích, lze nastavit v rámech "**Hodnoty**", resp. "**Průběhy**".

Program umožňuje několik základních typů grafických výstupů, které se definují v dialogovém okně "**Deska - nastavení zobrazení výsledků**".

- vykreslovat konstrukci
- plošné zobrazení veličin
- zobrazení sítě konečných prvků
- zobrazení rastru
- zobrazení průběhů
- zobrazení hodnot na ploše
- zobrazení směrů momentů a reakcí

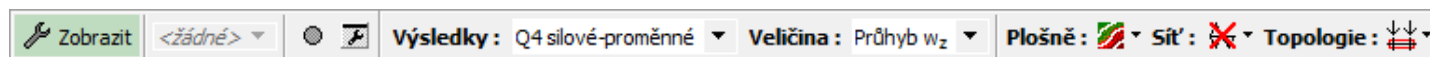
Pro snadné přepínání zobrazovaných veličin, způsobu vykreslování a práci s výstupy je určena nástrojová lišta "**Výsledky**" v horní části obrazovky. V pravé části desktopu je umístěna stupnice škály barev, a pod ní je umístěna nástrojová lišta "**Škála barev**", která slouží k jejímu nastavení.

Protože nastavení výstupů je někdy velice časově náročné, obsahuje program komfortní systém **ukládání a správy nastavení**.

Veškeré výstupy a zvolené výsledky lze tisknout v **protokolu o výpočtu**.

Nástrojová lišta - Výsledky

Nástrojová lišta obsahuje následující ovládací prvky:



Nástrojová lišta "Nastavení zobrazení grafických výsledků"

Funkce jednotlivých prvků jsou následující:

	Nastavení zobrazení	• otevře dialogové okno " Deska - Nastavení zobrazení výsledků ", ve kterém lze upřesnit zobrazení výsledků na desktopu
	Seznam pohledů	• rozbalitelný seznam obsahuje názvy uživatelem uložených pohledů
	Uložení pohledu	• uloží aktuální pohled desktopu obrazovky, v dialogovém okně lze zadat název pohledu
	Správce pohledů	• otevře dialogové okno " Správce pohledů ", ve kterém lze upravovat (mazat, měnit pořadí, přejmenovávat) uložené pohledy

Výsledky : Q4 silové-proměnné	Hodnoty pro zatěžovací stavy a kombinace zatěžovacích stavů (MSÚ, MSP), nebo obálek (MSÚ, MSP), příp. dimenzování	• zobrazí spočtené hodnoty, a to buď pro jednotlivé zatěžovací stavy, kombinace zatěžovacích stavů (MSÚ, MSP), nebo obálek (MSÚ, MSP), příp. dimenzování
Veličina : Průhyb w_z	Typ veličiny	• zobrazí vybrané veličiny výpočtu (vnitřní síly a deformace nebo dimenzování)
Plošně :	Plošné zobrazení	• umožňuje zapnout/vypnout zobrazení izolinií a izoploch v kresbě na desktopu
Sít' :	Sít'	• umožňuje zapnout/vypnout typ zobrazení sítě (pouze hrany, nebo dle nastavení v dialogovém okně " Deska - Nastavení zobrazení výsledků ")
Topologie :	Zobrazení topologie	• umožňuje zobrazení topologie konstrukce

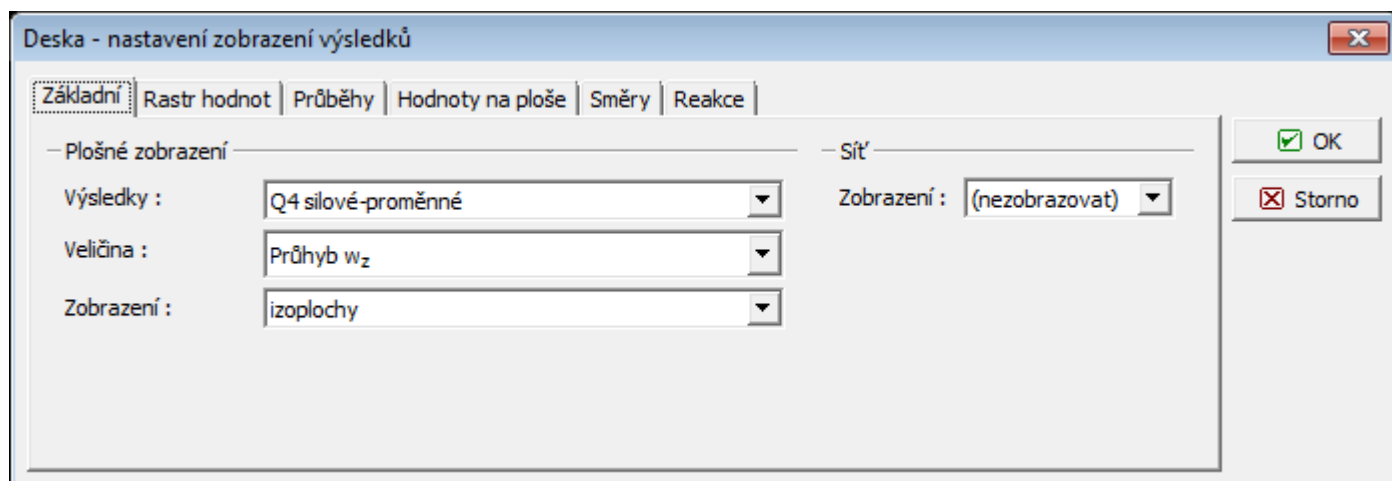
Nástrojová lišta obsahuje **nejčastěji používané ovládací prvky**, potřebné ke zobrazení výsledků na desktopu. Detailní nastavení zobrazení výsledků obsahuje dialogové okno "**Deska - Nastavení zobrazení výsledků**", ve kterém lze upravit zobrazení výsledků na desktopu.

Výsledky lze stejně jako u ostatních programů GEO5 ukládat a tisknout. Zobrazení kresby lze také měnit v dialogovém okně "**Nastavení kreslení**".

Nastavení zobrazení výsledků

V dialogovém okně "**Deska - nastavení zobrazení výsledků**" se nastavuje jaké hodnoty a jakým způsobem se budou vykreslovat. Jednotlivá zadaná nastavení lze později **ukládat** pomocí nástrojové lišty "**Výsledky**".

V záložce "**Základní**" se nastavují základní parametry zobrazení výsledků, plošných veličin a sítě - v dalších záložkách pak lze definovat zobrazení dalších výstupů.



Dialogové okno "Deska - Nastavení zobrazení výsledků" - záložka "Základní"

Seznam veličin

Seznam veličin zobrazovaných programem pro jednotlivé zatěžovací stavy, kombinace zatěžovacích stavů (MSÚ, MSP), nebo obálek (MSÚ, MSP)

Veličina	Jednotka	Popis
Průhyb w_z	[mm]	Pružná deformace ve směru osy Z
Natočení φ_x	[mrad]	Natočení ve směru osy X
Natočení φ_y	[mrad]	Natočení ve směru osy Y
Moment m_x	[kNm/m]	Hodnota momentu okolo osy Y
Moment m_y	[kNm/m]	Hodnota momentu okolo osy X
Moment m_{xy}	[kNm/m]	Hodnota momentu
Pos. síla V_x	[kN/m]	Hodnota posouvající síly ve směru osy X
Pos. síla V_y	[kN/m]	Hodnota posouvající síly ve směru osy Y
Moment m_1	[kNm/m]	Hodnota hlavního (extrém) momentu
Moment m_2	[kNm/m]	Hodnota hlavního (extrém) momentu

Pos. síla V_{max}	[kN/m]	Hodnota posouvající (extrém) síly
Kontaktní napětí σ	[kN/m ²]	Hodnota kontaktního napětí

Seznam veličin dimenzování

Pro výpočet **dimenzování** je nejprve nutné vybrat možnost "**Počítat dimenzování**" v rámu "**Parametry dimenzování**". Zobrazení hodnot pro dimenzování lze nastavit na nástrojové liště "**Výsledky**". Značení veličin (zejména indexů proměnných) se mění v závislosti na nastavení norem pro dimenzování betonových a ocelových konstrukcí v záložce "**Materiály a normy**".

Seznam veličin zobrazovaných programem pro dimenzování

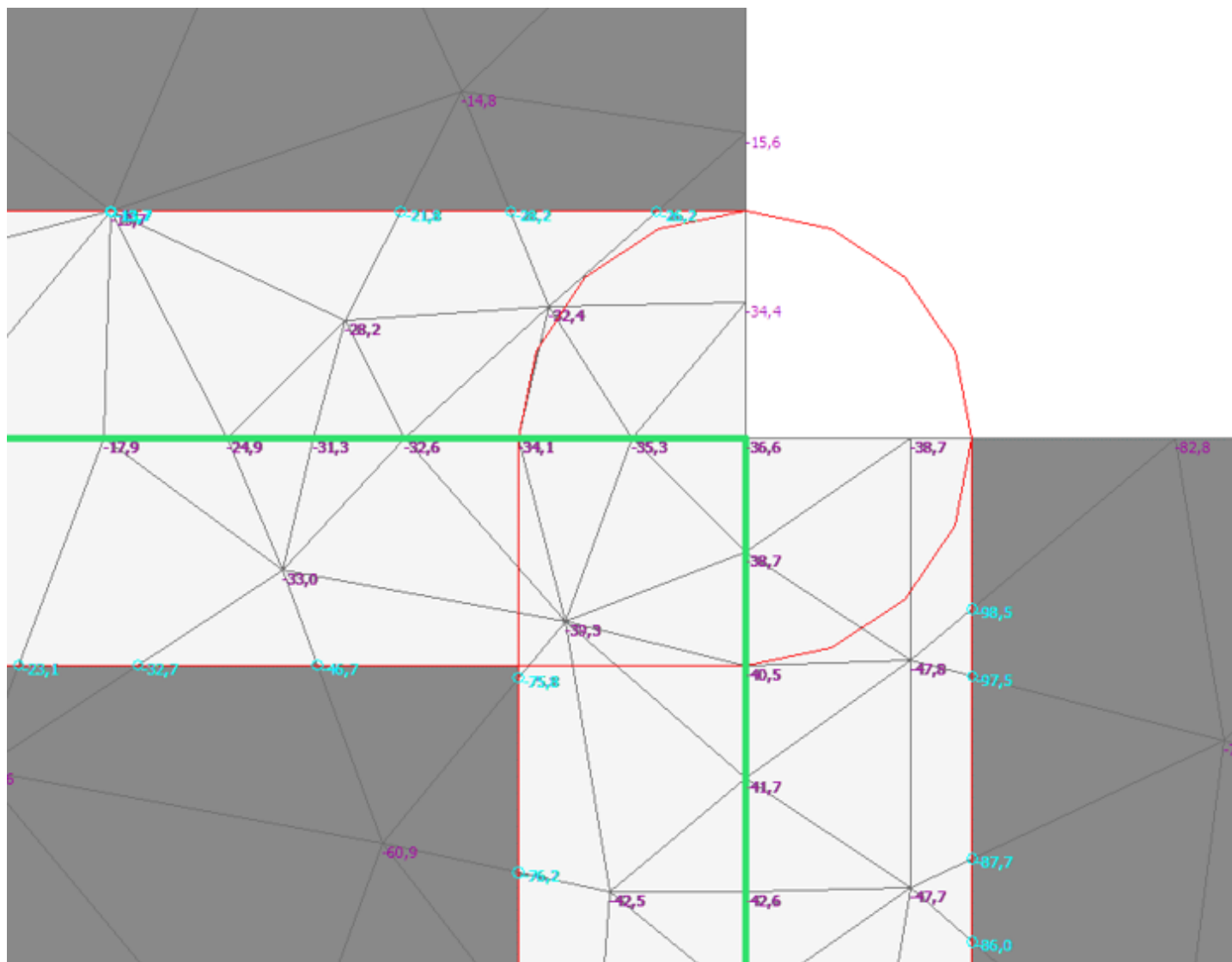
Veličina	Jednotka	Popis
Moment $M_{dim1, min}$	[kNm/m]	Minimální dimenzační moment ve směru výztuže 1
Moment $M_{dim1, max}$	[kNm/m]	Maximální dimenzační moment ve směru výztuže 1
Moment $M_{dim2, min}$	[kNm/m]	Minimální dimenzační moment ve směru výztuže 2
Moment $M_{dim2, max}$	[kNm/m]	Maximální dimenzační moment ve směru výztuže 2
Plocha výztuže A_{u1}	[mm ² /m]	Plocha horní výztuže ve směru 1
Plocha výztuže A_{b1}	[mm ² /m]	Plocha dolní výztuže ve směru 1
Plocha výztuže A_{u2}	[mm ² /m]	Plocha horní výztuže ve směru 2
Plocha výztuže A_{b2}	[mm ² /m]	Plocha dolní výztuže ve směru 2
Stupeň vyztužení μ_{h1}	[%]	Stupeň vyztužení horní výztuže ve směru 1
Stupeň vyztužení μ_{d1}	[%]	Stupeň vyztužení dolní výztuže ve směru 1
Stupeň vyztužení μ_{h2}	[%]	Stupeň vyztužení horní výztuže ve směru 2
Stupeň vyztužení μ_{d2}	[%]	Stupeň vyztužení dolní výztuže ve směru 2
Posouvající síla V_{Ed}	[kN/m]	Dimenzační posouvající síla
Plocha výztuže $A_{b, nut}$	[mm ² /m ²]	Nutná plocha smykové výztuže
Posouvající síla $V_{Rd, c}$	[kN/m]	Únosnost průřezu na smyk bez smykové výztuže
Posouvající síla $V_{Rd, max}$	[kN/m]	Maximální únosnost průřezu na smyk

Redukce dimenzačních momentů

Pro redukci dimenzačních momentů nad podporami zapneme v rámu "**Nastavení**" přepínač "**Zadávat rozměry podpor a redukovat dimenzační momenty**". Tím se pak ve vlastnostech jednotlivých podpor ("**Podpory styčníků**", "**Podpory linií**") zobrazí oddíl "**Geometrie podpory**" a ve výpočtu provede redukce dimenzačních momentů.

Interpretace ve výpočtu

Program provede redukci dimenzačních momentů v oblastech vymezených geometrií podpor.



- Sloučí se oblasti definované geometrií jednotlivých podpor, které se překrývají nebo dotýkají
- Napočtou se hodnoty ležící na hranici sloučených oblastí
- Hodnoty v uzlech sítě uvnitř sloučených oblastí se omezí hodnotou, která je spočtena z hraničních hodnot tak, že nejvyšší váhu mají nejbližší hraniční hodnoty
- Omezují se hodnoty dimenzačních momentů a posouvající síly

Omezující hodnota

Omezující hodnotu spočteme podle vzorce:

$$v_{\text{lim}}(xy) = \frac{\sum_{i=1}^N k_i(xy) v_i}{\sum_{j=1}^N k_j(xy)}$$

kde:

$$k_i(xy) = \frac{1}{(d(xy, xy_i))^{16}}$$

- kde:
- $v_{\text{lim}}(xy)$ - omezující hodnota v počítaném bodě xy
 - N - počet hraničních bodů
 - v_i - hodnota v hraničním bodě
 - $d(xy, xy_i)$ - vzdálenost počítaného bodu od hraničního

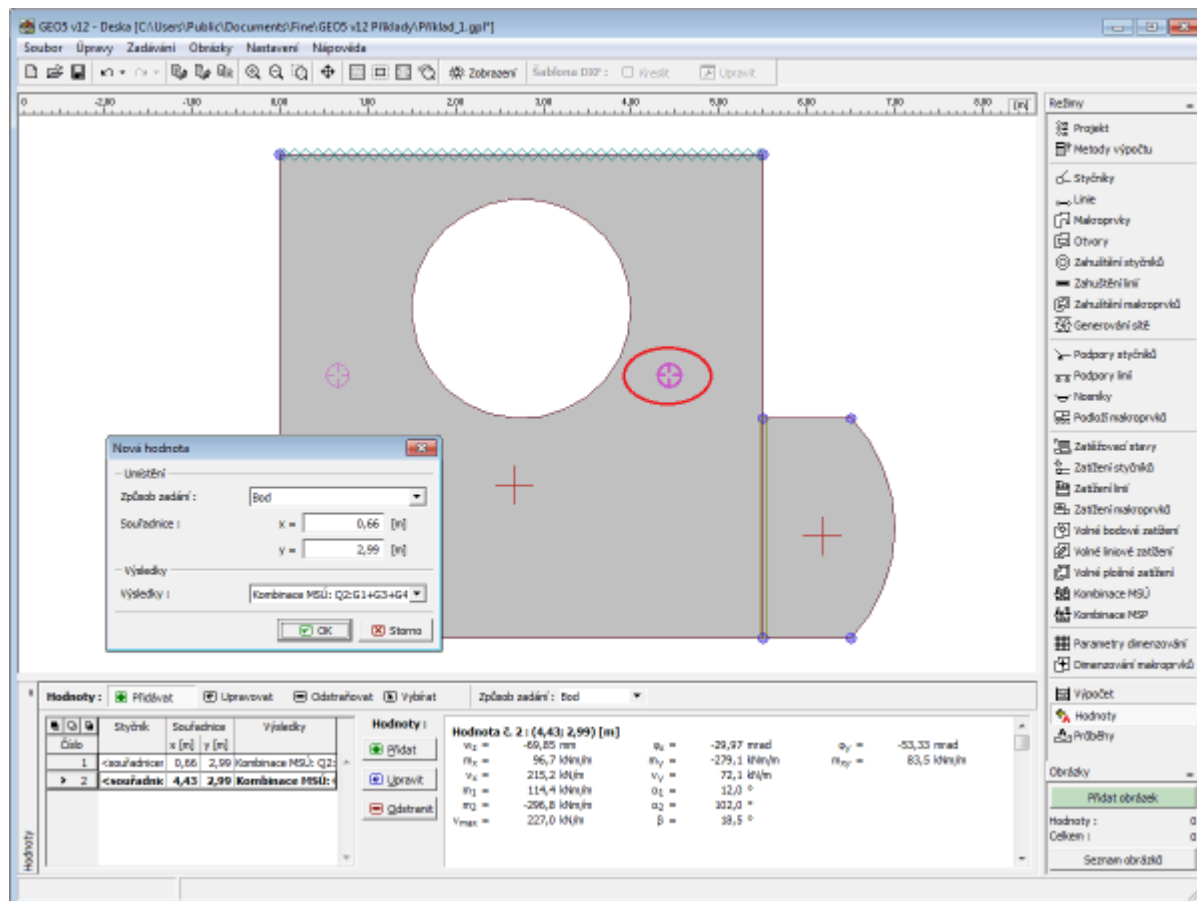
Hodnoty

V rámu "Hodnoty" lze definovat body (popř. styčníky) libovolně umístěné na ploše desky. Pro tyto styčníky (body) je možné zobrazit **veličiny** (průhyb, momenty, natočení) pro libovolný zatěžovací stav, nebo kombinaci ZS, příp. **veličiny pro dimenzování** (hodnoty nutných ploch výztuží spočtené podle normy zvolené v záložce "Materiály a normy").

Rám obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných bodů (styčníků). **Přidání** se provádí v **dialogovém okně "Nové hodnoty"**. V dialogovém okně se zadává způsob zadání (bod, styčník), souřadnice a pro jaký zatěžovací stav, kombinaci nebo dimenzování mají být výsledky veličin zobrazeny. Hodnota v podepřeném styčníku udává reakci v podpoře.

Ve výpočtu **dimenzování** mohou být některé hodnoty veličin označeny znakem [*]. V tomto případě je nutná plocha výztuže navržena na minimální stupeň vyztužení. Je-li bod umístěn na hranici dvou makroprvků, program zobrazí dvě sady hodnot veličin pro dimenzování.

Zadané hodnoty lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**. Hodnoty pro styčníky (body) v tabulce se zobrazují v pravé části rámu.



Rám "Hodnoty"

Průběhy

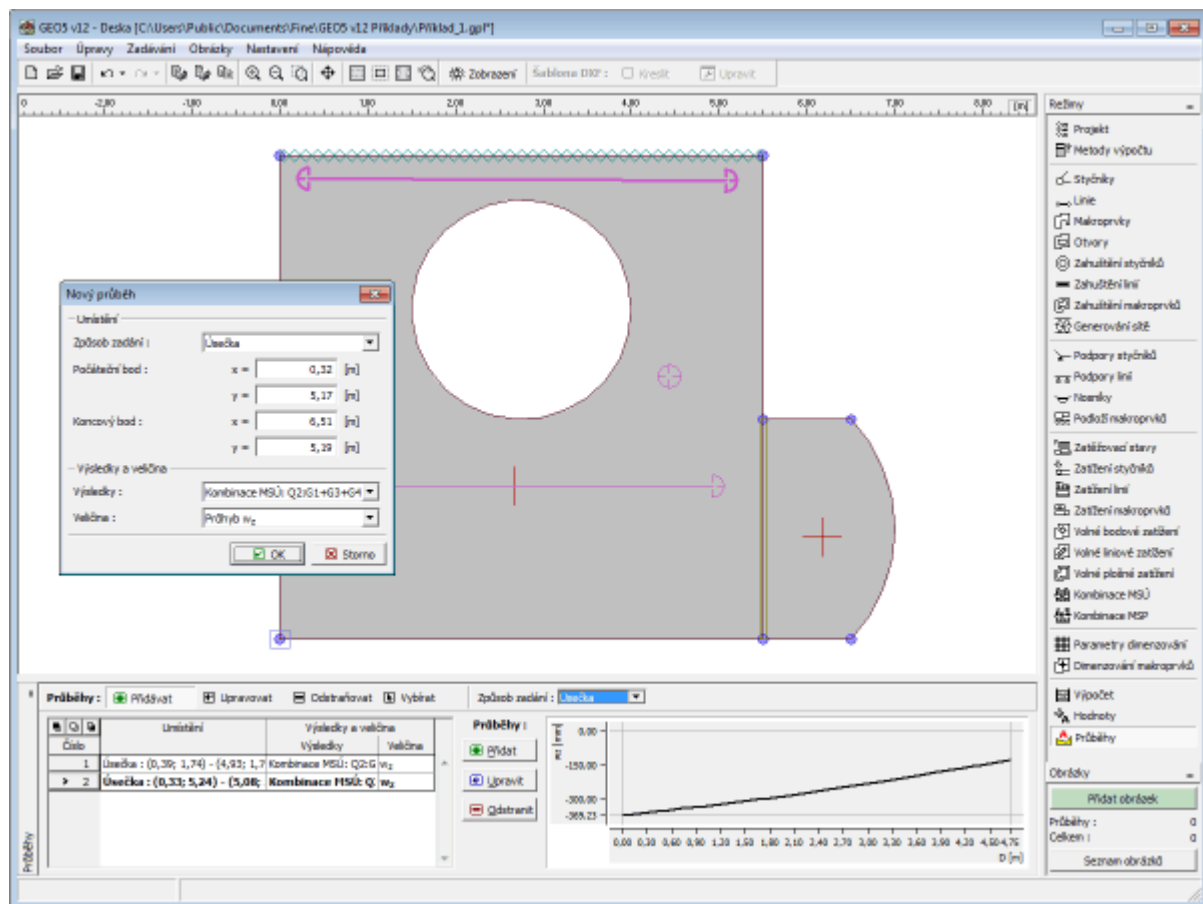
V **rámu "Průběhy"** lze definovat obecné úsečky, popř. linie umístěné na ploše desky. Pro tyto úsečky (linie) je možné zobrazit **veličiny** (průhyb, momenty, natočení aj.) pro libovolný zatěžovací stav, kombinaci ZS, příp. **veličiny pro dimenzování** (hodnoty nutných ploch výztuží spočtené podle normy zvolené v záložce "Materiály a normy").

Rám obsahuje **tabulku** se seznamem takto zadaných úseček (linií). **Přidání** se provádí v **dialogovém okně "Nové průběhy"**. V dialogovém okně se zadává způsob zadání (úsečka, linie), souřadnice počátečního a koncového bodu, zatěžovací stav, kombinace, resp. **dimenzování** a veličina.

V rámu program zobrazuje:

- **Obecné průběhy** obecné průběhy na libovolné úsečce (linii) desky
- **Průběhy na nosníku** pokud je linie tvořená **nosníkem** lze zobrazit průběhy dalších veličin (posouvající síla V_3 , ohybový moment M_2 , torzní moment M_1)
- **Průběhy na podepřené linii** pokud je linie **podepřená** lze zobrazit průběhy dalších veličin (svislá reakce r_z , momentová reakce $r_{m, t}$).

Zadané průběhy lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**. Průběhy pro úsečky (linie) se v tabulce zobrazují v pravé části rámu.



Rám "Průběhy"

Souřadný systém (znaménková konvence)

Vnitřní síly

Vnitřní síly jsou definovány takto:

$$m_x = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_x z dz$$

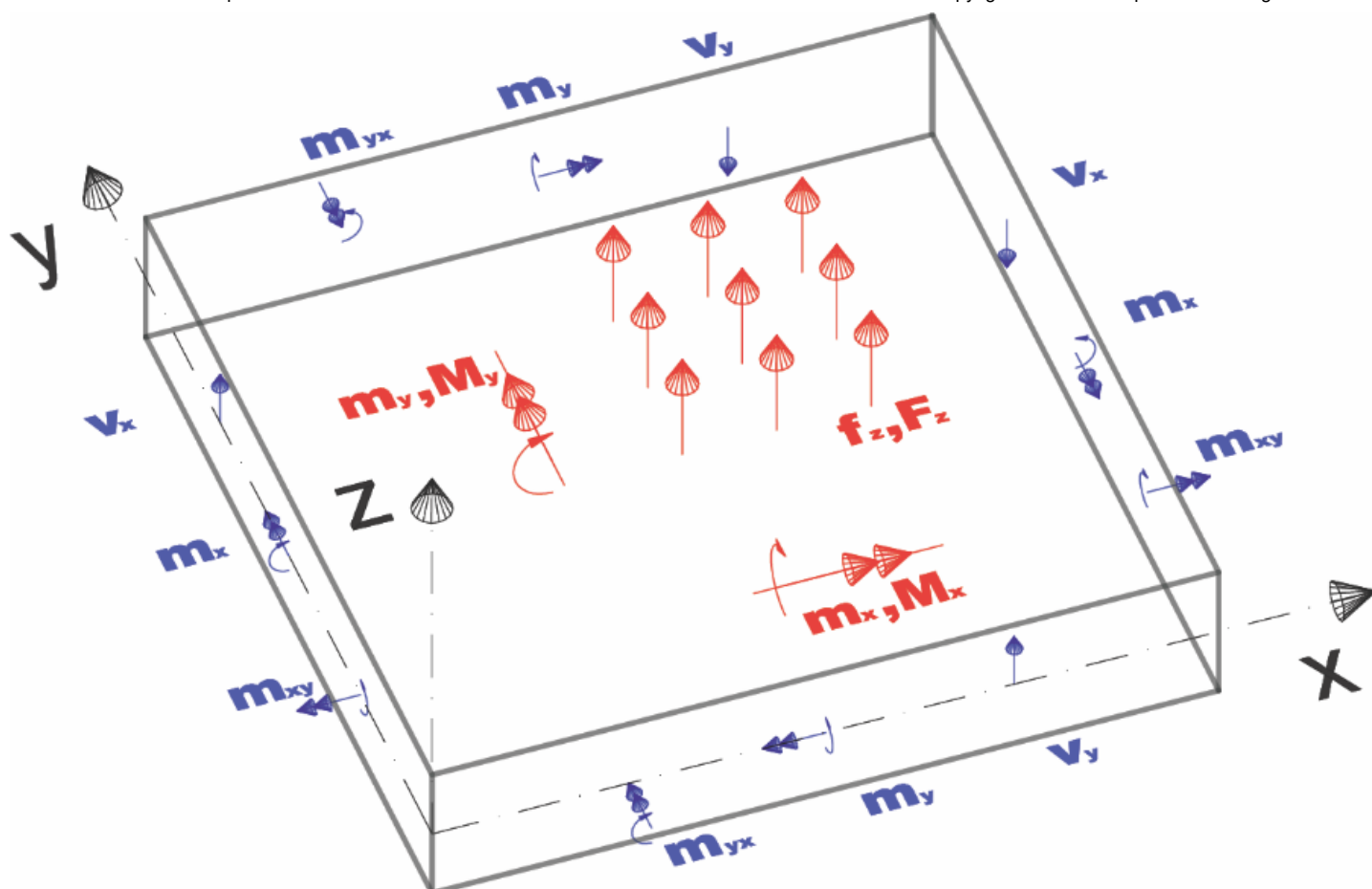
$$m_y = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_y z dz$$

$$m_{xy} = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_{xy} z dz$$

$$v_x = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_{xz} dz$$

$$v_y = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_{yz} dz$$

Kladný smysl vnitřních sil vyplývá z následujícího obrázku:



Hlavní momenty a směr hlavních os se počítají pomocí vztahů:

$$m_{1,2} = \frac{1}{2} \left(m_x + m_y \pm \sqrt{(m_x - m_y)^2 + 4m_{xy}^2} \right)$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha_{1,2} = \frac{2m_{xy}}{m_x - m_y}$$

Význam těchto veličin je následující: vnitřní síly můžeme přetransformovat ze souřadnicového systému (x, y) do jiného systému (x', y') vzniklého rotací kolem osy z o nějaký úhel. Úhel α je takový úhel rotace, že transformovaný moment $m_{x'y'}$ je roven nule a momenty $m_{x'}$ a $m_{y'}$ dosahují maximální resp. minimální hodnoty m_1 a m_2 .

Obdobně se určuje maximální posouvající síla:

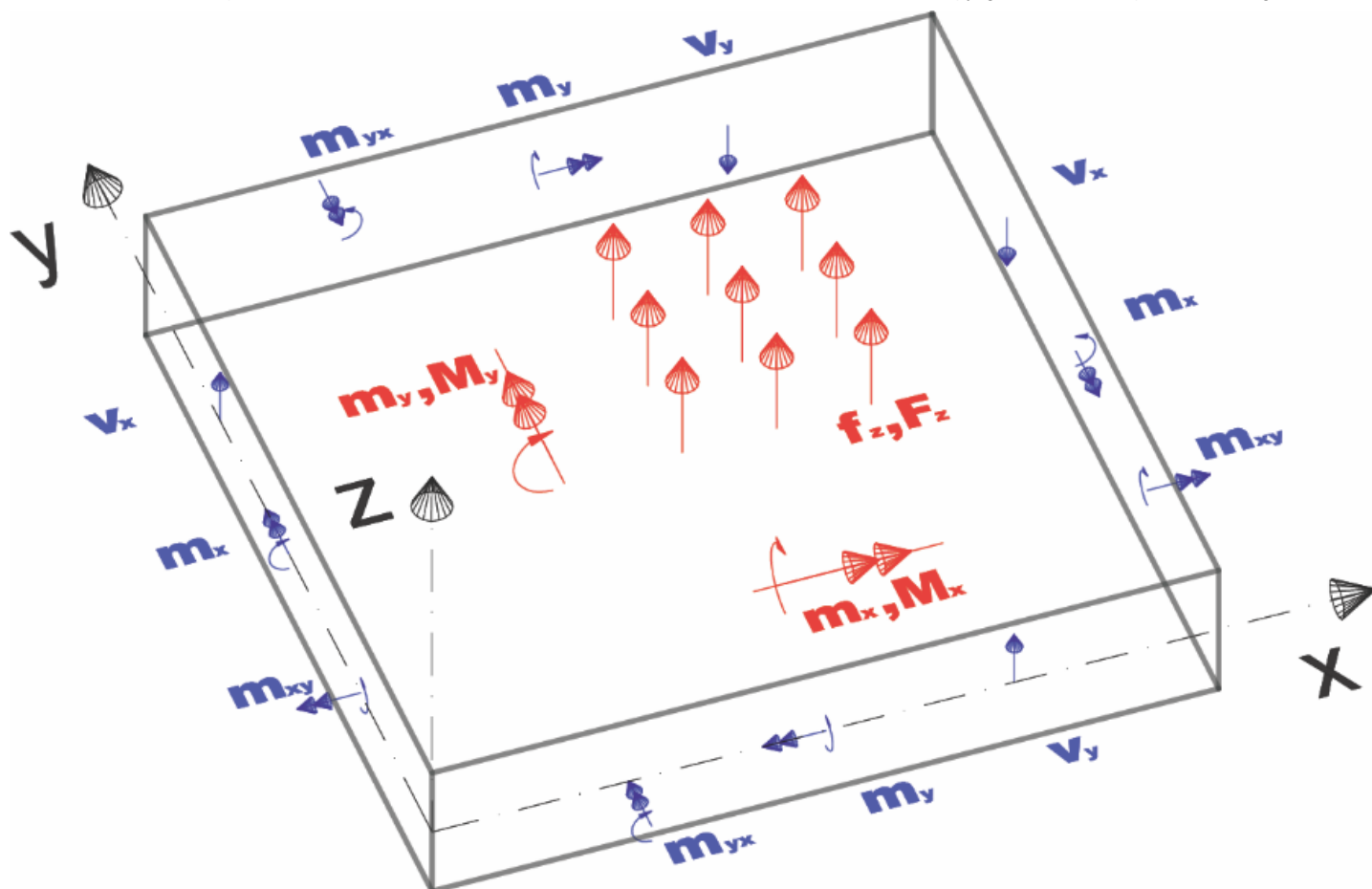
$$v_{max} = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

a úhel mezi v_{max} a osou x :

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{v_y}{v_x}$$

Zatížení

Konvence zadávání silového a momentového zatížení vyplývá z následujících obrázku:



Upozorňujeme na odlišnou konvenci při zadávání zatížení momentem M (v bodě nebo podél linie) a u vnitřních momentů m . Zatímco moment M_x otáčí kolem osy x (tak, jak je zvykem u nosníků), vnitřní síla otáčející kolem x je m_y .

Program Nosník

Program počítá nosník na pružném podloží. Umožňuje automatický výpočet konstant C1, C2 z převárných charakteristik zemín obecně vrstevnatého prostředí (osazení nosníku na terén).

Nápověda k programu "Nosník" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt Přiřazení	Nastavení Voda	Geometrie Podpory	Podloží Zatěžovací stavy	Rozhraní Zatížení	Umístění Kombinace MSÚ	Zeminy Kombinace MSP
Výpočet						

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "Nosník":

Geostatické napětí (výpočet vztlačky)	Výpočet pomocí edometrického modulu	Stanovení hloubky deformační zóny
---	---	-----------------------------------

- Informace k výstupům

- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5

- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "Správce nastavení" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložce "**Materiály a normy**".

V rámu lze také zadat počet **dělení nosníku na konečné prvky** (standardní nastavení je **20** prvků). Dále se zadává zda, zemina může působit v tahu - doporučujeme vždy počítat **s vyloučením tahu zemin**.

V rozbalitelném seznamu se volí jeden ze tří způsobů zadání parametrů **Winkler-Pasternakova podloží**:

- Dopčet C_1 a C_2 ze zadaných parametrů geologického rozhraní program **vypočte Winkler-Pasternakovy** konstanty podloží. Geostatické napětí se počítá od zadaného terénu, nebo od základové spáry. Lze zadat počet iterací C_1 a C_2 .
- Zadání C_1 a C_2 - **Winkler-Pasternakovy konstanty** podloží se přímo zadávají.
- Zadání E_{def} , n_y , h_z - Winkler-Pasternakovy konstanty podloží se **dopočtou** z modulu přetvárnosti E_{def} , Poissonova čísla ν a hloubka deformační zóny h_z .

V prvním případě, kdy program dopočítává parametry C_1 a C_2 , není přístupný rám "Podloží". Pro zbývající dva způsoby zadání parametrů podloží nejsou přístupné rámy "Rozhraní", "Umístění", "Zeminy", "Přiřazení" a "Voda".

Rám "Nastavení"

Winkler-Pasternakovy konstanty C1 a C2

Winklerův-Pasternakov model podloží pro případ řešení pružné vrstvy zavádí požadavek rovnováhy ve svislém směru:

$$c_1 \cdot w - c_2 \cdot \Delta w = f_z$$

kde: C_1, C_2 - konstanty charakterizující Winkler - Pasternakov model

w - posun ve svislém směru

f_z - svislé zatížení vrstvy

Program umožňuje výpočet hodnot konstant C_1, C_2 z přetvárných charakteristik zemin nebo přímo ze zadaného geologického profilu.

Dopočet Winkler-Pasternakových konstant C1 a C2 z geologického profilu

Při výpočtu Winkler-Pasternakových konstant (C_1, C_2) z geologického profilu je nutné zvolit charakteristickou kombinaci zatížení. Tato kombinace by měla být provozní a měla by odpovídat nejčastěji se vyskytujícímu zatížení. Ze zadané kombinace se stanoví přetížení v základové spáře. Poté se vypočte hloubka deformační zóny.

Pro spočtenou hloubku deformační zóny se určí deformační charakteristiky (Poissonovo číslo a modul přetvárnosti) jako vážený průměr přetvárných charakteristik zemin. Pro takto určené deformační charakteristiky se dopočtou patřičné Winkler - Pasternakovy konstanty (C_1, C_2). Postup určení je následující.

Dopočet Winkler-Pasternakových konstant z přetvárných charakteristik zemin

V programu se Winkler - Pasternakovy konstanty C_1 a C_2 počítají z podmínky rovnosti matic poddajnosti nekonečně tuhé nekonečného základového pásu spočívajícího na Winkler - Pasternakově podloží a na pružné vrstvě. Tato podmínka je obsažena v následujících rovnostech:

$$[C] = \begin{bmatrix} \frac{1}{2 \left[\sqrt{C_{1w} C_{2w}} + b C_{1w} \right]} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2 \left[b^2 \sqrt{C_{1w} C_{2w}} + b C_{2w} + \frac{b^3}{3} C_{1w} \right]} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2 \sqrt{H} \left[(2n+1) \sqrt{C_{1w} C_{2w}} + (2n+1)^2 b C_{1w} \right]} & 0 \\ 0 & \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2 \sqrt{H} \left[(2n+1) b^2 \sqrt{C_{1w} C_{2w}} + b C_{2w} + (2n+1)^2 \frac{b^3}{3} C_{1w} \right]} \end{bmatrix}$$

kde: $[C]$ - matice konstant C_1 a C_2

b - polovina šířky základu

C_{1w}, C_{2w} - Winklerovy konstanty

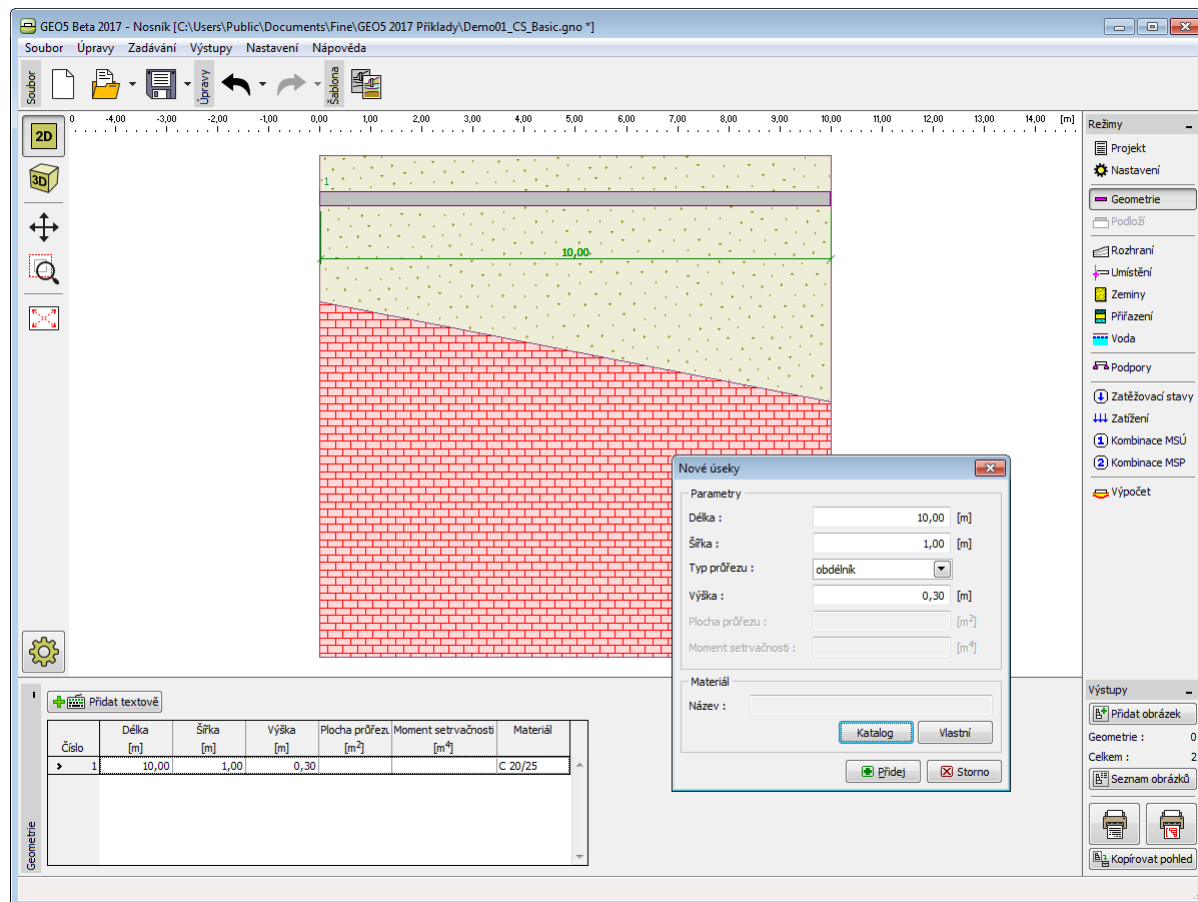
H

hloubka deformační zóny

Geometrie

Rám "Geometrie" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných úseků nosníku. **Přidání** bodů se provádí v **dialogovém okně "Nové úseky"**. V dialogové okně se zadává délka, šířka a výška (pro **obdélníkový průřez**). Program umožňuje zadat obecný tvar průřezu nosníku (zadává se plocha průřezu a moment setrvačnosti).

Dále se zadává **materiál průřezu**, a to buď z katalogu programu, nebo zadáním charakteristik materiálu (modul pružnosti, modul pružnosti ve smyku, měrná tíha).



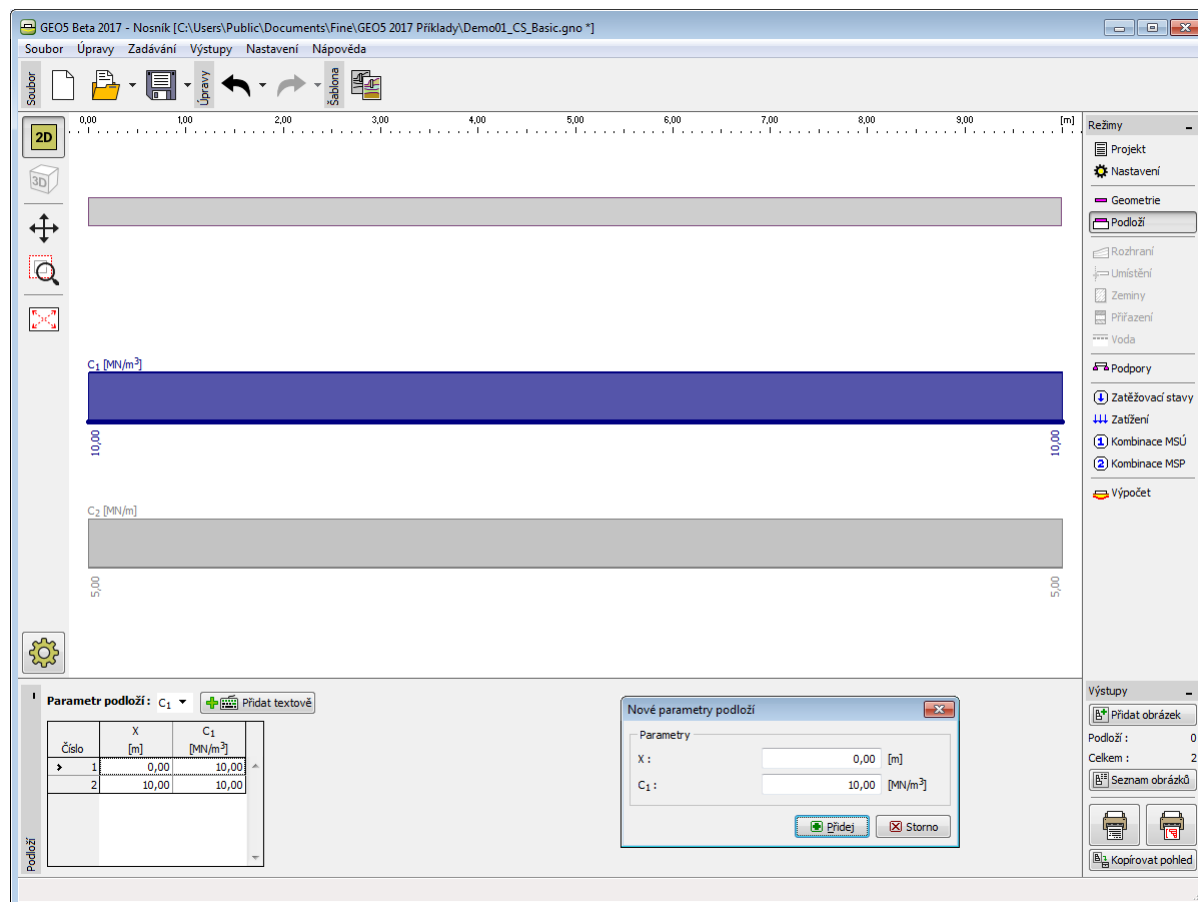
Rám "Geometrie"

Podloží

Rám "Podloží" obsahuje **tabulku** se seznamem hodnot parametrů **Winkler-Pasternakova podloží** C_1 a C_2 resp. **přetvárných charakteristik zemín** (E_{def} , n_y , h_z) v závislosti na volbě v rámu "Nastavení".

Přidání parametrů se provádí v **dialogovém okně "Nové parametry podloží"**.

V tabulce se zobrazují hodnoty toho parametru, který je vybrán v rozbalitelném seznamu nad tabulkou. Přidání (editace) hodnot parametrů se provádí v **dialogovém okně "Nové parametry podloží"**. V dialogové okně se zadává pořadnice X a hodnota parametru.



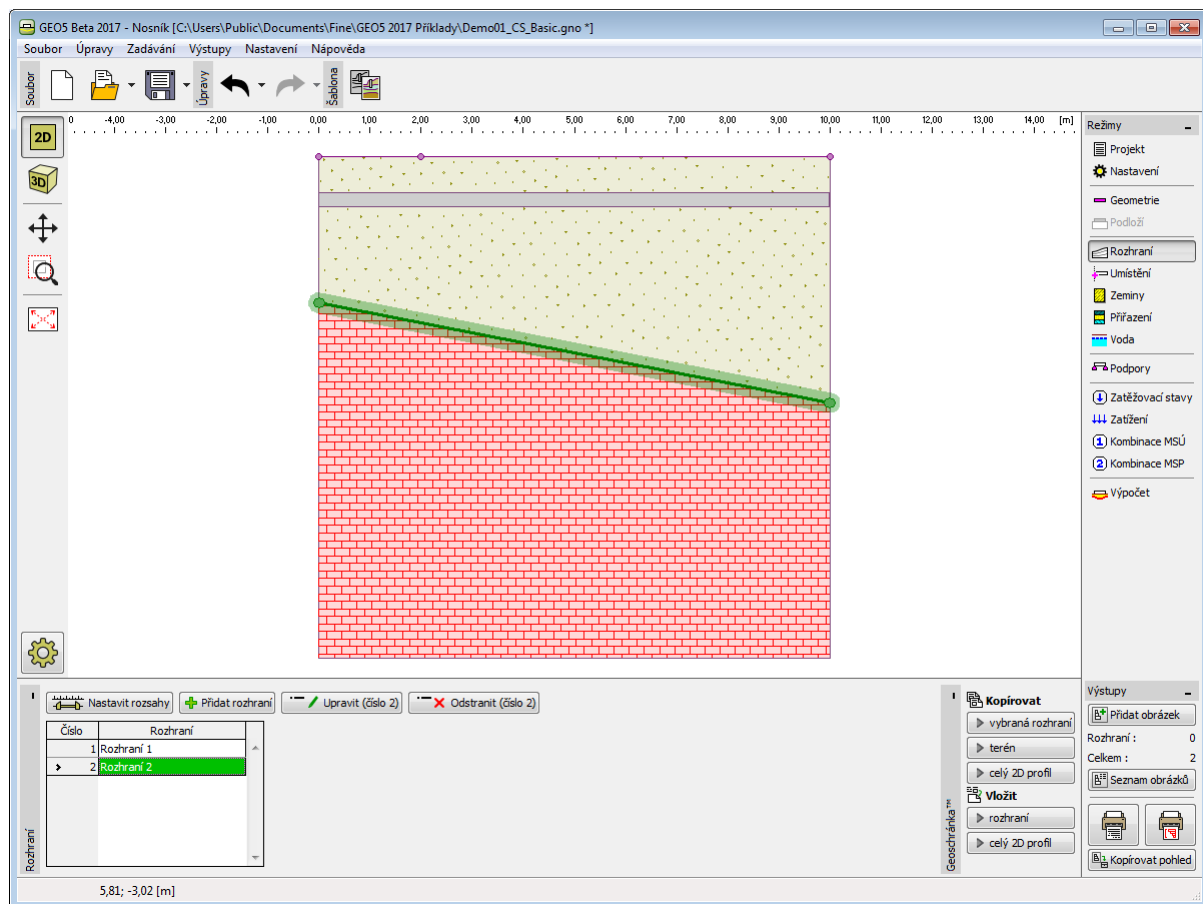
Rám "Podloží"

Rozhraní

V **rámu "Rozhraní"** se zadávají jednotlivá rozhraní zemin. Podrobný popis práce s rozhraními je popsán [zde](#).

Program umožňuje **import a export** rozhraní ve formátu *.DXF.

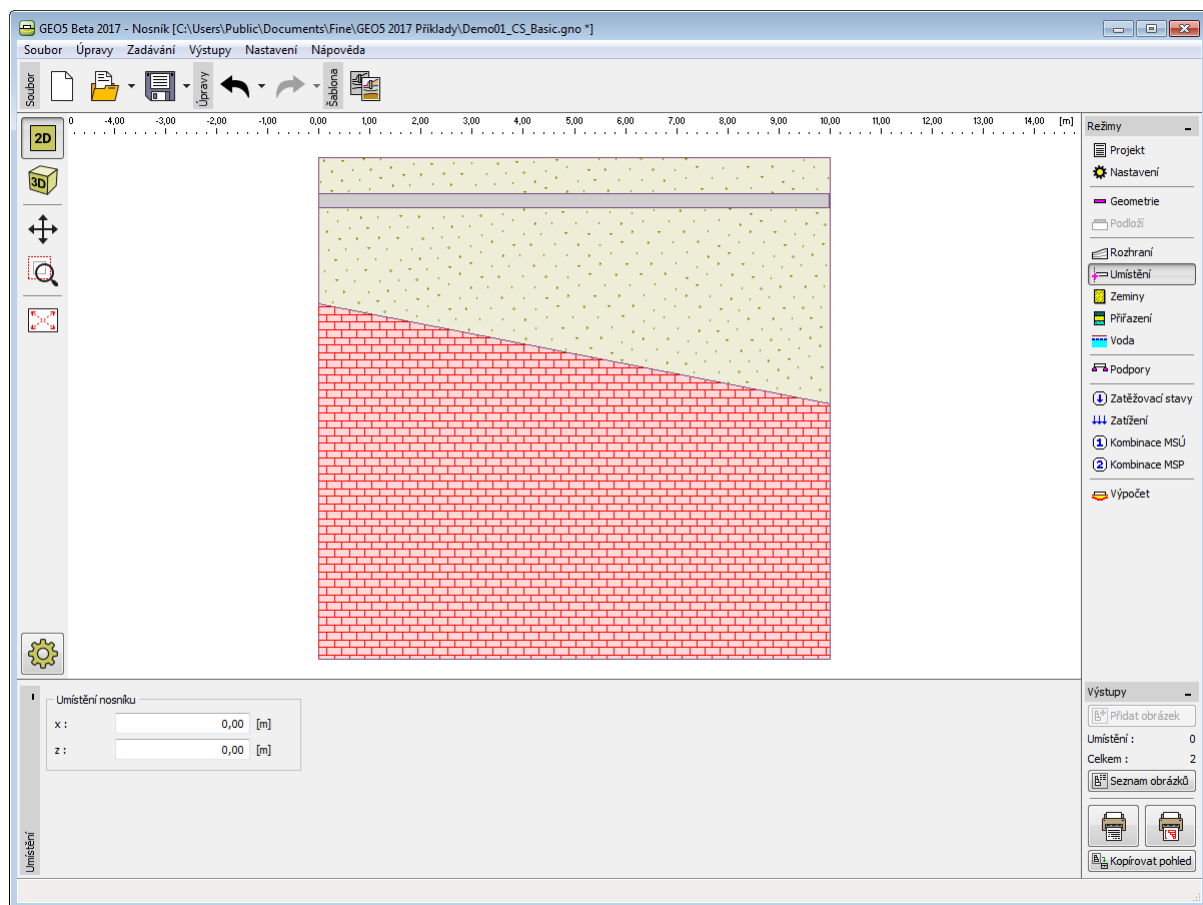
Zadaná rozhraní lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Rozhraní"

Umístění

V rámu "Umístění" se zadává umístění nosníku. Zadává umístění počátku nosníku - bod o souřadnicích x a z .



Rám "Umístění"

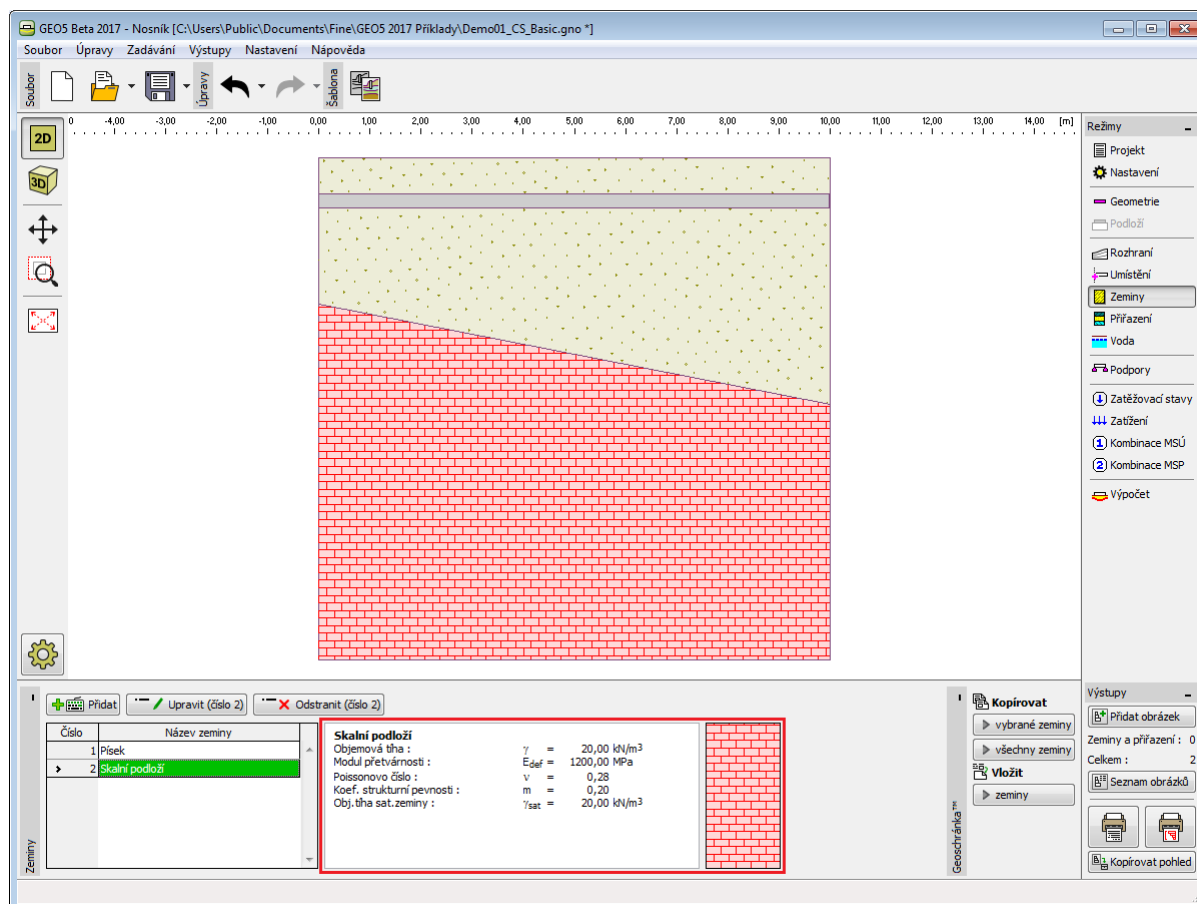
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v dialogovém okně "Přidání nových zemín".

V programu "Nosník" se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "Základní data", "Sedání - edometrický modul", "Sedání - výpočet deformační zóny" a "Vztlak".

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadává **objemová tíha zeminy**.

Přidání nových zemin

Identifikace
 Název : Třída F1, konzistence tuhá
 Třída F1, konzistence tuhá

Základní data
 Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ [kN/m³] 19,0
 Sedání - edometrický modul
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,35$ [-] 0,35
 Výpočet sedání :
 Edometrický modul : $E_{oed} = 24,00$ [MPa] 16 - 32
 Sedání - výpočet deformační zóny
 Koef. strukturální pevnosti : $m = 0,10$ [-] 0,1 - 0,2
 Vztlak
 Způsob výp.vztlaku :
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení
 Barva
 Kategorie vzorků : GEO
 Vzorek
 Hlína štěrkovitá
 Zatřídění
 Zatříd
 Vymaž
 Přidej
 Storno

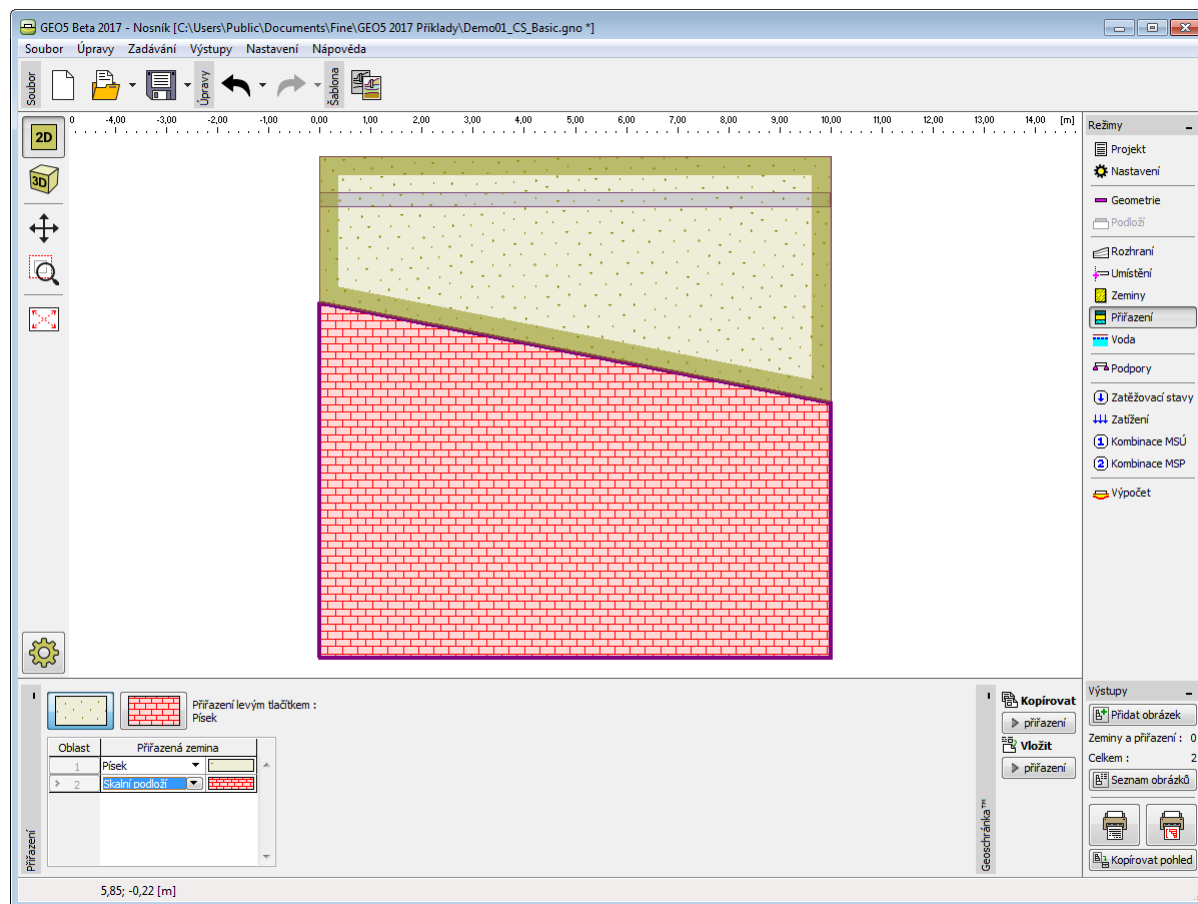
Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).

Přiřazení zemin lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

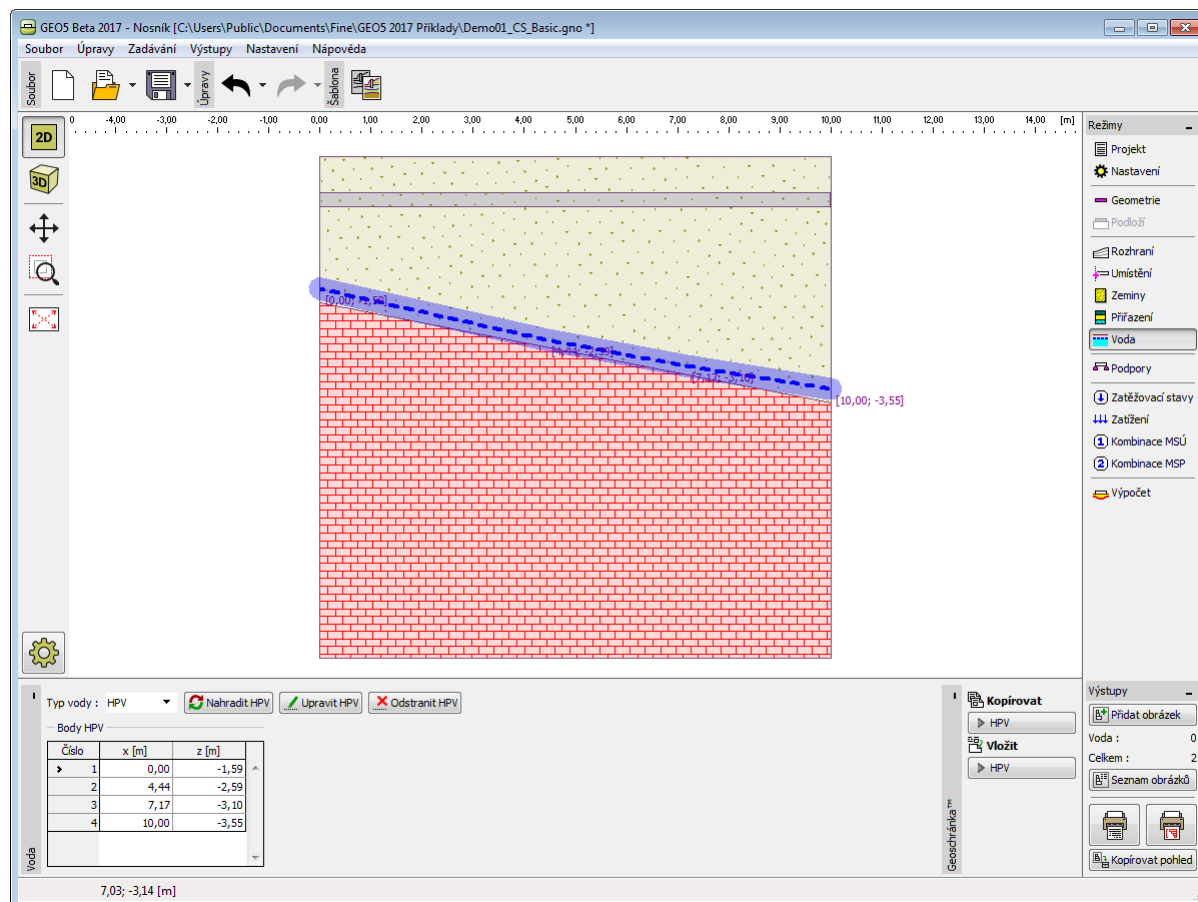


Rám "Přifazení"

Voda

V rámu **"Voda"** se zadává úroveň hladiny podzemní vody. Průběh HPV se zadává stejným způsobem, jako rozhraní zemín.

Zadaná rozhraní vody lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.



Rám "Voda"

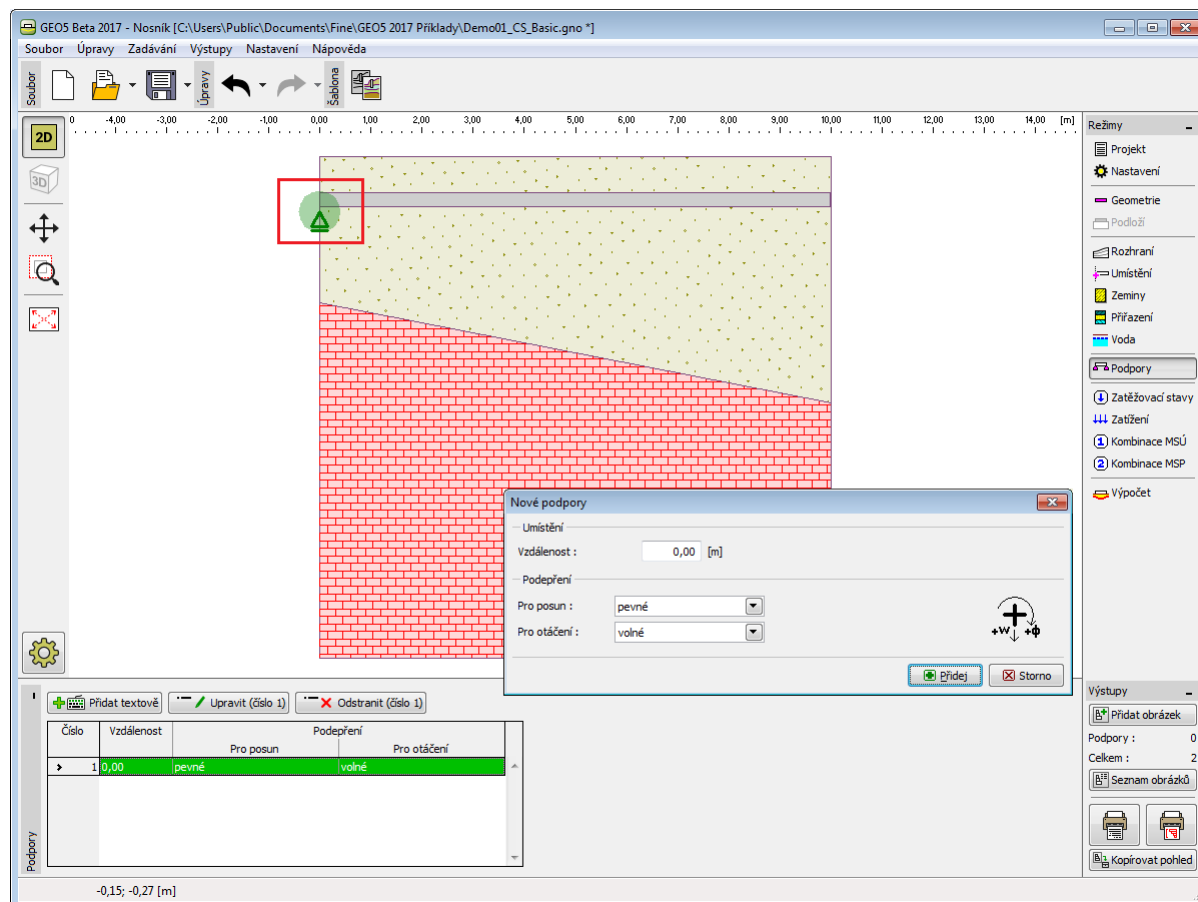
Podpory

Rám "Podpory" obsahuje tabulku se seznamem zadaných podpor. Přidání podpor se provádí v dialogovém okně "Nové podpory". Editaci lze provádět pomocí tlačítka "Upravit", nebo kliknutím levého tlačítka myši na řádek v tabulce s požadovanou podporou.

Typ podepření se určuje pomocí okrajových podmínek v bodě podepření (posun, otáčení).

Okrajová podmínka v bodě může být:

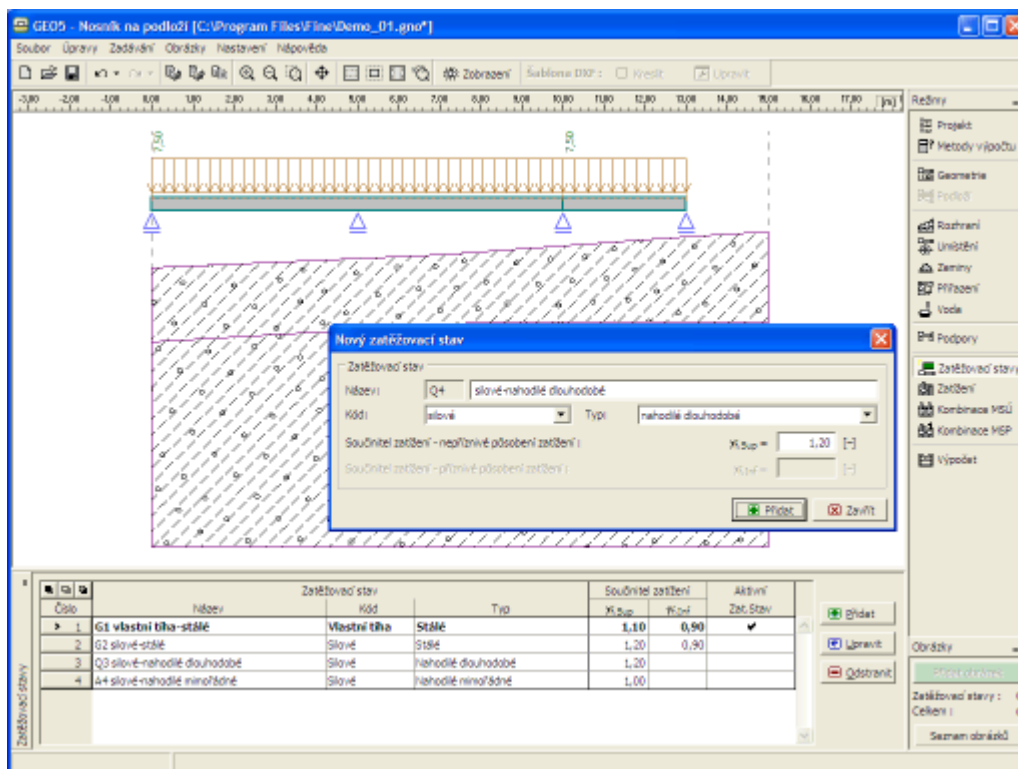
- volná
- pevná
- deformace
- pružná



Rám "Podpory"

Zatěžovací stavy

Rám "Zatěžovací stavy" obsahuje tabulku se seznamem zadanych zatěžovacích stavů. Přidání (editace) zatěžovacích stavů a jejich parametrů se provádí v dialogovém okně "Nový zatěžovací stav". Editaci lze provádět pomocí tlačítka "Upravit", nebo kliknutím levého tlačítka myši na řádek v tabulce s požadovaným zatěžovacím stavem.



Rám "Zatěžovací stavy"

Parametry zatěžovacího stavu

V dialogovém okně "Nový zatěžovací stav" se zadávají následující parametry:

Identifikátor zatěžovacího stavu

Před políčkem pro zadání názvu se zobrazuje identifikátor zatěžovacího stavu, který se skládá z čísla zatěžovacího stavu a jednopísmenné předpony. Předpona je určena typem zatížení:

- G** - stálé zatížení
- Q** - proměnné zatížení
- A** - mimořádné zatížení

Identifikátor zatěžovacího stavu se uplatňuje především ve výpisech kombinací.

Kód zatěžovacího stavu

Kód zatěžovacího stavu určuje, jaké zatížení lze v tomto zatížení zadávat. Lze použít následující možnosti:

- Vlastní tíha** - Zatížení v tomto zatěžovacím stavu představuje vlastní tíhu konstrukce a je generováno automaticky programem. V jedné úloze se může vyskytovat pouze jeden zatěžovací stav s tímto kódem.
- Silové** - Do zatěžovacích stavů s tímto kódem lze zadávat jakékoliv silové zatížení (síly a momenty). Počet silových ZS není omezen

Typ zatížení

Určuje charakter zatěžovacích stavů dle jejich proměnnosti v čase. Výběr typů odpovídá klasifikaci dle čl. 4.1.1. normy EN 1990.

Součinitele zatížení

Umožňuje zadat dílčí součinitel zatížení γ_f . Tento součinitel zohledňuje možné nepříznivé odchylky hodnot zatížení od reprezentativních hodnot. Pro stálá zatížení je nutné zadat různé hodnoty pro příznivé ($\gamma_{f, inf}$) a nepříznivé ($\gamma_{f, sup}$) působení zatížení v kombinaci. V případě zadávání zatížení dle EN 1990 jsou výchozí hodnoty součinitelů stanoveny dle tabulky A1.2(B).

Kategorie

Zatřídění zatěžovacích stavů do kategorií odpovídá klasifikaci zatížení dle tabulky A1.1 normy EN 1990. Dle tohoto zatřídění jsou proměnným zatěžovacím stavům přiřazeny kombinační součinitele ψ_0 , ψ_1 a ψ_2 . Kategorie "Uživatelské zadání" umožňuje zadání vlastních hodnot součinitelů. Výběr kategorie je dostupný pouze pro zatěžovací stavy zadané dle EN 1990 (norma se volí v záložce "Materiály a normy").

Kombinační součinitele

Základní hodnoty součinitelů pro sestavování kombinací vychází z normy EN 1990 a závisí na kategorii zatěžovacího stavu. Při uživatelském zadání lze nastavit vlastní hodnoty součinitelů. Pro sestavování kombinací jsou použity následující součinitele:

- ξ - **Součinitel redukce stálých zatížení v alternativní kombinaci** - tento součinitel je přiřazen všem stálým zatížením a je použit při sestavování alternativních kombinací pro mezní stav únosnosti (kombinace dle vztahu 6.10b v EN 1990)
- ψ_0 - **Součinitel kombinační hodnoty** - součinitel pro proměnná zatížení, používá se při sestavování kombinací pro mezní stavy únosnosti i použitelnosti
- ψ_1 - **Součinitel časté hodnoty** - součinitel pro proměnná zatížení, používá se při sestavování mimořádných kombinací a kombinací pro mezní stavy použitelnosti.
- ψ_2 - **Součinitel kvazistálé hodnoty** - součinitel pro proměnná zatížení, používá se při sestavování mimořádných kombinací a kombinací pro mezní stavy použitelnosti.

Tyto kombinační součinitele jsou dostupné pouze pro zatěžovací stavy zadané dle EN 1990 (norma se volí v rámu "Metody výpočtu").

Nový zatěžovací stav

Zatěžovací stav

Název: silové-proměnné dlouhodobé

Kód: Typ:

Součinitel zatížení - nepříznivé působení zatížení: $\gamma_{f, Sup} =$ [-]

Součinitel zatížení - příznivé působení zatížení: $\gamma_{f, Inf} =$ [-]

Kategorie:

Součinitel redukce stálých zatížení v alternativní kombinaci: $\xi =$ [-]

Součinitel kombinační hodnoty: $\psi_0 =$ [-]

Součinitel časté hodnoty: $\psi_1 =$ [-]

Součinitel kvazistálé hodnoty: $\psi_2 =$ [-]

Dialogové okno "Nový zatěžovací stav"

Zatížení

Rám "Zatížení" obsahuje tabulku se seznamem zadanych zatížení. Přidání (editace) zatížení se provádí v dialogovém okně "Nová zatížení (Úprava zatížení)". Editaci lze provádět pomocí tlačítka "Upravit", nebo kliknutím levého tlačítka myši na řádek v tabulce s požadovaným zatížením.

Každé zatížení je přiřazeno zatěžovacímu stavu. Výběr zatěžovacího stavu se provádí nad tabulkou v rozbalitelném seznamu "Aktivní zatěžovací stav".

Nová zatížení

Charakteristika zatížení:

Typ zatížení:

Počátek: $x =$ [m]

Délka: $l =$ [m]

Velikost zatížení: $q =$ [kN/m]

Aktivní zatěžovací stav: Q5 silové-proměnné dlouhodobé

Číslo	Typ zatížení	Počátek x [m]	Délka l [m]	f, m, q, g	Velikost q	Jednotka
1	spojité rovnoměrné na část nosníku	0,00	4,00		12,00	[kN/m]

Zatížení:

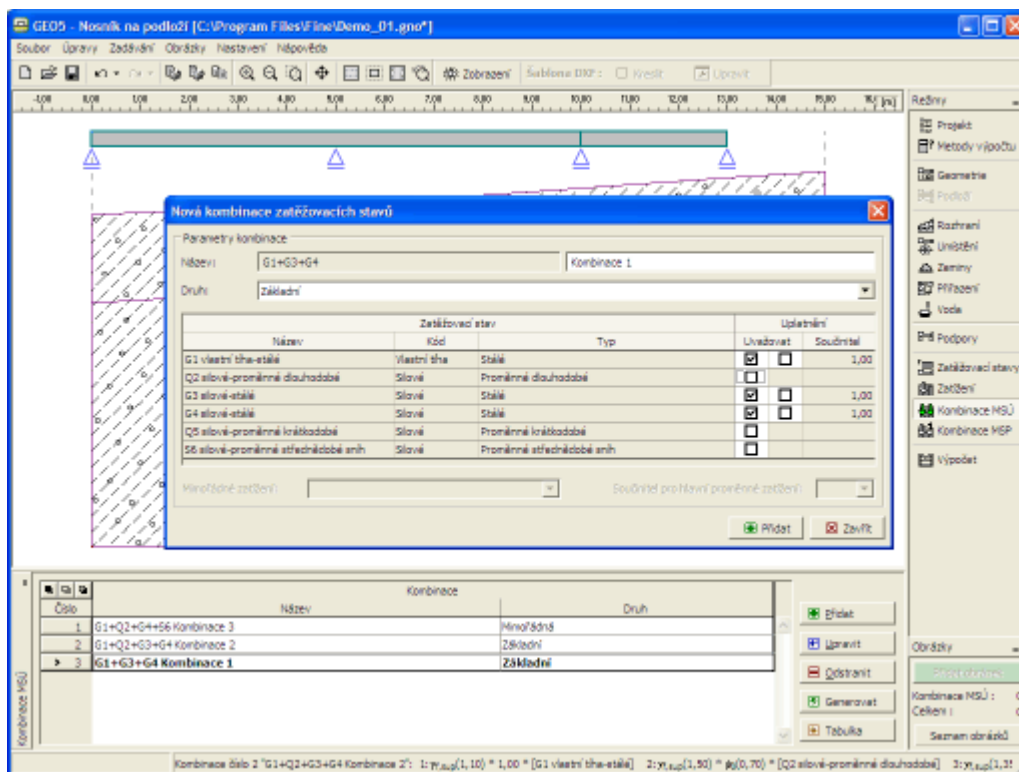
Obrázky:

Rám "Zatížení"

Kombinace MSÚ

Rám "Kombinace MSÚ" obsahuje tabulku se seznamem zadanych kombinací mezního stavu únosnosti. Přidání (editace) kombinace a jejich parametrů se provádí v dialogovém okně "Nová kombinace zatěžovacích stavů". Editaci lze provádět pomocí tlačítka "Upravit", nebo kliknutím levého tlačítka myši na řádek v tabulce s požadovanou kombinací.

Program umožňuje použít pro vytvoření kombinací zabudovaný generátor kombinací zatěžovacích stavů.



Rám "Kombinace MSÚ"

Parametry kombinací MSÚ

V dialogovém okně **"Nová kombinace zatěžovacích stavů"** se zadávají následující parametry:

Název kombinace

Před polem pro zadání názvu kombinace je znázorněn stručný výpis kombinace. Všechny obsažené zatěžovací stavy jsou zaznamenány formou jejich **identifikátorů**, hlavní proměnná zatížení jsou přesunuta na začátek výpisu a oddělena od ostatních ZS dvojtečkou.

Druh kombinace (pouze pro kombinace dle EN 1990)

Pro mezní stav únosnosti lze vytvářet následující kombinace:

- Základní** - Základní kombinace dle vztahu 6.10 normy EN 1990.
- Alternativní** - Kombinace dle vztahů 6.10a a 6.10b normy EN 1990. V tomto případě se ve výpočtech uvažují dvě varianty kombinací, jedna s redukovánými stálými ZS a druhá s redukováným hlavním proměnným ZS.
- Mimořádná** - Mimořádné kombinace dle 6.11.

Výběr zatěžovacích stavů

Tabulka se zatěžovacími stavy umožňuje výběr zatěžovacích stavů, které budou zahrnuty v kombinaci. Zatěžovací stav lze do kombinace přidat zaškrtnutím políčka ve sloupci **"Uvažovat"** u příslušného ZS. Další nastavení v tabulce závisí na výběru způsobu zadávání zatížení v záložce **"Materiály a normy"**.

Zatížení podle EN 1990

Ve sloupci **"Uvažovat"** je u každého zatěžovacího stavu k dispozici i druhé zaškrtnávací políčko, které umožňuje nastavit příznivé působení stálých ZS (použití součinitele $\gamma_{f, inf}$) resp. zadat proměnné zatížení jako hlavní. Počet hlavních proměnných zatížení v kombinaci není omezen.

Pro kombinace druhu **"Mimořádné"** lze zadat mimořádné zatížení (výběr probíhá pouze ze zatěžovacích stavů s typem **"Mimořádné"**). U mimořádných kombinací je též nutné vybrat, zda hlavní proměnné zatížení má být redukováno součinitelem ψ_1 nebo ψ_2 .

Obecné zatížení

U každého zatěžovacího stavu lze zadat součinitel uplatnění, kterým lze upravit míru zapojení zatěžovacího stavu do kombinace.

Nová kombinace zatěžovacích stavů

Parametry kombinace

Název: Kombinace 1

Druh:

Zatěžovací stav			Uplatnění		Součinitel
Název	Kód	Typ	Uvažovat	Součinitel	
G1 vlastní tíha-stálé	Vlastní tíha	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00
Q2 silové-proměnné dlouhodobé	Silové	Proměnné dlouhodobé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
G3 silové-stálé	Silové	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00
G4 silové-stálé	Silové	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1,00
Q5 silové-proměnné krátkodobé	Silové	Proměnné krátkodobé	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
S6 silové-proměnné střednědobé sněh	Silové	Proměnné střednědobé sněh	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Mimořádné zatížení:

Součinitel pro hlavní proměnné zatížení:

Dialogové okno "Nová kombinace zatěžovacích stavů"

Generátor kombinací

Dialogové okno "**Generátor kombinací - 1. řád**" umožňuje hromadnou tvorbu kombinací zatěžovacích stavů na základě zadaných kombinačních pravidel. S ohledem na charakter normy EN 1990 může být počet generovaných kombinací poměrně velký a v extrémních případech by mohl způsobit i výrazné zpomalení programu. Z tohoto důvodu je v pravém dolním rohu zobrazována informace o předpokládaném počtu kombinací, které budou vygenerovány. Uživatel tak může ještě před spuštěním generování zjistit, kolik kombinací bude vytvořeno, a případně upravit podmínky generátoru. Horní část okna slouží k zadávání podmínek pro generování kombinací, spodní obsahuje různá nastavení generátoru.

Generátor kombinací - kombinace 1. řád

Podmínky generátoru

Vzájemně spolupůsobící zatěžovací stavy a skupiny. Vyloučené spolupůsobení skupin zatěžovacích stavů a skupin. Zatěžovací stavy a skupiny působí jako hlavní proměnné zatížení.

☒ Automaticky vytvářet hlavní proměnné zatížení

Spolupůsobící zatěžovací stavy
Počet: 6 z toho G: 3; Q: 3

1	G1
2	Q2
3	G3
4	G4
5	Q5
6	S6

Vyloučené vzájemné působení
Počet: 1

1	(G1) - (G4)
---	-------------

Hlavní proměnné zatížení
Počet: 3

1	Q2
2	Q3
3	S6

Parametry generátoru

Původní kombinace:

Generovat kombinace:

Mimořádné zatížení:

Součinitel pro hlavní proměnné zatížení:

☒ Stálé zatížení působí pouze nepříznivě

☐ Všechna stálá zatížení vždy v kombinaci

Předpokládaný počet kombinací: 13

Dialogové okno "Generátor kombinací - 1. řád"

Vzájemně spolupůsobící zatěžovací stavy a skupiny

V této části je možné sloučit zatěžovací stavy, které mají vystupovat v kombinacích vždy společně. Do jedné skupiny nelze slučovat stálá a proměnná zatížení. Pokud je v Parametrech generátoru zaškrtnuté nastavení "**Všechna stálá zatížení vždy v kombinaci**", nemá vytváření skupin stálých ZS vliv na výskyt v kombinacích, neboť každá vygenerovaná kombinace bude obsahovat všechny stálé ZS. V takovém případě má slučování stálých ZS vliv pouze na uvažování příznivých/nepříznivých účinků ZS (pokud není zaškrtnuto "**Stálá zatížení působí pouze nepříznivě**").

Vzájemně spolupůsobící zatěžovací stavy a skupiny.

Vytvořit Rozložit

Spolupůsobící zatěžovací stavy		
Počet: 6	z toho	G: 3; Q: 3
➤ 1		G1
2		Q2
3		G3
4		G4
5		Q5
6		S6

Dialogové okno "Generátor kombinací" - Vzájemně spolupůsobící zatěžovací stavy a skupiny

Vyloučené spolupůsobení zatěžovacích stavů

V této části lze zadat, jaké zatěžovací stavy se spolu nesmí vyskytnout v kombinaci. Navzájem lze vylučovat libovolné zatěžovací stavy či sloučené skupiny, nezávisle na typu zatěžovacího stavu. Při zadávání skupiny pro vyloučení lze využít dva způsoby zadávání:

- Vzájemné vyloučení** - Lze zadat libovolný počet zatěžovacích stavů do jedné skupiny. Program v tomto případě nevygeneruje žádnou kombinaci, která obsahuje minimálně dva zatěžovací stavy z této skupiny.
- Vyloučení po dvojicích** - V případě, že je nutné vytvořit větší množství vylučovacích skupin o dvou stavech, kde je jeden ZS stejný (například vyloučení montážní varianty stálých zatížení se všemi provozními zatěžovacími stavy), lze využít tuto možnost. V prvním sloupečku se vybere zatěžovací stav, který je třeba vyloučit s ostatními, v druhém pak lze vybrat libovolný počet ZS, s kterými je třeba vytvořit vylučovací skupiny.

Vyloučené spolupůsobení skupin zatěžovacích stavů a skupin.

Přidat Upravit Odstranit

Vyloučené vzájemné působení		
Počet: 1		
➤ 1		(G1) - (G4)

Dialogové okno "Generátor kombinací" - Vyloučené spolupůsobení zatěžovacích stavů

Zatěžovací stavy a skupiny působící jako hlavní proměnné zatížení

Tato část je dostupná pouze v případě zadávání zatížení dle EN 1990 (norma se volí v záložce "Materiály a normy"). V automatickém režimu je při vytváření kombinací každé proměnné zatížení použito jako hlavní. Pokud je vypnut automatický režim, je možné v seznamu hlavních proměnných zatížení provádět ruční úpravy. Lze například libovolný zatěžovací stav odstranit ze seznamu, takže nebude uvažován v kombinacích jako hlavní proměnné. Pokud se do seznamu přidá nová položka s více zatěžovacími stavy, budou všechny tyto zatěžovací stavy v těch kombinacích, kde se vyskytnou pohromadě, uvažovány jako hlavní.

Zatěžovací stavy a skupiny působící jako hlavní proměnné zatížení.

☒ Automaticky vytvářet hlavní proměnná zatížení

Přidat Upravit Odstranit

Hlavní proměnná zatížení		
Počet: 3		
➤ 1		Q2
2		Q5
3		S6

Dialogové okno "Generátor kombinací" - Zatěžovací stavy a skupiny působící jako hlavní proměnné zatížení

Parametry generátoru (parametry nastavitelné v dolní části dialogového okna)

Rozbalitelný seznam "Původní kombinace"

Ponechat původní kombinace

Odstranit všechny kombinace

Odstranit vygenerované kombinace

Odstranit všechny kombinace aktuálního druhu

Odstranit vygenerované kombinace aktuálního druhu

- Po stisknutí tlačítka **"Generuj"** program k původním kombinacím přidá nové, vytvořené dle zadaných pravidel
- Po stisknutí tlačítka **"Generuj"** program smaže všechny původní kombinace a nahradí je novými
- Po stisknutí tlačítka **"Generuj"** program smaže starší generované kombinace a přidá nové, vytvořené dle zadaných pravidel.
- Po stisknutí tlačítka **"Generuj"** program smaže všechny původní kombinace daného druhu a nahradí je novými
- Po stisknutí tlačítka **"Generuj"** program smaže starší generované kombinace daného druhu a přidá nové, vytvořené dle zadaných pravidel.

Rozbalitelný seznam "Generovat kombinace"

Pro zatížení dle EN 1990 lze zvolit následující typy generovaných kombinací:

Základní

Alternativní

Mimořádná

- Generuje základní kombinace pro mezní stav únosnosti dle vztahu 6.10 z normy EN 1990
- Generuje kombinace pro mezní stav únosnosti dle vztahů 6.10a a 6.10b z normy EN 1990. Tato varianta vytváří dvojnásobný počet kombinací, avšak poskytuje lepší výsledky.
- Generuje mimořádné kombinace pro mezní stav únosnosti dle vztahu 6.11b z normy EN 1990. U mimořádných kombinací lze zadat mimořádný zatěžovací stav, který bude v těchto kombinacích použit. Zároveň je nutné určit, zda bude pro hlavní proměnné zatížení použit součinitel ψ_1 nebo ψ_2 .

Stálá zatížení působí pouze nepříznivě

Není-li toto nastavení zaškrtnuté, program vytvoří všechny možné kombinace, kde se prostřídají všechny varianty příznivého a nepříznivého zapojení stálých zatížení.

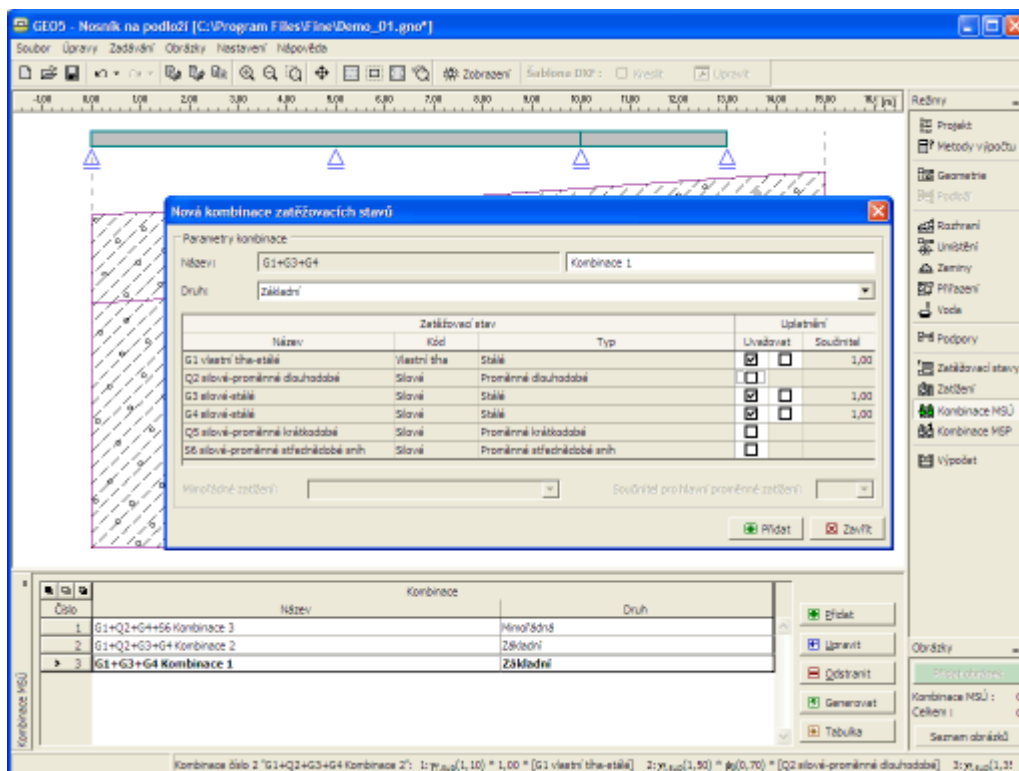
Všechna stálá zatížení vždy v kombinaci

Pokud toto nastavení není zaškrtnuté, vytvoří program kombinace tak, aby se vystřídalo postupné zapojení všech ZS do kombinace.

Kombinace MSP

Rám "Kombinace MSP" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kombinací mezního stavu použitelnosti. Přidání (editace) kombinace a jejich parametrů se provádí v dialogovém okně **"Nová kombinace zatěžovacích stavů"**. Editaci lze provádět pomocí tlačítka **"Upravit"**, nebo kliknutím levého tlačítka myši na řádek v tabulce s požadovanou kombinací.

Program umožňuje použít pro vytvoření kombinací zabudovaný **generátor kombinací** zatěžovacích stavů.



Rám "Kombinace MSP"

Parametry kombinací MSP

Kombinace MSP slouží k posuzování stavů, které se týkají vzhledu konstrukce, pohody osob či funkce konstrukce za běžného užívání. Obvykle se jedná především o posuzování deformací, kmitání apod. V **dialogovém okně** (podobně jako v případě **kombinací pro MSÚ**) "**Nová kombinace zatěžovacích stavů**" se zadávají následující parametry:

Druh kombinace podle EN 1990

Pro mezní stavy použitelnosti lze vytvářet následující kombinace:

- Charakteristická** - kombinace dle vztahu 6.14 normy EN 1990
- Častá** - kombinace dle vztahu 6.15 normy EN 1990
- Kvazistálá** - kombinace dle vztahu 6.16 normy EN 1990

Výběr zatěžovacích stavů

Tabulka se zatěžovacími stavy umožňuje výběr zatěžovacích stavů, které budou zahrnuty v kombinaci. Zatěžovací stav lze do kombinace přidat zaškrtnutím políčka ve sloupci "**Uvažovat**" u příslušného ZS. Pro obecně zadané kombinace (volí se v záložce "**Materiály a normy**") lze zadat součinitel uplatnění, který upravuje míru zapojení zatěžovacího stavu do kombinace.

Nová kombinace zatěžovacích stavů

Parametry kombinace

Název:

Druh:

Zatěžovací stav			Uplatnění	
Název	Kód	Typ	Uvažovat	Součinitel
G1 vlastní tíha-stálé	Vlastní tíha	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
Q2 silové-proměnné dlouhodobé	Silové	Proměnné dlouhodobé	<input type="checkbox"/>	
G3 silové-stálé	Silové	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
G4 silové-stálé	Silové	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
Q5 silové-proměnné krátkodobé	Silové	Proměnné krátkodobé	<input type="checkbox"/>	
S6 silové-proměnné střednědobé sněh	Silové	Proměnné střednědobé sněh	<input type="checkbox"/>	

Dialogové okno "Nová kombinace zatěžovacích stavů"

Generátor kombinací

Dialogové okno "Generátor kombinací - 1. řád" umožňuje hromadnou tvorbu kombinací zatěžovacích stavů pro mezní stavy použitelnosti. Funkce generátoru kombinací jsou vysvětleny v části věnované **generátoru kombinací pro mezní stav únosnosti**.

Je-li v záložce "**Materiály a normy**" zvoleno zadávání zatížení dle EN 1990, je možné pro mezní stav použitelnosti generovat následující typy kombinací:

- Charakteristická** - kombinace dle vztahu 6.14 normy EN 1990
- Častá** - kombinace dle vztahu 6.15 normy EN 1990
- Kvazistálá** - kombinace dle vztahu 6.16 normy EN 1990

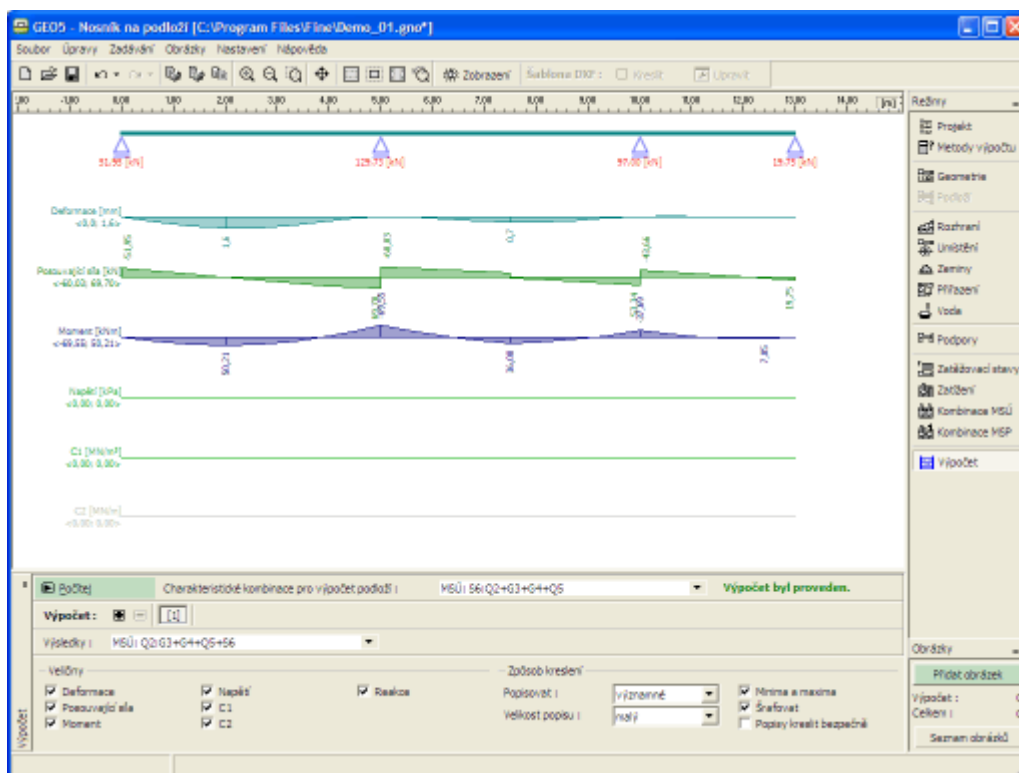
Výpočet

V rámu "**Výpočet**" jsou zobrazeny výsledky výpočtu. Výpočet je proveden **metodou konečných prvků** s uvažováním **Winkler-Pasternakova podloží**. Pro jednu zadanou úlohu lze provést resp. zobrazit **více výpočtů**. V pravém horním rohu rámu se zobrazuje informace o provedení výpočtu. Jestliže se změní parametry úlohy, je třeba provést výpočet znovu pomocí tlačítka "**Počítej**".

Pokud se parametry podloží **počítají z geologického profilu**, pak je nutné zadat v rozbalitelném seznamu zvolit "**Charakteristickou kombinace pro výpočet podloží**".

V rozbalitelném seznamu "**Výsledky**" se nastavuje kombinace zatížení **MSÚ** nebo **MSP** (popř. obálky kombinací zatěžovacích stavů) pro které mají být zobrazeny výsledky výpočtu na desktopu.

Ve spodní části rámu se nastavuje, které veličiny se vykreslují (Deformace, Posouvající síla, Moment...) a způsob jejich



Rám "Výpočet"

Program Sedání

Výpočet sedání terénu od přitížení, resp. změny hladiny podzemní vody a určení poklesové kotliny podle ČSN 73 1001.

Nápověda k programu "Sedání" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Rozhraní	Násep	Zářez	Nestlačitelné podloží	Zeminy
Přizpůsobení	Přítížení	Voda	Nastavení fáze	Výpočet		

- Normy a metody výpočtu
- Teorie k výpočtům v programu "Sedání":
 - Napětí v zemině
 - Výpočet sedání
- Informace k výstupům
- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5
- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při textových a grafických výstupech.

V rámu "Projekt" lze také přepínat jednotky (metrické / imperiální). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k zadání základních "Nastavení" programu. Zadávají se zde normy a teorie výpočtu, způsob prokázání bezpečnosti konstrukce i jednotlivé součinitele výpočtu.

Programy jednak obsahují předdefinovaná **základní Nastavení** pro jednotlivé země, ale také umožňují uživatelům vytvářet vlastní **uživatelská Nastavení**, která mohou dále používat ve všech programech GEO5.

Tlačítko "Vybrat" slouží k volbě již vytvořeného Nastavení ze "Seznamu nastavení".

Tlačítko "Správce nastavení" otevře dialogové okno "Správce nastavení", ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivá Nastavení. Také se zde určuje, která Nastavení budou viditelná v Seznamu nastavení. Ve Správci nastavení lze také data **exportovat a importovat**.

Tlačítko "Přidat do správce" umožňuje **vytvořit uživatelské Nastavení**, které se následně zařadí do Správce nastavení.

Tlačítko "Upravit" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuálního Nastavení pro spuštěný program. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název Nastavení na "**Zadané pro aktuální úlohu**". Výpočty se potom provádí s tímto **lokálním nastavením**. Pokud se rozhodneme, že je toto nastavení vhodné i pro další úlohy, přidáme ho do "**Správce nastavení**" tlačítkem "Přidat do správce".

Nastavení "**Zadané pro aktuální úlohu**" se také obvykle vytvoří při importu starších dat.

Nastavení parametrů výpočtu se provádí v záložce "Sedání".

V rámu lze dále zadat, zda bude program počítat **konsolidaci**.

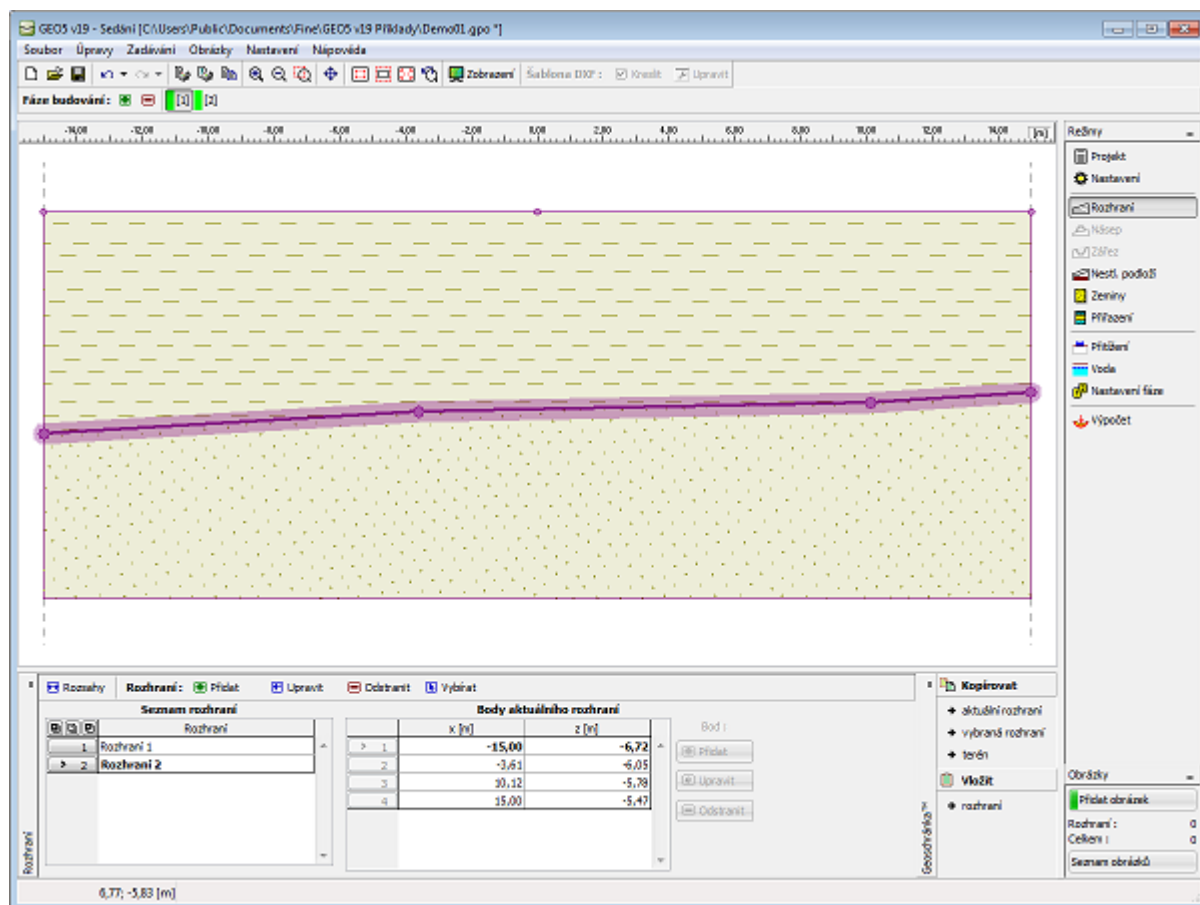
Rám "Nastavení"

Rozhraní

V rámu "Rozhraní" se zadávají jednotlivá rozhraní zemin. Podrobný popis práce s rozhraními je popsán [zde](#).

Tlačítkem "Rozsahy" lze upravit rozměry světa úlohy - levý a pravý kraj. Třetí zadaný údaj je pomocný - určuje hloubku kreslení zemních profilů na desktopu - na vlastní výpočet nemá žádný vliv.

Program umožňuje **import a export** rozhraní ve formátu *.DXF. Zadaná rozhraní lze kopírovat v rámci všech 2D programů



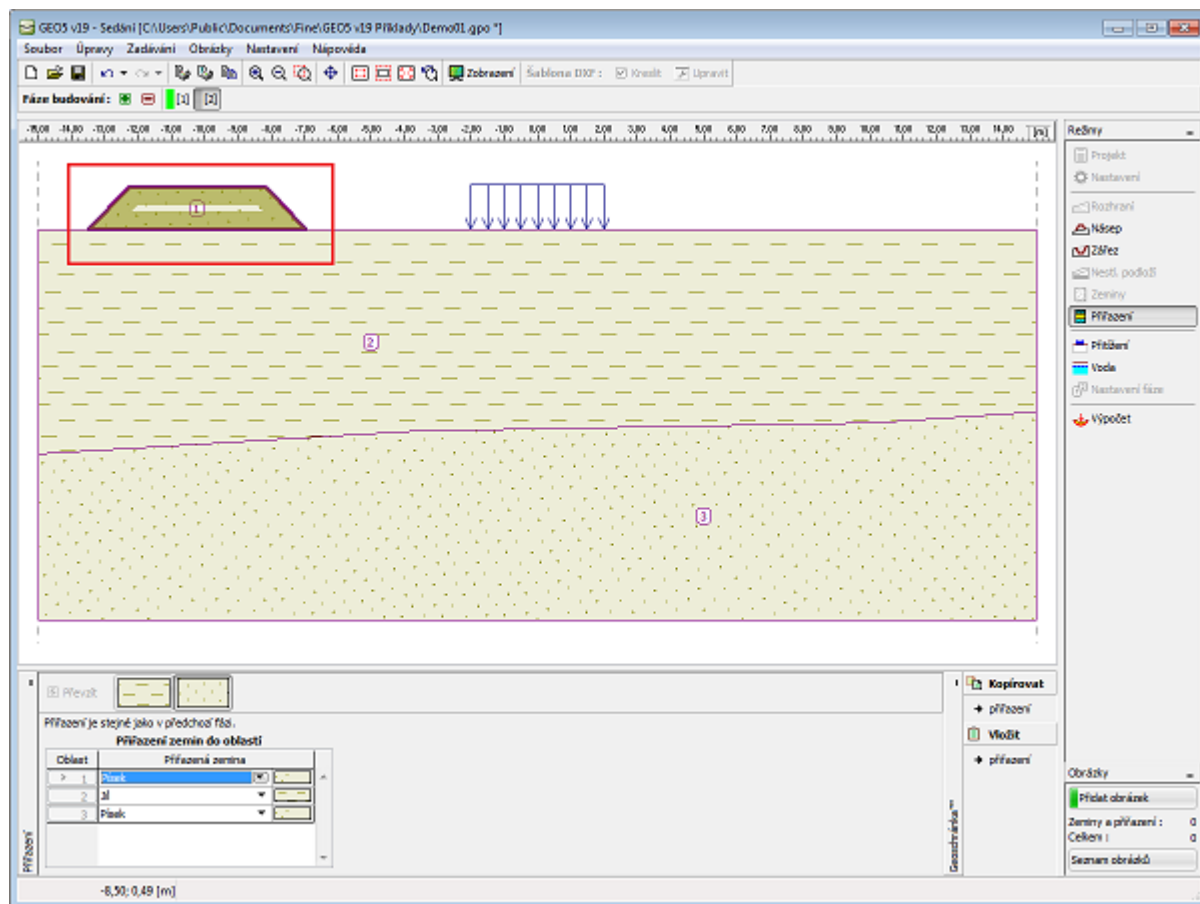
Rám "Rozhraní"

Násep

V rámu "Násep" se zadávají rozhraní tvořící násep nad stávajícím terénem. Rám obsahuje tabulku se seznamem rozhraní zemin v násep. V prostřední části rámu se zobrazuje tabulka s body aktuálně vybraného rozhraní násep. Zadávání rozhraní násep je zcela shodné se standardním zadáváním rozhraní.

Násep nelze zadat v první fázi budování. Násep nelze také zadat, pokud je již v příslušné fázi zadán zářez - v tomto případě je nutné zadat další fázi budování, ve které se násep zadá, nebo smazat zářez.

Zadaná rozhraní násep lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Násep"

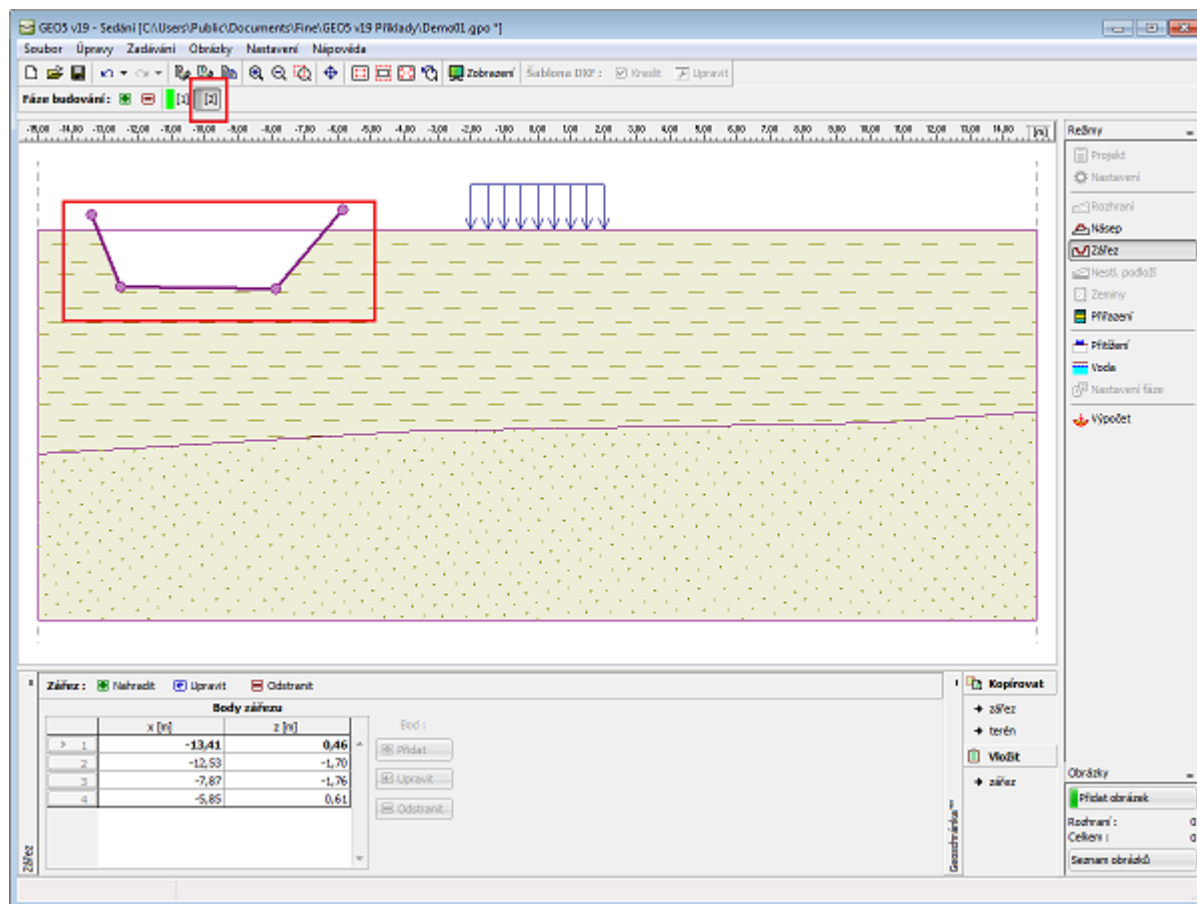
Zářez

V **rámu "Zářez"** se zadává tvar zářezu. Tato funkce umožňuje měnit tvar terénu v rámci **fází budování** svahu. Lze zadat i **více zářezů** najednou v tomto případě některé linie zářezu běží z části nad terénem.

V levé části rámu je umístěna **tabulka** se seznamem jednotlivých bodů rozhraní. Zadávání rozhraní zářezu je zcela shodné se standardním **zadáváním rozhraní**.

Zářez nelze zadat v první **fázi budování**. Zářez nelze také zadat, pokud je již v příslušné fázi zadán **násep**. V takovém případě je nutné zadat další fázi budování, ve které se zářez zadá, nebo smazat rozhraní násypu.

Zadaná rozhraní zářezu lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.



Rám "Zářez"

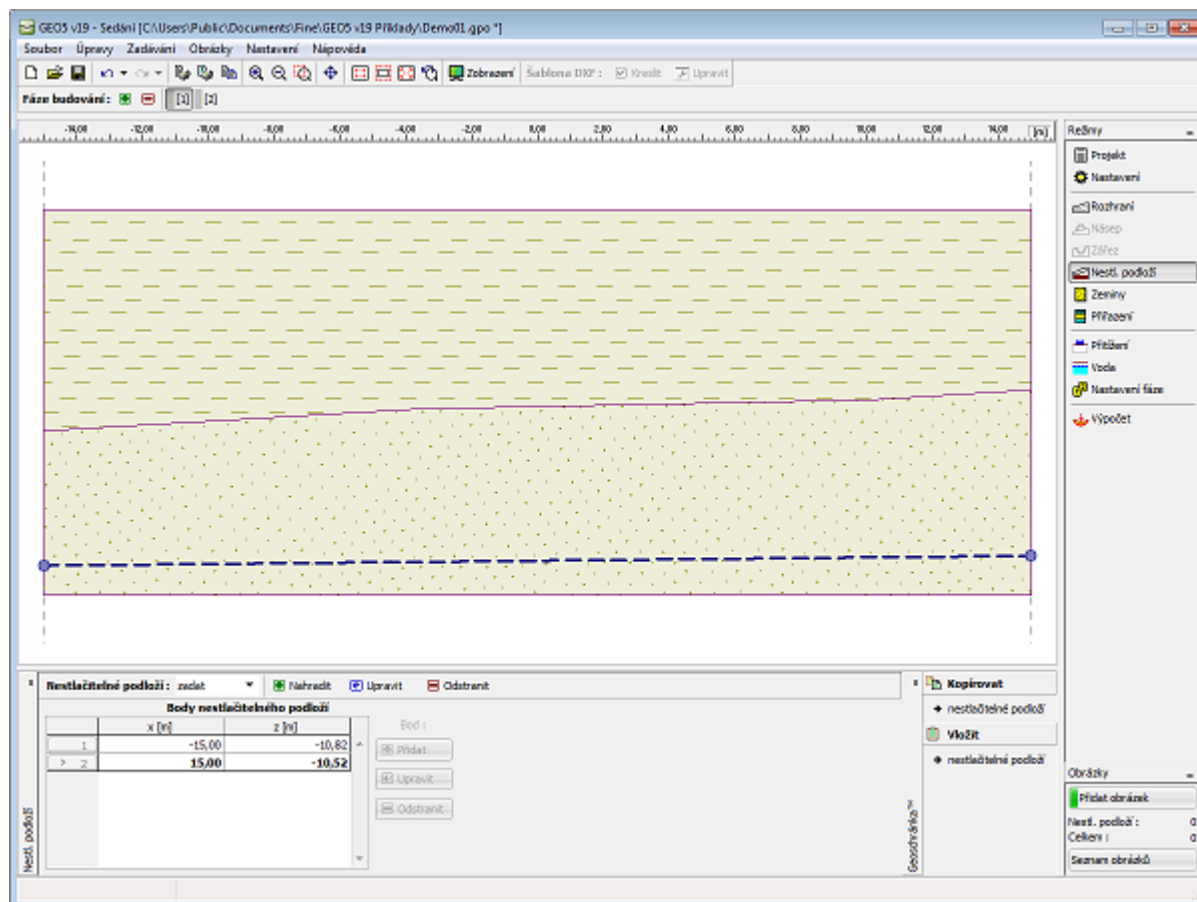
Nestlačitelné podloží

V rámu "Nestlačitelné podloží" se zadává hloubka úrovně **nestlačitelného podloží**.

Zadávání hloubky povrchu nestlačitelného podloží je zcela shodné se standardním **zadáváním rozhraní**.

Zadání nestlačitelného podloží je jednou z možností jak omezit deformační zónu - je-li zadáno pak se škály a sklopené řezy ve výstupech vykreslují do hloubky nestlačitelného podloží. Pod zadaným nestlačitelným podložím nedochází k žádnému sedání.

Nestlačitelné podloží lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Nestlačitelné podloží"

Zeminy

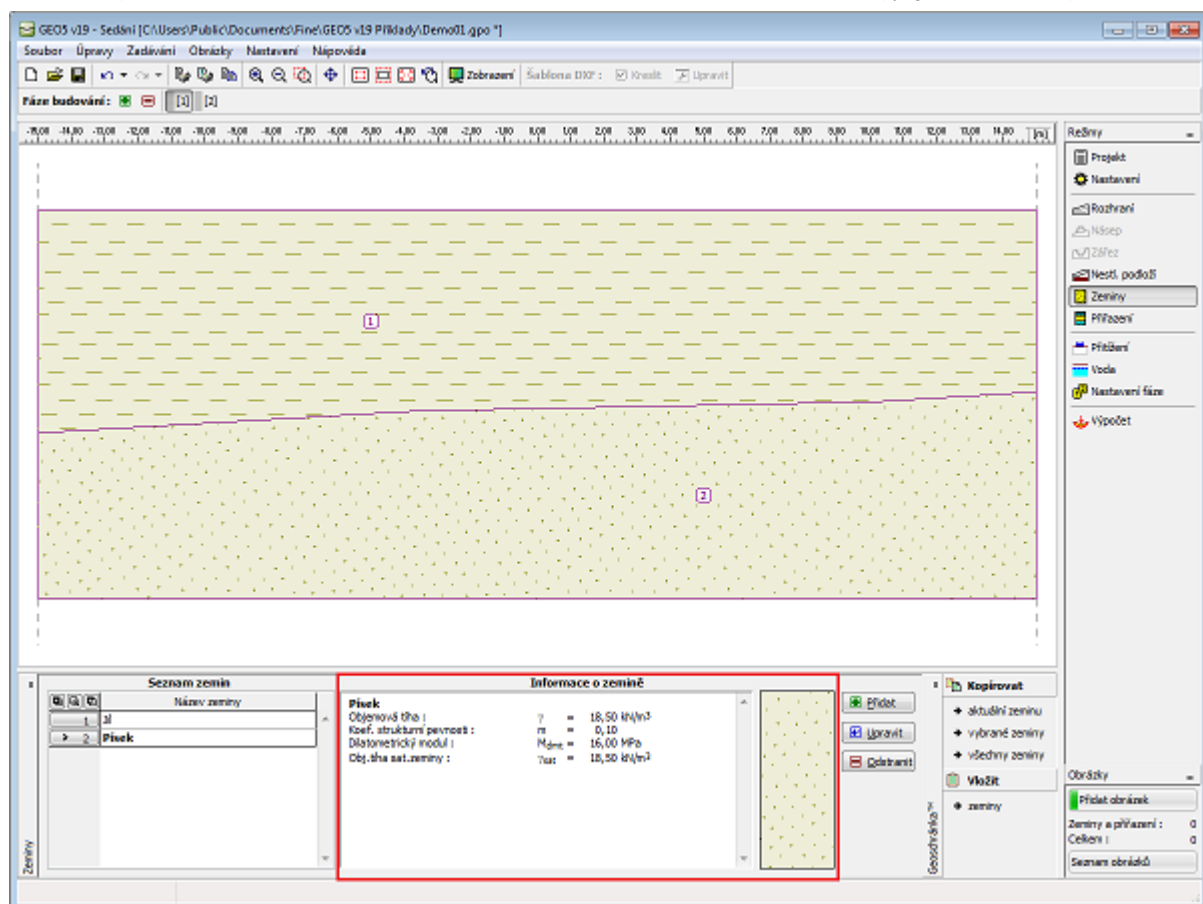
Rám "**Zeminy**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

V programu "**Sedání**" se zadávají charakteristiky zemín, které jsou blíže popsány v následujících kapitolách: "**Vztlak**" a "**Výpočet sedání**". Při výpočtu **konsolidace** se zadává **koeficient filtrace** nebo součinitel konsolidace. Vstupní charakteristiky zemín jsou určeny podle zvolené teorie výpočtu v záložce "**Sedání**".

Parametry zemín se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemín**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních charakteristik zemín.

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Zeminy"

Základní data

V této části dialogového okna se zadává **objemová tíha zeminy**.

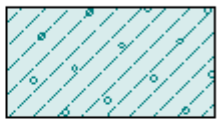
Přidání nových zemin

Identifikace
 Název : Třída F1, konzistence tuhá

Základní data ?
 Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 19,0
 Sedání - edometrický modul ?
 Poissonovo číslo : $\nu =$ [-] 0,35
 Typ E_{oed} :
 Výpočet sedání :
 Edometrický modul : $E_{oed} =$ [MPa] 16 - 32

Sedání - výpočet deformační zóny ?
 Koef. strukturní pevnosti : $m =$ [-] 0,1 - 0,2

Vztlak ?
 Způsob výp.vztlaku :
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení
 Barva :
 Kategorie vzorků :
 Vzorek :  Hlína štěrkovitá

Zatřídění

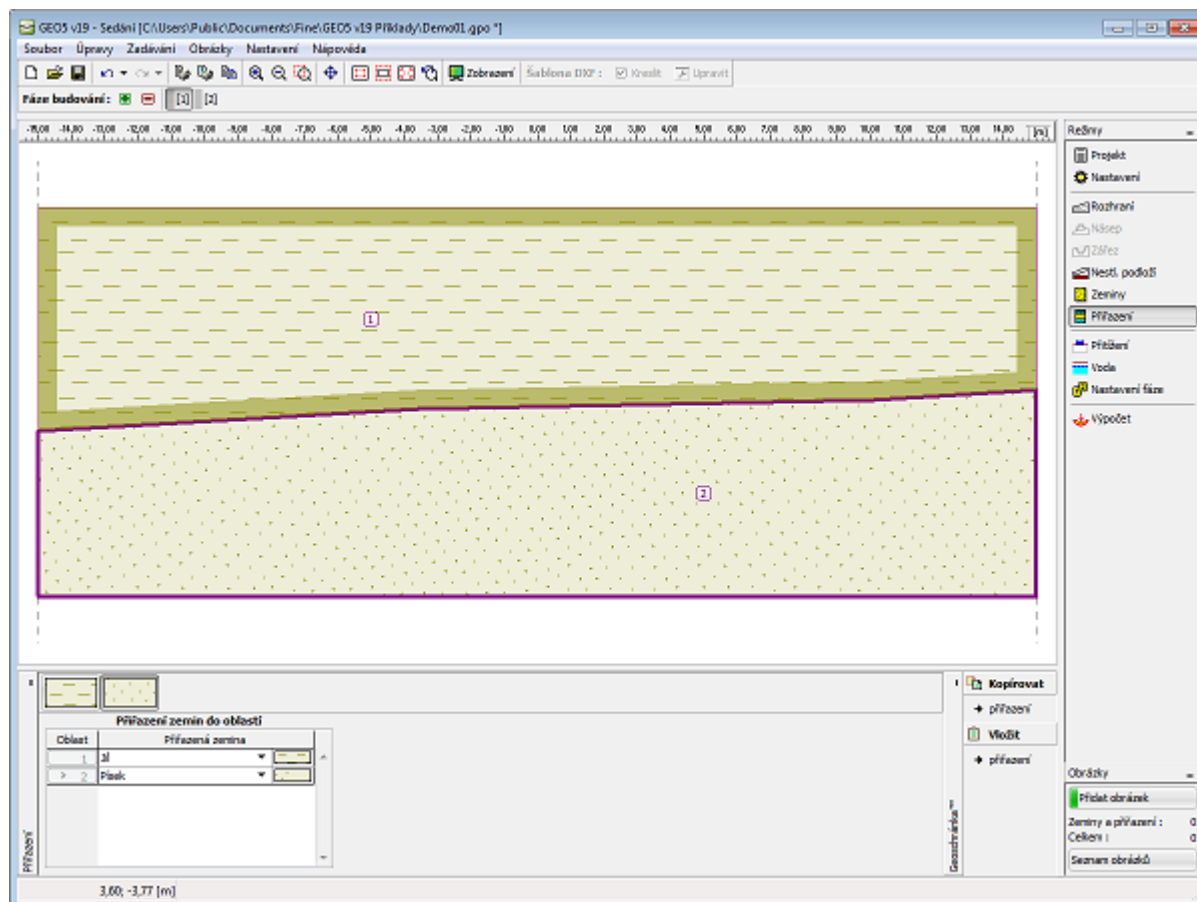
Dialogové okno "Přidání nových zemin" - "Základní data"

Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).

Přiřazení zemin lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



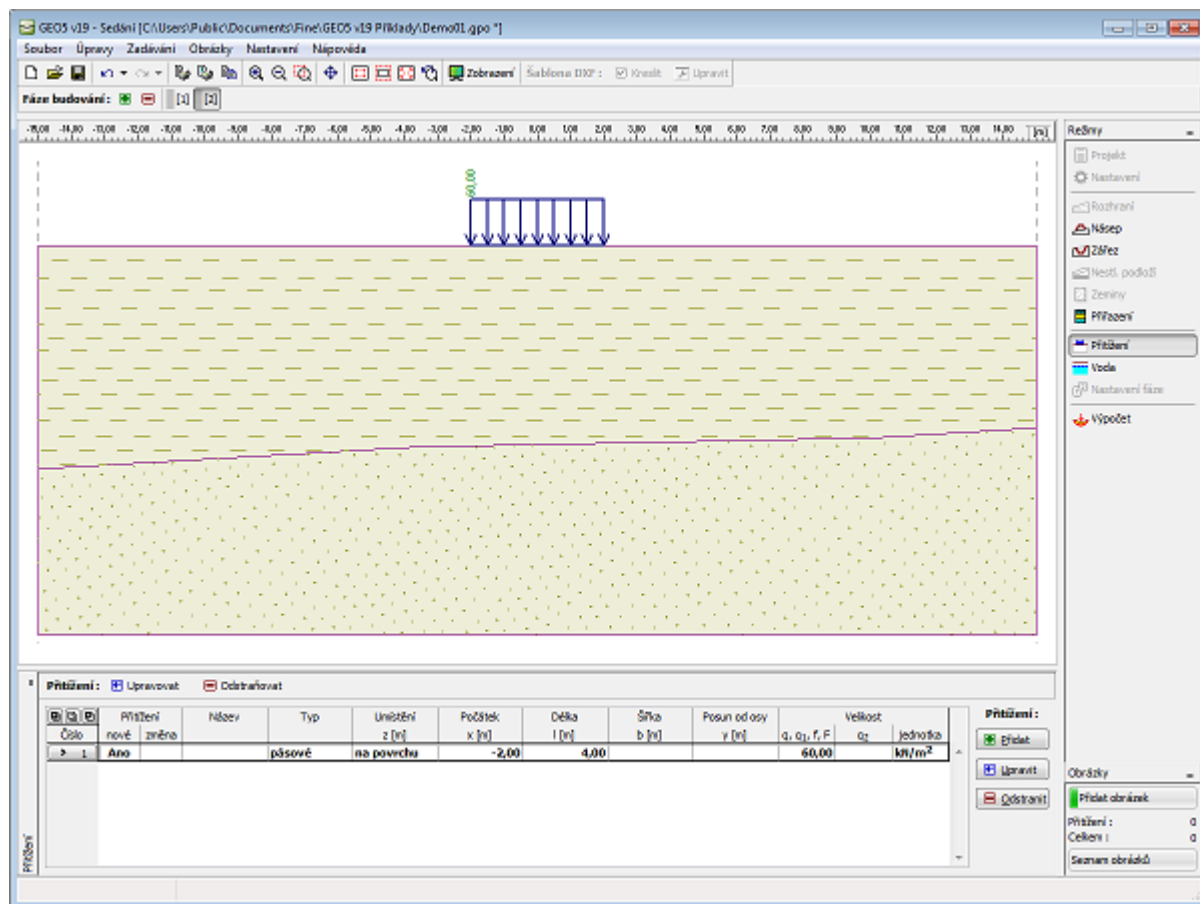
Rám "Přirazení"

Přetížení

Rám "Přetížení" obsahuje tabulku se seznamem zadaných přetížení. Přidání přetížení se provádí v dialogovém okně "Nové přetížení". Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Všechny zadané parametry přetížení lze měnit ve fázi budování, kde bylo zadáno. V dalších fázích budování lze měnit pouze velikost přetížení (volbou "Změna velikosti").

Vliv přetížení na změnu napětí v masívu je popsán v teoretické části nápovědy.



Rám "Přetížení"

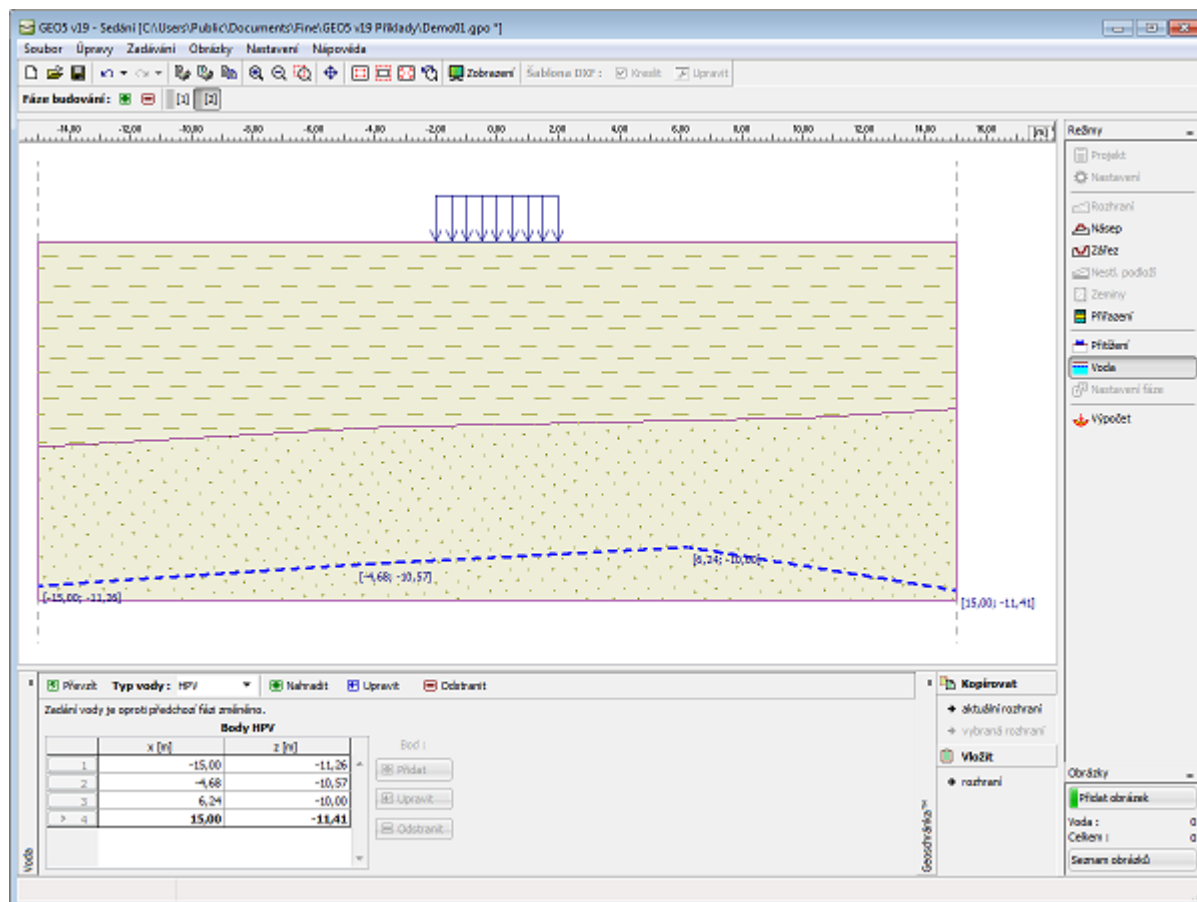
Voda

V rámu "Voda" se zadává hladina podzemní vody.

Zadávání hladiny vody resp. izoliní je zcela shodné se standardním **zadáváním rozhraní**.

Jsou-li zadane údaje v jednotlivých fázích rozdílné, program umožňuje převzít zadaná data z předchozí fáze budování stisknutím tlačítka "Převzít".

Zadaná rozhraní vody lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "Geoschránky".



Rám "Voda"

Nastavení fáze

V rámu "Nastavení fáze" se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

V rámu lze zadat umístění výpočtových sond a mocnosti a rozměry vrstev ve kterých se počítají hodnoty napětí.

Program počítá **napětí v jednotlivých sondách**. Terén je vždy rozdělen na dvacet sond po konstantní vzdálenosti. Další sondy jsou automaticky vygenerovány v bodech terénu, náspu, HPV, rozhraní vrstev zemin a v koncových bodech přetížení. Výpočtové sondy lze vykreslit v rámu "Výpočet".

Jednotlivé sondy jsou **rozděleny na vrstvy** podle zadaných hodnot. První vrstva leží vždy na povrchu původního terénu. Dále jsou **vloženy všechny body** rozhraní terénu, HPV a nestlačitelného podloží. Defaultní tloušťky vrstev zaručují rozumnou **rychlost a přesnost výpočtu**. Vrstvy jsou hustší u povrchu terénu, kde je změna napětí největší, do hloubky se mocnost vrstev zvětšuje.

Vrstvy se zadávají až do hloubky **250 m**, ale ve skutečných výpočtech je hloubka deformační zóny omezena buď **zadaným nestlačitelným podložím**, nebo **omezením velikosti změny napětí** resp. **strukturní pevností** (podle nastavení v záložce "Sedání").

Množství a umístění sond lze uživatelsky ovlivnit při zadání volby "**uživatelské**". V tomto případě lze volit jak rozmístění sond, tak mocnosti a rozmístění vrstviček. Sondy se vytvoří podle zadání - dále jsou programem automaticky doplněny o významné body. Při volbě **způsobu rozmístění přesné** jsou sondy vloženy do všech bodů terénu, rozhraní vrstev zemin, náspu, rozhraní vrstev náspu, HPV a do koncových bodů přetížení. Při volbě **způsobu rozmístění minimální** jsou sondy vkládány do bodů rozhraní vrstev zemin a rozhraní vrstev náspu.

Pro běžné výpočty **doporučujeme ponechat** standardní nastavení výpočtu.

Rozmístění a zahuštění sond : standardní

Horizontální rozmístění

Způsob rozmístění : přesné

Doplnění sond : počtem úseků

Počet úseků : 20

Svislé zahuštění

Číslo	Od hloubky [m]	Zahuštění [m]
1	0,00	0,10
2	2,00	0,30
3	5,00	0,50
4	10,00	2,00
5	30,00	10,00

Přidat, Upravit, Odstranit

Nastavení fáze

Rám "Nastavení fáze"

Výpočet

V rámu "Výpočet" jsou zobrazeny výsledky výpočtu.

V programu je nutné vždy modelovat konstrukci pomocí fází budování. První fáze představuje původní stav, takže sedání je vždy nulové. Teprve v dalších fázích se zadává nové přetížení resp. zemní násep a počítá se sednutí terénu. Informace o průběhu výpočtu, maximální sednutí, hloubka deformační zóny a jsou vypsány v okně ve spodní části rámu.

Při výpočtu konsolidace (volí se v rámu "Nastavení") slouží tato část rámu k zadávání parametrů konsolidace.

Sednutí je spočteno podle teorie výpočtu, která se zadává v záložce "Sedání". Hloubka deformační zóny je určena buď zadaným nestlačitelným podložím, omezením velikosti změny napětí nebo podle teorie strukturní pevnosti.

Hlavním výstupním prostředkem je ale zobrazení výsledků na obrazovce. K ovládání zobrazení je určena vodorovná lišta v horní části obrazovky a rám "Nastavení kreslení : Výpočet".

V rámu "Nastavení kreslení : Výpočet" lze zadat:

- **veškeré parametry kreslení:** parametry vykreslení poklesové kotliny, deformační zóny, nastavení a vykreslení sklopených řezů, parametry kreslení isoploch a izolinií aj.

- volba a ukládání pohledů

Na liště jsou tyto ovládací prvky:

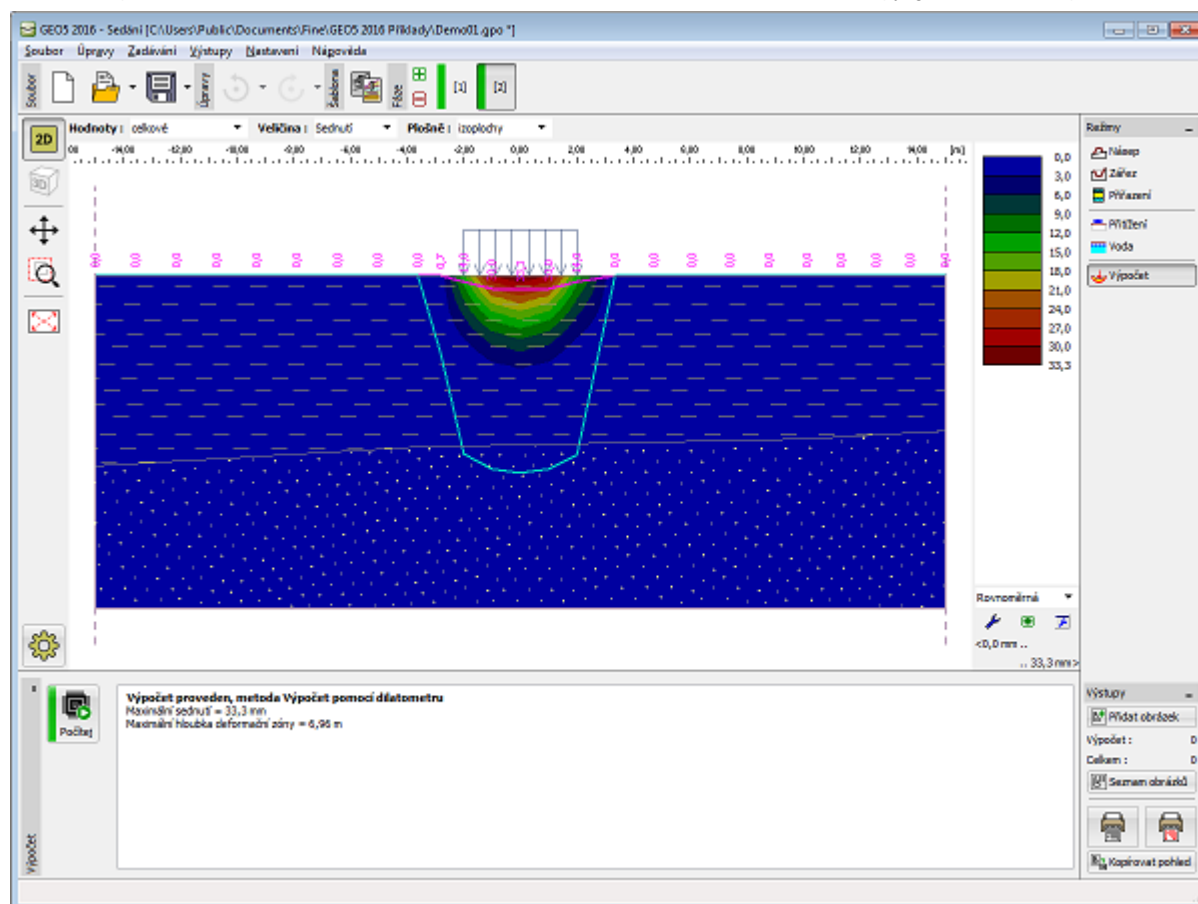
- **volba kreslených hodnot** - hodnoty lze vykreslovat celkové nebo jejich změnu oproti minulé fázi, resp. oproti předchozím fázím. Toto nastavení je umožněno tam, kde má smysl. Lze tedy vykreslovat změnu napětí, sednutí, resp. přetvoření oproti předchozím fázím budování - hloubka deformační zóny je ale vždy vykreslena aktuální.

- **volba veličiny**

- SigmaZ,tot - celkové svislé totální napětí [kPa , ksf]
- SigmaZ,eff - celkové svislé efektivní napětí [kPa , ksf]
- Pórové napětí - napětí od vody [kPa , ksf]
- Sednutí - sednutí bodu [mm , feet]
- Přetvoření - relativní stlačení vrstvy [-]*1000

- **volba způsobu kreslení** (nekreslit, isoploch, isolinie)

V pravé části desktopu je vykreslena barevná škála, pod kterou jsou umístěna tlačítka pro nastavení barevné škály.



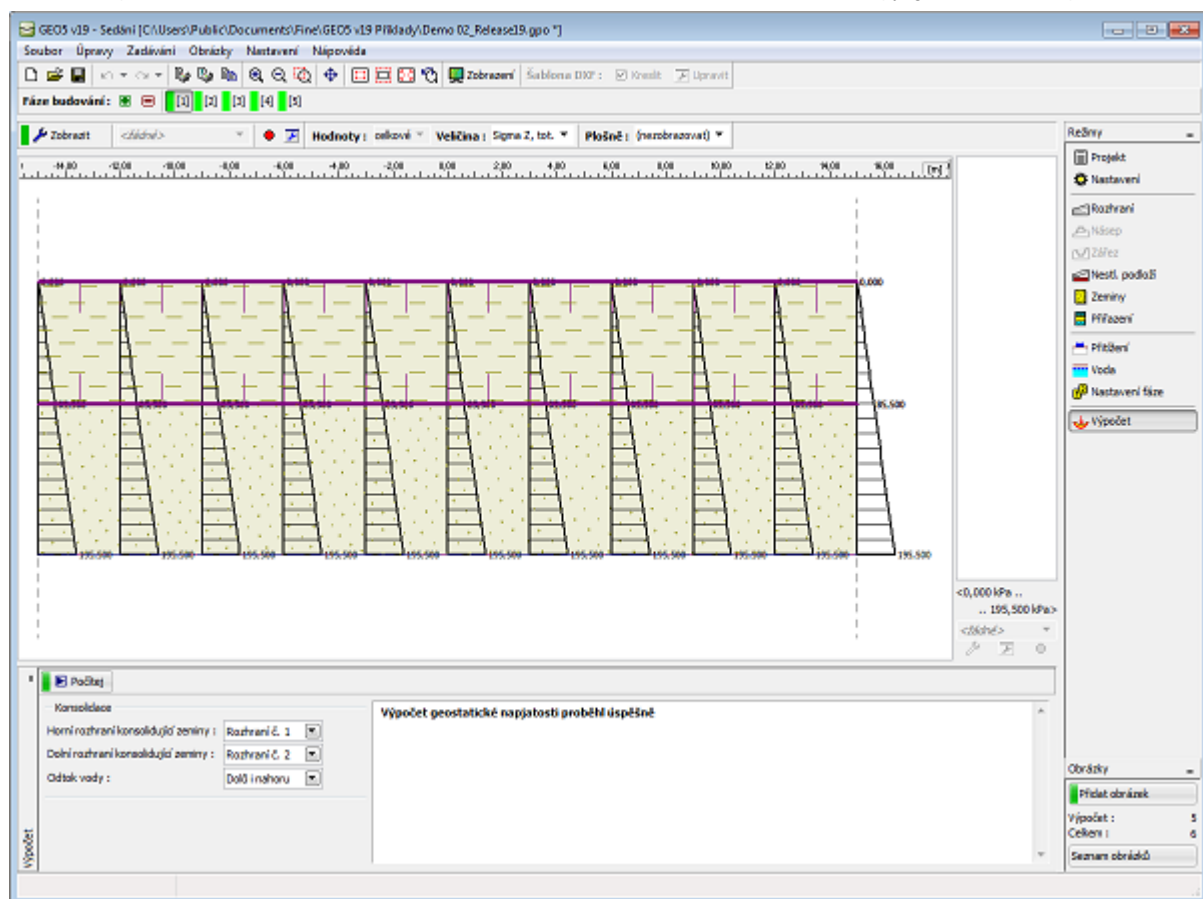
Rám "Výpočet"

Parametry konsolidace

Při výpočtu konsolidace (nastaveno v rámu "Nastavení") slouží spodní okno v rámu "Výpočet" k zadávání parametrů konsolidace.

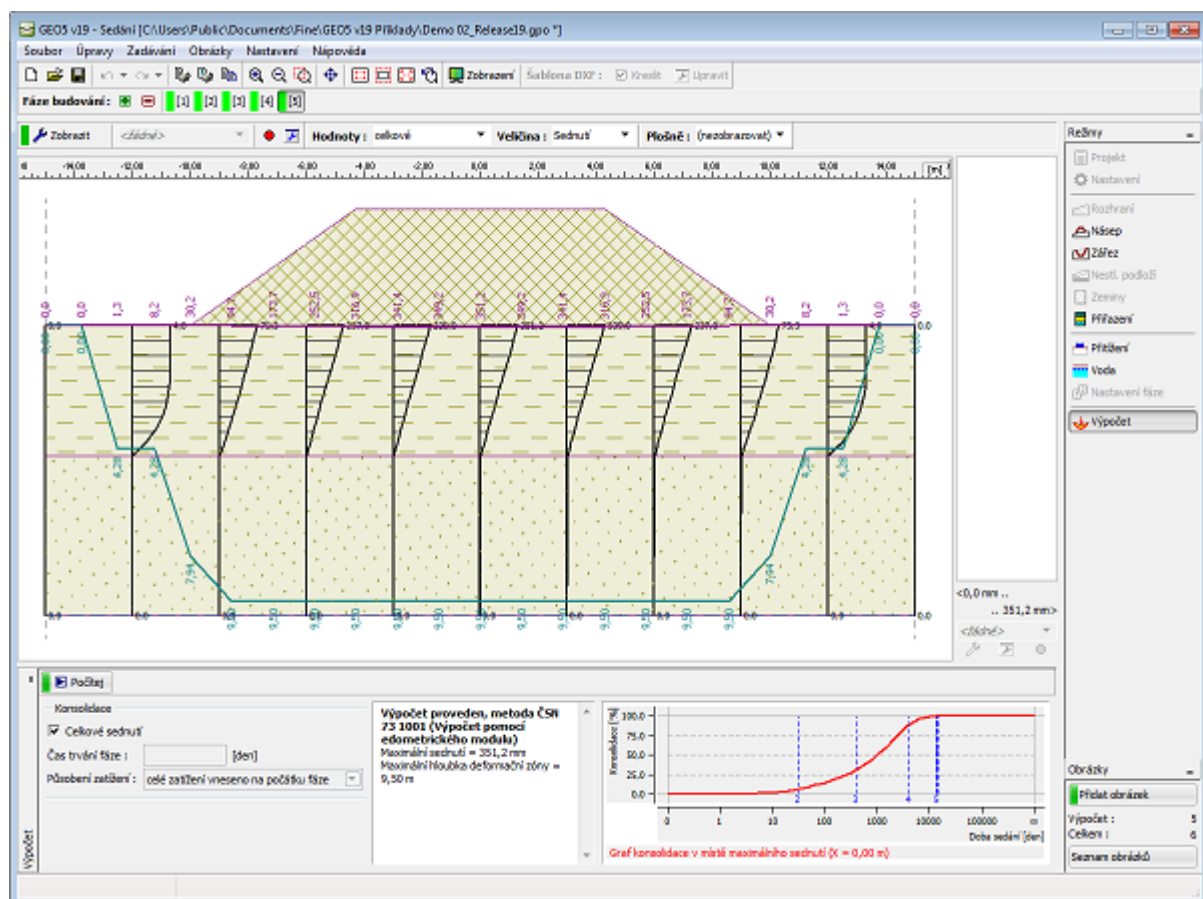
První fáze výpočtu představuje pouze geostatickou napjatost v počátečním čase výstavby. Zadává se horní a dolní rozhraní konsolidující zeminy a směr odtoku vody z této vrstvy (nahoru, dolů nebo oběma směry).

Program umožňuje vykreslení časového průběhu sedání (graf v pravé části desktopu) podle příslušné teorie sedání. Na svislé ose je znázorněn stupeň konsolidace U [%], na vodorovné ose pak doba sedání t [dny].



Rám "Výpočet" - primární geostatická napjatost (1. fáze)

V dalších fázích výpočtu se zadává **čas trvání fáze** a působení zatížení. Zatížení může být vneseno celé na počátku fáze nebo narůstá lineárně po celou dobu trvání fáze. Výpočet je proveden od první fáze do fáze, ve které je zapnuto "**Celkové sednutí**" (Ize zaškrtnout v jakékoliv fázi mimo první).



Rám "Výpočet" - konsolidace (ostatní fáze)

Příklad: jaké bude sedání od přitížení po 5 dnech, 1 měsíci, 1 roce a 5 letech? Zadáání v jednotlivých fázích bude vypadat následovně:

1. fáze Pouze geostatické napětí
2. fáze Přitížení, čas: 5 dní
3. fáze Beze změny, čas: 25 dní
4. fáze Beze změny, čas: 335 dní
5. fáze Beze změny, čas: 1460 dní
6. fáze Zaškrtnout volbu "**Celkové sednutí**" a spustit výpočet

Program Výrub

Program je určen k výpočtu tvaru poklesové kotliny nad výrubu a posouzení porušení budov nad raženými tunely.

Nápověda k programu "Výrub" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadáání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Nastavení	Budovy	Profil	Zeminy	Přirazení	Geometrie
Měření	Nastavení	Výpočet	Poruchy			
	fáze					

- Normy a metody výpočtu

- Teorie k výpočtům v programu "**Výrub**":

Napětí v	Výrub
zemině	

- Informace k výstupům

- Obecné informace pro práci v uživatelském prostředí programů GEO5

- Společné zadávání pro všechny programy

Projekt

Rám "**Projekt**" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".

Rám "Projekt"

Nastavení

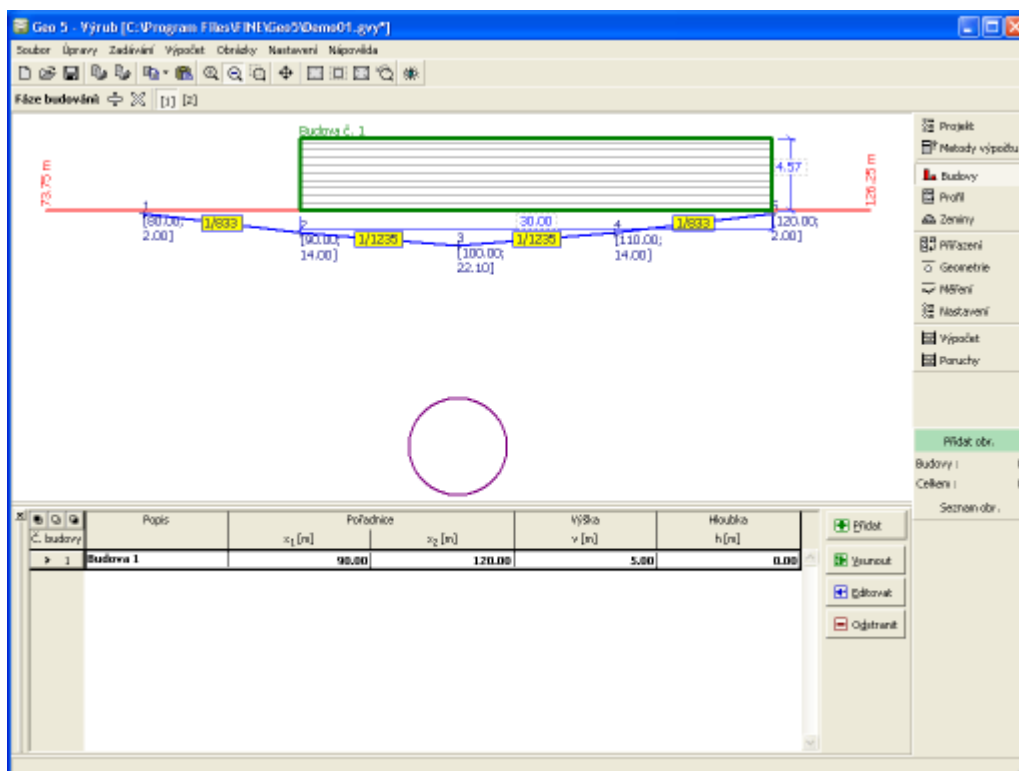
Rám "Nastavení" je určen k zadání norem popřípadě metod, pomocí kterých bude proveden výpočet.

V rámu se volí **metoda výpočtu poklesové kotliny** (Ztráta objemu, Klasické teorie) a **tvary poklesové kotliny** (Gauss, Averšin). Dále se zde zadává **koeficient výpočtu inflexního bodu** (jen pro klasické teorie), který ovlivňuje tvar poklesové kotliny.

Rám "Nastavení"

Budovy

Rám "Budovy" je určen k **zadání** objektů nad výrubem. Lze zadat libovolné množství budo na povrchu terénu i v hloubce.



Rám "Budovy"

Profil

Rám "Profil" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných rozhraní. Po zadání rozhraní lze na desktopu editovat mocnosti jednotlivých vrstev pomocí **aktivních kót**.

Přidání rozhraní se provádí v **dialogovém okně "Nové rozhraní"**. Zadává se z -ová souřadnice rozhraní od horního bodu konstrukce (z) nebo mocnost vrstvy (t).

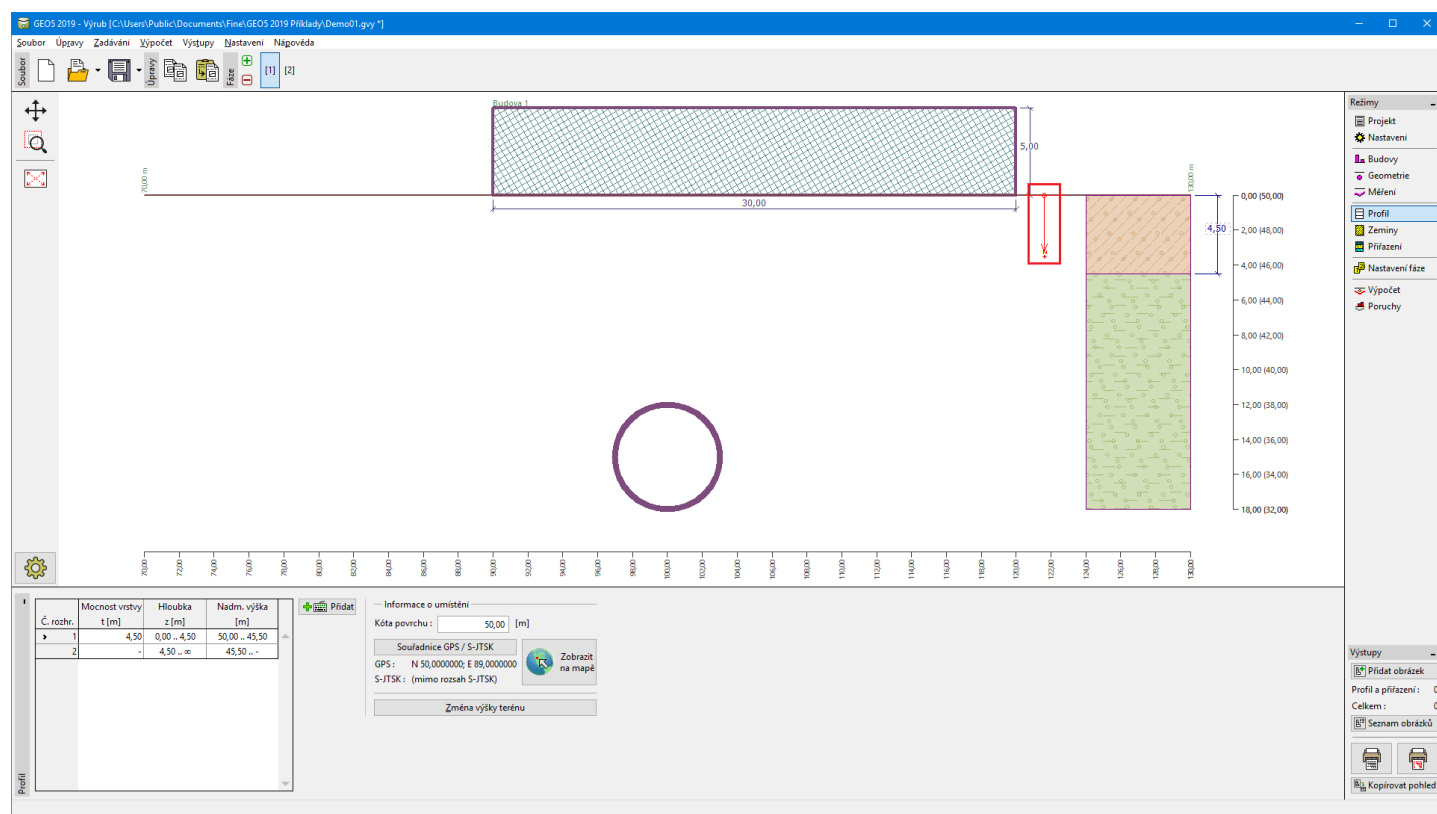
V tomto rámu lze také zadat **nepovinné informace o umístění stavby**:

- nadmořskou výšku** - při jejím zadání se v tabulce zobrazuje sloupec s nadmořskými výškami vrstev
- souřadnice GPS** - při jejich zadání lze tlačítkem "**Zobrazit na mapě**" **zobrazit umístění konstrukce** v mapových podkladech Google Maps.

Program umožňuje zvýšit resp. snížit horní bod konstrukce v dialogovém okně "**Změna výšky terénu**" a tím posunout

celé rozhraní při zachování mocností jednotlivých vrstev. Tato funkce je důležitá především při převzetí zemního profilu z programu **"Terén"**.

Zadávání dat v rámu je dostupné pouze tehdy, jestliže je v režimu **"Nastavení"** zvolena **klasická teorie výpočtu**. V opačném případě je rám pro zadání dat nedostupný.



Rám "Profil"

Zeminy

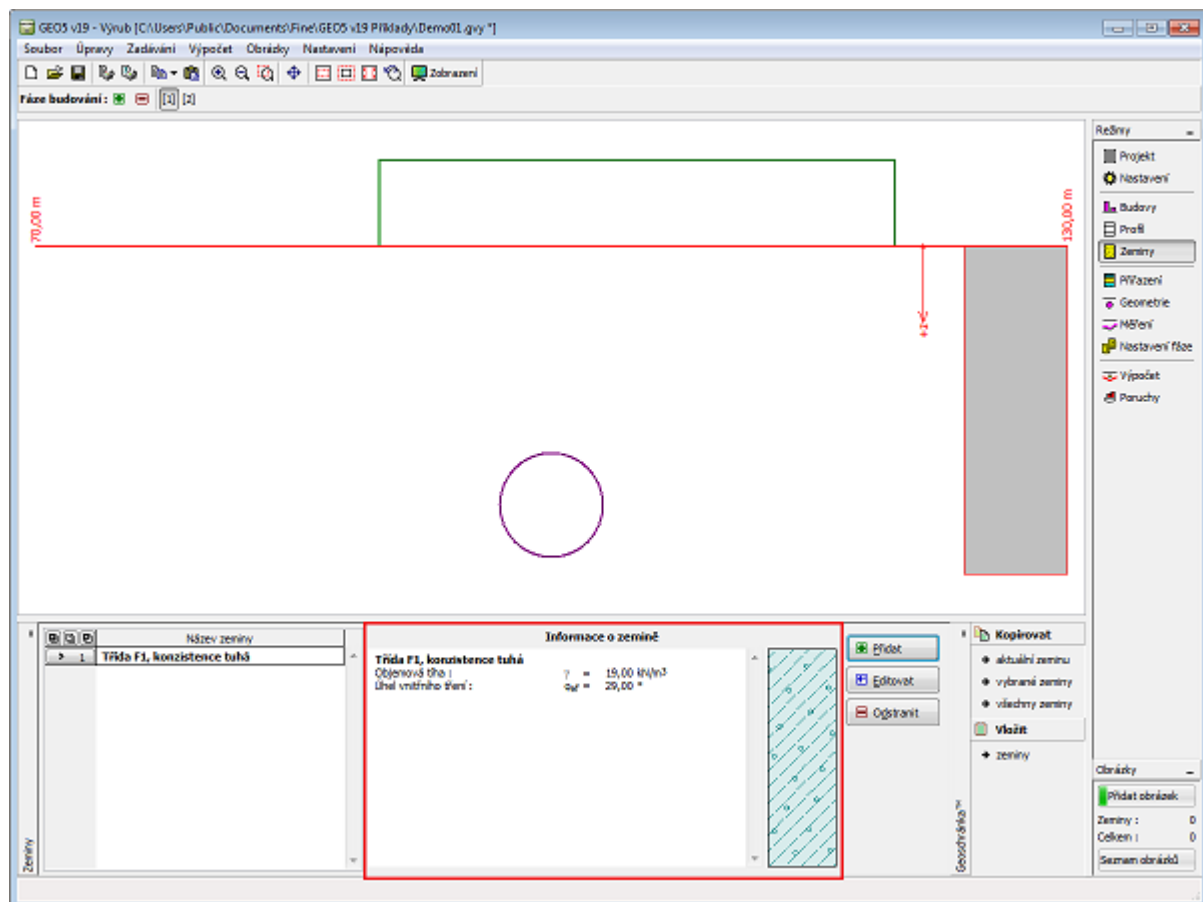
Rám **"Zeminy"** obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

Zadávání dat v rámu je dostupné pouze tehdy, jestliže je v režimu **"Nastavení"** zvolena **klasická teorie výpočtu**. V opačném případě je rám pro zadání dat nedostupný.

Vstupní data zemín se zjišťují z geotechnického či inženýrsko-geologického průzkumu nebo z laboratorních zkoušek. Nejsou-li tyto podklady k dispozici, lze využít zabudovanou **databázi zemín**, která obsahuje orientační hodnoty vybraných základních **charakteristik zemín**.

Data zadáných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.



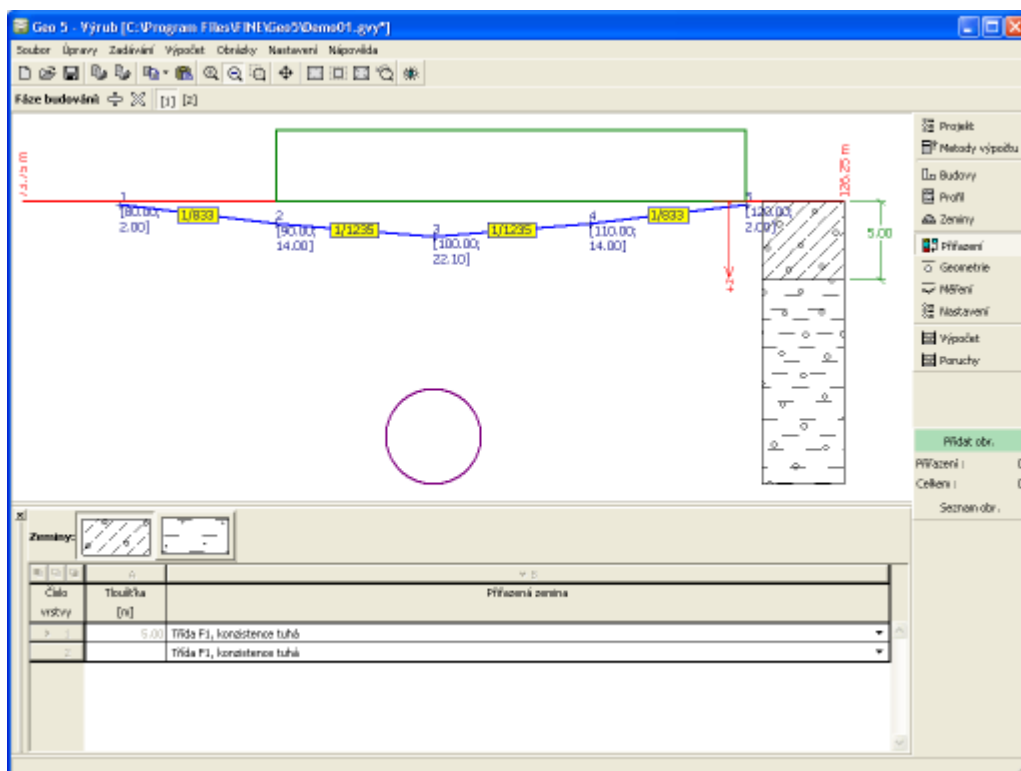
Rám "Zeminy"

Přirazení

Rám "Přirazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemín. Seznam zemín je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemín je podrobně popsán [zde](#).

Zadávání dat v rámu je dostupné pouze tehdy, jestliže je v režimu "**Nastavení**" zvolena **klasická teorie výpočtu**. V opačném případě je rám pro zadání dat nedostupný.



Rám "Přirazení"

Geometrie

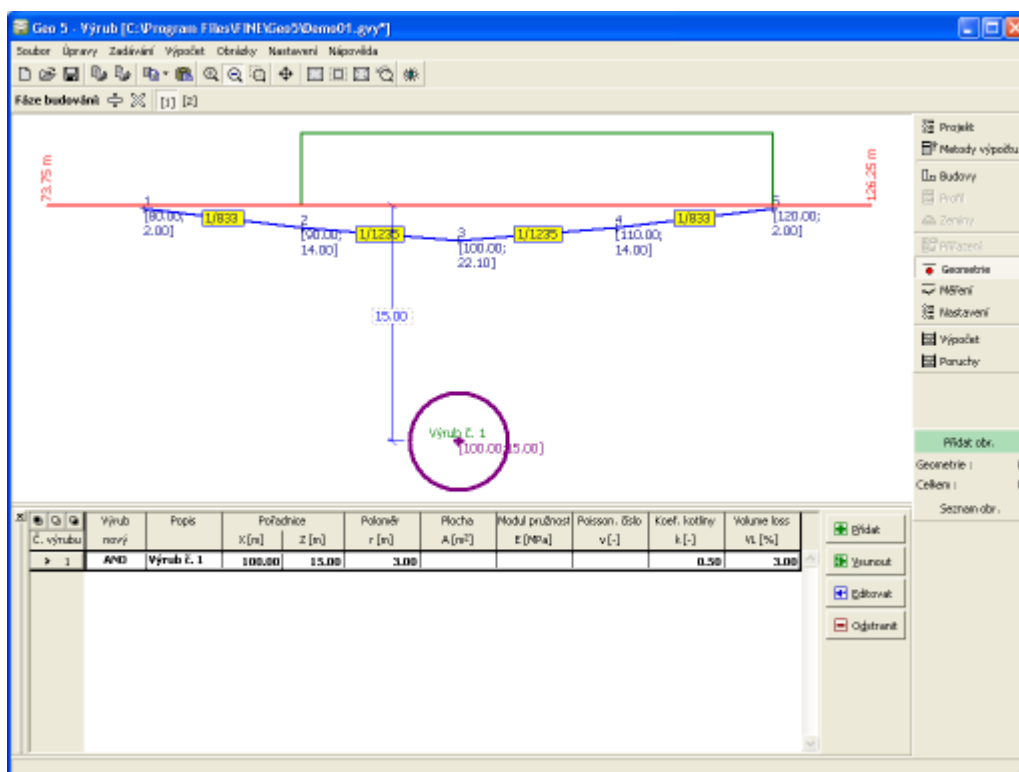
Rám "Geometrie" obsahuje tabulku se seznamem zadaných výrubů. Přidání výrubů se provádí v dialogovém okně "Nový výrub". Zadané výrubu lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Parametry výrubu se liší podle metody výpočtu zadané v rámu "Nastavení". Výrub lze definovat buď poloměrem, nebo plochou výrubu. V případě že zadáváme část sekvenčního výrubu, je vhodné zadat plochu výrubu a fiktivní střed výrubu umístit do těžiště této plochy.

Další zadávané parametry výrubu jsou blíže popsány v popisu jednotlivých metod (Ztráta objemu, Klasické teorie).

Program umožňuje export geometrie výrubů ve formátu *.DXF.

Dialogové okno "Nový výrub"



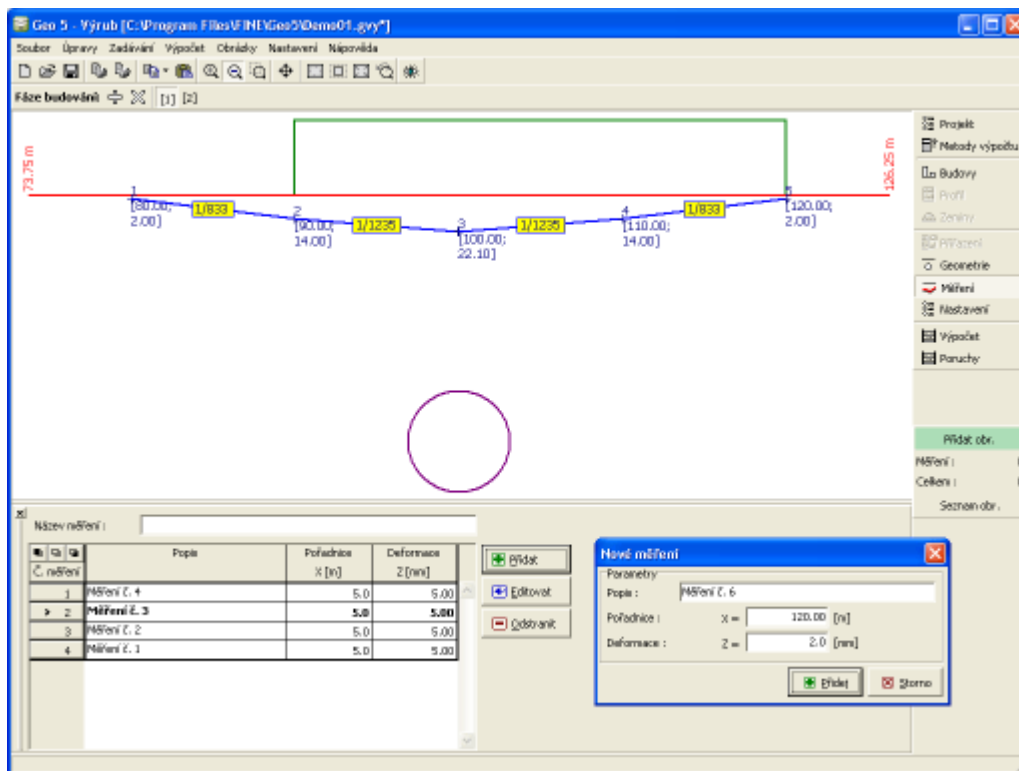
Rám "Geometrie"

Měření

Rám "Měření" obsahuje tabulku se seznamem zadaných měření. Přidání měření se provádí v dialogovém okně "Nové

měření". Zadané měření lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

Zadaná měření nemají **žádný vliv na výpočet** - jejich zadání do programu však bylo vynuceno potřebami praxe. Po vyražení první části sekvenčního tunelu je vhodné zadat naměřené hodnoty ze stavby do programu a zpětně zadat vstupní parametry výrubu tak, aby **spočtené a naměřené deformace byly shodné**. Praktické zkušenosti ukazují, že takto získané hodnoty vstupních veličin (např. koeficient ztráty objemu) jsou **platné i pro další fáze**.



Rám "Měření"

Nastavení fáze

V rámu **"Nastavení fáze"** se zadávají nastavení výpočtu platná pro aktuální fázi budování.

Rám obsahuje nastavení hranic tahových a gradientových porušení. Na tyto hodnoty je posuzováno porušení budov v rámu **"Poruchy"**. Program nabízí standardní přednastavení (standardní nastavení **pro zděné budovy**) a nastavení uživatelské - zde lze definovat libovolná kritéria předepsaná normami resp. získaná zkušenostmi pro libovolné typy budov.

Hodnoty hranic musí být definovány sestupně resp. vzestupně. Chceme-li definovat méně oblastí než je nastaveno v programu, lze zadat některé hranice stejnou hodnotou.

Porušení staveb : uživatelské nastavení ← Předej standard	
— Hranice gradientového porušení — — Hranice tahového porušení —	
Hranice 1 : 1 /	1200 [-]
Hranice 2 : 1 /	800 [-]
Hranice 3 : 1 /	500 [-]
Hranice 4 : 1 /	300 [-]
Hranice 5 : 1 /	150 [-]
Hranice 1 :	0,00 [‰]
Hranice 2 :	0,50 [‰]
Hranice 3 :	0,75 [‰]
Hranice 4 :	1,00 [‰]
Hranice 5 :	1,80 [‰]

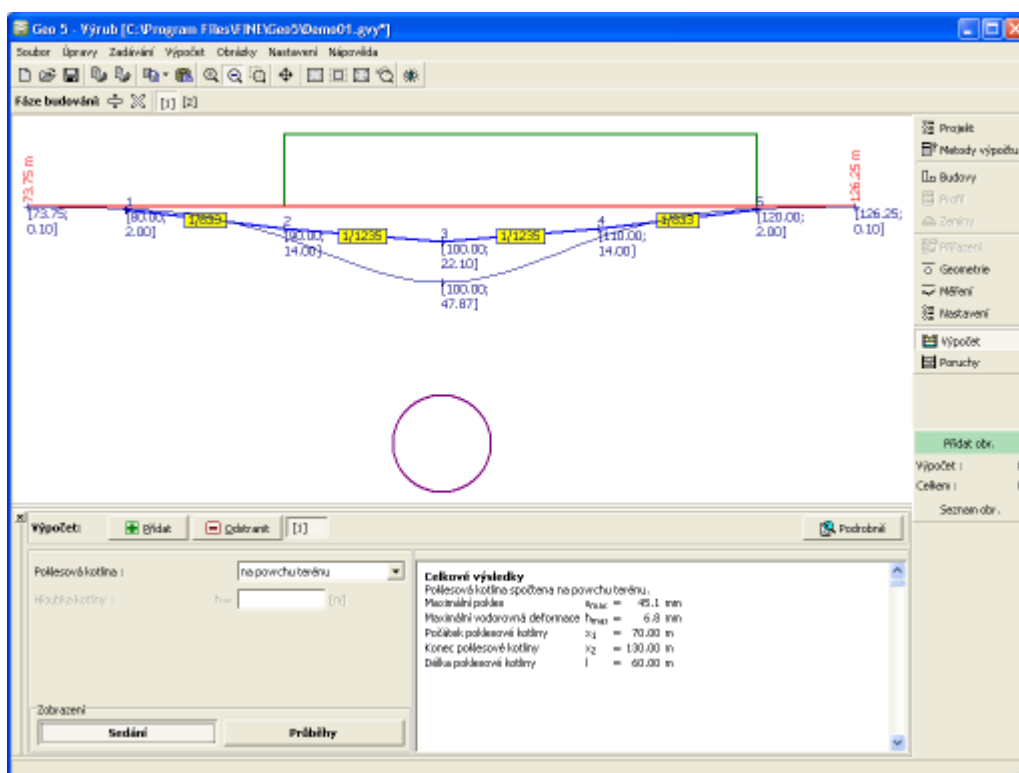
Rám "Nastavení fáze"

Výpočet

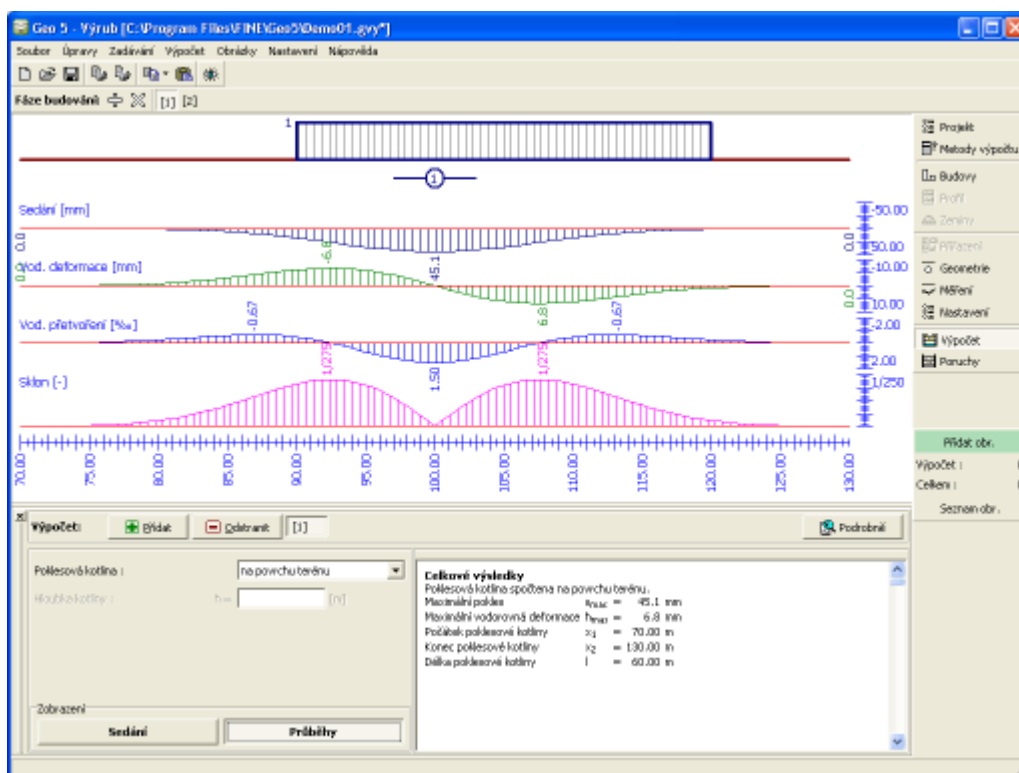
V rámu **"Výpočet"** jsou zobrazeny výsledky **výpočtu poklesové kotliny**. Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů** v

různých **hloubkách pod povrchem terénu**. Spočtené hodnoty jsou zobrazeny na desktopu a aktualizují se okamžitě při jakékoliv změně dat a nastavení v rámu.

Zobrazení kresby lze měnit v rámu **"Nastavení kreslení"**. Pro rychlé přepínání stylu prezentace výsledků (**poklesová kotlina, průběhy veličin**) jsou určena tlačítka v sekci **"Zobrazení"**.



Rám "Výpočet" - "Sedání"



Rám "Výpočet" - "Průběhy"

Poruchy

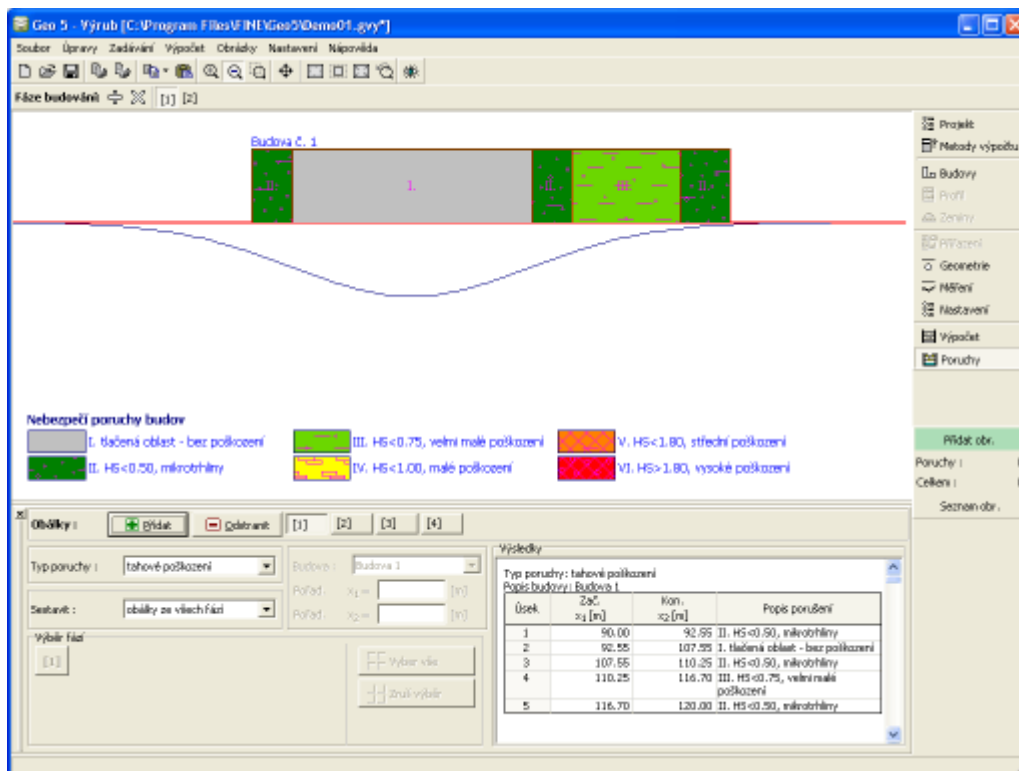
V rámu **"Poruchy"** jsou zobrazeny výsledky výpočtu porušení budov. Program nabízí čtyři typy posouzení:

- Posouzení **tahového porušení**
- Posouzení **porušení vlivem sklonu**

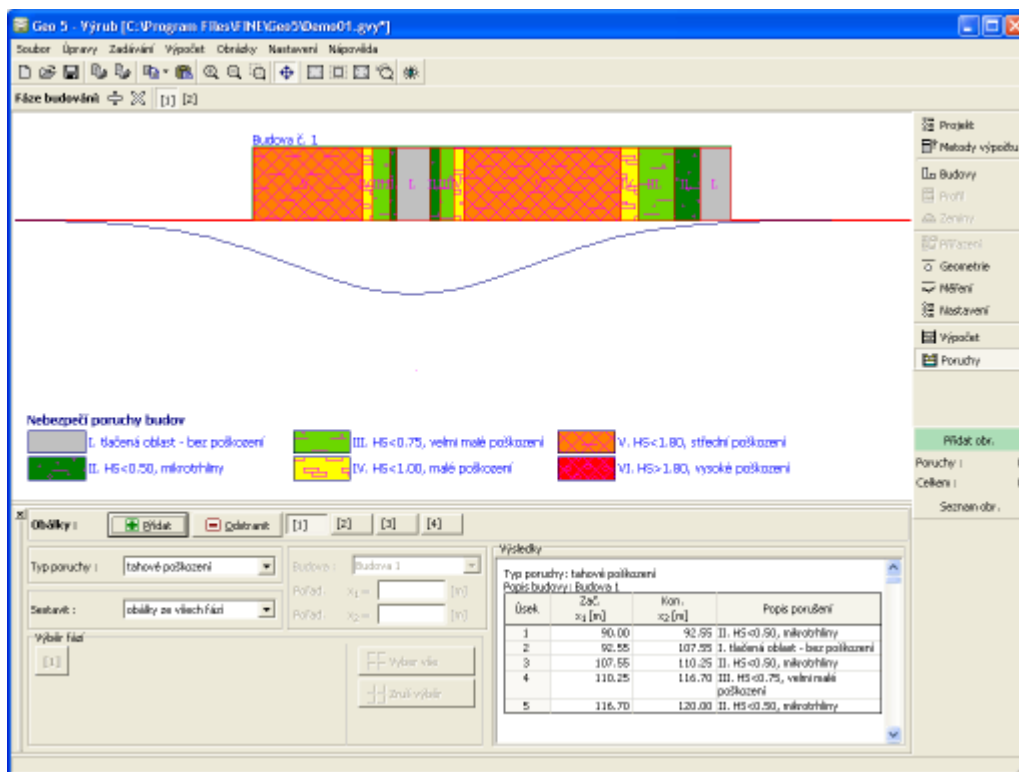
- Posouzení **relativního průhybu budov** (nahoru a dolu)
- Posouzení **zadaného úseku budovy**

Program umožňuje provést výpočet pro aktuální a všechny předchozí fáze (**obálka ze všech fází**), nebo je možné zadat jednotlivé fáze a analyzovat jejich vliv. Tímto způsobem lze nalézt např. optimální postup ražby sekvenčních tunelů.

Pro jednu zadanou úlohu lze provést **více výpočtů**. Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".



Rám "Poruchy" - zobrazení tahových porušení



Rám "Poruchy" - zobrazení porušení vlivem natočení

Program Stratigrafie

Program Stratigrafie (a moduly **Dokumentace**, **Řezy** a **Zemní práce**) je určen k:

- Vytvoření digitálního modelu terénu staveniště

- Načtení veškerých vrtů a polních zkoušek z geologického průzkumu
- Tvorbě geologické dokumentace
- Vytvoření geologických řezů
- Vytvoření 3D modelu podloží
- Exportu dat do dalších programů GEO5 (Výsledné řezy - Stabilita Svahu, Sedání...), (Výsledné profily - Patky, Pilota...)

Detailní popis práce s programem Stratigrafie naleznete v **inženýrských manuálech** na našich webových stránkách:

- IM 40 "Základy práce s programem Stratigrafie"
- IM 41 "Pokročilé modelování v programu Stratigrafie"
- IM 42 "Tvorba dokumentace zkoušek"
- IM 43 "Interpretace zkoušek do zemních profilů"
- IM 44 "Vytvoření uživatelské šablony"
- IM 46 "Modul Zemní práce"
- IM 47 "Exporty a importy zkoušek / šablon"

Nápověda k programu "Stratigrafie" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Projekt	Šablony	Nastavení	Staveniště	Podklady	Body terénu	Hrany terénu
Zkoušky	Zeminy	Zemní profily	Rozhraní	Voda	IG řezy	Model podloží
Výsledné profily	Výsledné řezy	Výsledná tělesa				

- **Zemní práce - fáze budování**
- Informace k **výstupům**
- Teorie k zadávaným zkouškám v programu **"Stratigrafie"**:
Polní zkoušky
- Obecné informace pro práci v **uživatelském prostředí** programů GEO5
- **Společné zadávání** pro všechny programy

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech** a také při tvorbě **geologické dokumentace**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.

Rám "Projekt"

Šablony

Rám "Šablony" je určen k práci s **geologickou dokumentací**. Tento rám je dostupný uživatelům se zakoupeným modulem **"Dokumentace"**.

Šablony definují geologickou dokumentaci, kterou program poskytuje. Šablona každé zkoušky obsahuje:

- definici dat o zkouškách
- definici tiskových sestav
- definici mapování pro export a import

Jednotlivé šablony jsou součástí tzv. **sady šablon**.

Práce se sadami šablon je **prakticky stejná** jako práce s **nastavením norem** v rámci **"Nastavení"** u ostatních problémů GEO5.

Rám "Šablony"

Tlačítko **"Vybrat sadu šablon"** slouží k volbě již vytvořené Šablony ze **"Seznamu sad šablon dat zkoušek"**.

Tlačítko **"Správce šablon"** otevře dialogové okno **"Správce šablon dat zkoušek"**, ve kterém lze prohlížet a upravovat jednotlivé sady šablon. Také se zde určuje, které sady budou viditelné v **"Seznamu sad šablon zkoušek"**. Ve **"Správci šablon"** lze také sady šablon **exportovat** a **importovat**.

Program jednak obsahuje předdefinované **základní Sady šablon**, ale umožňuje i **vytvářet uživatelské Sady šablon**.

Tlačítkem **"Upravit kopii aktuální sady šablon a přidat ji do správce"** otevřeme dialogové okno s kopií aktuální sady šablon, kterou můžeme dále upravovat. Vytvořená sada se následně zařadí do **"Správce šablon dat zkoušek"**.

Správce šablon dat zkoušek

Číslo	Typ	Název	Viditelný	Výchozí
1	Standardní	ČR - GEPRODO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="radio"/>
2	Standardní	ČR - HUPO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
3	Standardní	EN - Standardní	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
4	Standardní	PT - Šablona	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
5	Standardní	RO - Šablona	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
6	Standardní	US - Šablona	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
7	Standardní	PL - Šablona	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
8	Standardní	CN - Standard	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 1	Uživatelská	ČR - GEPRODO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 2	Uživatelská	ČR - GEPRODO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 3	Uživatelská	ČR - GEPRODO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 4	Uživatelská	Template New 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 5	Uživatelská	Vzorky a HPV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 6	Uživatelská	Souř. syst.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 7	Uživatelská	EM44	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 8	Uživatelská	ČR - GEPRODO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

Sloupec "Výchozí" určuje šablonu dat zkoušek pro nové úlohy programu "Stratigrafie".

☒ Zavři + použij šablonu ☒ Zavři

Tlačítko "**Vytvořit lokální sadu šablon**" umožňuje rychlou prohlídku a editaci aktuální sady šablon. Pokud se nějaký údaj změní, změní se název sady na "**Lokální pro aktuální úlohu**". Program dále pracuje s touto **lokální sadou šablon**. Pokud se rozhodneme, že je tato sada vhodná i pro další úlohy, přidáme ji do "**Správce šablon**" tlačítkem "**Přidat do správce**".

Vytvoření uživatelské sady šablon

V programu jsou implementovány **základní sady šablon** pro tvorbu geologické dokumentace pro jakýkoliv typ zkoušky (vrt, CPT, SPT...). Jelikož ale existuje velké množství různých požadavků na geologické protokoly, je možné vytvořit i **sady šablon vlastní - uživatelské**.

Správce šablon dat zkoušek

Číslo	Typ	Název	Viditelný	Výchozí
1	Standardní	ČR - GEPRODO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="radio"/>
2	Standardní	ČR - HUPO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
3	Standardní	EN - Standardní	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
4	Standardní	PT - Šablona	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
5	Standardní	RO - Šablona	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
6	Standardní	US - Šablona	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
7	Standardní	PL - Šablona	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
8	Standardní	CN - Standard	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 1	Uživatelská	ČR - GEPRODO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 2	Uživatelská	ČR - GEPRODO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 3	Uživatelská	ČR - GEPRODO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 4	Uživatelská	Template New 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 5	Uživatelská	Vzorky a HPV	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 6	Uživatelská	Souř. syst.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 7	Uživatelská	EM44	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
U 8	Uživatelská	ČR - GEPRODO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

Sloupec "Výchozí" určuje šablonu dat zkoušek pro nové úlohy programu "Stratigrafie".

☒ Zavři + použij šablonu ☒ Zavři

Ideálním postupem je vyjít z již předpřipravené **sady šablon** a tu následně upravit podle konkrétních požadavků. V rámu "**Šablony**" stiskneme tlačítko "**Upravit kopii aktuální sady šablon a přidat ji do správce**" a v dialogovém okně definujeme sadu šablon. Jednotlivé šablony jsou zobrazeny v tabulce a lze je libovolně přidávat/upravovat/odstraňovat. Pokud se v úloze vyskytuje polní zkouška, která používá šablonu mimo aktuální sadu, lze tuto šablonu doplnit pomocí

tláčitka "Přidat" ve spodní části okna.

Přidání kopie standardní sady šablon do správce

Název: **Nová šablona** CS Komentář:

Číslo	Název	Použitelnost	Komentář
1	Vrt	tvorba modelu, vrt	
2	Hydrovrt	tvorba modelu, vrt, hydrovrt	
3	CPT	tvorba modelu, CPTu	
4	DPT	tvorba modelu, DPT	
5	SPT	tvorba modelu, SPT, vrt	
6	DMT	tvorba modelu, DMT	
7	PMT	tvorba modelu, PMT, vrt	

Šablony polních zkoušek mimo sadu : Vrt Přidej

Přidej + Zavři Storno

Dialogové okno pro **vytvoření/úpravu šablony** je rozděleno do 4 částí.

1. **Část A** - zde se zadává název (popř. komentář) nové šablony (např. podle země, názvu firmy, normy...)
2. **Část B** - zde se definují **data** pro danou šablonu.
3. **Část C** - zde se upravuje podoba **výstupních protokolů** pro jednotlivé zkoušky. Úpravy jsou prováděny v tabulkovém procesoru a jsou podobné práci např. s MS Excel.
4. **Část D** - zde se nastavuje **mapování pro export a import dat**

Nová šablona

Název: CPT - geoprojekt CS Komentář:

Zadávaná data

Číslo	Název	Typ	Parametry	Podmínečné zadávání	Komentář
1	Název zkoušky	Text		General / Fixed	
2	Celková hloubka	Číslo	Značka: d _{tot} 8,89 m 8,89 ft	Jen pro čtení - automaticky dopočteno z dat polní zkoušky / General / Fixed	
3	Souřadnice X	Číslo	8,89 m 8,89 ft	General / Fixed	
4	Souřadnice Y	Číslo	8,89 m 8,89 ft	General / Fixed	
5	Souřadnice Z	Číslo	8,89 m 8,89 ft	General / Fixed	
6	Svislý posun počátku	Číslo	Značka: d _s 8,89 m 8,89 ft	General / Fixed	
7	Tabulka CPT Hloubka	Tabulka	S hloubkou	CPT / Fixed	
	Odpor na hrotu	Číslo	Počet prvků 4		
	Lokální tření	Číslo			
	Pórový tlak	Číslo			
8	Data - Protokol	Skupina	Počet prvků 7		
	Příloha č.	Text			
	Místo	Text			
	Měřil	Text			
	Vyhodnotil	Text			
	Datum zkoušky	Datum a čas			
	Dle normy	Text			
	Poznámky	Text			
9	Data - Zkouška HPV	Skupina	Počet prvků 6		
		Číslo			

Použitelnost: tvorba modelu, CPTu

Seznam výstupních protokolů

Číslo	Název	Typ protokolu
1	CPT - Polní zkouška	polní zkoušky
2	CPT - Zemní profil	zemní profily

Seznam mapování pro export a import

Číslo	Název	Komentář
1	FINE AGS4 Ed. 4.0.	
2	FINE - EN Standard	

Výchozí sloupce pro řazy (počet sloupců 4): Zadat sloupce

Grafická znázornění při editaci (počet položek 3): Zadat grafická znázornění

Přidej + Zavři Storno

Dialogové okno "Nová šablona"

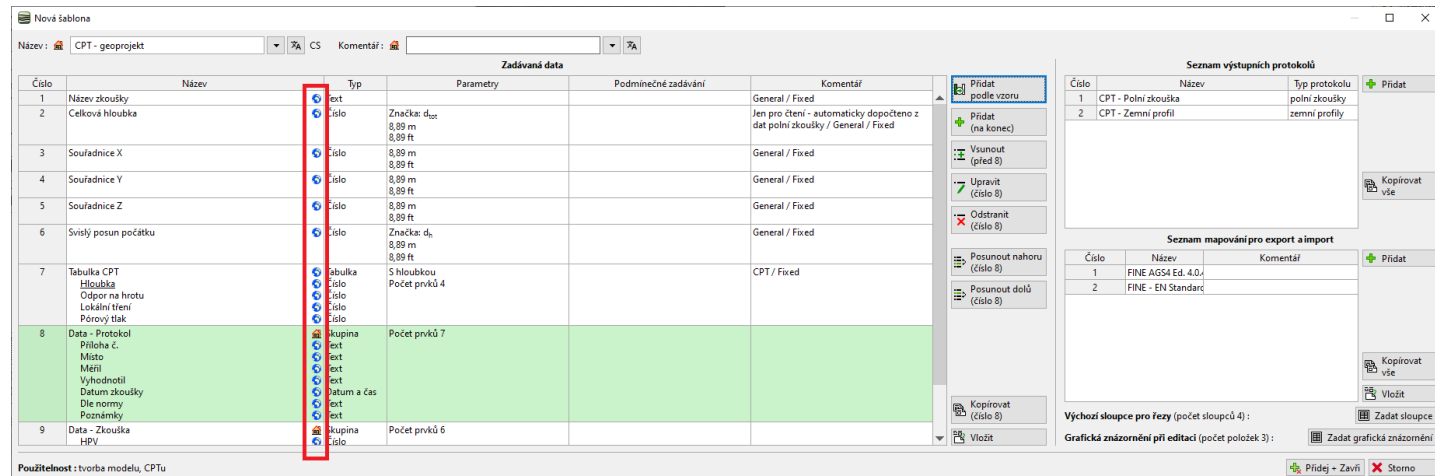
Šablony jsou navzájem kompatibilní a v maximální možné míře zachovávají zadaná data. Obsah veškerých polí, která jsou převzata ze základních šablon, zůstane nezměněn při přepnutí jednotlivých šablon.

Podrobný postup vytvoření uživatelské šablony je popsán v inženýrském manuálu č. 44 - Úprava dat šablony a výstupního protokolu.

Data zkoušek

Data která chceme zadávat u jednotlivých zkoušek a tisknout v protokolech se definují v dialogovém okně "**Nová šablona**".

V levé části dialogového okna jsou zobrazena všechna data, která šablona obsahuje. Data lze libovolně přidávat, upravovat i mazat.



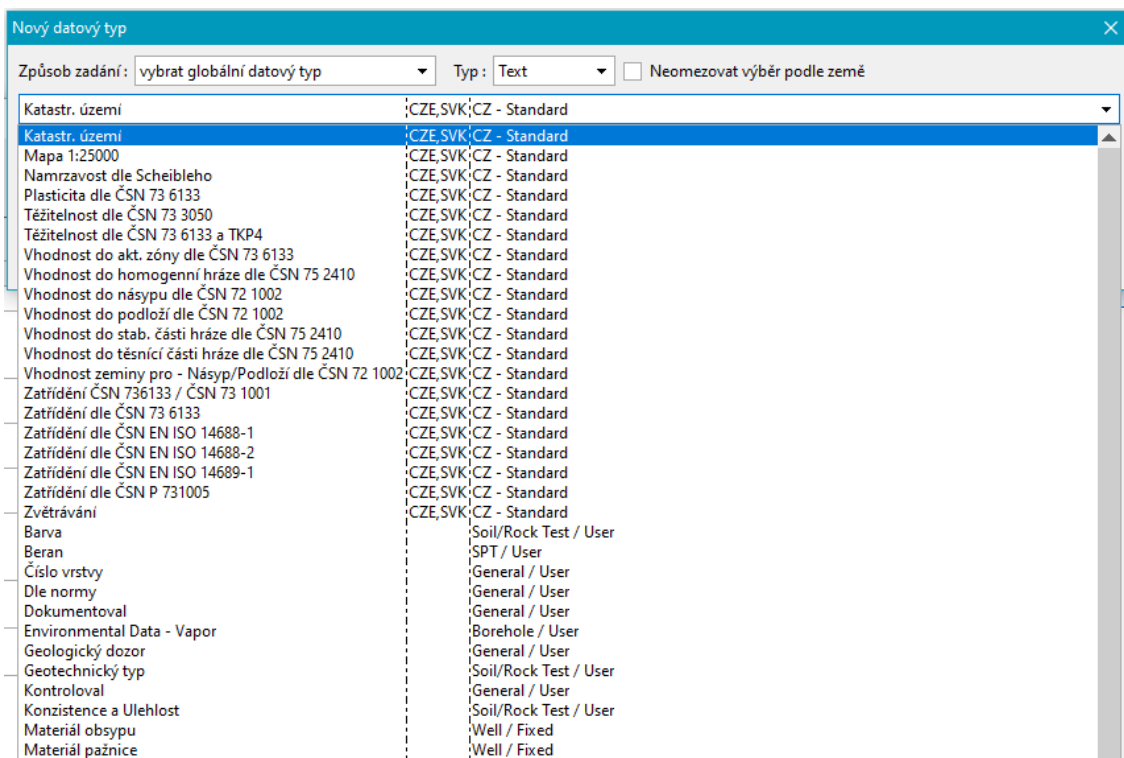
Datové typy v šabloně

Datové typy mají přiřazené další symboly (domeček, zeměkoule). Jejich význam je podrobně vysvětlen v **uživatelském manuálu č. 44 - Úprava dat šablony a výstupního protokolu**.

V dialogovém okně **"Nový datový typ"** (zobrazí se tlačítkem **"Přidat"**) můžeme přidat nový datový typ pro danou šablonu. Nejprve volíme zdroj dat - lze použít:

- **Globální datové typy** - datové typy již používané v základních šablonách, které jsou součástí programu **"Stratigrafie"**
- **Uživatelské datové typy** - datové typy používané v uživatelských šablonách
- **Založit nový datový typ** - můžeme definovat vlastní datový typ

Vždy je výhodné používat již zavedené datové typy. Definujeme-li například novou šablonu a chceme přidat položku **"Vrtací stroj"**, je vždy lepší najít položku v globální knihovně - v tomto případě **"Vrtací souprava"**. Popis můžeme upravit při **tvorbě šablony** - ale příslušná data (zde jméno stroje) obsažená v jiných šablonách nebo importovaná z různých již definovaných formátů se budou do tohoto datového typu **automaticky načítat**.



Výběr datového typu do šablony

Lze definovat **data různých typů**:

- **text**
- **datum, čas**
- **výčet**

- **číslo** - zde se definují i jednotky, které jsou při změně systému jednotek automaticky přepočteny
- **tabulky** - buď obecné nebo s povinným údajem hloubky, mocnosti vrstvy nebo rozmezí od-do
- **skupina** - vytvoří záložku s daty ve skupině

Takto definovaná uživatelská data zkoušky se pak **zadávají u konkrétní zkoušky** v rámu "**Zkoušky**". **Globální typy** lze podle potřeby měnit a upravovat (název, značky a jednotky) nelze ale změnit typ, např. text na tabulku. Pokud nějaký typ chybí, lze ho přidat vybráním z předpřipravené nebo uživatelské databáze. Pokud se požadovaný typ v databázi nenachází, lze ho vytvořit. Nově vytvořený typ je automaticky uložen do **uživatelské databáze**.

Pro přehlednost lze data zařadit do **skupin** (vytvořením datového typu Skupina), které určují záložky u zadávání konkrétní zkoušky.

Využití editačních skupin v rámu "Zkoušky"

Tisky protokolů

Podoba tisku protokolu se definuje v pravé části dialogového okna šablony. Pro každou šablonu můžeme zadat libovolné množství tiskových sestav - i pro jeden typ zkoušky.

V horní části okna definujeme **základní podobu výstupu** - a také zda je určen pro "**Zkoušku**" nebo "**Zemní profil**", dále pak zda je protokol určen pro tisk v **zadaném měřítku** nebo na **celou stránku**.

Na záložkách volíme jakou oblast budeme upravovat.

Úprava protokolu

Oddíl: Aktuální oddíl: [1] Přidat

Parametry: Název: Vrt - Polní zkouška - jedna stránka Typ protokolu: polní zkouška

Tabulky: Rámeček: Tloušťka: 0,40 [mm] Barva: Vnitřní čára: Tloušťka: 0,20 [mm] Barva: Výška: Řádku: 5,0 [mm] Písmo: 3,5 [mm]

Formát papíru: Rozměr papíru: A4 Orientace: na výšku


Okraje: Nahole: 15,0 [mm] Dole: 15,0 [mm] Vlevo: 15,0 [mm] Vpravo: 15,0 [mm]

Náhled: Zkouška: BH1 Náhled tisku

Hlavička: Sloupec: Přidat Odstranit (Hlavička)

Typ tabulky: hlavička Opakování tabulky: na první stránce

Mezera nad: 0,0 [mm] Rámeček nahole: 5,0 [mm] Rámeček dole: 5,0 [mm]

	A: 1,0	B: 1,0	C: 1,0	D: 1,0	E: 1,0	F: 1,0	G: 1,0	H: 1,0	I: 1,0	J: 1,0
1: 2,0	<div style="text-align: center;">  Geologická dokumentace vrtu BH1 </div>									
2: 1,0	Projekt: Bytový dům "Měsíční svit" - IG průzkum DSP									
3: 1,0	Číslo projektu: AA_0014 - 2019		Příloha č.: 3		Vrtná souprava: Hütte 202 TF					
4: 1,0	Místo: Jihlava				Celková hloubka: 24,00 m		Poloha vrtu:			
5: 1,0	Datum zač.: 22.11.2017		Vrtmistr: Karel Vrtaň		Hladina podzemní vody:		Souřadnice X: 1039757,71			
6: 1,0	Datum kon.: 23.11.2017		Dokumentoval: Petr Nový		HPV naražená: 12,50 m		Souřadnice Y: 745144,86			
7: 1,0	Měřitko: jedna stránka				HPV ustálená: 15,80 m		Souřadnice Z: 209,05 m			

OK OK Storno

Úprava políčka/buňky je podobná například práci s MS Excel - stačí poklepat na buňku. Buňka může obsahovat různé zdroje dat - jak je patrné z obrázku.

Do jednotlivých polí lze vložit **tato data**:

- **data zkoušky** definovaná v aktuální šabloně
- údaje o projektu - data z rámu "Projekt"
- údaje o společnosti - data z okna "Údaje o firmě"
- lze zvolit z předdefinovaných textů - položka "Předdefinovaný text"
- lze zvolit z předpřipravených obrázků - položka "Obrázek - název"
- nebo lze jednoduše napsat **vlastní text do buňky**.

Důležité je rozlišovat mezi pojmy "Název" a "Obsah". "Název" vloží **pojmenování datového typu** (např. Vrtmistr), "Obsah" pak vloží **zadanou informaci** (např. Ing. Novák).

Úprava buňky D5

Počet sloupců: 2 Pravý okraj Barva pozadí:

Počet řádků: 1 Dolní okraj

Položka 1

Typ položky: Text

Vložit pole

- Data zkoušky - název
- Data zkoušky - obsah
- Obrázek - název
- Předdefinovaný text
- Data projektu - název
- Data projektu - obsah
- Parametry protokolu - název
- Parametry protokolu - obsah
- Data firmy - název
- Data firmy - obsah
- Další parametry - název
- Další parametry - obsah

Umístění položky v buňce

Vodorovně: doleva Část šířky: 100 [%] Svisle: na střed Část výšky: 100 [%]

Písmo a text

Barva písma: Tučně Kurzívou Podtržené

Velikost písma: normální Úprava velikosti: zmenšit

OK Storno

Data z měření a z vrstev zemin se pro tisk výstupního protokolu definují ve sloupcích.

Po úpravě můžeme zkontrolovat výslednou vytvořenou šablonu v rámci "**Zkoušky**" nebo "**Zemní profily**" - po vybrání zkoušky a stisknutí tlačítka "**Tisknout protokol**" se zobrazí náhled tisku.

Náhled tisku protokolu zkoušky

Výstupní protokol může být tvořen libovolným množstvím **oddílů** (A).
Každý oddíl může obsahovat různé **tabulky a sloupce** (B), které se editují tlačítky v části (C).

Úprava protokolu

Oddíly

Aktuální oddíl: [1] + Přidat

Parametry

Název: Vrt - Polní zkouška - jedna stránka

Typ protokolu: polní zkoušky

Tabulky

Rámeček Tloušťka: 0,40 [mm] Barva: []

Vnitřní čáry Tloušťka: 0,20 [mm] Barva: []

Výška Řádku: 5,0 [mm] Písmo: 3,5 [mm]

Formát papíru

Rozměr papíru: A4

Orientace: na výšku

Okraje

Nahole: 15,0 [mm] Dole: 15,0 [mm]

Vlevo: 15,0 [mm] Vpravo: 15,0 [mm]

Výchozí: Arial

Zkouška: BH1

Náhled

+ Přidat

- Odstranit (Hlavička)

Sloupec: + Přidat

- Odstranit

Řádek: + Přidat

- Odstranit

Geoschránka™

Kopírovat hlavičku

Přiblížení: 100%

OK OK Storno

	A:1,0	B:1,0	C:1,0	D:1,0	E:1,0	F:1,0	G:1,0	H:1,0	I:1,0	J:1,0	
1:2,0	LOGO					Geologická dokumentace vrtu				BH1	
2:1,0	Projekt: Bytový dům "Měsíční svit" - IG průzkum DSP										
3:1,0	Číslo projektu: AA_0014 - 2019		Příloha č.: 3		Vrtná souprava: Hütte 202 TF						
4:1,0	Místo: Jihlava		Celková hloubka: 24,00 m		Poloha vrtu:						
5:1,0	Datum zač.: 22.11.2017		Vrtmistr: Karel Vrtaň		Hladina podzemní vody:		Souřadnice X: 1039757,71				
6:1,0	Datum kon.: 23.11.2017		Dokumentoval: Petr Nový		HPV naražená: 12,50 m		Souřadnice Y: 745144,86				
7:1,0	Měřitko: jedna stránka		HPV ustálená: 15,80 m				Souřadnice Z: 209,05 m				

Úprava protokolu

Tabulka může být tří typů:

- **hlavička** - je vždy umístěna na začátku protokolu, může být jen na první stránce nebo se opakovat na všech stránkách
- **patička** - je vždy umístěna na konci protokolu, může být jen na poslední stránce nebo se opakovat na všech stránkách
- **standardní** - je umístěna mezi hlavičkou a patičkou

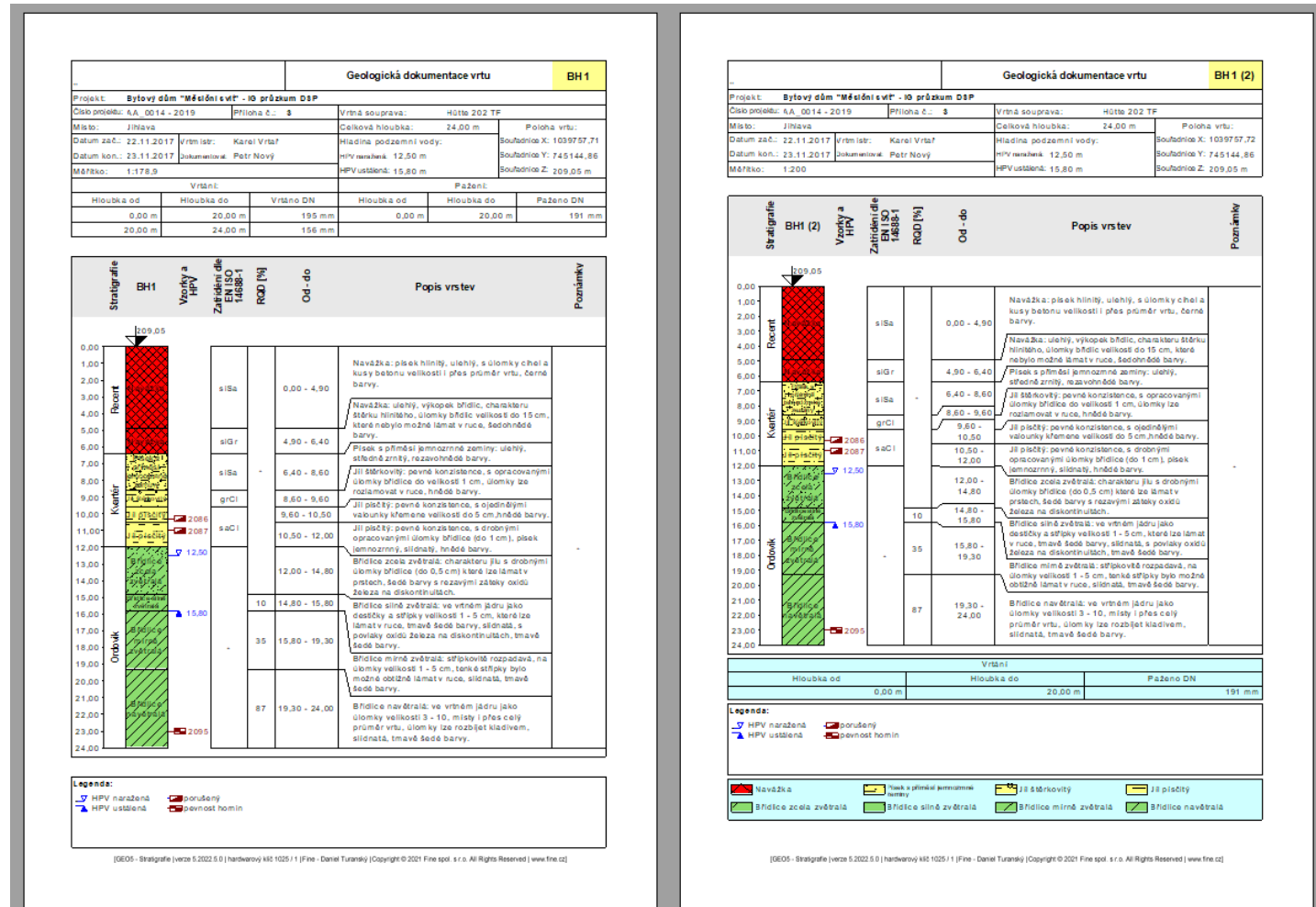
Sloupce jsou umístěny vždy mezi hlavičkou a patičkou na úrovni standardní tabulky.

V případě, že obsahuje oddíl **více jednotlivých částí, lze měnit jejich pořadí**. Vždy však musí být dodrženo pořadí: **Hlavičky -> Standardní tabulky / Sloupce -> Patičky**.

Pokud chceme v jednom protokolu použít např. na každé straně různou patičku, je nutné **vytvořit více oddílů**:

- 1. oddíl: hlavička - sloupce - patička 1
- 2. oddíl: hlavička - sloupce - patička 2

Na obrázku níže je vlevo zobrazeno **nejběžnější rozložení výstupního protokolu (hlavička - sloupce - patička)**, zatímco vpravo jsme vložili za sloupce standardní tabulku (vrtání) a na konec druhou patičku (legenda zemin) - obě nové části jsme pro přehlednost modře podbarvili.



Mapování pro export a import dat

Mapování určuje, pod jakými **identifikátory** se budou jednotlivá data zkoušek **exportovat/importovat**.

Mapování se definuje vždy u šablony, která může mít více různých mapování. Všechny šablony mají standardně nastavené mapování AGS, další mapování pak podle zemí určení.

Úprava šablony

Název: Vrt | CS | Komentář: |

Číslo	Název	Typ	Parametry	Podmíněné zadávání	Komentář
1	Název zkoušky	Text			General / Fixed
2	Celková hloubka	Číslo	Značka: d_{tot} 8,89 m 8,89 ft		Jen pro čtení - automaticky dopočteno z dat polní zkoušky / General / Fixed
3	Souřadnice X	Číslo	8,89 m 8,89 ft		General / Fixed
4	Souřadnice Y	Číslo	8,89 m 8,89 ft		General / Fixed
5	Souřadnice Z	Číslo	8,89 m 8,89 ft		General / Fixed
6	Svislý posun počátku	Číslo	Značka: d_0 8,89 m 8,89 ft		General / Fixed
7	HPV naražena	Text	Značka: GW_{10} Popis jednotky: m, ft		Jen pro čtení - výpis HPV naražena z tabulky HPV / Borehole-Well-SPT-PMT
8	HPV ustálena	Text	Značka: GW_{10} Popis jednotky: m, ft		Jen pro čtení - výpis HPV ustálena z tabulky HPV / Borehole-Well-SPT-PMT
9	Vrstvy	Tabulka	S mocností vrstvy Počet prvků 7		Borehole-Well-SPT-PMT / Fixed

Seznam výstupních protokolů

Číslo	Název	Typ protokolu
1	Vrt - Polní zkouška	polní zkoušky
2	Vrt - Zemní profil	zemní profily

Seznam mapování pro export a import

Číslo	Název	Komentář
1	FINE AGS4 Ed. 4.0.	
2	FINE - GEPRODO	

Výchozí sloupce pro frez (počet sloupců 6):

Grafická znázornění při editaci (počet položek 1):

OK + OK - Storno

Mapování a jednotlivé identifikátory se zadávají a upravují v okně **"Úprava mapování pro export a import"**.

Úprava mapování pro export a import

Název: FINE - GEPRODO CZ CS Komentář:

Číslo	Název	Typ	Komentář	Identifikátor
1	Název zkoušky	Text	General / Fixed	Název
2	Celková hloubka	Číslo	Jen pro čtení - automaticky dopočteno z dat polní zkoušky / General / Fixed	Celk. Hloubka
3	Souřadnice X	Číslo	General / Fixed	X
4	Souřadnice Y	Číslo	General / Fixed	Y
5	Souřadnice Z	Číslo	General / Fixed	Z
6	Svislý posun počátku	Číslo	General / Fixed	1.Bod
7	HPV naražená	Text	Jen pro čtení - výpis HPV naražená z tabulky HPV / Borehole+Well+SPT+PM	HPV - Naražená
8	HPV ustálená	Text	Jen pro čtení - výpis HPV ustálená z tabulky HPV / Borehole+Well+SPT+PM	HPV - Ustálená
9	Vrstvy	Tabulka	Borehole+Well+SPT+PMT / Fixed	Vrstvy
9.1	Mocnost	Číslo	General / Fixed	Mocnost
9.2	Hloubka	Číslo	Jen pro čtení - dopočteno z Mocnost vrstvy od - do	Hloubka
9.3	Název zeminy	Text	Borehole+Well+SPT+PMT / Fixed	Zemina
9.4	Vzorek	Vzorek a barva	Borehole+Well+SPT+PMT / Fixed	Vzorek
9.5	Popis vrstvy	Text	Borehole+Well+SPT+PMT / Fixed	Popis
9.6	Data - Základní	Skupina		Data - Základní
9.6.1	Stratigrafie	Text	Borehole+Well+SPT+PMT / User	Stratigrafie
9.6.2	Zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-1	Text	CZ - Standard	ČSN EN ISO 14688-1
9.6.3	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Text	CZ - Standard	ČSN 73 6133
9.6.4	Těžitelnost dle ČSN 73 3050	Text	CZ - Standard	ČSN 73 3050
9.6.5	Vrtatelnost	Text	Borehole+Well+SPT+PMT / User	Vrtatelnost
9.6.6	Geotechnický typ	Text	Soil/Rock Test / User	Geo. typ
9.7	Data - Rozšířené	Skupina		Data - Rozšířené
9.7.1	Konzistence a Ulehlost	Text	Soil/Rock Test / User	Konzistence / Ulehlost
9.7.2	Namrzavost dle Scheibeho	Text	CZ - Standard	Namrzavost

Slovník identifikátorů: AGS3 Edition 3.1a - May 2005

OK + OK Storno

Mapování (názvy jednotlivých položek) můžeme vytvořit vlastní – je třeba ale dávat pozor, aby identifikátory byly jednoznačné a neopakovaly se. Pokud jsou identifikátory nejednoznačné, zvýrazní se v tabulce jejich název červeně.

Úprava mapování pro export a import

Název: FINE - GEPRODO CZ CS Komentář:

Číslo	Název	Typ	Komentář	Identifikátor
1	Název zkoušky	Text	General / Fixed	Název
2	Celková hloubka	Číslo	Jen pro čtení - automaticky dopočteno z dat polní zkoušky / General / Fixed	Celk. Hloubka
3	Souřadnice X	Číslo	General / Fixed	Y
4	Souřadnice Y	Číslo	General / Fixed	Y
5	Souřadnice Z	Číslo	General / Fixed	Y
6	Svislý posun počátku	Číslo	General / Fixed	1.Bod
7	HPV naražená	Text	Jen pro čtení - výpis HPV naražená z tabulky HPV / Borehole+Well+SPT+PM	HPV - Naražená
8	HPV ustálená	Text	Jen pro čtení - výpis HPV ustálená z tabulky HPV / Borehole+Well+SPT+PM	HPV - Ustálená
9	Vrstvy	Tabulka	Borehole+Well+SPT+PMT / Fixed	F_LAYR_TAB
9.1	Mocnost	Číslo	General / Fixed	Mocnost
9.2	Hloubka	Číslo	Jen pro čtení - dopočteno z Mocnost vrstvy od - do	Hloubka
9.3	Název zeminy	Text	Borehole+Well+SPT+PMT / Fixed	Hloubka
9.4	Vzorek	Vzorek a barva	Borehole+Well+SPT+PMT / Fixed	Vzorek
9.5	Popis vrstvy	Text	Borehole+Well+SPT+PMT / Fixed	Popis
9.6	Data - Základní	Skupina		Data - Základní
9.6.1	Stratigrafie	Text	Borehole+Well+SPT+PMT / User	Stratigrafie
9.6.2	Zatřídění dle ČSN EN ISO 14688-1	Text	CZ - Standard	ČSN EN ISO 14688-1
9.6.3	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Text	CZ - Standard	ČSN 73 6133
9.6.4	Těžitelnost dle ČSN 73 3050	Text	CZ - Standard	ČSN 73 3050
9.6.5	Vrtatelnost	Text	Borehole+Well+SPT+PMT / User	Vrtatelnost
9.6.6	Geotechnický typ	Text	Soil/Rock Test / User	Geo. typ
9.7	Data - Rozšířené	Skupina		Data - Rozšířené
9.7.1	Konzistence a Ulehlost	Text	Soil/Rock Test / User	Konzistence / Ulehlost
9.7.2	Namrzavost dle Scheibeho	Text	CZ - Standard	Namrzavost

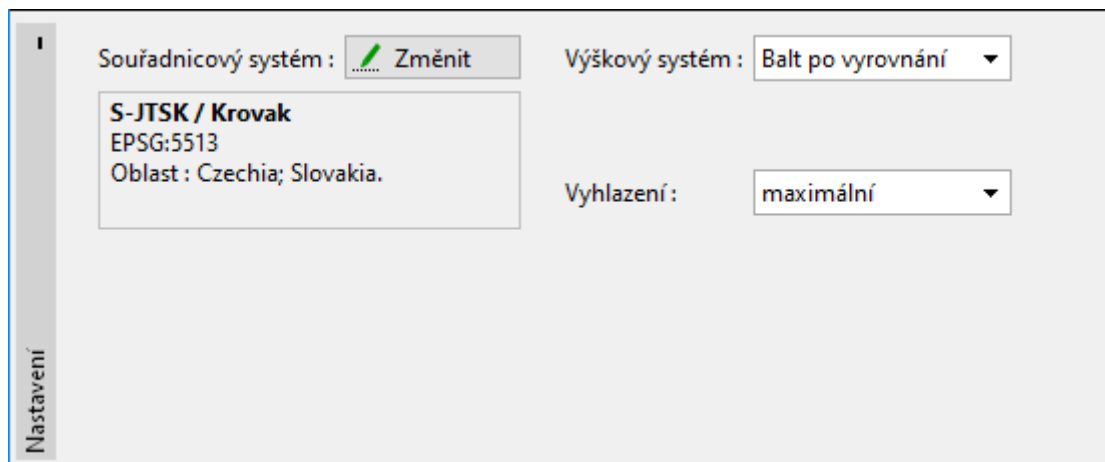
Slovník identifikátorů: AGS3 Edition 3.1a - May 2005

OK + OK Storno

Nastavení

V rámu "Nastavení" se zadávají základní parametry dané úlohy:

- Souřadnicový systém úlohy** - určuje orientaci os x , y . Zadané souřadnice x , y se při změně systému nijak **nepřepočítávají**.
- Vyhlazení modelu terénu** a vrstev podloží. Doporučené je střední vyhlazení, které zajišťuje realistický model a rychlou generaci modelu.
- Výškový systém úlohy** - je určen pouze k popisu v geologické dokumentaci, nemá žádný vliv na generaci modelu. Výškové souřadnice z se při změně systému **nepřepočítávají**.

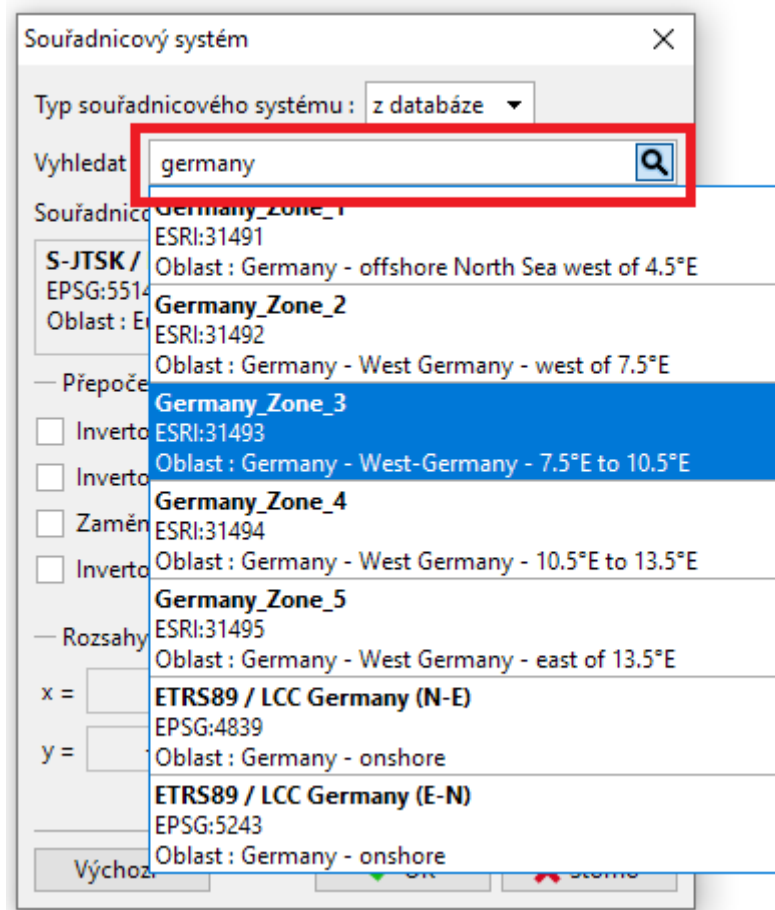


Rám "Nastavení"

Souřadnicové systémy

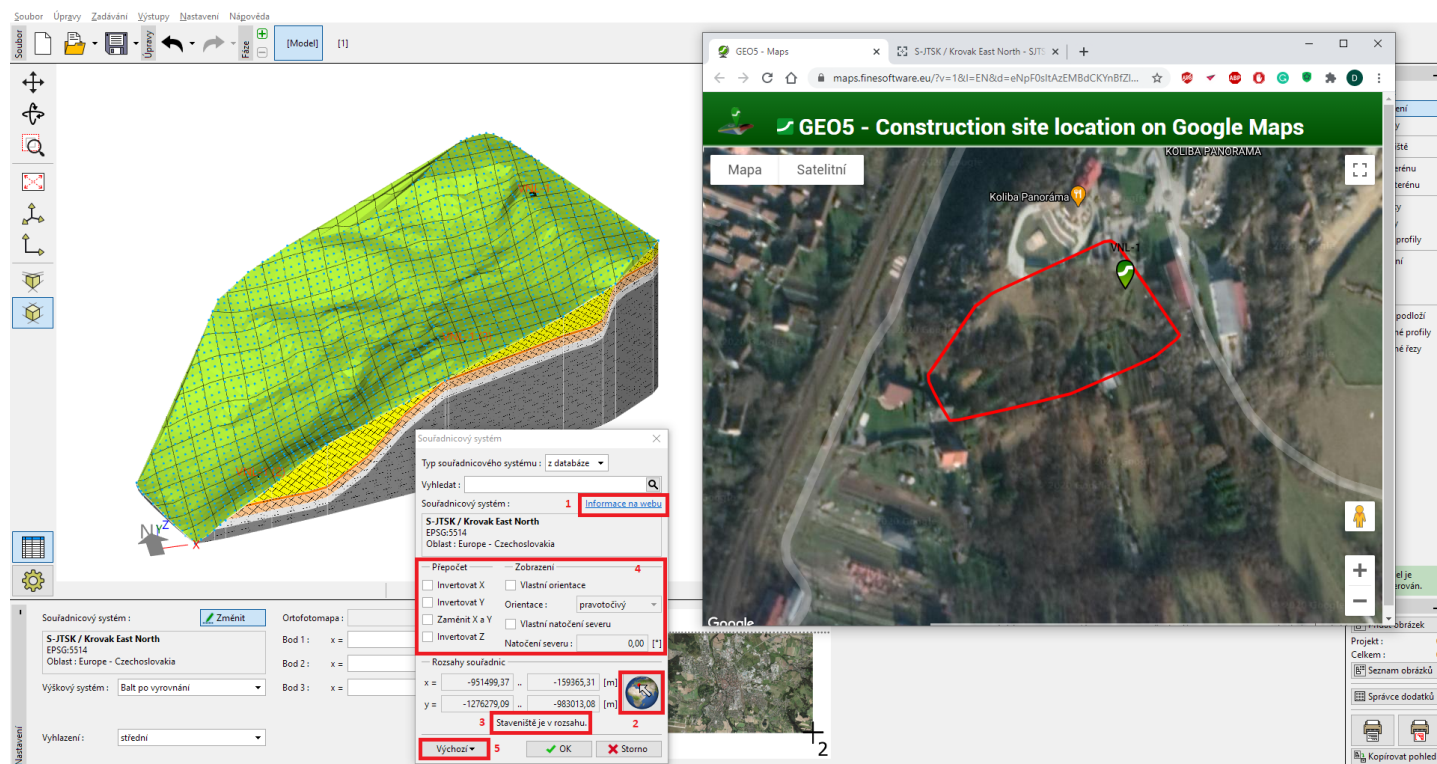
Program **Stratigrafie** umožňuje pro zadávání souřadnic zvolit jeden z **více než 6000 souřadnicových systémů** z databáze **MapTiler** (<https://epsg.io/>).

Pro výběr souřadnicového systému lze použít **indexové vyhledávání** - po zadání požadovaného výrazu (např. název systému, oblast...) a použití **tlačítka s lupou** se zobrazí seznam relevantních souřadnicových systémů.



Vyhledání souřadnicového systému z databáze

Po výběru požadovaného systému jsou všechny **souřadnice zadávány v rozsahu a orientaci daného systému**.



Dialogové okno "Souřadnicový systém" a zobrazení staveniště na mapách Google

Podrobnosti o vybraném systému včetně mapy pokryté oblasti lze zobrazit pomocí tlačítka "Informace na webu" (1).

Pomocí tlačítka se zeměkoulí lze **zobrazit zadané staveniště na mapách Google** (2).

V případě, že zobrazení na mapách Google neodpovídá reálnému stavu popř. **není vůbec v rozsahu daného systému** (3), lze provést několik úkonů, které mohou eliminovat nejběžnější chyby v zadávání souřadnic - jedná se především o **invertování X a Y souřadnic, popř. jejich zaměnění** (4).

Po úspěšném nastavení souřadnicového systému lze toto **nastavení uložit** a pro další úlohy jednoduše **načíst jako výchozí** (5).

V případě, že žádný souřadnicový systém z databáze nevyhovuje, lze ho definovat uživatelsky - v tomto případě je **nutné zadat jeden bod v lokálních souřadnicích i souřadnicích GPS**.

Zadání uživatelského souřadnicového systému

Staveniště

Staveniště určuje obrys modelu, který je generován. Je možné ho **zadat (obdélník, polygon)**, nebo nechat **automaticky počítat (obdélník, konvexní obálka)** ze zadaných bodů terénu a všech zkoušek. V případě, že neznáme přesné souřadnice staveniště, lze staveniště definovat pomocí funkce "**obdélník (GPS)**".

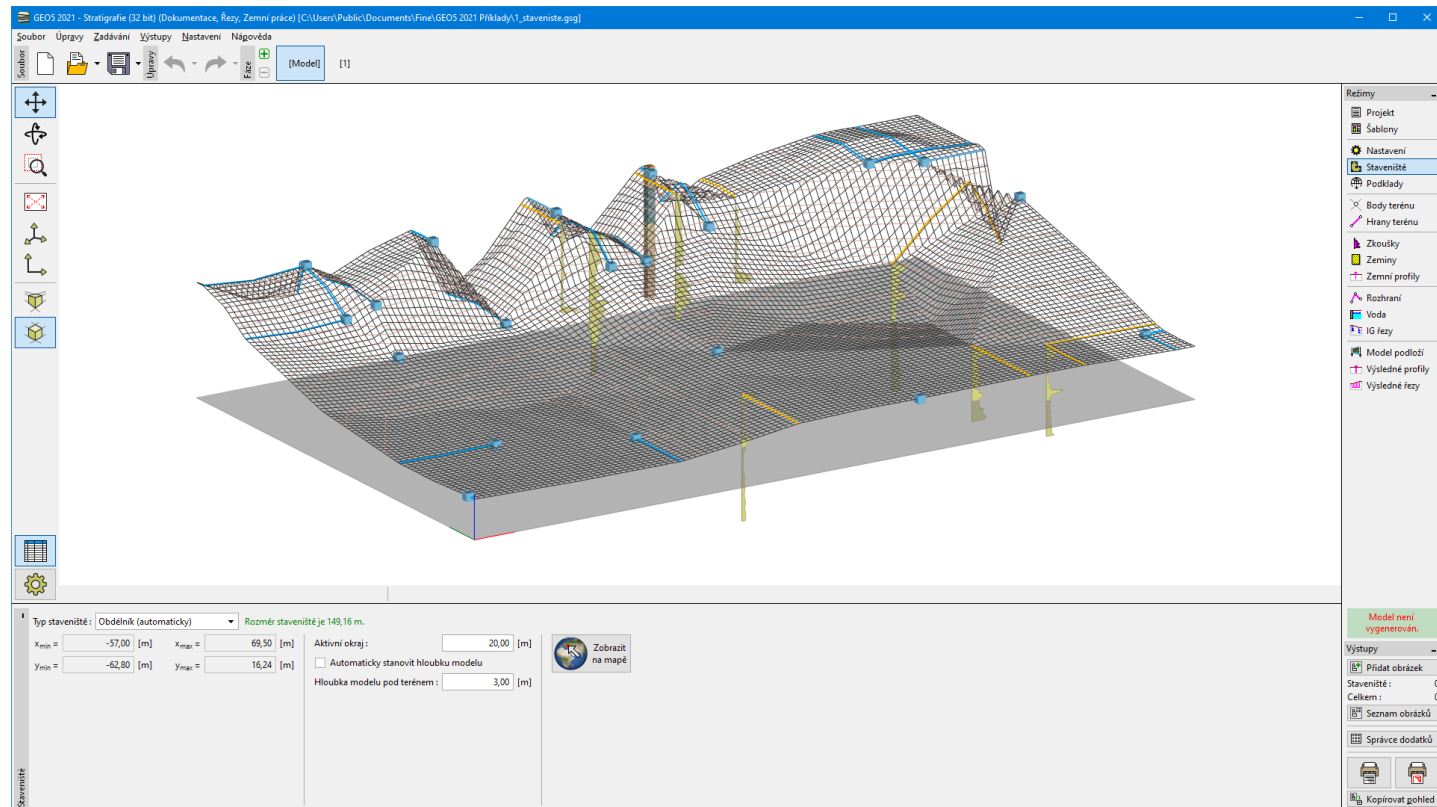
Zadané body "**Staveniště**" nemají definovanou souřadnici z – **souřadnice z** kraje staveniště se dopočte jako souřadnice nejbližšího platného bodu modelu (Bod, Zkouška se souřadnicí z).

Do obrysu staveniště se také promítají body, resp. vrstvy, z **aktivního okraje** staveniště.

Body terénu, resp. **zkoušky**, lze zadat, resp. importovat, mimo aktuální **staveniště**. Pokud jsou **rozměry staveniště pevně zadané**, pak se u těchto bodů a zkoušek v tabulce zobrazí "**Mimo staveniště**" a nevykreslují se. Pokud jsou souřadnice staveniště **automaticky dopočítávané**, **Staveniště** se znovu vygeneruje.

V tomto rámu lze také **zobrazit staveniště** na mapových podkladech Google Maps.

Pokud je **staveniště nereálně velké** (vzdálenost libovolných bodů staveniště je větší než 5000 m) – pak program nevykresluje konstrukci a ohlásí nutnou úpravu modelu.



Rám "Staveniště"

Definice staveniště pomocí GPS

Pokud neznáme souřadnice umístění staveniště, ale víme, která oblast nás zajímá, je vhodné je získat následujícím způsobem:

Ve webovém prohlížeči otevřeme např. Google Maps. Na mapě vyhledáme střed zájmové oblasti. Pravým tlačítkem myši zobrazíme kontextovou nabídku a levým tlačítkem myši zkopírujeme souřadnice GPS do schránky.



Mapa

V programu v rámu "**Staveniště**" vybereme jako typ staveniště možnost "**Obdélník (GPS)**". Stiskneme tlačítko napravo od popisu "**GPS souřadnice středu a rozměry staveniště**" a tím zkopírujeme souřadnice GPS ze schránky. Nakonec zadáme rozsah staveniště (Δx , Δy).

Typ staveniště : Obdélník (GPS) Rozměr staveniště je 14,14 m.

x, x°

GPS souřadnice středu a rozměry staveniště

Zeměpisná šířka : N 53,6558297° $\Delta x = 10,00$ [m]

Zeměpisná délka : W 113,4844912° $\Delta y = 10,00$ [m]


Obdélník staveniště

$x_{\min} = -746015,85$ [m] $x_{\max} = -746005,85$ [m]

$y_{\min} = -1043067,20$ [m] $y_{\max} = -1043057,20$ [m]

Aktivní okraj : 0,00 [m]

☒ Automaticky stanovit hloubku modelu

 Zobrazit na mapě

Staveniště

Rám "Staveniště"

Zadané GPS souřadnice jsou transformovány pomocí nastaveného **souřadnicového systému** do lokálních souřadnic x, y . **Vymezené staveniště můžeme zkontrolovat** pomocí tlačítka "Zobrazit na mapě". V případě, že zadaný bod GPS leží mimo oblast platnosti daného **souřadnicového systému**, zobrazí se staveniště mimo tuto oblast. V tomto případě je nutné zadat správný **souřadnicový systém**.



Vymezené staveniště

Dostupné mapové podklady a vrtnou prozkoumanost pro takto vymezené staveniště získáme v rámu "Podklady".

Aktivní okraj

Pro správné vytvoření digitálního modelu terénu a podloží jsou velmi důležité **okrajové podmínky** - výšky bodů v rozích a na krajích staveniště.

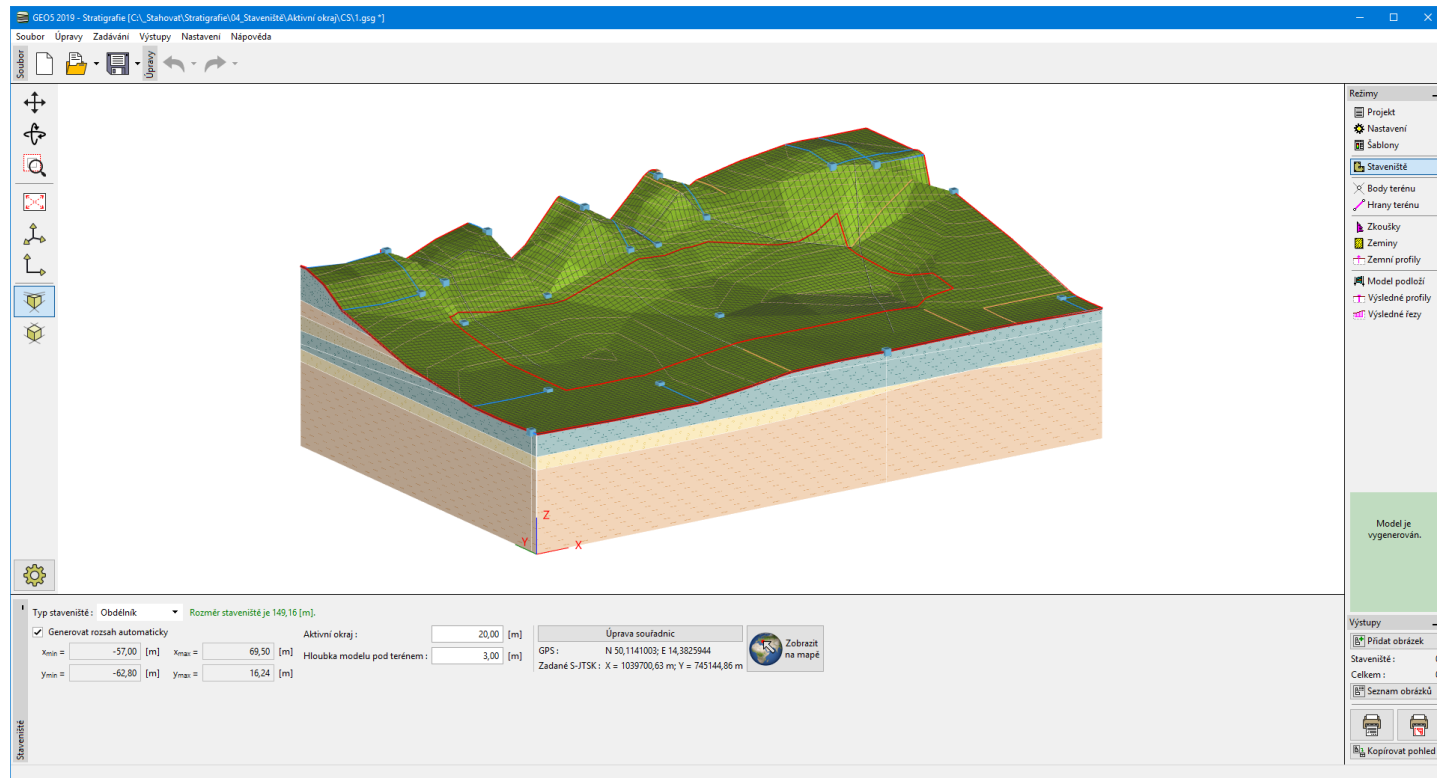
Body a sondy v krajích staveniště se při generaci modelu podloží **vytvoří automaticky** - do bodu staveniště se přiřadí nejprve z -ová souřadnice nejbližšího bodu (resp. zkoušky) a poté nejbližší sonda.

Pro modelování plochých terénu je tento model dostatečný - při modelování svahů ale dochází k špatnému **chování modelu na okrajích**, kde okrajové podmínky nejsou definovány. **Aktivní okraj** umožňuje jednoduše **definovat chování modelu na okrajích**.

Aktivní okraj je znázorněn **červenou barvou**.

Při **generaci modelu terénu** všechny **body a zkoušky** se zadanou souřadnicí z ležící v aktivním okraji vytvoří pomocný bod ležící na okraji modelu. **Spojnice bodů a pomocných bodů** jsou znázorněny **modrou barvou**.

Při **generaci modelu podloží** všechny **body rozhraní** a **body sond** ležící v aktivním okraji vytvoří pomocnou sondu ležící na okraji modelu. **Spojnice sond a pomocných sond** jsou znázorněny **oranžovou barvou**.



Rám "Staveniště" - nastavení aktivního okraje

Smysl aktivního okraje je patrný z následujícího obrázku a dále z **příkladu použití aktivního okraje**:

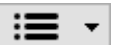
Podklady

V rámu "**Poklady**" lze načíst volně přístupná data, která se týkají oblasti **staveniště** - např. různé mapy a body zájmu.

Tlačítkem "**Získat podklady**" (**A**) se otevírá dialogové okno, které umožňuje **načíst požadované mapy a body zájmu**.

Načtené mapy a body zájmu se následně zobrazují v tabulkách v dolní části rámu (**B**).

Program také umožňuje import **vlastních podkladů** (obrázků, plánů) a jejich umístění na terén.

Pomocí tlačítka "**Možnosti**" (Hamburger)  nebo pomocí pravého tlačítka myši nad vybranými body v tabulce lze provádět **speciální operace s daty**.

A Získat podklady

B

Body zájmu								Mapy			
Číslo	Název	Souřadnice		Nadm. výška	Zdroj	Popis	Počet průřezů	Stav bodu	Číslo	Zdroj	Popis
		x [m]	y [m]	[m]							
1	746093	1045276,16	747466,78	330,24	ČR - ČGS	Vitná prozkoumanost	1	OK	1	ČR - ČÚZK	Základní mapa
2	190576	1045273,00	747520,00	329,40	ČR - ČGS	Vitná prozkoumanost	1	OK	2	ČR - ČÚZK	Ortofoto
3	190958	1045277,00	747475,00	332,20	ČR - ČGS	Vitná prozkoumanost	1	OK	3	ČR - ČÚZK	Vektorová mapa
4	190946	1045247,00	747499,00	329,50	ČR - ČGS	Vitná prozkoumanost	1	OK	4	ČR - ČGS	ZABAGED vrstevnice
5	190090	1045305,00	747457,00	334,50	ČR - ČGS	Vitná prozkoumanost	1	OK	5	ČR - ČGS	Geologická mapa 1:500 000
6	190976	1045343,00	747488,00	340,00	ČR - ČGS	Vitná prozkoumanost	1	OK			

Rám "Podklady"

Body zájmu mohou mít **automaticky načtené přílohy** - např. zde informace o provedených vrtech z databáze české geologické služby. Ke všem bodům je možné také zadávat libovolné množství vlastních **příloh**. Z tohoto důvodu lze také body v oblasti staveniště zadávat ručně (textově, graficky).

Úprava bodu zájmu

Název: 190958
 Souřadnice: x = -747475,00 [m] y = -1045277,00 [m]
 Nadm. výška: 332,20 [m]
 Popis: Vrtná prozkoumanost
 Zdroj: ČR - ČGS
 S-JTSK_Krovak_East_North
 EPSR:102067
 Oblast: Europe - Czechoslovakia

Úprava přílohy

Vrt: Vrt
 x = -747475
 y = -1045277
 ID GDO = 190958
 Původní název: S-2
 Druh objektu: vrt svislý
 Hloubka: 4,2
 Souřadnice X: 1045277
 Souřadnice Y: 747475
 Nadmořská výška: 332,2
 Zaměření vrtu: nezaměřeno
 Zastřežení kvartér: 1,6
 První hornina pod kvartérem: pískovec
 Stratigrafie: Cenoman
 Účel objektu: inženýrsko-geologický
 Rok: 1953
 Geologie: ano
 Historická dokumentace: ne
 Inklinometrie: ne

Body zájmu

Číslo	Název	Souřadnice	Nadm. výška	Zdroj	Popis	Počet příloh	Stav
1	746093	1045276,16	747466,78	330,24	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK
2	193576	1045273,00	747520,00	329,40	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK
3	190958	1045277,00	747475,00	332,20	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK
4	190946	1045247,00	747499,00	329,50	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK
5	190090	1045305,00	747457,00	334,50	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK
6	190976	1045343,00	747488,00	340,00	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK

Mapy

Číslo	Zdroj	Popis
1	ČR - ČÚZK	Základní mapa
2	ČR - ČÚZK	Ortofotomapa
3	ČR - ČÚZK	Vektorová mapa
4	ČR - ČGS	ZABAGED vrstevnice
5	ČR - ČGS	Geologická mapa 1:500 000

Body zájmu - přílohy

Načtené mapy nebo **vlastní podklady** lze umístit na povrch modelu jako "ortofotomapu" pomocí tlačítka "Umístit na terén". Legenda mapy je zobrazena pouze v případě, že jí zdroj dat disponuje.

Úprava mapy

Popis: Vektorová mapa
 Rozsah: x_min = -747638,70 x_max = -747349,44 [m]
 y_min = -1045445,78 y_max = -1045122,28 [m]
 Zdroj: ČR - ČÚZK
 S-JTSK_Krovak_East_North
 EPSR:102067
 Oblast: Europe - Czechoslovakia

Mapy

Číslo	Zdroj	Popis
1	ČR - ČÚZK	Základní mapa
2	ČR - ČÚZK	Ortofotomapa
3	ČR - ČÚZK	Vektorová mapa
4	ČR - ČGS	ZABAGED vrstevnice
5	ČR - ČGS	Geologická mapa 1:500 000

Body zájmu

Číslo	Název	Souřadnice	Nadm. výška	Zdroj	Popis	Počet příloh	Stav
1	746093	1045276,16	747466,78	330,24	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK
2	193576	1045273,00	747520,00	329,40	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK
3	190958	1045277,00	747475,00	332,20	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK
4	190946	1045247,00	747499,00	329,50	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK
5	190090	1045305,00	747457,00	334,50	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK
6	190976	1045343,00	747488,00	340,00	ČR - ČGS	Vrtná prozkoumanost	1 OK

Mapy

Mapy a body zájmu

V dialogovém okně "**Získat podklady**" lze získat z různých zdrojů data, která se týkají oblasti **staveniště**. To je v okně uprostřed **ohrazeno červeně**. Ve stejném okně se zobrazuje i aktuálně vybraná mapa a dostupné body zájmu. V okně lze pomocí myši zoomovat či vybírat jednotlivé body.

V horní části okna se vybírá **zdroj podkladů a rozměry oblasti** (1), která se kolem staveniště načte. V současné verzi jsou implementovány obecní poskytovatelé (OpenStreetMap, Google Maps) a místní poskytovatelé České a Slovenské republiky (např. ČGS, ČÚZK atd). Ostatní zdroje rádi implementujeme na přání zákazníků.

Tlačítkem "**Získat podklady**" (2) se načtou dostupné mapy a body zájmu (3). Ty lze do modelu **přidat** pomocí tlačítek "**Přidat**" v pravé dolní části okna (4). Počet přidanych map a bodů se zobrazuje v levém dolním rohu (5).



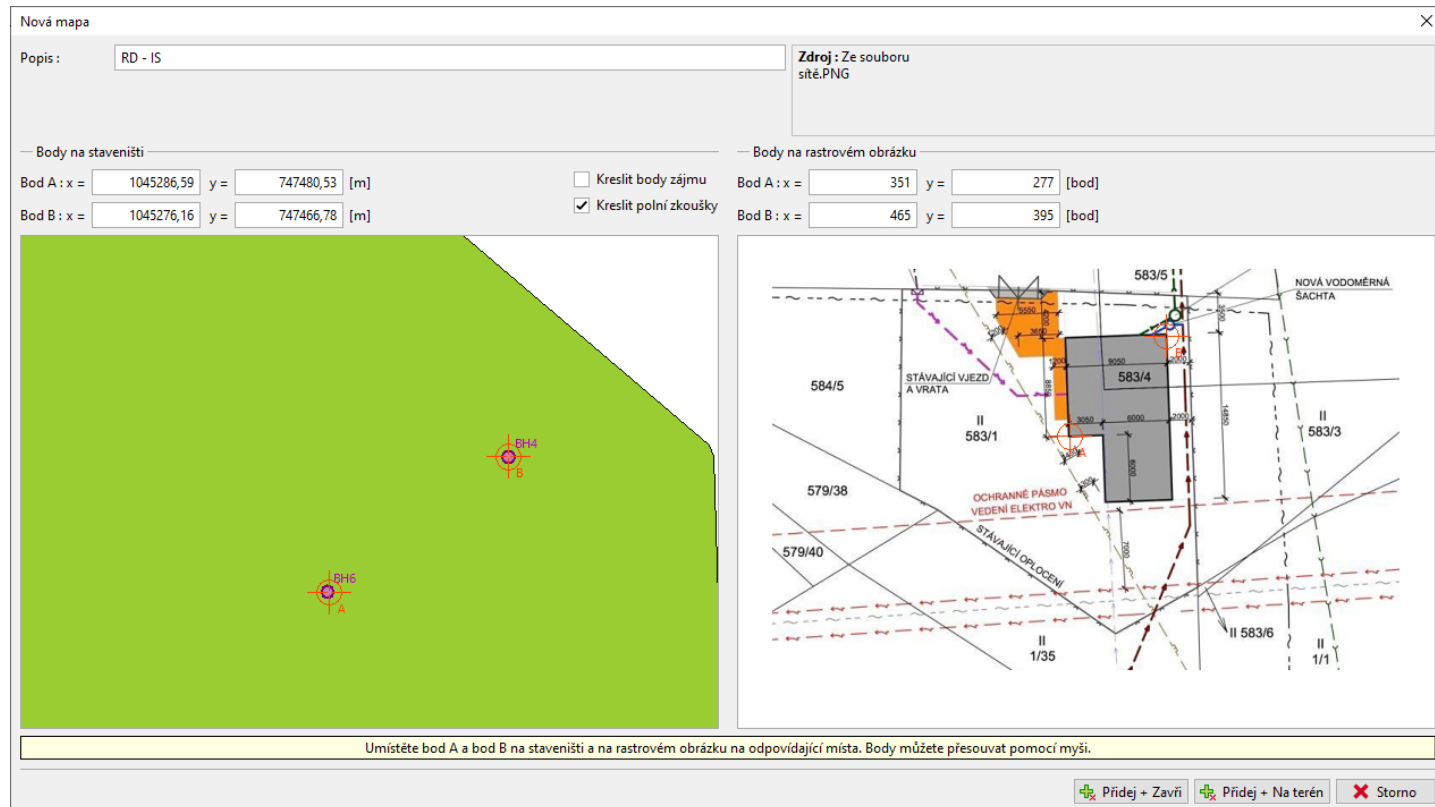
Dialogové okno "Získat podklady"

Poznámka: Legenda mapy v pravé části okna je zobrazena pouze v případě, že jí zdroj dat disponuje - zde např. geologická mapa Slovenské republiky.

Vlastní podklady

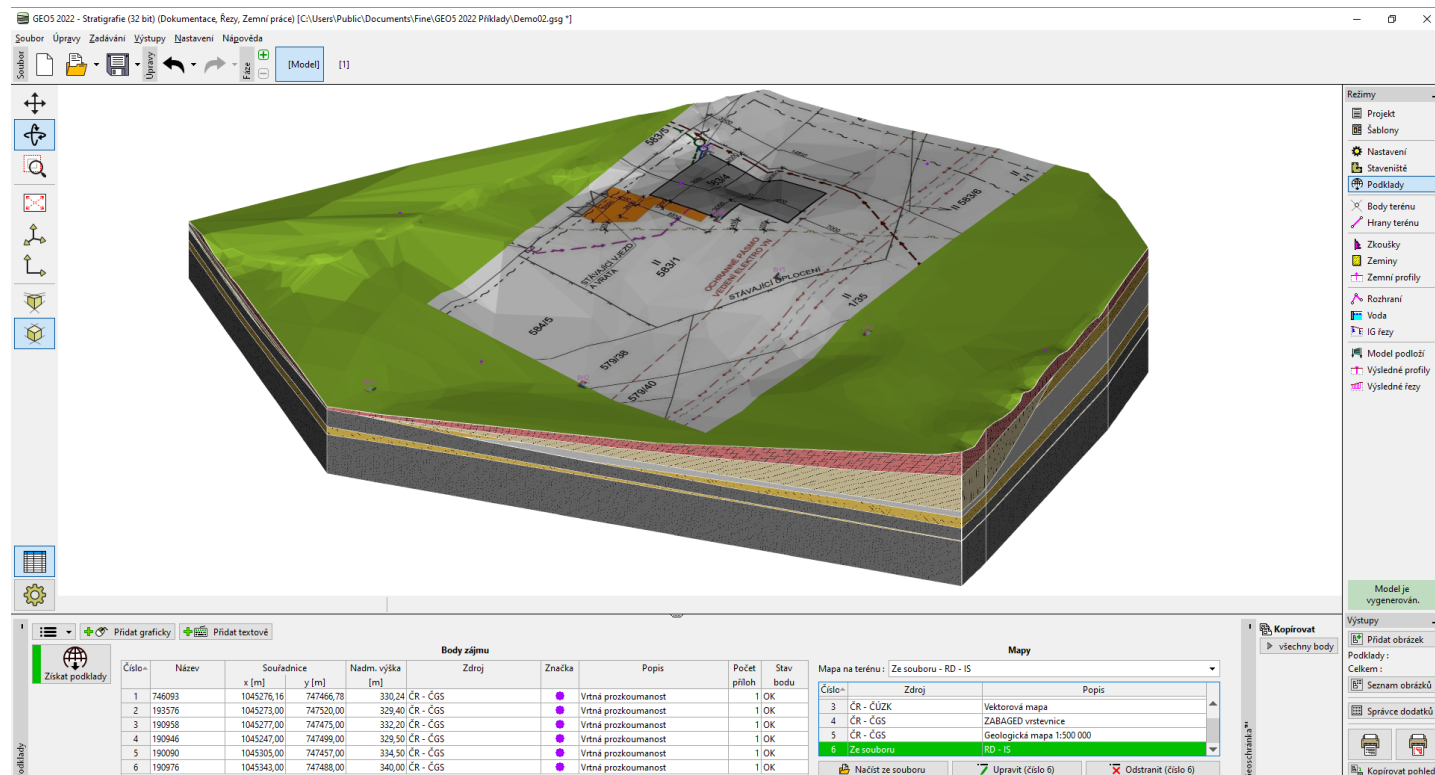
Program umožňuje import vlastních podkladů ve formátu *.jpg, *.jpeg, *.jpe, *.png a *.bmp. Dialogové okno pro načtení souboru otevírá tlačítko "**Načíst ze souboru**". V dialogovém okně vybereme název souboru a načteme.

Načtený obrázek se zobrazí v pravé části okna "**Nová mapa**". V levé části okna se zobrazuje staveniště, na kterém lze zobrazit všechny známé body - provedené **zkoušky**, popř. libovolné **boby zájmu**. Umístění souboru se provádí **svázáním dvou bodů** (A, B). V našem případě chceme na terénu zobrazit plán vedení inženýrských sítí u novostavby RD. Víme, že vrtly **BH4** a **BH6** byly provedeny místě budoucích rohů domu. Umístíme tedy body (A, B) na levé straně do pozice vrtů **BH4** a **BH6** a na pravé straně do rohů plánovaného domu.



Svázání bodů pro umístění vlastního podkladu

Body lze libovolně posouvat pomocí levého tlačítka myši. Obrázek (mapu) vložíme pomocí tlačítka **"Přidej + Zavři"** do seznamu **podkladů**, případně ho tlačítkem **"Přidej + Na terén"** zobrazíme přímo v modelu.



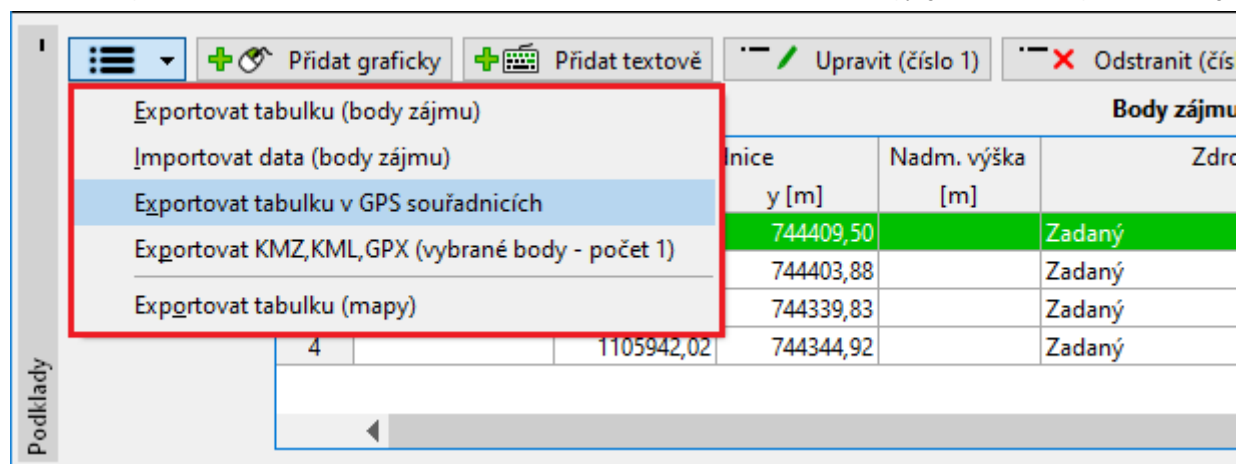
Import vlastních podkladů

Speciální operace s daty

Pomocí tlačítka **"Možnosti"** (Hamburger) nebo pomocí pravého tlačítka myši nad vybranými body v **tabulce** provádět speciální operace s daty.



nebo pomocí pravého tlačítka myši nad vybranými body v **tabulce** lze



Jde o funkce, které jsou velmi užitečné pro práci s daty, především pro import a export dat:

- **Exportovat tabulku (body zájmu)** - exportuje tabulku souřadnic bodů zájmu ve formátu *.xlsx, *.xls, *.ods, *.csv, *.htm

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Číslo	Název	Typ	Počet bodů	Souřadnice z	Sklon svahu	Šířka	Režim úpravy
2					[m]	[°]	[m]	
3	1	Embankment	plošná	4	620,00	45,00		nasypat a vyhloubit
4	2	Roadway	liniová	8	615,00	60,00	6,00	nasypat a vyhloubit

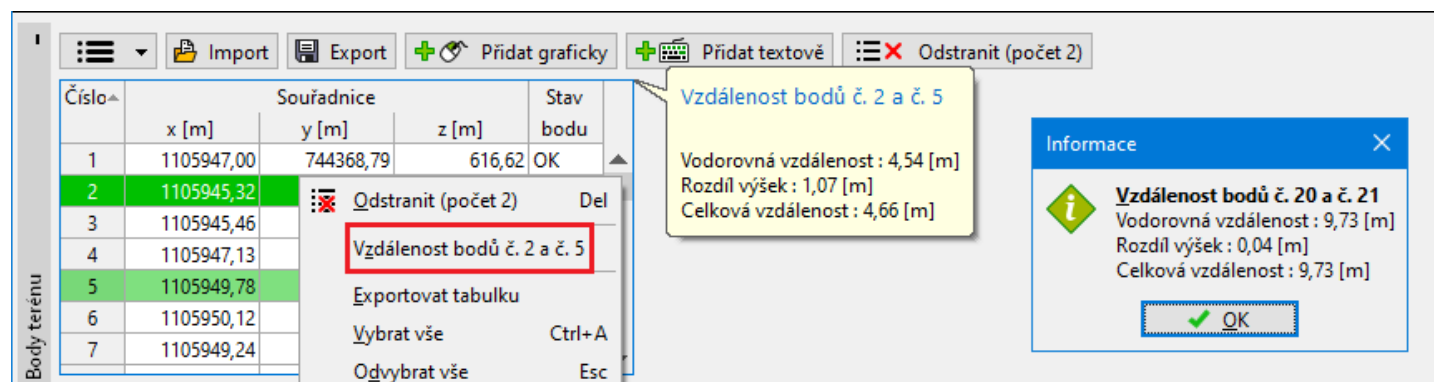
Příklad exportu tabulky souřadnic bodů ve formátu *.xlsx (Excel)

- **Importovat data (body zájmu)** - umožňuje import tabulkových dat
- **Exportovat tabulku v GPS souřadnicích** - exportuje tabulku GPS souřadnic bodů ve formátu *.xlsx, *.xls, *.ods, *.csv, *.htm

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Číslo	Název	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	Nadm. výška	Zdroj	Značka	Stav
2			[°]	[°]	[m]			bodu
3	1	S1	49,5250397	14,5178360		Zadaný		OK
4	2	S2	49,5252091	14,5178789		Zadaný		OK
5	3	S3	49,5251274	14,5187889		Zadaný		OK
6	4	S4	49,5249915	14,5187464		Zadaný		OK

Příklad exportu tabulky GPS souřadnic bodů ve formátu *.xlsx (Excel)

- **Exportovat KMZ, KML, GPX** - exportuje data bodů do souborů ve formátech *.kmz, *.kml, *.gpx. Tyto soubory jsou určeny pro export bodů ve formátu GPS do mobilních zařízení a mapových aplikací jako Google Earth, Mapy CZ a další.
- **Měření vzdálenosti mezi body** - změří vzdálenost mezi dvěma označenými body. Body lze označit v tabulce nebo na ploše. Po označení bodů se vedle tabulky vždy zobrazí bublinová nápověda s informací. Kliknutím pravého tlačítka myši na označený bod v tabulce, nebo na ploše, se zobrazí kontextová nabídka s volbou "Vzdálenost bodů". Tato volba otevře dialogové okno "Informace", ve kterém se zobrazí vzdálenost bodů.



Měření vzdálenosti mezi body

- Kopírování souřadnic bodů do Geoschránky** - souřadnice bodů v tabulce lze kopírovat do **geoschránky**. Můžeme kopírovat všechny body nebo jednotlivé body vybrané v tabulce. Tyto body lze pak načíst v jiných režimech - například tak můžeme přenést body z **Podkladů do Bodů terénu**.

Číslo	x [m]	y [m]	z [m]	Stav bodu
1	1105947,00	744368,79	616,62	OK
2	1105945,32	744368,68	616,61	OK
3	1105945,46	744367,00	616,63	OK
4	1105947,13	744367,14	616,64	OK
5	1105949,78	744369,53	615,54	OK
6	1105950,12	744377,43	615,31	OK
7	1105949,24	744377,09	615,62	OK

Kopírování souřadnic bodů do shránky

Body terénu

V **rámu "Body terénu"** se zadávají souřadnice bodů terénu. **Přidání** bodů se provádí v **dialogovém okně "Nové body terénu"**.

Při zadávání nových bodů terénu na již vygenerovaný model program provádí **automatický dopočet výšky bodu Z**. Pro jednu souřadnici **X**, **Y** lze zadat pouze jeden bod.

Číslo	x [m]	y [m]	z [m]	Stav bodu
2	-19,40	9,90	205,70	OK
3	1,00	7,90	206,50	OK
4	20,80	12,90	207,10	OK
5	51,40	0,60	207,00	OK
6	69,50	-13,00	204,70	OK
7	11,80	-0,20	202,90	OK
8	-13,20	-0,75	200,20	OK

Rám "Body terénu"

Model terénu se **generuje automaticky vždy** po přidání nebo změně libovolného bodu.

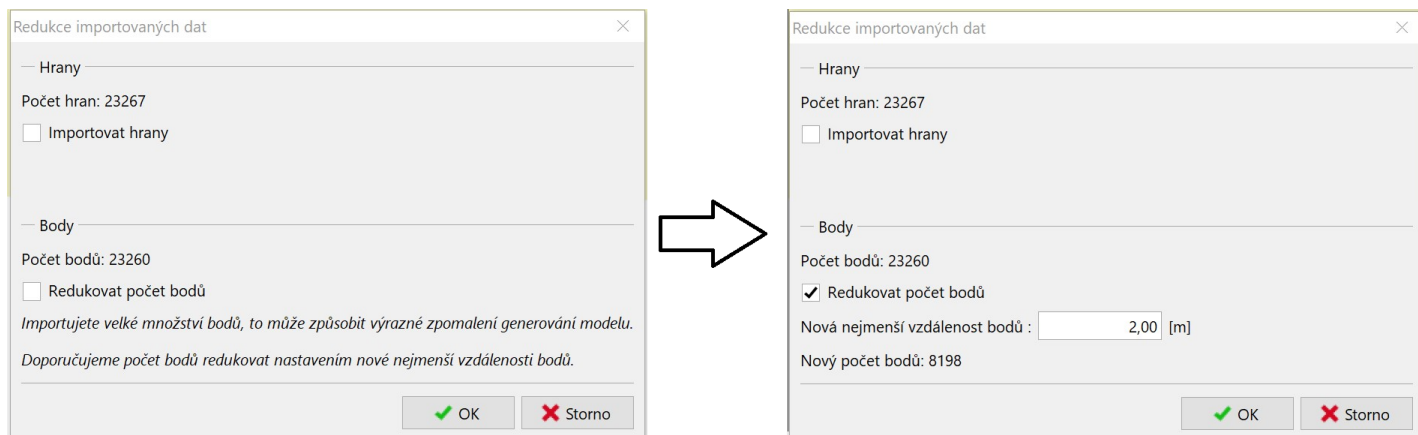
Body lze také importovat po stisknutí tlačítka **"Import"** v různých formátech.

- Textový formát**
- Tabulka XLSX a ODS**
- Formát LandXML (*.xml)**
- Formát DXF (*.dxf)** - import probíhá stejným způsobem jako u formátu LandXML

Import dat sice umožňuje importovat prakticky neomezené množství bodů a hran, ale generování modelu s velkým

množstvím hran nebo bodů je velice časově náročné a většinou i zbytečné. Nedoporučuje se zejména importovat hrany z vrstevnicových modelů, tam stačí jen jejich body.

V případě, že importovaná data obsahují **více než 1000 bodů nebo 100 hran**, objeví se dialogové okno pro úpravu importovaných dat. Při zadání redukce vidíme v okně nový počet bodů po redukci - podle toho volíme nejmenší vzájemnou vzdálenost bodů. Program pak průměruje body, které jsou v půdorysu bližší než tato vzdálenost. Pro plynulou práci se doporučuje **importovat maximálně 10.000 bodů**.



Dialogové okno "Redukce importovaných dat"

Pokud se importují hrany, není možné provést redukci počtu bodů.

Zobrazení kresby na desktopu lze v jakémkoliv režimu zadávání dat upravovat pomocí nastavení v dialogovém okně "Nastavení kreslení" a pomocí tlačítek na nástrojové liště "Ovládání kresby".

Hrany terénu

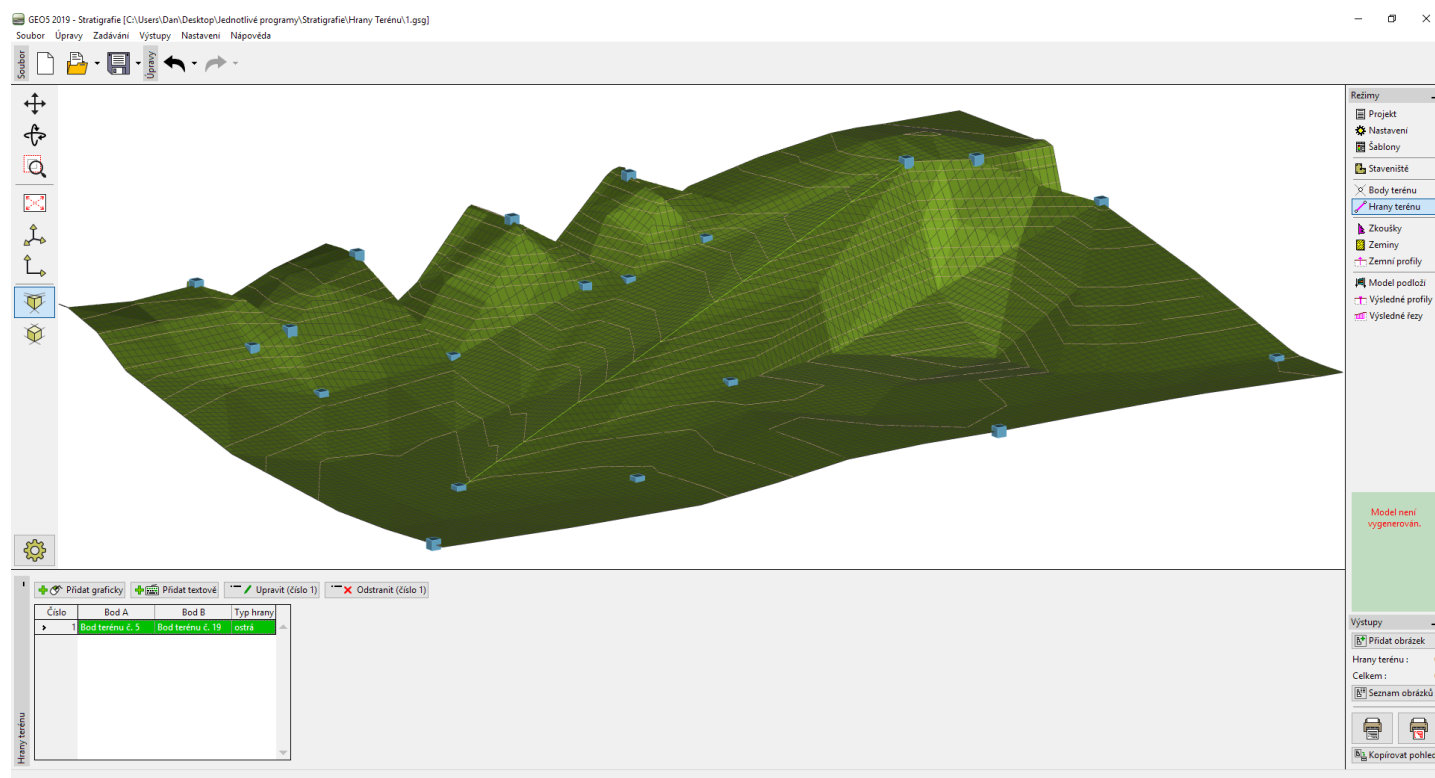
V rámu "Hrany terénu" se zadávají hrany spojující body terénu. Přidání hran se provádí v dialogovém okně "Nové hrany terénu".

Hrana se definuje mezi **body terénu** nebo **zkouškami**.

Dále se určuje typ hrany:

- **ostrá** - spojnice bodů je proložena přímkou
- **zaoblená** - spojnice bodů je proložena křivkou (dojde k vyhlazení s okolním terénem)

Pro dvojici bodů lze zadat pouze jednu hranu. Zadané hrany terénu se nesmějí křížit.



Rám "Hrany terénu"

Model terénu se **generuje automaticky vždy** po přidání nebo změně libovolné hrany.

Zobrazení kresby na desktopu lze v jakémkoliv režimu zadávání dat upravovat pomocí nastavení v dialogovém okně "**Nastavení kreslení**" a pomocí tlačítek na nástrojové liště "**Ovládání kresby**".

Zkoušky

Rám "**Zkoušky**" obsahuje **tabulku** se všemi zadanými zkouškami. V tabulce je zobrazen **název** a **typ zkoušky**, její **souřadnice** a **stav zkoušky**. Vedle tabulky je vykreslena vybraná zkouška.

V tomto rámu se zadávají **neupravená data z polních zkoušek** provedených na staveništi. Zadávají se nejen základní data nutná k vytvoření **modelu podloží**, ale také **nepovinná data** sloužící k vytvoření **geologické dokumentace**.

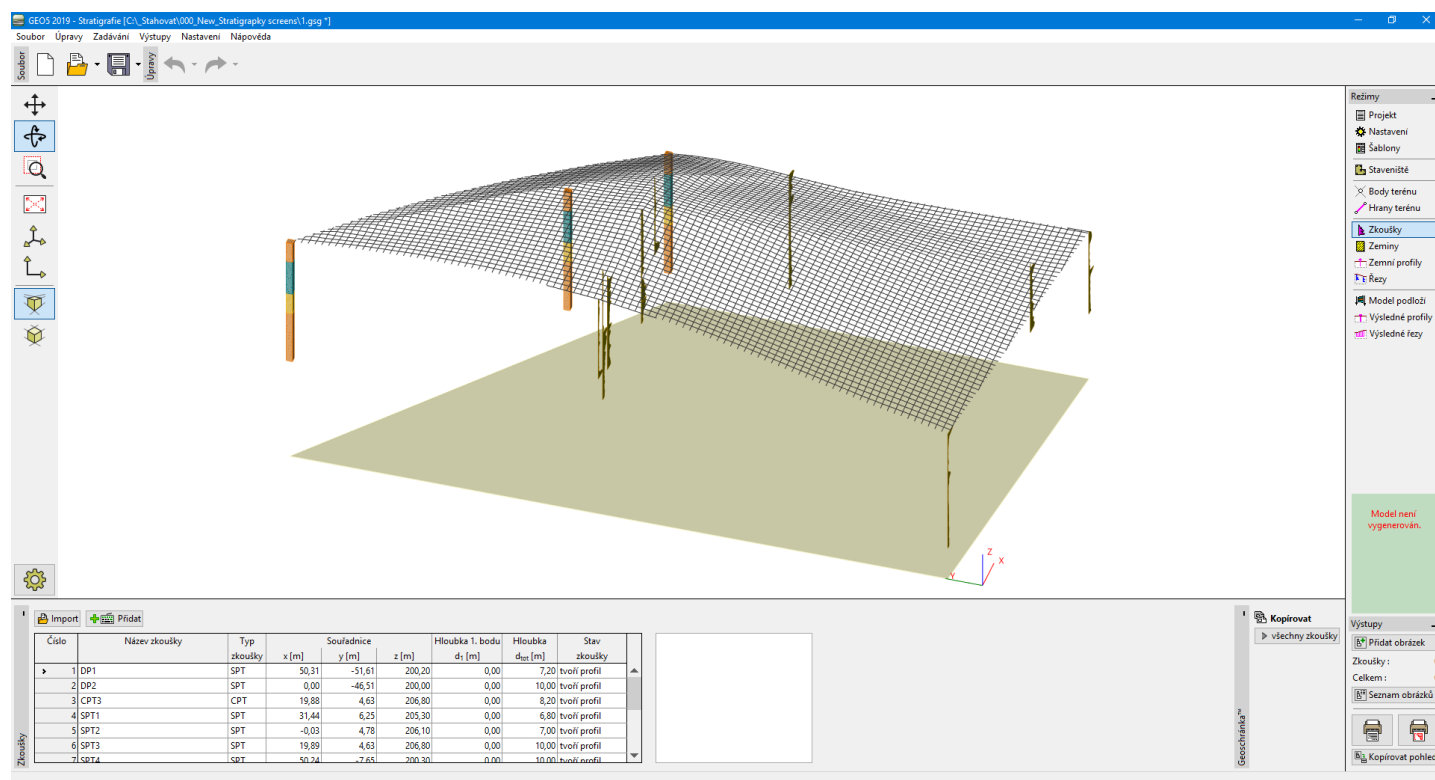
Zkoušky by se zde měly zadávat vždy neupravené, tak jak byly naměřeny na staveništi. Vlastní úpravy vrtů respektive interpretace polních zkoušek se provádí v rámu **Zemní profily**. Každá **zkouška** automaticky **vytváří zemní profil** (pokud ji to nezakážeme vypnutím tlačítka "**Zkouška tvoří profil zkoušky**").

Zvláštním stavem zkoušky je, pokud je umístěna **mimo staveniště**, což se může stát především při importu dat více zkoušek. V tomto případě se zkouška nevykresluje a netvoří "**Zemní profil**".

Zkoušky mohou být vloženy ručně tlačítkem "**Přidat**" nebo **importovány** pomocí tlačítka "**Import**".

Program "**Stratigrafie**" podporuje následující typy zkoušek:

- Vrt, kopaná sonda
- Hydrovrt
- CPT (Statická penetrační zkouška)
- DPT (Dynamická penetrační zkouška)
- SPT (Standardní penetrační zkouška)
- DMT (Dilatometrická zkouška)
- PMT (Presiometrická zkouška)



Rám "Zkoušky"

Zobrazení kresby na desktopu lze v jakémkoliv režimu zadávání dat upravovat pomocí nastavení v dialogovém okně "**Nastavení kreslení**" a pomocí tlačítek na nástrojové liště "**Ovládání kresby**".

Důležitou funkcí programu je využití tlačítka "**ZPĚT**", které umožňuje se kdykoliv vrátit k **původnímu stavu před úpravou**.

Nepovinná data zkoušek

U zkoušek se zadávají **základní data** nutná k vytvoření **modelu podloží**. Uživatelé s modulem "**Dokumentace**" mohou dále zadávat libovolné množství **uživatelských dat**.

Uživatelská data se definují v rámu "**Šablony**" pro každý typ zkoušky resp. pro vrstvu zkoušky. Tato data jsou důležitá pro

tisk geologické dokumentace. Při větším množství dat lze tato dávat do více záložek, které se definují u **zadání dat zkoušek**.

Úprava vlastností zkoušky (vrt)

Parametry zkoušky

Název zkoušky: BH1

Souřadnice: x = 1039757,71 [m] y = 745144,86 [m]

Výška: zadat z = 209,05 [m]

Hloubka 1. bodu zkoušky od terénu: d₁ = 0,00 [m]

Celková hloubka: d_{tot} = 24,00 [m]

☒ Zkouška tvoří profil

Vrstvy Vzorky Tabulka HPV Data - Protokol Data - Zkouška Přílohy

Příloha č.: A.1G

Místo: Prague 12

Dokumentoval: Mr. Smith

Vyhodnotil: Eng. Checker

Zpracoval: Mr. Smith

Datum zač.: 22.11.2017

Datum kon.: 23.11.2017

Vrtmistr: Mr. Young

Tisknout protokol Import

OK Storno

Uživatelská data vrtu

Nový řádek tabulky

☒ Mocnost: t = 1,00 [m]

☐ Hloubka: od 24,00 [m] do 25,00 [m]

Název zeminy: Gravelly clay

Vzorek: Kategorie vzorků: Barva: Vzorek:

GEPRODO

Hledat: Podkategorie: zadat barvu

Pokryvné útvary (1 - 83)

Popis vrstvy: hard, gravel particles up to 10 mm (weathered shale), brown

11 Jil štěrkovitý

Data - Základní

Stratigrafie: Quaternary

Zatřídění dle EN ISO 14688-1: grCl

Zatřídění dle EN ISO 14688-2:

RQD: -

Poznámky: Easy drilling

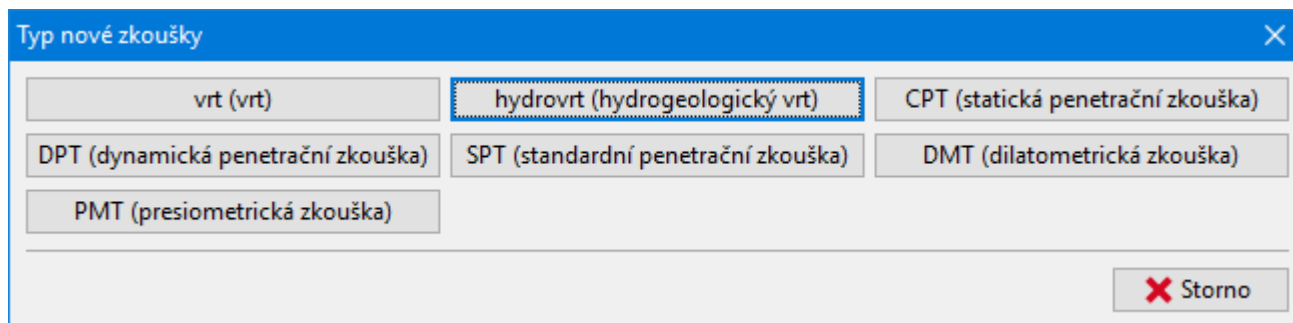
Přidej Storno

Uživatelská data vrstvy vrtu

Podoba dat je určena v rámci "**Šablony**". Data jsou uchovávána v **globální databázi** - znamená to, že při **změně šablony se data zachovávají**, pouze některá nejsou zobrazena - žádná importovaná nebo zadaná data se při změně šablon neztratí.

Import zkoušek

Tlačítko "**Import**" otevírá dialogové okno "**Typ nové zkoušky**", ve kterém je třeba zvolit typ polní zkoušky, kterou chceme importovat.



Dialogové okno "Typ nové zkoušky"

Program "**Stratigrafie**" umožňuje importovat následující typy zkoušek:

Vrt, kopaná sonda

- *.txt, *.xlsx, *.csv, *.ods - obecná textová či tabulková data
- *.son, *.so2 - formát dat používaný v České a Slovenské republice, původem z programu GeProDo
- *.accdb, *.mdb - data standardu SEP3 používaná v Německu

Hydrovrt (hydrogeologický vrt)

- *.txt, *.xlsx, *.csv, *.ods - obecná textová či tabulková data
- *.hyd, *.hyv - formát dat používaný v České a Slovenské republice, původem z programu GeProDo
- *.accdb, *.mdb - data standardu SEP3 používaná v Německu

CPT (Statická penetrační zkouška)

- *.txt, *.xlsx, *.csv, *.ods - obecná textová či tabulková data
- *.spe - formát dat používaný v České a Slovenské republice, původem z programu GeProDo
- *.cpt - textový soubor standardizovaný především v Nizozemí (používaná například programy Geodelft M-Serie), ve kterém se zadávají nadmořské výšky jednotlivých bodů a hodnoty penetračního odporu (může obsahovat více CPT)
- *.cpt - textový soubor Geotech AB CPT
- *.cpt - textový soubor Gouda Geo CPT
- *.cpt - textový soubor Hogentogler CPT
- *.gef - GEF (Geotechnical Exchange Format) je obecný formát pro ukládání a přenášení geotechnických dat
Podrobné informace na : <https://publicwiki.deltares.nl/display/STREAM/GEF-CPT>
- *.ags - formát pro přenos geotechnických parametrů používaný ve Velké Británii
Podrobné informace na : <http://www.agsdataformat.com/datatransferv4/intro.php>

DPT (Dynamická penetrační zkouška)

- *.txt, *.xlsx, *.csv, *.ods - obecná textová či tabulková data
- *.pen - formát dat používaný v České a Slovenské republice, původem z programu GeProDo

SPT (Standardní penetrační zkouška)

- *.txt, *.xlsx, *.csv, *.ods - obecná textová či tabulková data

DMT (Dilatometrická zkouška)

- *.txt, *.xlsx, *.csv, *.ods - obecná textová či tabulková data
- *.uni - standardizovaný a univerzální formát pro načtení naměřených dat z dilatometrických zkoušek

PMT (Presiometrická zkouška)

- *.txt, *.xlsx, *.csv, *.ods - obecná textová či tabulková data

U importu textového formátu, resp. tabulkových dat lze zvolit **systém jednotek**, ve kterých jsou data uložena. Program je při importu automaticky zkonverguje na formát jednotek používaný programem.

Pokud používáte formát dat, který není programem podporován, kontaktujte nás na **hotline@fine.cz** - rádi ho v příští verzi zabudujeme.

Vrt, kopaná sonda

V dialogovém okně "**Nová zkouška (vrt)**" se zadává název zkoušky, souřadnice zkoušky a svislý posun počátku zkoušky.

Výška počátku zkoušky může být dopočtena automaticky (zkouška byla provedena na úrovni terénu), popř. ji lze zadat.

V záložkách se přidávají do tabulek:

- **Vrstvy zemin**
- Zjištěné **hladiny podzemní vody**
- Odebrané **vzorky**
- **Přílohy - fotky a jiné dokumenty**

Úprava vlastností zkoušky (vrt)

Parametry zkoušky

Název zkoušky : BH1

Souřadnice : x = 1045318,41 [m] y = 747493,73 [m]

Výška : z = 336,15 [m]

Svislý posun počátku : d_h = 0,00 [m]

Celková hloubka : d_{tot} = 6,70 [m]

☒ Zkouška tvoří profil

Vrstvy | Vzorky | Tabulka HPV | Základní data | Přílohy

Číslo	Mocnost t [m]	Hloubka d [m]	Název zeminy	Vzorek	Popis vrstvy
1	0,20	0,00 .. 0,20	Navážka		Navážka hlinitá, ulehlá, přirozeně vlhká, hlína úpístitá, tmavě hnědá, se světlými písčnými polohami, s drobnými střípkami pískovců, na bázi úlomky cihel
2	0,30	0,20 .. 0,50	Břidlice jílovité		Břidlice jílovité, zcela až velmi zvětralé, černé až tmavě šedé, s bílými sádrovcovými povlaky, střípkovitě rozpadavé, velmi silně puklinaté, s výraznou prachovitostí, výplní puklin, pevné konzistence
3	0,50	0,50 .. 1,00	Pískovec		Pískovec zcela zvětralý, jemnozrný, šedohnědý, s mm až cm žlutými polohami, s jílovitým tmelem a slabě diageneticky zpevněný, s uhelným pigmentem, na bázi s úlomky pískovce velikosti 1-2 cm
4	0,30	1,00 .. 1,30	Pískovec		Pískovec zcela zvětralý, jemnozrný, šedohnědý, s mm až cm žlutými polohami, s jílovitým tmelem a slabě diageneticky zpevněný, s uhelným pigmentem, na bázi

Zemní profil

Hloubka [m]

0,00
0,25
0,50
0,75
1,00
1,25
1,50
1,75
2,00
2,25
2,50
2,75
3,00
3,25
3,50
3,75
4,00
4,25
4,50
4,75
5,00
5,25
5,50
5,75
6,00
6,25
6,50
6,70

Břidlice
Pískovec
Pískovec
Jílovec
Prachovec
Jílovec
Prachovec
Jílovec
Prachovec
Pískovec

Tisknout protokol **Import** **OK + ↑** **OK + ↓** **OK** **Storno**

Dialogové okno "Nová zkouška"

Tlačítko "**Přidat**" (v záložce "**Vrstvy**") otevírá dialogové okno "**Nové vrstvy**", ve kterém se zadává mocnost vrstvy (či její hloubka) a zároveň se do vrstvy přiřazuje odpovídající zemina, její vzorek a barva.

Program také nabízí možnost zvolit zeminu již zadanou v této nebo dříve zadané zkoušce.

Dialogové okno "Nové zeminy"

Hydrovrt

Hydrovrt je rozšířením zkoušky "**Vrt, kopaná sonda**". Zadávání je v základu identické jako v případě "**Vrtu, kopané sondy**".

Na rozdíl od "**Vrtu**" umožňuje ale zadávání dalších parametrů:

- Zhlaví a kalník
- Pažnice
- Obsyp

Hydrovrt umožňuje definovat dvě řady pažnic, dvě vrstvy obsypů (vnější a vnitřní).

V závislosti od počtu pažnic se v záložce "**Zhlaví a Kalník**" definují: klobouk, dno případně šachta s poklopem.

Úprava vlastností zkoušky (hydrogeologický vrt)

Parametry zkoušky

Název zkoušky: HPW 402

Souřadnice: x = 1039723,85 [m] y = 745181,14 [m]

Výška: z = 223,57 [m]

Hloubka 1. bodu zkoušky od terénu: d₁ = 0,00 [m]

Celková hloubka: d_{tot} = 15,00 [m]

☒ Zkouška tvoří profil

Vrstvy Vzorky Tabulka HPV Vrtání Vnitřní pažnice Vnitřní obsyp Vnější pažnice Vnější obsyp **Zhlaví a Kalník**

Klobouk - Vnitřní pažnice: Ano

Dno - Vnitřní pažnice: Ano

Klobouk - Vnější pažnice: Ne

Dno - Vnější pažnice: Ne

Šachta s poklopem: Ano

Vnitřní průměr: 450 [mm]

Výška: 600,0 [mm]

Hloubka: 600,0 [mm]

Tloušťka stěny: 50,0 [mm]

Popis:

Parametry pro protokol

Zemní profil

0,0 Navažka

0,8

1,6

2,4 Jíl s nízkou plasticitou

3,2

4,0 Bridlice zcela navětrala

4,8

5,6

6,4

7,2

8,0

8,8

9,6

10,4 Bridlice silně zvětřala

11,2

12,0

12,8

13,6

14,4

15,0

Tisknout protokol Import OK + Storno

Dialogové okno – záložka "Zhlaví a Kalník"

Geologická dokumentace

Program umožňuje tisknout dokumentaci o provedených **Zkouškách** a **Zemních profilech**.

Pokud je některá (nebo více zkoušek) vybrána, zobrazí se na liště tlačítko **"Tisknout protokol"**.

Import Přidat Upravit (číslo 3) Odstranit (číslo 3) **Tisknout protokol**

Číslo	Název zkoušky	Typ zkoušky	Souřadnice			Hloubka 1. bodu	Hloubka	Stav zkoušky
			x [m]	y [m]	z [m]	d ₁ [m]	d _{tot} [m]	
1	DPT1	DPT	1039757,71	745200,84	208,00	0,00	7,60	tvoří profil
2	SPT2	SPT	1039733,54	745200,51	208,01	0,00	18,00	tvoří profil
3	BH1	vrt	1039757,71	745144,86	209,05	0,00	24,00	tvoří profil
4	CPT2	CPT	1039714,63	745201,84	208,00	0,00	8,19	tvoří profil
5	BH21	vrt	1039747,71	745144,86	209,05	0,00	22,20	tvoří profil
6	BH23	vrt	1039747,71	745124,86	209,05	0,00	21,50	tvoří profil

Zemní profil

0

4

8

12

16

20

24

Shale, moderately

Shale, slightly

Stisknutím tlačítka se otevře tiskové okno, ve kterém můžeme zvolit **šablonu tisku** (Platí jen pro uživatele se zakoupeným modulem **"Dokumentace"** - pokud tento modul není nainstalován, je k dispozici pouze jedna standardní šablona pro každý typ zkoušky).

DEMO - Templates.gsg - Stratigrafie - dokumenty

Uložit Tisk Otevřít pro úpravy jako přílohu Odeslat jako přílohu

Dokument: **BH1 - Vrt - Polní zkouška - jedna stránka**
 BH1 - Vrt - Polní zkouška - jedna stránka
 BH1 - Vrt - Polní zkouška - dvě stránky
BH1 - Vrt - Polní zkouška - 1:50
 BH1 - Vrt - Polní zkouška - 1:100

Schéma: Kopírovat Zrušit výběr

Vybrat vše Šířka Stránky Dvě stránky Více stránek Kniha

Geologická dokumentace vrtu **BH1**

AA Smith Drilling
 Wassermann 21, Prague 1.
 Projekt: **Inženýrsko-geologický průzkum - Bytový dům "Jelen"**
 Cisopis: 2018_A-017 Příloha č.: A.1G Vrtná souprava: Húite 202 TF
 Místo/Okres: Praha 12 Souřadnice X: 103979.771 Poloha vrtu:
 Datum zad.: 22.11.2017 Vrtník: Mr. Young Hladina podzemní vody: Souřadnice Y: 745144.86
 Datum kon.: 23.11.2017 Dokumentovatel: Mr. Smith HPV naměřená: 15,80 m Souřadnice Z: 209.05 m
 Měřítko: jedna stránka HPV utlačená: 12,50 m

Vrtání:		Pažení:	
Hloubka od	Hloubka do	Hloubka od	Paženo DN
0,00 m	20,00 m	0,00 m	20,00 m
20,00 m	24,00 m	195 mm	191 mm

Stratigrafie	BH1	Vrtky a HPV	Základní data	RQD (%)	Od do	Popis vrstev	Poznámky	
0,00					0,00 - 4,90	Fill: fine grained SAND with some silt, dense, mixed with cobbles of concrete and pieces of bricks partly the size is larger than the borehole diameter, black colour of the soil	Easy drilling	
4,90 - 6,40					Gr	Fill: coarse GRAVEL with some silt (clayey shale) and fresh angular cobbles up to 15 cm, dark grey colour		
6,40 - 8,60					Sa	Sand with trace of fines: medium grained with some fine soil, dense, rust-brown		
8,60 - 10,50					gr-Cl	Gravelly clay: hard, gravel particles up to 10 mm (weathered shale), brown		
10,50 - 12,00					sa-Cl	Sandy clay: hard, with some pieces of gravel (quartz) up to 50 mm dia, brown		
12,00 - 14,80					gr-Cl	Sandy clay, with some gravel, hard, gravel - sub angular shale up to 10 mm, sand is fine, mica included, brown colour		
14,80 - 15,80					8	Shale, fully weathered: residual soil, clay character with small particles of shale up to 5 mm, gravel parts are weathered, grey		
15,80 - 19,30					35	Shale, weathered: in borehole core small planes, gently inclines, parts 10-50 mm, weak strength, mica and limonite on foliation planes, brownish		Loosing of drilling fluid
19,30 - 24,00					87	Shale, moderately weathered: layered, dull sharp fragments 10-50 mm, gently inclines, weak/moderately strong, wet, dark grey		
24,00						Shale, slightly weathered: moderate strong, fine layered, steeply inclined, wet (saturated - under water table), dark grey		

Legenda:
 HPV naměřená: doporučený
 HPV utlačená: porušený
 povrchová hornina

(GEO5 - Stratigrafie (verze 5.2019.0.0) (hardwarový kód 4201 / 19) (Fine Programmer Kd) Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved (www.fine.cz))

Pokud vybereme více zkoušek, lze najednou tisknout více zkoušek stejného typu - v případě na obrázku tiskneme najednou tři různé zkoušky CPT v měřítku 1:100.

DEMO - Templates.gsg - Stratigrafie - dokumenty

Uložit Tisk Otevřít pro úpravy jako přílohu Odeslat jako přílohu

Dokument: **CPT - Polní zkouška (počet 3) - jedna stránka**
 CPT - Polní zkouška (počet 3) - jedna stránka
 CPT - Polní zkouška (počet 3) - dvě stránky
 CPT - Polní zkouška (počet 3) - 1:50
CPT - Polní zkouška (počet 3) - 1:100
 SPT2 - SPT - Polní zkouška - jedna stránka
 SPT2 - SPT - Polní zkouška - dvě stránky
 SPT2 - SPT - Polní zkouška - 1:50
 SPT2 - SPT - Polní zkouška - 1:100
 Vrt - Polní zkouška (počet 3) - jedna stránka
 Vrt - Polní zkouška (počet 3) - dvě stránky
 Vrt - Polní zkouška (počet 3) - 1:50
 Vrt - Polní zkouška (počet 3) - 1:100
 DPT1 - DPT - Polní zkouška - jedna stránka
 DPT1 - DPT - Polní zkouška - dvě stránky
 DPT1 - DPT - Polní zkouška - 1:50
 DPT1 - DPT - Polní zkouška - 1:100

Schéma: Kopírovat Zrušit výběr

Vybrat vše Šířka Stránky Dvě stránky Více stránek Kniha

Statická penetrační zkouška (CPT) **CPT2**

AA Smith Drilling
 Wassermann 21, Prague 1.
 Projekt: **Inženýrsko-geologický průzkum - Bytový dům "Jelen"**
 Cisopis: 2018_A-017 Příloha č.: 17C Typ zkoušky: TE2
 Místo/Okres: Stará 1478, Hradec Králové Typ kužele: Acn 1000 mm²
 Měří: Joe Fieldman Souřadnice X: 103979.771 Třída použít: 2
 Vyhodnotil: Bill New Souřadnice Y: 745201.64 Dia normy: EN ISO 22476-1
 Datum zkoušky: 10.08.2017 Souřadnice Z: 209,00 m Hloubka 1. bodu: 0,00 m
 Měřítko: jedna stránka Souřadnice Z: 209,00 m Celková hloubka: 8,19 m
 Souprava: PenSta A22 Umístění vrtu: uz HPV: 5,00 m

Odpor na hrotu	Lokální tření	Pórový tlak
0,00		
0,25		
0,50		
0,75		
1,00		
1,25		
1,50		
1,75		
2,00		
2,25		
2,50		
2,75		
3,00		
3,25		
3,50		
3,75		
4,00		
4,25		
4,50		
4,75		
5,00		
5,25		
5,50		
5,75		
6,00		
6,25		
6,50		
6,75		
7,00		
7,25		
7,50		
7,75		
8,00		
8,19		
8,19		
8,19		
8,19		
8,19		
8,19		
8,19		

Poznámky:

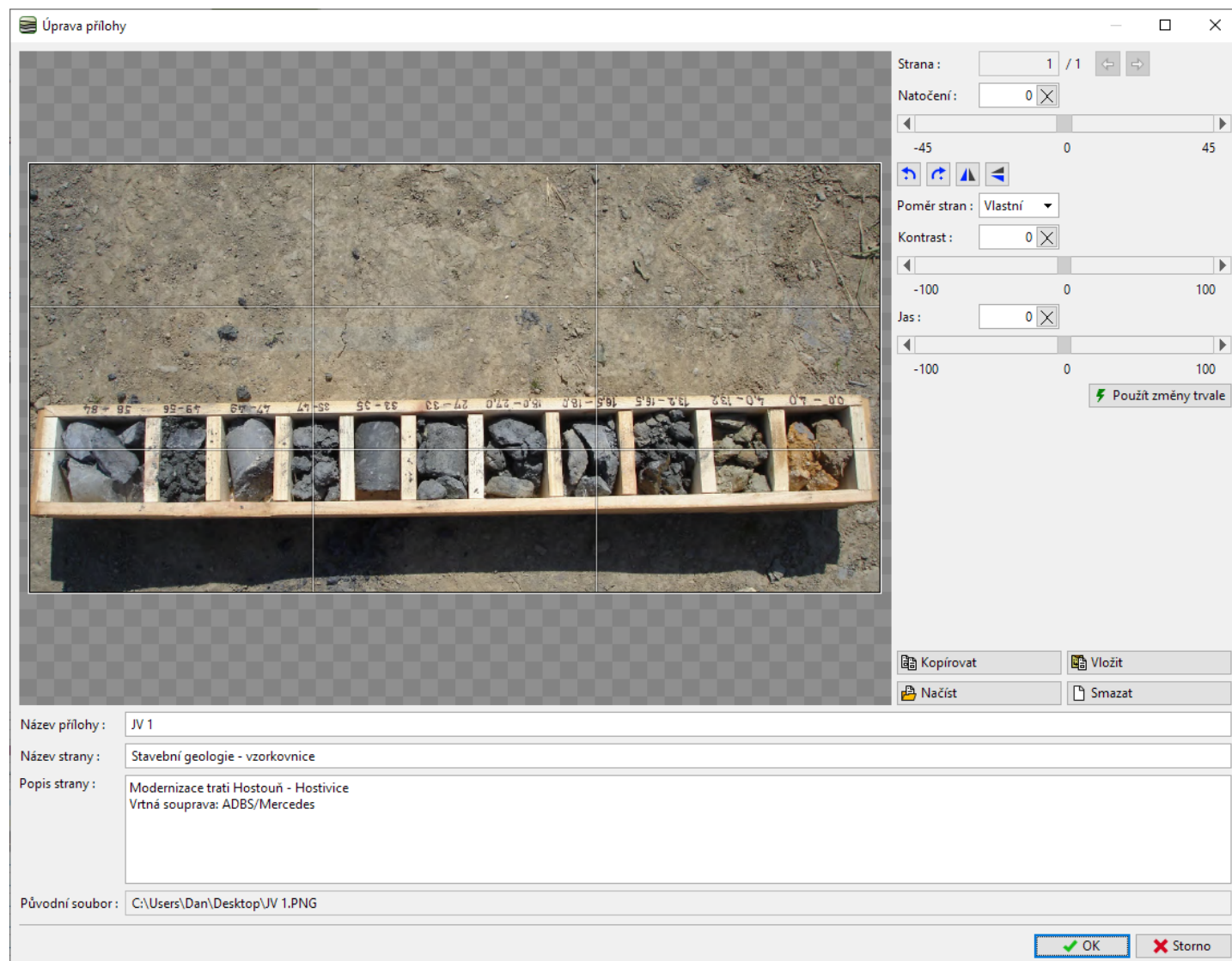
(GEO5 - Stratigrafie (verze 5.2019.0.0) (hardwarový kód 4201 / 19) (Fine Programmer Kd) Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved (www.fine.cz))

Přílohy - fotky a dokumenty

Program umožňuje načíst do tabulky přílohy ve formátech **JPG, JPEG, TIFF, BMP, PNG** a dále dokumenty ve formátu **PDF**.

Načtené fotky a dokumenty se **přidávají k datům úlohy**.

Přílohy můžeme editovat v dialogovém okně **"Editace přílohy"**, kde můžeme doplnit **název a popis přílohy** a také **přílohu upravit** - oříznout, natočit, změnit kontrast a jas obrázku apod.



Dialogové okno "Úprava přílohy"

Zadané přílohy se automaticky tisknou na další stránky **dokumentace zkoušky**. Název přílohy se tiskne nad obrázek, podrobný popis je pak umístěn pod obrázek. **Hlavička** s názvem zkoušky se **vytváří automaticky**.

101 Štrbarska ul. 10100 Kamnik, SI-20, Vrbača 750 00				Geološka dokumentacija vrtu		BH1	
PROJEKT: Modernizacija trati Mostov - Hodočnice							
Datum izjave: 04. 05. 2014		Plošče č. 8		Vrsta sončnice:		Mista 202 TF	
Datum izjave: 22.11.2017		Vrsta: Karel Vrtič		Čakalni vrtič: 24,00 m		Plošča vrt:	
Datum izjave: 22.11.2017		Dokumentacija: Polj Novj		Mestna pozemljinovj:		Izvedena č. 1039757.1	
Datum izjave: 22.11.2017		Dokumentacija: Polj Novj		Mestna pozemljinovj: 12,50 m		Izvedena č. 74514,86	
Datum izjave: 22.11.2017		Dokumentacija: Polj Novj		Mestna pozemljinovj: 15,80 m		Izvedena č. 209,05 m	
MAPKA: jedna stranica							
Hrubost do:		Hrubost do:		Hrubost do:		Hrubost do:	
0,00 m		20,00 m		0,00 m		20,00 m	
70,00 m		30,00 m		15,00 m		191 m	

stratigrafie	BH1	Uzemný a hĺbkový	Zatŕženie dle tab. 10 1488P1	ROD [%]	Od - do	Popis vrstiev	Poznámky
0,00							
1,00							
2,00							
3,00	Riečanč				si/sa	0,00 - 4,90	Navážka; piesek hĺbkový, ušľach, s úlomy ľahci a kusy betonu veľkosti i přes průměr vrstvy, černé barvy.
4,00					si/gr	4,90 - 6,40	Navážka; ušľach, výkopač bŕŕic, charakteru šedú h hlných, úlomy bŕŕic, veľkosti do 15 cm, ktoré nabylo možnô lámat v rúce, žesónobô barvy.
5,00							Piesek s prímiesi jemnozrnô zemin; ušľach, sfednô barvy, rozváznô bŕŕic.
6,00	Kvadrn				si/sa	6,40 - 8,60	Již stŕŕkovy; pvnô konstantnô, s opozovaným úlomy bŕŕic do veľkosti 1 cm, úlomy ľac rozlámavô v rúce, hnôdô barvy.
7,00					gi/ci	8,60 - 9,80	Již písky; pvnô konstantnô, s ošedným vásovy sfednô veľkosti do 5 cm hnôdô barvy.
8,00					sa/ci	9,80 - 12,00	Již písky; pvnô konstantnô, s drobným opozovaným úlomy bŕŕic (do 1 cm) piesek jemnozrný, sfidnô, hnôdô barvy.
9,00							
10,00							
11,00							
12,00							
13,00							
14,00							
15,00							
16,00							
17,00							
18,00							
19,00							
20,00							
21,00							
22,00							
23,00							
24,00							

Legenda:

HPV naražená	porušený
HPV ustálená	pevnosť hornin

IGD05 Beta - Stratiografie | versie 5.2020.19.0 | hardwarevrij kijk 1025 / 1 | Fine - Daniel Turanski | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz

Modernizace trati Hostouň - Hostivice
Vrtná souprava: ADBS/Mercedes

IGR05 Beta - Stratiografie | verze 5.2020.19.0 | hardwarev kód 1025 / 1 | Fine - Daniel Turanský | Copyright © 2019 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz

Protokol zkoušky včetně přílohy

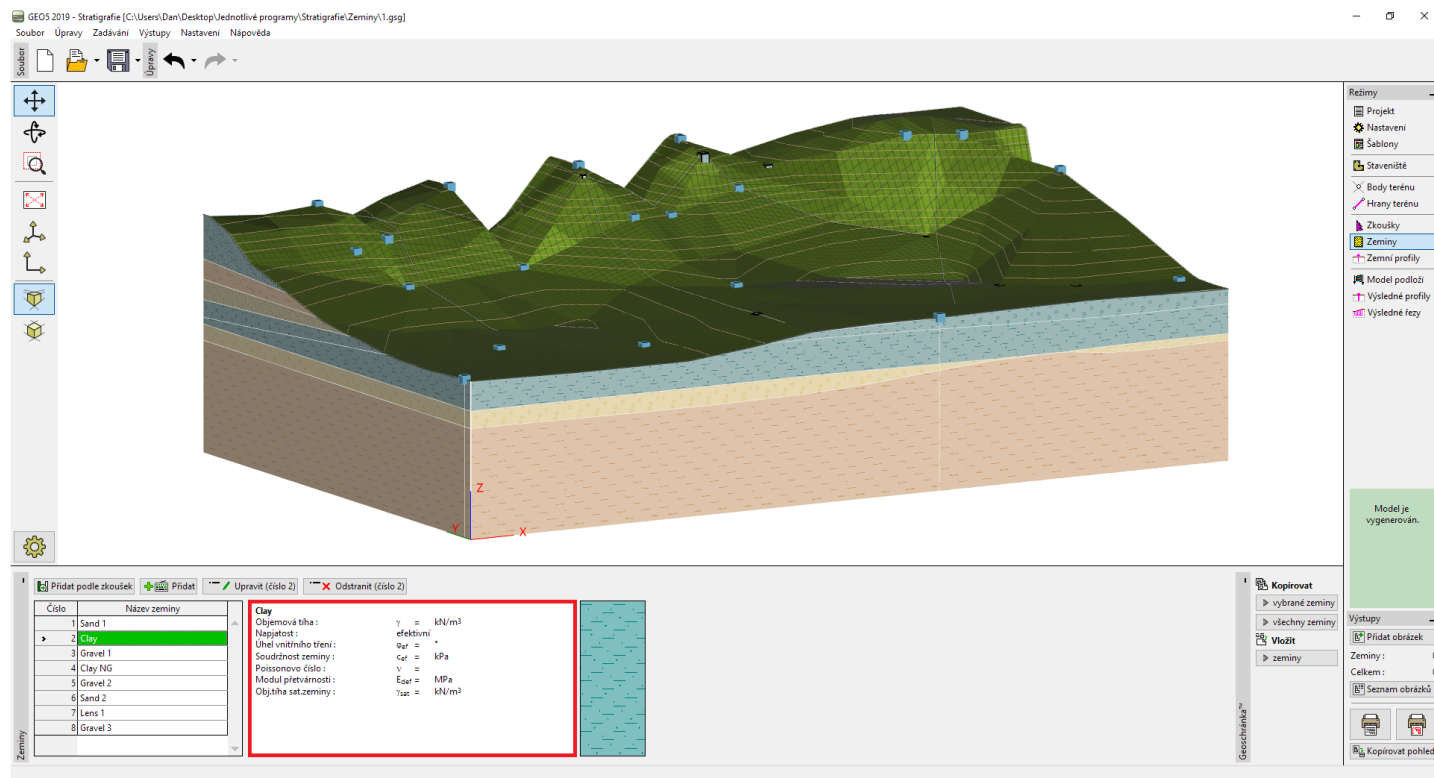
Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadanych zemin. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemin), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Přidání zeminy se provádí v dialogovém okně "Přidání nových zemín" popř. lze také přidat všechny zeminy, které byly zadány v rámu "Zkoušky", tlačítkem "Přidat podle zkoušek".

Program Stratigrafie **nepotřebuje** pro tvorbu modelu podloží **žádné parametry zemin** - přesto se v programu mohou zadat pro **přenos do dalších programů GEO5**.

Data zadaných zemin lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**" nebo využít možnost exportu v rámci "**Výsledné profily**" a "**Výsledné řezy**".



Rám "Zeminy"

Zemní profily

Rám "Zemní profily" obsahuje tabulku se všemi zemními profily. V tabulce je zobrazen **název původní zkoušky**, její **souřadnice** a **typ profilu** - vedle tabulky je vykreslen vybraný profil.

Zemní profily se tvoří automaticky ze **zkoušek**. Každé zkoušce odpovídá jeden zemní profil. Název zemního profilu nebo souřadnice zkoušky nelze zadávat ani editovat - odpovídají vždy příslušné zkoušce.

Zemní profil je tedy **interpretací zkoušky** do podoby **geologického profilu**.

Ze zemních profilů se tvoří sondy, ze kterých se vytváří **model podloží**. Každý správně zadaný **zemní profil automaticky vytváří sondu** - (pokud to nezakážeme vypnutím tlačítka "**Profil je aktivní pro generování modelu podloží**").

Pokud je některý (nebo více zemních profilů) vybráno, zobrazí se na liště tlačítko "**Tisknout protokol**" a můžeme vytvořený zemní profil tisknout spolu se zkouškou jako součást **geologické dokumentace**.

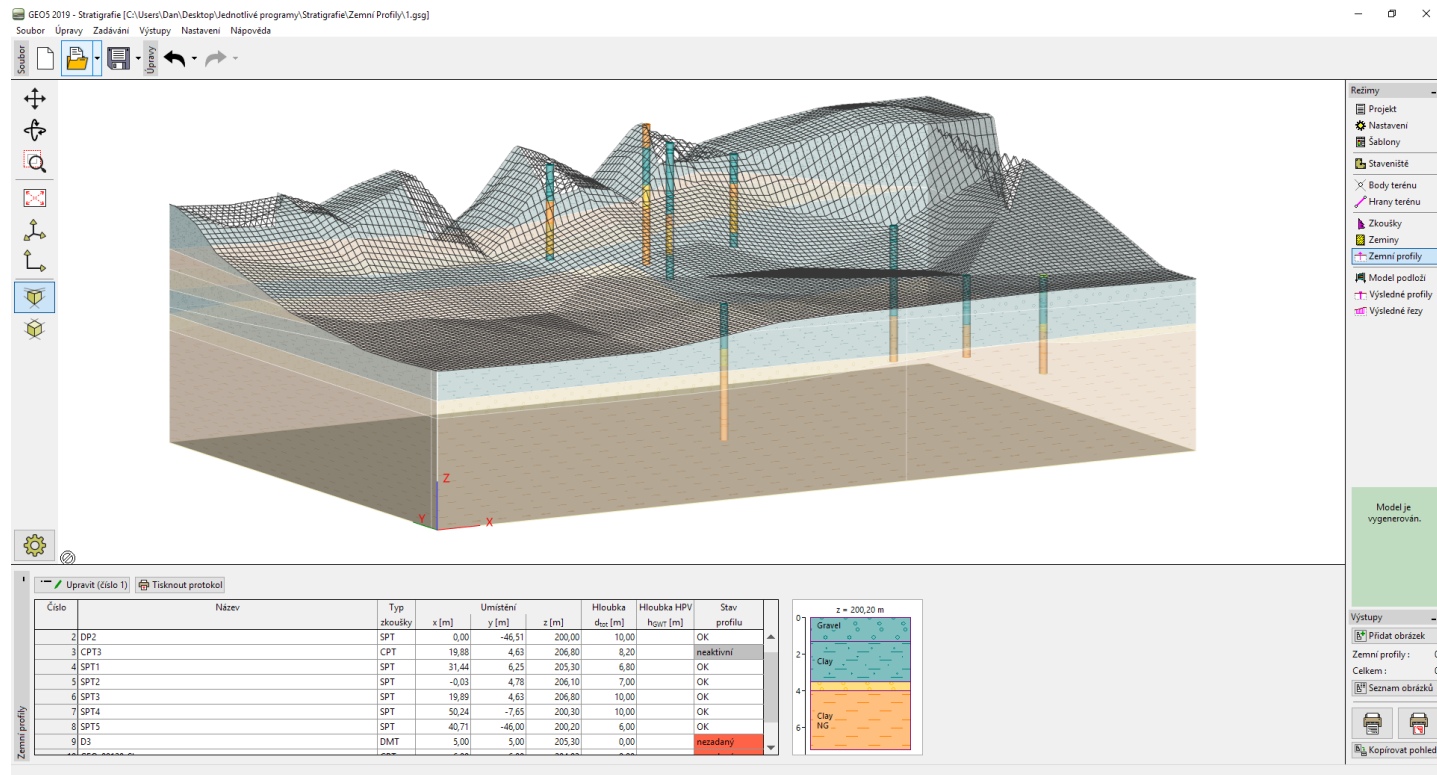
Pokud zemní profil **není správně zadán**, je označen v tabulce červeně s popisem "**Nedefinovaný**" a sonda pro generaci modelu podloží se nevytvoří.

Zvláštním stavem zemního profilu je, pokud je umístěn **mimo staveniště**. V tomto případě se profil zkoušky nevykresluje a netvoří sondu.

Tvorba profilu se liší v závislosti na typu zkoušky:

- Tvorba profilu z vrtu
- Tvorba profilu ze zkoušky CPT
- Tvorba profilu ze zkoušky DPT, SPT, PMT, DMT

Provádět interpretaci zkoušek do zemních profilů je nejvýhodnější při **tvorbě IG řezů**, kdy můžeme **upravovat a tvořit Zemní profily** v rámci **modelování geologického řezu**.



Rám "Zemní profily"

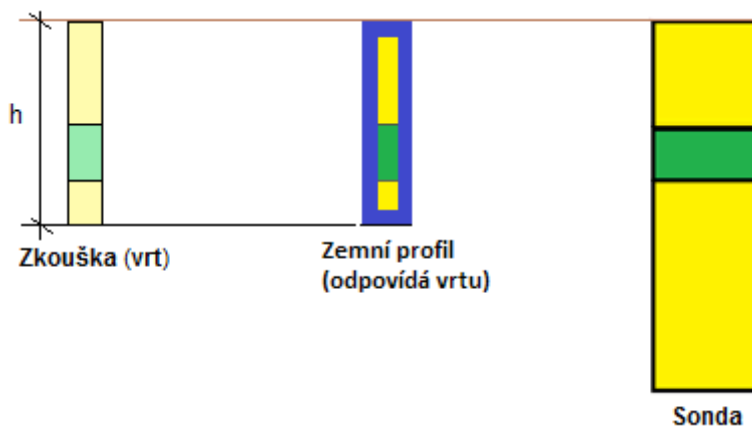
Zobrazení kresby na desktopu lze v jakémkoliv režimu zadávání dat upravovat pomocí nastavení v dialogovém okně "Nastavení kreslení" a pomocí tlačítek na nástrojové liště "Ovládání kresby".

Důležitou funkcí programu je využití tlačítka "ZPĚT", které umožňuje se kdykoliv vrátit k původnímu stavu před úpravou.

Vztah mezi profilem zkoušky a zkouškou resp. sondou

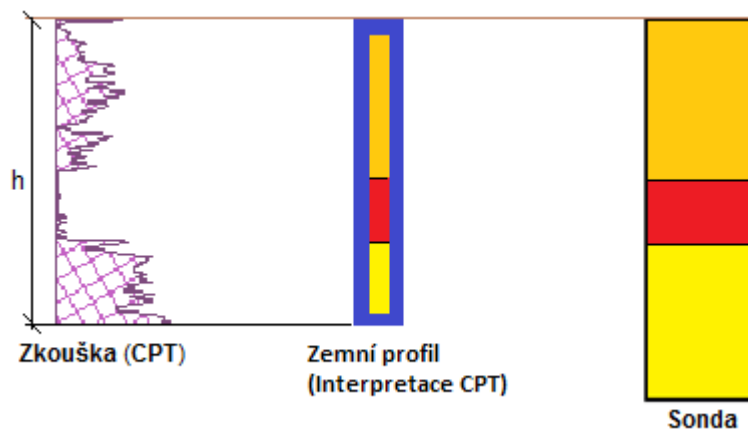
Zkouška vytváří zemní profil a ze zemního profilu se vytváří sonda. U zemního profilu ani u sondy nelze měnit zadané souřadnice - odpovídají předku.

Pokud je zkouška typu **Vrt**, je **zemní profil zkoušky vytvořen automaticky**. Pro vytvoření 3D modelu je většinou nutné ho **zjednodušit**.



Vztah mezi zemním profilem a zkouškou resp. sondou

Pokud je **zkouška jiného typu**, je nutné **převést tuto zkoušku do dat Zemního Profilu** (mocnosti vrstev a přiřazená zemina).



Vztah mezi zemním profilem a zkouškou resp. sondou

Provádět interpretaci zkoušek do zemních profilů je nejvýhodnější při **tvorbě IG řezů**, kdy můžeme **upravovat a tvořit Zemní profil** v rámci modelování geologického řezu.

Pokud jsou změněna data zkoušky, je zemní profil automaticky změněn také. Pokud je změněn zemní profil, dojde i ke změně sondy a tudíž i ke změně celého modelu podloží.

Tvorba zemního profilu z vrtu

V případě vytváření zemního profilu na základě provedeného **vrtu** tlačítko **"Zkopíruj profil z polní zkoušky"** překopíruje mocnosti vrstev zemin tak, jak byly zadány v rámu **"Zkoušky"**. Po zaškrtnutí možnosti **"Přidávat zeminy"** se z původní zkoušky přenesou i jednotlivé typy zemin.

Reálné vrty jsou tvořené mnoha vrstvami - geotechnik však pracuje se **zjednodušeným modelem**. K tomu jsou určeny **geotechnické typy**. V programu Stratigrafie se zadávají vrty přesně, k jejich zjednodušení dochází při **tvorbě zemních profilů**, které představují geotechnický model. Velmi výhodné je **upravovat a tvořit Zemní profily** až při **tvorbě IG řezů**.

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	0,50	0,00 .. 0,50	gravel
2	4,60	0,50 .. 5,10	silt
3	0,60	5,10 .. 5,70	clay
4	9,00	5,70 .. 14,70	sand
5	3,00	14,70 .. 17,70	rock

Dialogové okno "Úprava zemního profilu" - vrt

V levé části dialogového okna vidíme původní zadanou zkoušku (**vrt**). V pravé části dialogového okna je zobrazen zemní profil. Mocnosti jednotlivých vrstev a typy zemin lze v tabulce libovolně upravit.

Tvorba profilu zkoušky z CPT

V případě vytváření zemního profilu podle **zkoušky CPT** umožňuje program **dva základní způsoby vytvoření zemního profilu** podle volby **Typu zatřídění**:

- **"Robertson 2010", "Robertson 1986"** - Vytvoření profilu na základě klasifikace zemin
- **"Nezatřídovat"** - v tomto případě se profil zadává stejně jako u ostatních polních zkoušek - viz **vytvoření profilu z DPT, SPT, PMT**

Úprava zemního profilu

Identifikace
Název: cpt1
Souřadnice: x = 51,00 [m] y = 56,00 [m]
z = 427,75 [m]
Hloubka 1. bodu zkoušky od terénu: d₁ = 0,00 [m]

Zatřídění
Typ zatřídění: Robertson 2010
Koeficient penetrometru: α = 0,75 [-]
Objemová tíha: zadat γ = 19,00 [kN/m³]
Minimální mocnost vrstvy: h = 0,50 [m]

Parametry
Hloubka HPV: h_{HPV} = 10,00 [m]
☒ Zemní profil je aktivní pro generování modelu podloží

Náhled zkoušky
Typ zatřídění: Robertson 2010
Odpor na hrotu q_s

Vrstvy zemního profilu

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	1,40	0,00 .. 1,40	gravel
2	1,80	1,40 .. 3,20	silt
3	2,80	3,20 .. 6,00	clay
4	5,40	6,00 .. 11,40	sand

OK + OK + OK Storno

Dialogové okno "Úprava zemního profilu" - vyhodnocení zkoušky CPT

Vytváření zemního profilu na základě klasifikace zemín

V části "Zatřídění" se nastavuje typ **klasifikace** (Robertson 2010, Robertson 1986) a její další parametry - **koeficient penetrometru** α , způsob určení objemové tíhy γ .

Ve většině případů obdržíme velké množství tenkých vrstev.

Úprava zemního profilu

Identifikace
Název: cpt1
Souřadnice: x = 51,00 [m] y = 56,00 [m]
z = 427,75 [m]
Hloubka 1. bodu zkoušky od terénu: d₁ = 0,00 [m]

Zatřídění
Typ zatřídění: Robertson 2010
Koeficient penetrometru: α = 0,75 [-]
Objemová tíha: zadat γ = 19,00 [kN/m³]
Minimální mocnost vrstvy: h = 0,00 [m]

Parametry
Hloubka HPV: h_{HPV} = 10,00 [m]
☒ Zemní profil je aktivní pro generování modelu podloží

Náhled zkoušky
Typ zatřídění: Robertson 2010
Odpor na hrotu q_s

Vrstvy zemního profilu

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
-------	-------------	-------------	--------------

OK + OK + OK Storno

Dialogové okno "Úprava zemního profilu" - bez využití minimální mocnosti vrstvy

Proto je vhodné použít filtr redukující minimální tloušťku vrstev a zadat minimální mocnost vrstvy h .

Úprava zemního profilu

Identifikace
Název: cpt1
Souřadnice: x = 51,00 [m] y = 56,00 [m]
z = 427,75 [m]
Hloubka 1. bodu zkoušky od terénu: d₁ = 0,00 [m]

Zatřídění
Typ zatřídění: Robertson 2010
Koeficient penetrometru: α = 0,75 [-]
Objemová tíha: zadat γ = 19,00 [kN/m³]
Minimální mocnost vrstvy: h = 0,50 [m]

Parametry
Hloubka HPV: h_{HPV} = 10,00 [m]
☒ Zemní profil je aktivní pro generování modelu podloží

Náhled zkoušky
Typ zatřídění: Robertson 2010
Odpor na hrotu q_s

Vrstvy zemního profilu

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
-------	-------------	-------------	--------------

OK + OK + OK Storno

Dialogové okno "Úprava zemního profilu" - využití minimální mocnosti vrstvy

Tlačítko "**Tabulka zemin**" ve spodní části otevírá dialogové okno "**Tabulka přiřazení zemin**". V tomto okně je možné přiřadit popisům zemin podle Robertsona odpovídající zeminy zadané v programu. Pokud nebyla zemina zadána už předem v rámu "**Zeminy**", lze ji zadat dodatečně tlačítkem "**Přidat zeminu**". Popisům zemin, které se při vyhodnocení zkoušky neobjevily, není třeba zeminy přiřazovat.

Tabulka zemin (Robertson 2010)

Popis zeminy		Přiřazená zemina	
Citlivá jemnozrná zemina		(nepřiřazeno ▼)	Přidat zeminu
Organická zemina - jíl		(nepřiřazeno ▼)	Přidat zeminu
Jíly - hlinitý jíl, jíl		clay ▼	Přidat zeminu
Hlinitá směs - jílovitá hlína, hlinitý jíl		(nepřiřazeno ▼)	Přidat zeminu
Písčítá směs - hlinitý písek, písčítá hlína		silt ▼	Přidat zeminu
Písky - čistý písek, hlinitý písek		sand ▼	Přidat zeminu
Štěrkopísek, ulehý písek		gravel ▼	Přidat zeminu
Velmi tuhý písek, jílovitý písek		(nepřiřazeno ▼)	Přidat zeminu
Velmi tuhá jemnozrná zemina		(nepřiřazeno ▼)	Přidat zeminu

OK Storno

Dialogové okno "Tabulka přiřazení zemin"

Tlačítkem "**Zkopíruj profil z polní zkoušky**" lze vytvořit profil zkoušky, který je tvořen zadanými zeminami ve vrstvách odpovídajících vyhodnocení zkoušky CPT.

Úprava zemního profilu

Identifikace: Název: cpt1
Souřadnice: x = 51,00 [m] y = 56,00 [m]
z = 427,75 [m]
Hloubka 1. bodu zkoušky od terénu: d₁ = 0,00 [m]

Zatřídění: Typ zatřídění: Robertson 2010
Koeficient penetrometru: α = 0,75 [-]
Objemová tíha: zadat γ = 19,00 [kN/m³]
Minimální mocnost vrstvy: h = 0,50 [m]

Parametry: Hloubka HPV: h_{HPV} = 10,00 [m]
☒ Zemní profil je aktivní pro generování modelu podloží

Náhled zkoušky: Typ zatřídění: Robertson 2010

Zkopíruj profil z polní zkoušky
☒ Přidávat zeminy

Vrstvy zemního profilu

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	1,40	0,00 .. 1,40	gravel
2	1,80	1,40 .. 3,20	silt
3	2,80	3,20 .. 6,00	clay
4	5,40	6,00 .. 11,40	sand

Přidat (na konec)

Tisknout protokol

OK OK OK Storno

Dialogové okno "Úprava profilu zkoušky" - vytvoření zemního profilu

Vytvořený profil máme dále možnost upravovat pomocí tlačítek v pravé části dialogového okna.

Tvorba profilu zkoušky z DPT, SPT, PMT

V případě vytváření zemního profilu na základě provedené zkoušky **DPT**, **SPT** nebo **PMT** je nutné vytvořit zemní profil ručně.

V levé části dialogového okna vidíme naměřený průběh zkoušky (zde **DPT** - počet úderů v hloubce). Levým tlačítkem myši lze kliknutím do průběhu zkoušky vytvořit rozhraní profilu, které se zobrazí v pravé části dialogového okna.

Použitím tlačítka "**Vlož rozhraní do profilu**" lze vložit hloubku rozhraní **d** přímo v dialogovém okně "**Přidání rozhraní**". Po přidání všech rozhraní je nutné v **tabulce** v pravé části dialogového okna přiřadit odpovídající zeminu, která byla zadána v rámu "**Zeminy**". Pokud nebyla zemina zadána už předem v rámu "**Zeminy**", lze ji zadat dodatečně tlačítkem "**Přidat zeminu**". Tím je ruční vytváření profilu ukončené a profil může být použit pro generování modelu podloží.

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	0,48	0,00 .. 0,48	silt
2	0,48	0,48 .. 0,97	gravel
3	0,51	0,97 .. 1,47	clay
4	0,63	1,47 .. 2,10	gravel
5	1,09	2,10 .. 3,19	sand
6	3,77	3,19 .. 6,95	sand

Dialogové okno "Úprava zemního profilu" - ruční vytváření profilu zkoušky (DPT)

Rozhraní

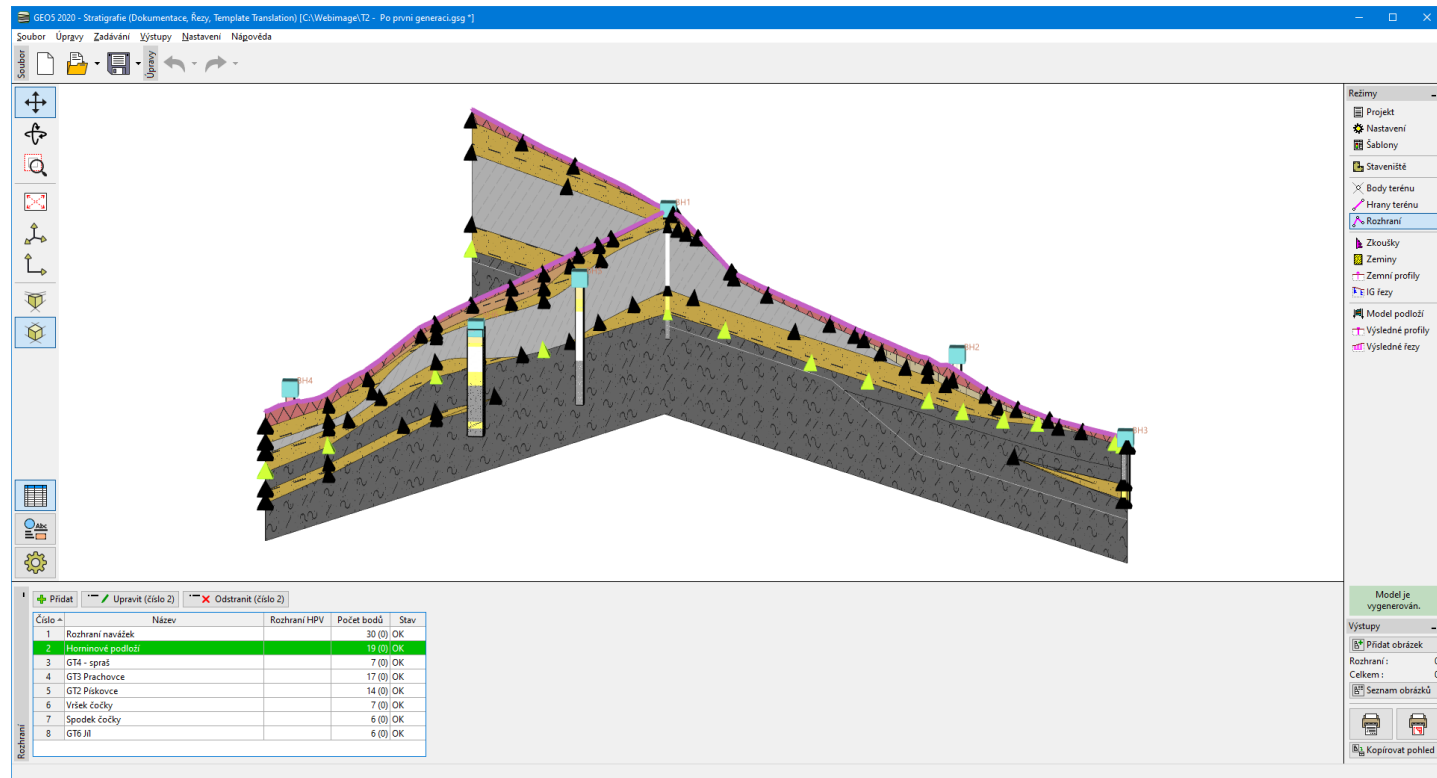
Rám "Rozhraní" obsahuje **tabulku** se seznamem **zadaných rozhraní**, které můžeme standardně přidávat a mazat. Rozhraní se přiřazuje k jednotlivým vrstvám (v **tabulce vrstev**) při tvorbě **modelu podloží**.

Rozhraní jsou **tvořena body**. Body do rozhraní lze **zadat několika způsoby**:

- Textově, zadáním souřadnic bodů
- Importovat (**textová tabulka**, **tabulka XLSX** a **ODS**, import **DXF**, import **LandXML**)
- Generovat rozhraní automaticky z vytvořených **IG řezů**

Generace bodů rozhraní ze zadaných IG řezů je základem tvorby **3D modelu podloží**. Jednotlivá rozhraní můžeme **vytvářet resp. přiřazovat** přímo v dialogovém okně pro tvorbu IG řezu. Body rozhraní vytvořené v IG řezu se **nedají smazat ani editovat** - vždy plně odpovídají zadaným IG řezům.

Zvláštním **typem** rozhraní je **zlom**. Tento typ rozhraní se zadává a upravuje **pouze v IG řezu** a nelze ho zde editovat. Zlom je vždy **kolmý na IG řez**, ve kterém byl vytvořen.

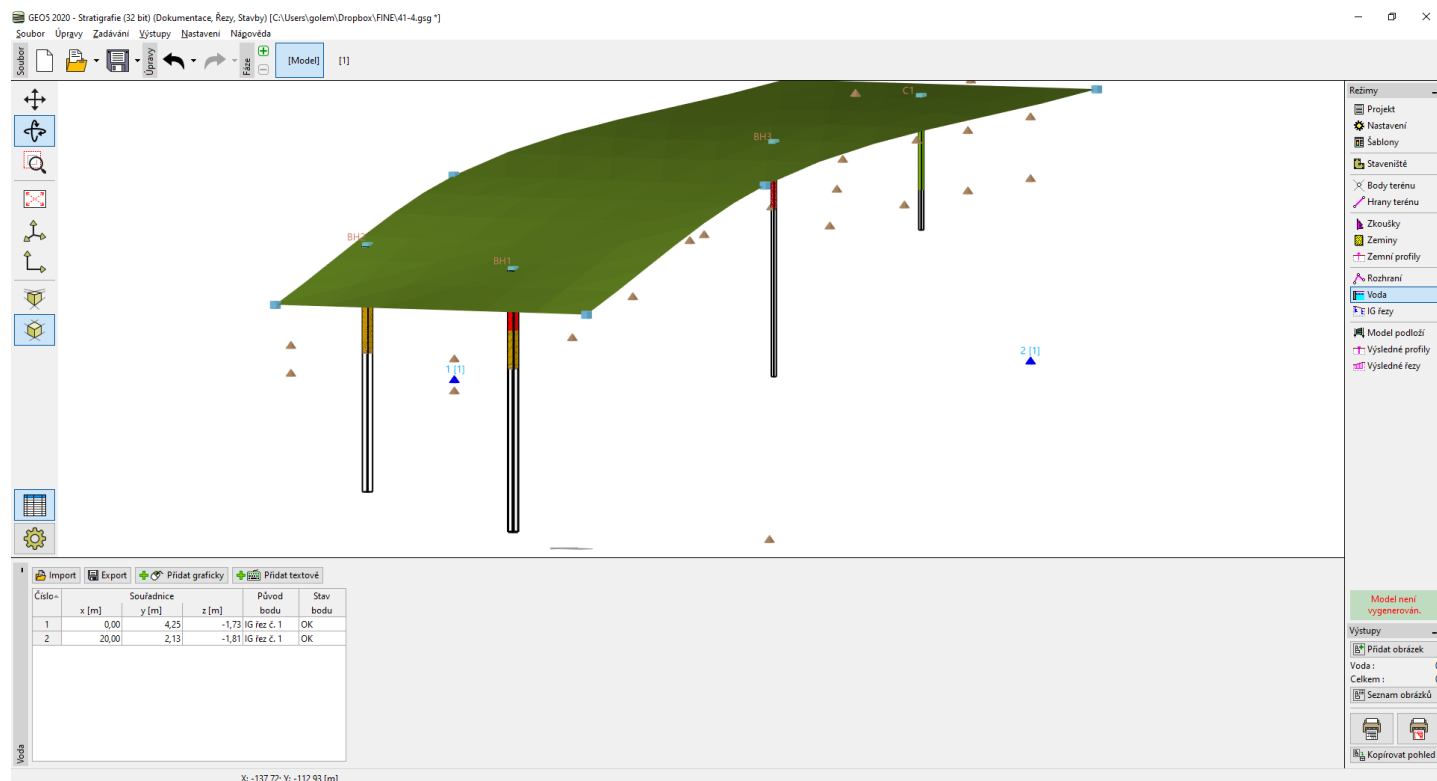


Rám "Rozhraní"

Voda

Rám "Voda" obsahuje **tabulku** se seznamem zadáných bodů rozhraní vody.

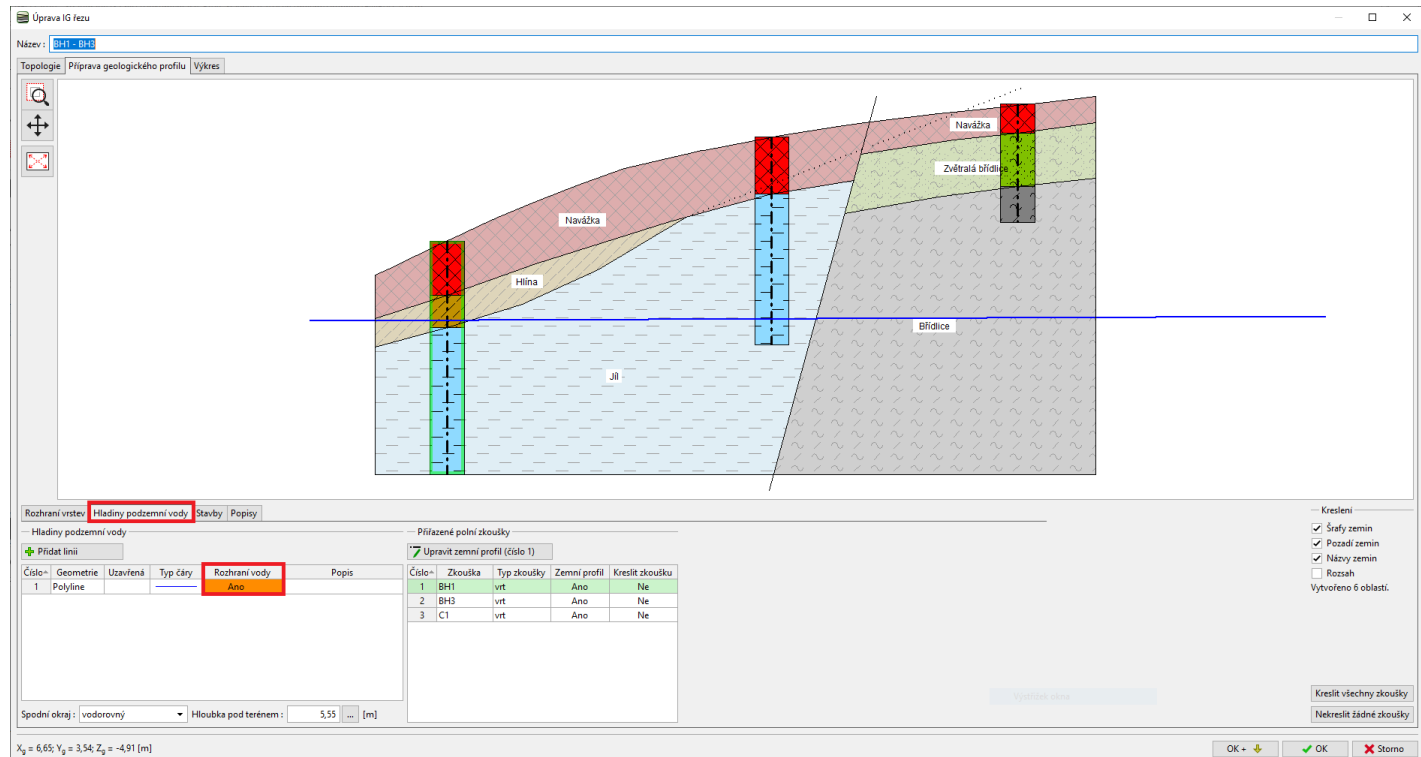
Hladina vody v modelu podloží se generuje z hladin HPV v **aktivních sondách** a z **bodů HPV** v tomto rámu.



Rám "Voda"

Body do rozhraní vody lze **zadat několika způsoby**:

- Textově, zadáním souřadnic bodů
- Importovat (**textová tabulka**, **tabulka XLSX a ODS**, import **DXF**, import **LandXML**)
- Generovat rozhraní automaticky z vytvořených **IG řezů**



Generace bodů rozhraní HPV v IG řezu

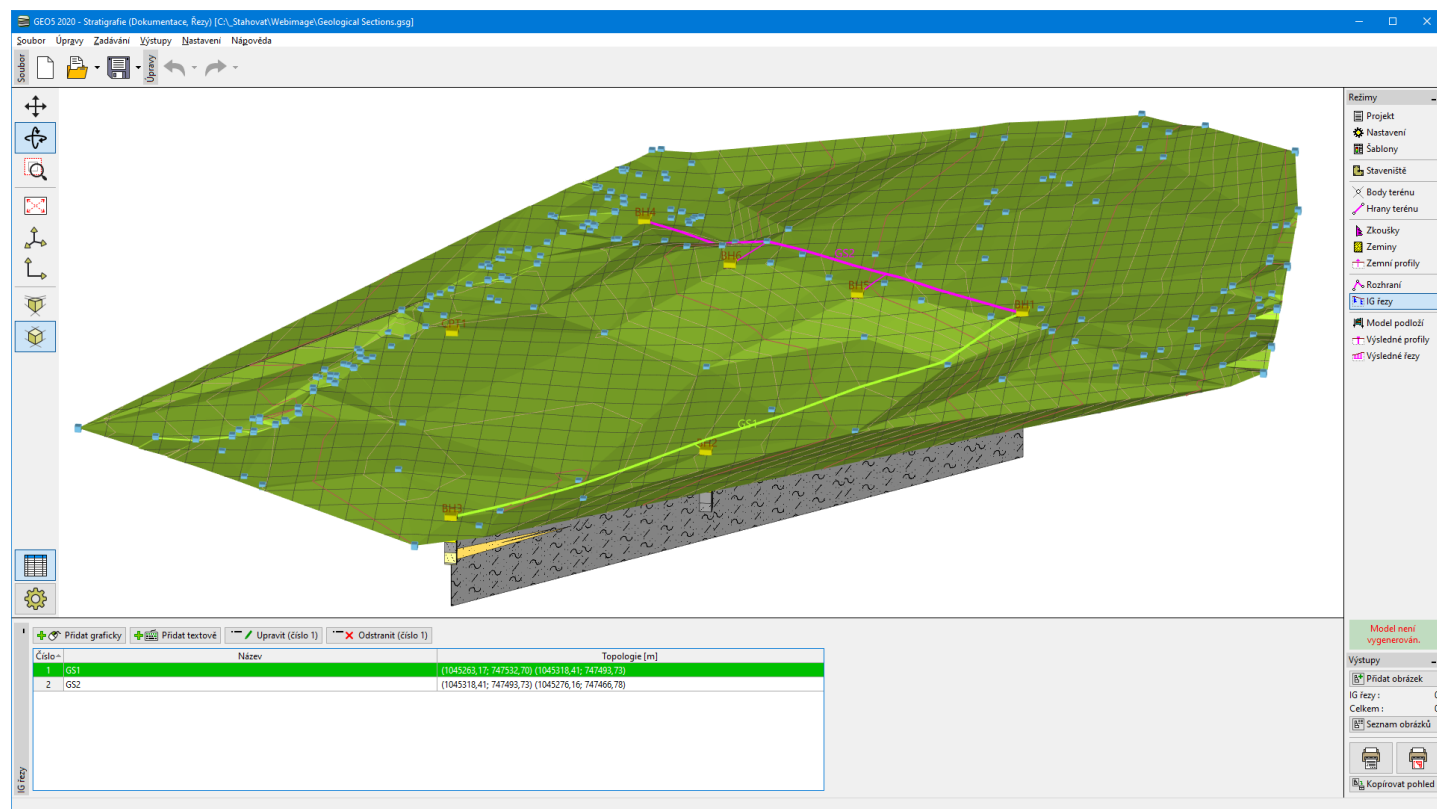
Pro generaci vodorovného rozhraní HPV v modelu stačí zadat právě jeden bod o příslušné hloubce.

IG řezy

Rám "IG řezy" je určen k vytváření geologických řezů, ve kterých jsou znázorněny zadané **Zkoušky** a **Zemní profily**. Dále se zde zadávají **rozhraní mezi vrstvami zemín**, **zlomy**, **hladiny vody**, **stavby** a další **uživatelské popisy**. Body zadaných rozhraní lze z IG řezu kopírovat do dat v rámu **Rozhraní** a tím ovlivnit podobu **modelu podloží**.

IG řezy lze také **vytvářet z vygenerovaného modelu podloží** a pomocí nich dále **upravovat vytvářený model**.

V rámu se nejprve zadá konstruovaný řez - **rovný** nebo **lomený**. Body řezu lze umístit kdekoli v rámci staveniště - pokud je některý **bod mimo staveniště**, vytvářený řez se automaticky ořízne. Po zadání řezu se dialogové okno zobrazí v módu **"Topologie"**.



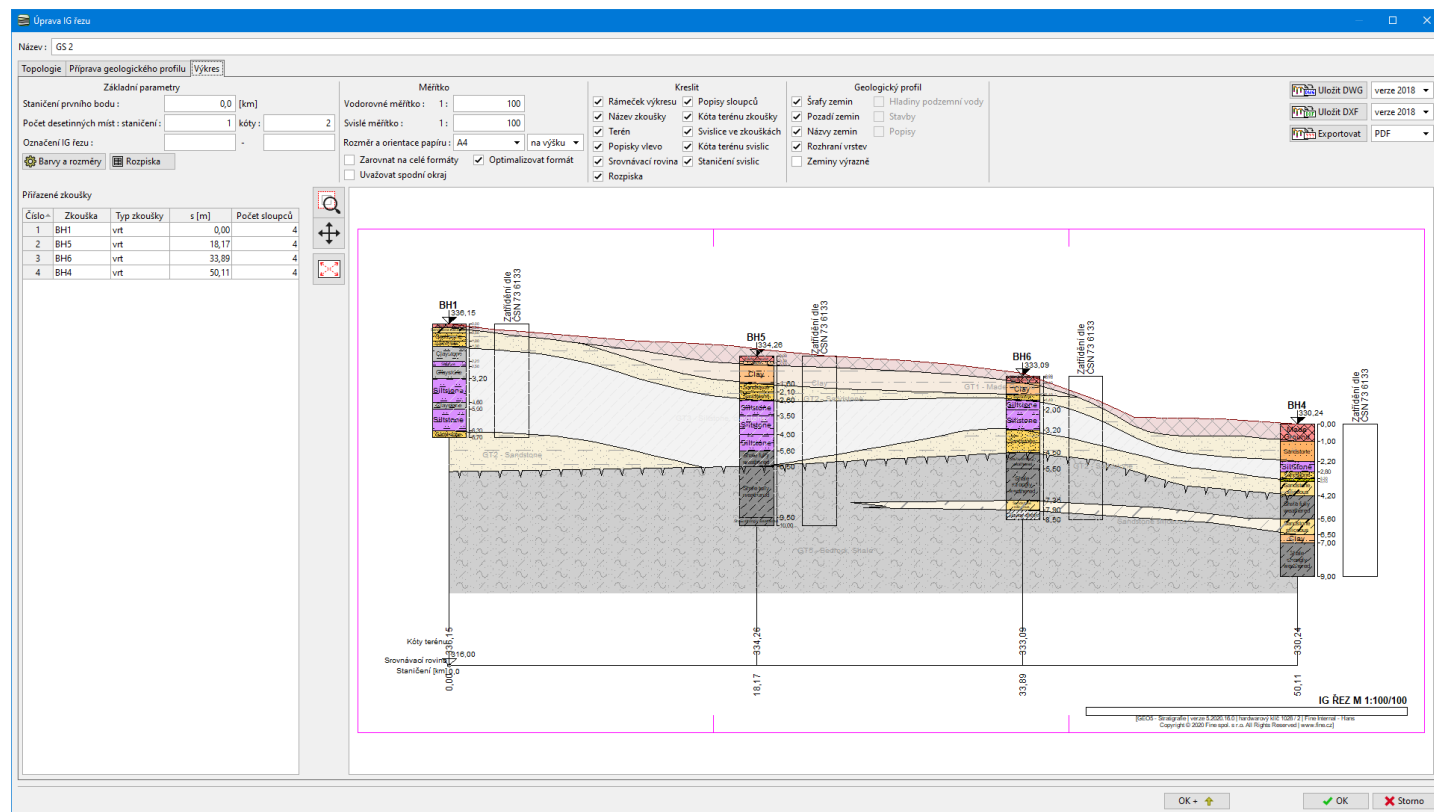
Rám "IG řezy"

Vlastní řez se zadává a edituje v dialogovém okně, ve kterém se **pohybujeme pomocí záložek**.

- **Topologie**
- **Příprava geologického profilu**
- **Výkres**

Cílem konstrukce tvorby IG řezů je především vytvořit a publikovat **Geologický řez**, ale v rámci jeho tvorby i definovat geotechnické **typy zemín**, upravit **zemní profily** a **vygenerovat rozhraní** pro snadnou generaci 3D modelu.

Záložka Výkres je dostupná pouze uživatelům se **zakoupeným modulem "IG řezy"**.



Výkres geologického řezu

Topologie

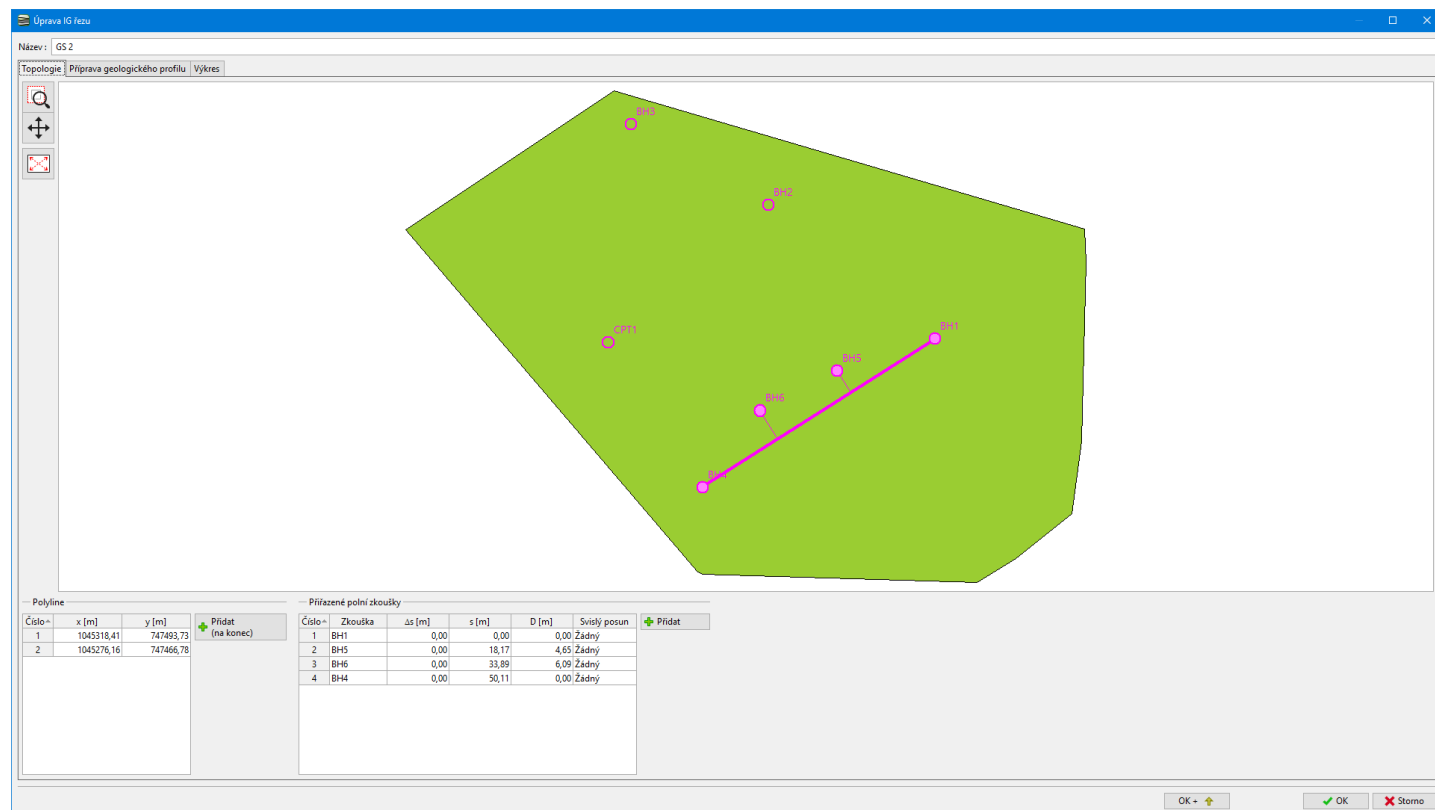
V záložce **"Topologie"** se zobrazí **souřadnice bodů řezu** a **tabulka se zkouškami**, které chceme v daném řezu zobrazit.

Do řezu umístíme zkoušky, které chceme na výkresu zobrazit.

Zkoušky se standardně promítají **kolmo na řez**, ale můžeme je vždy posunout. V tabulce zkoušek je zobrazeno **staničení zkoušky** (od prvního bodu řezu) a **vzdálenost zkoušky od řezu**.

Dále se definuje **posun zkoušky** pro vykreslení v řezu.

- **žádný** - standardní volba, znamenající že zkouška se vykresluje ve skutečné nadmořské výšce - může se tedy v řezu zobrazit nad i pod terénem
- **na terén řezu** - první bod zkoušky je promítnut na terén řezu
- **zadat** - uživatel může definovat vlastní výškové umístění zkoušky v řezu



Záložka "Topologie"

Příprava geologického profilu

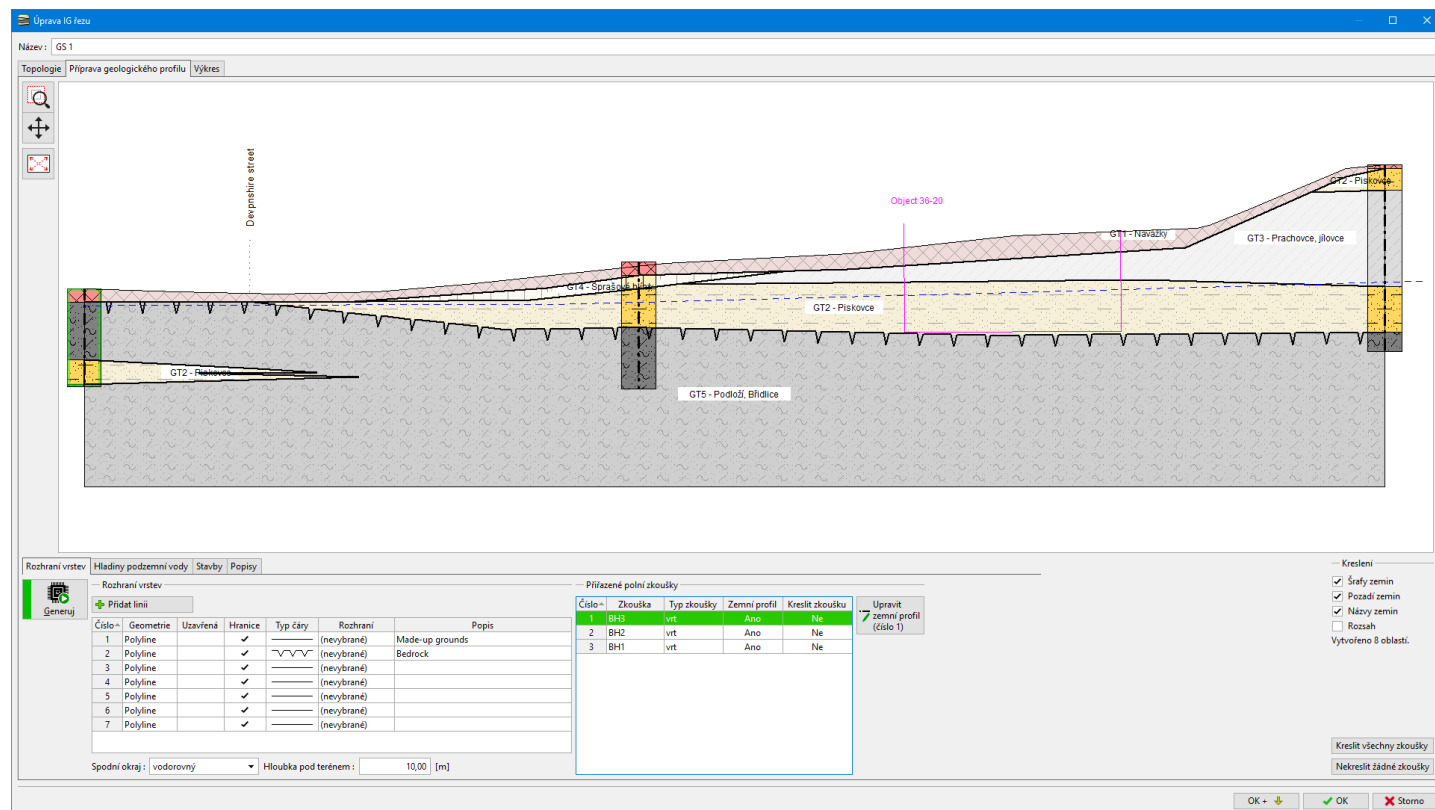
V záložce "**Příprava geologického profilu**" se vytváří vlastní geologický řez.

V jednotlivých záložkách definujeme:

- **rozhraní vrstev** zemin, resp. geotechnických typů zemin
- hladiny **podzemní vody**
- **konstrukce**, případně libovolné pomocné linie
- vlastní **popisy** ve výkresu

V tomto okně lze **zadávat linie rozhraní** a tím vytvářet geologický řez, ale také upravovat zemní profily a vytvářet body rozhraní pro generaci modelu podloží.

Geologický řez lze také vytvořit z již vygenerovaného modelu podloží.



Pro **generaci oblastí** je v levé části okna tlačítko **"Generuj"**. Program automaticky detekuje **jednoznačně zadané oblasti** tvořené **zadanými liniemi** a upravenými **"zemními profily"** a vygeneruje danou oblast. Do generace se zapojují všechny linie, u kterých je při zadání zatrženo že **tvorí hranici oblastí**. Pokud do oblasti zasahují dvě či více zemín, je zadání nejednoznačné a zemina do oblasti není přiřazena.

V pravé části okna se **přepíná zobrazení** tvořeného profilu. Zvláště důležitá je možnost **zobrazení zkoušek** - tlačítka **"Kreslit všechny zkoušky"** a **"Nekreslit žádné zkoušky"**, kterou využijeme při **editaci zemních profilů**.

Ve spodní části okna se definuje **spodní okraj modelu**. Ten může být vodorovný nebo rovnoběžný s terénem (je nutné zadat hloubku pod terénem) popř. může být tvořen libovolným průběžným rozhraním.

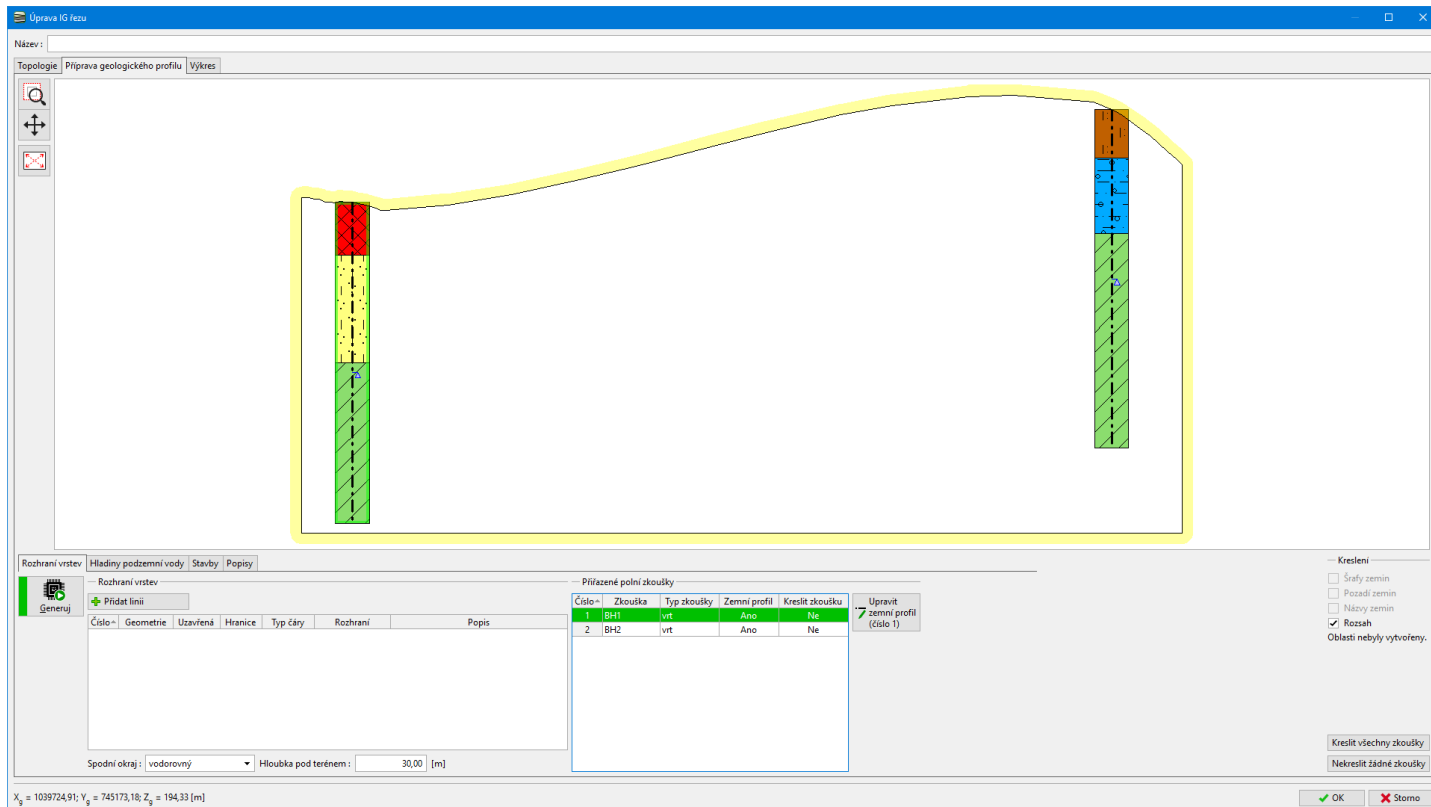
Postup tvorby geologického řezu

Základem tvorby je možnost **zadávaní libovolných linií** jako v CAD programech.

Při **grafickém zadávání** lze definovat libovolné body levým tlačítkem myši. Body linií se mohou **"chyťat"** na zadané zemní profily, ale mohou být zadány i na jiné linie nebo rozhraní.

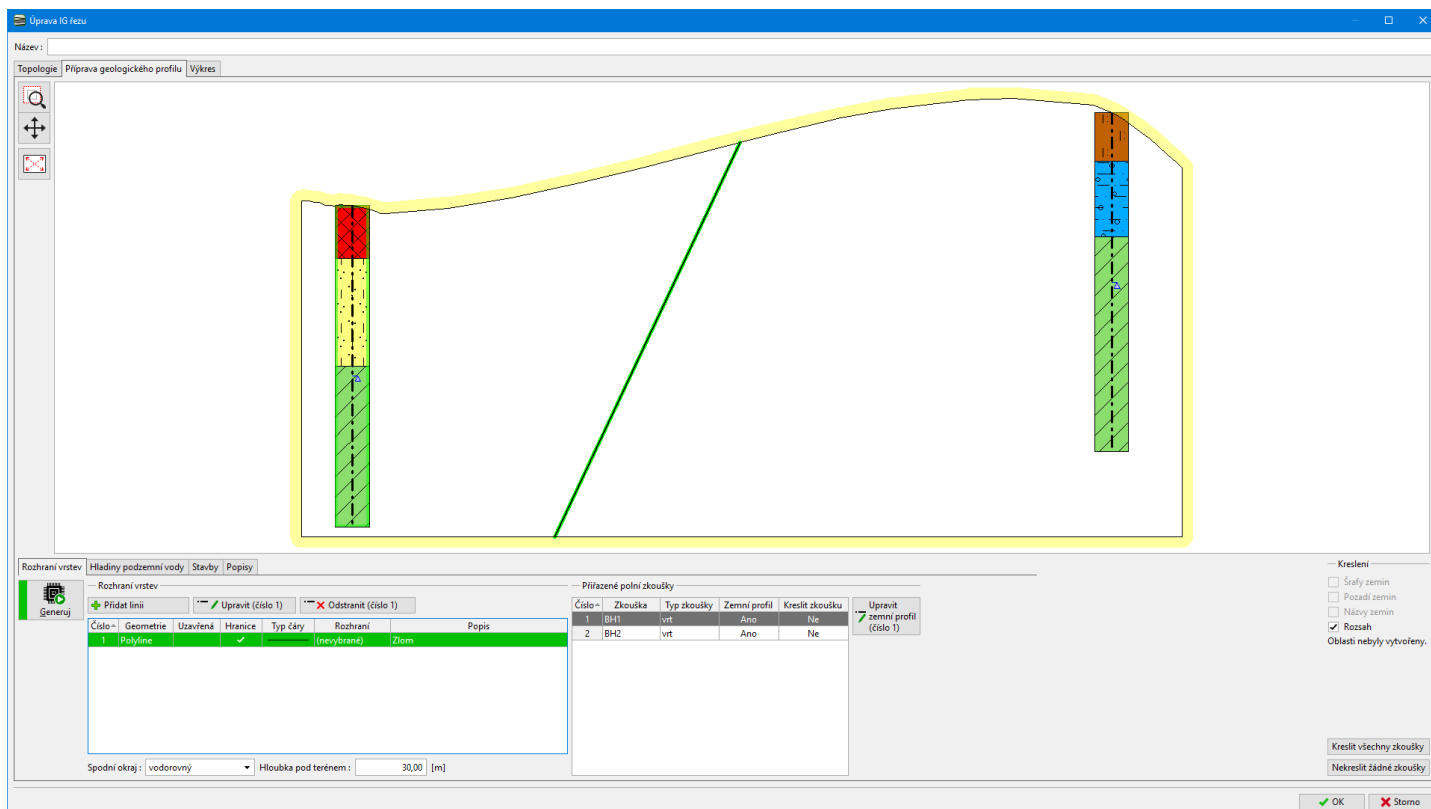
Grafické přidávání se ukončí zadáním bodu **dvakrát na stejném místě**. Kdykoliv lze **tažením libovolného bodu** upravit celkovou podobu zadaného rozhraní.

Jako příklad ukážeme zadání zlomu mezi dvěma vrty.



IG Řezy - mód "Příprava geologického profilu"

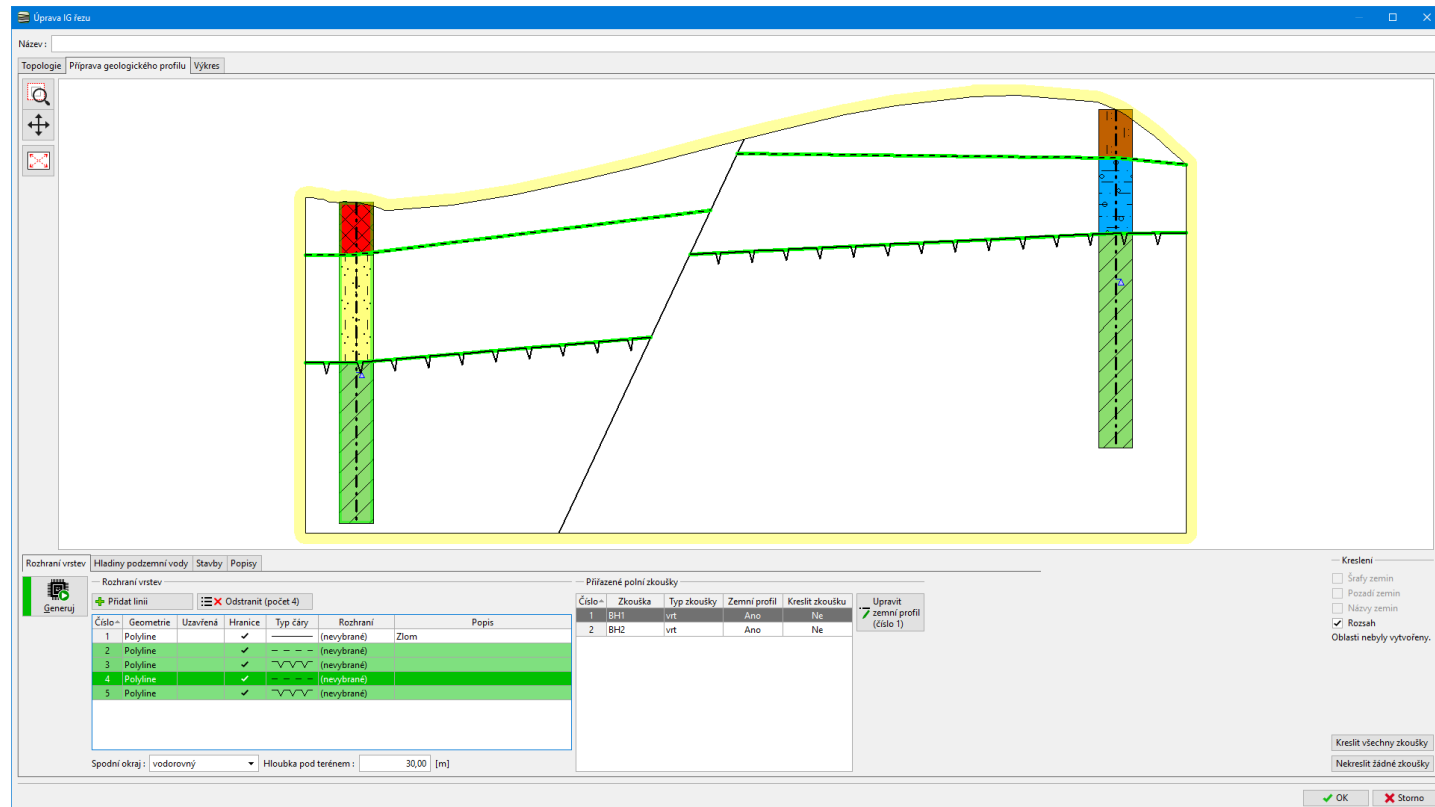
1. Zadáme zlom - linii jdoucí od terénu směrem do masívu



Zadání zlomu

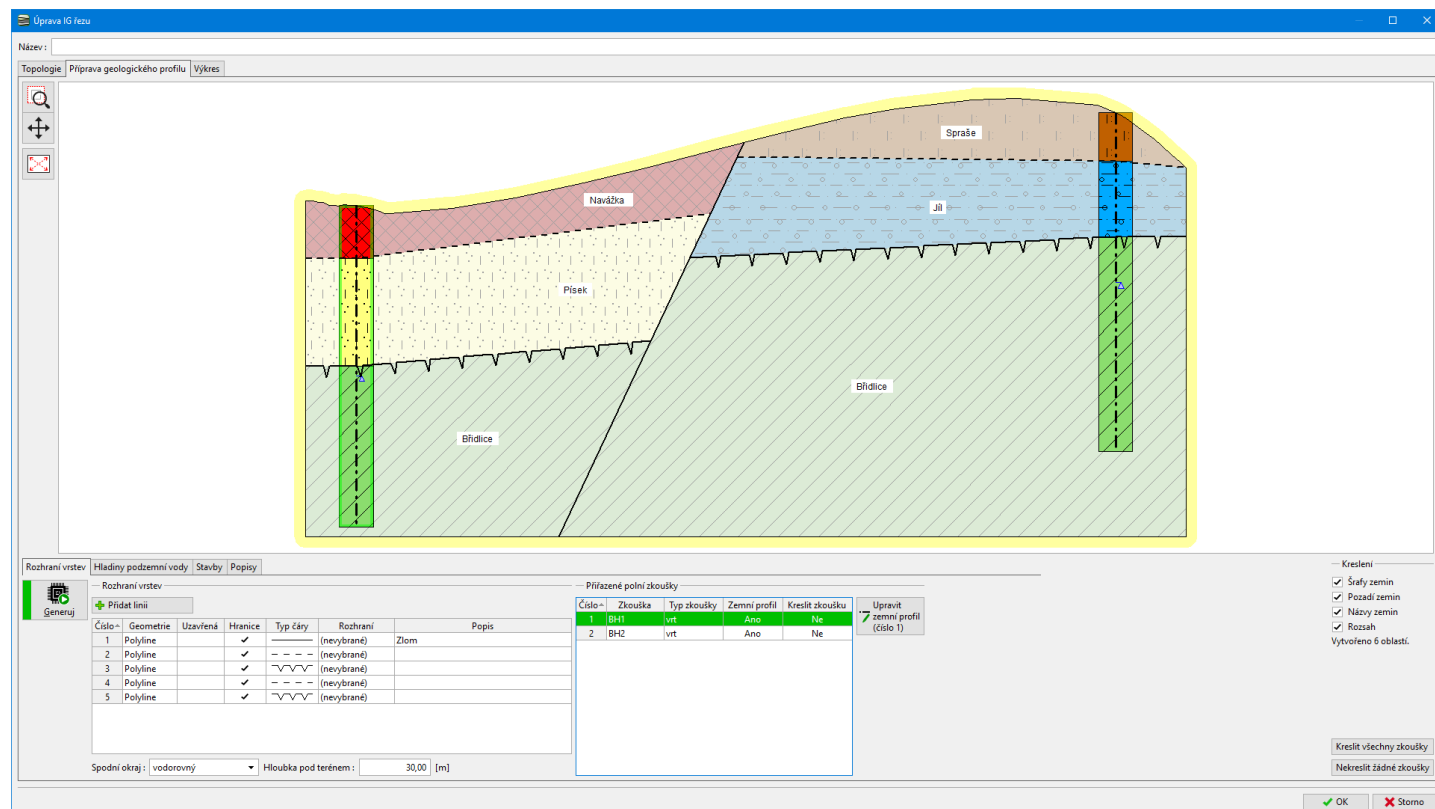
2. Zadáme předpokládaná rozhraní, která chytáme

- na kraj řezu
- na příslušné rozhraní zemního profilu
- na vytvořený zlom



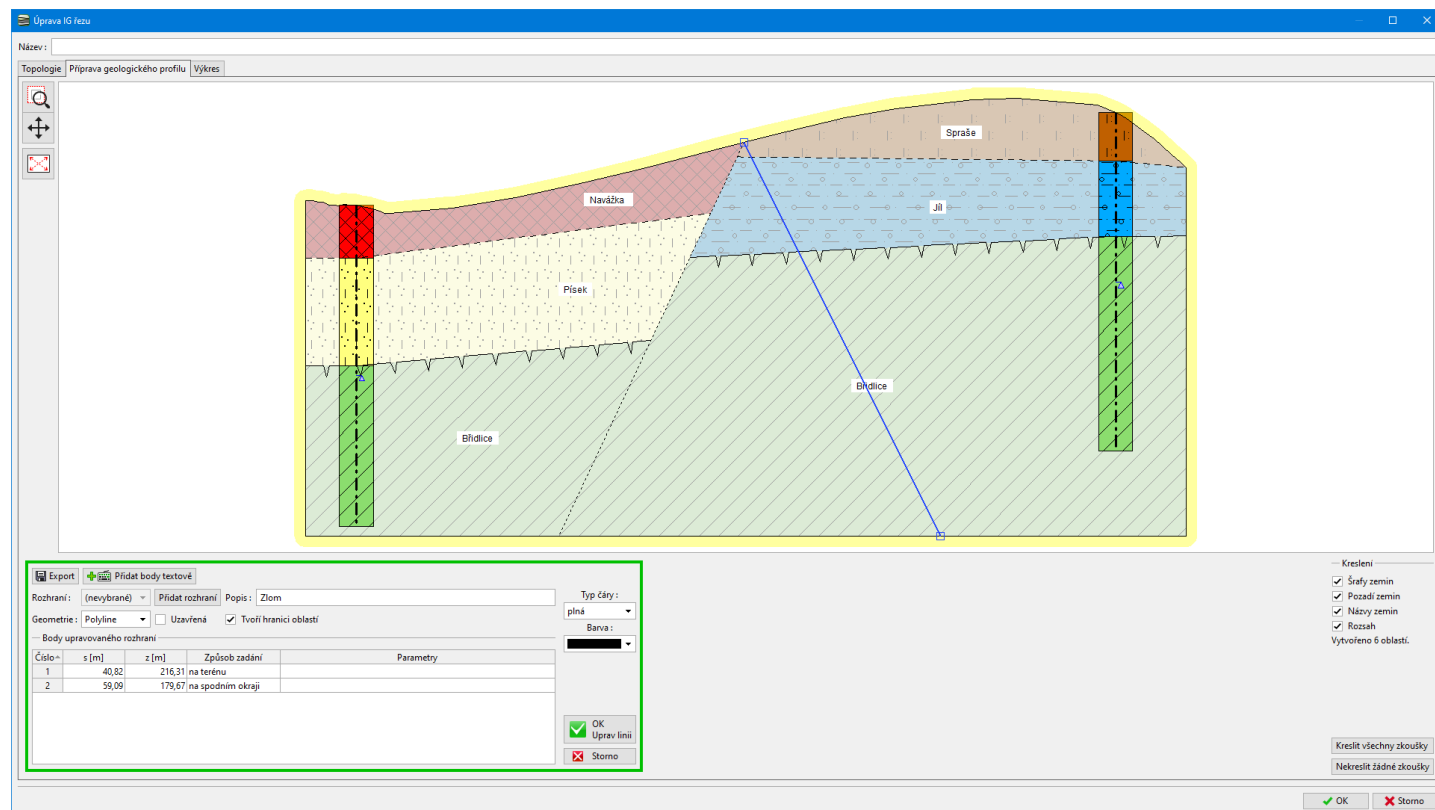
Zadání předpokládaných rozhraní

3. Vygenerujeme příslušné oblasti

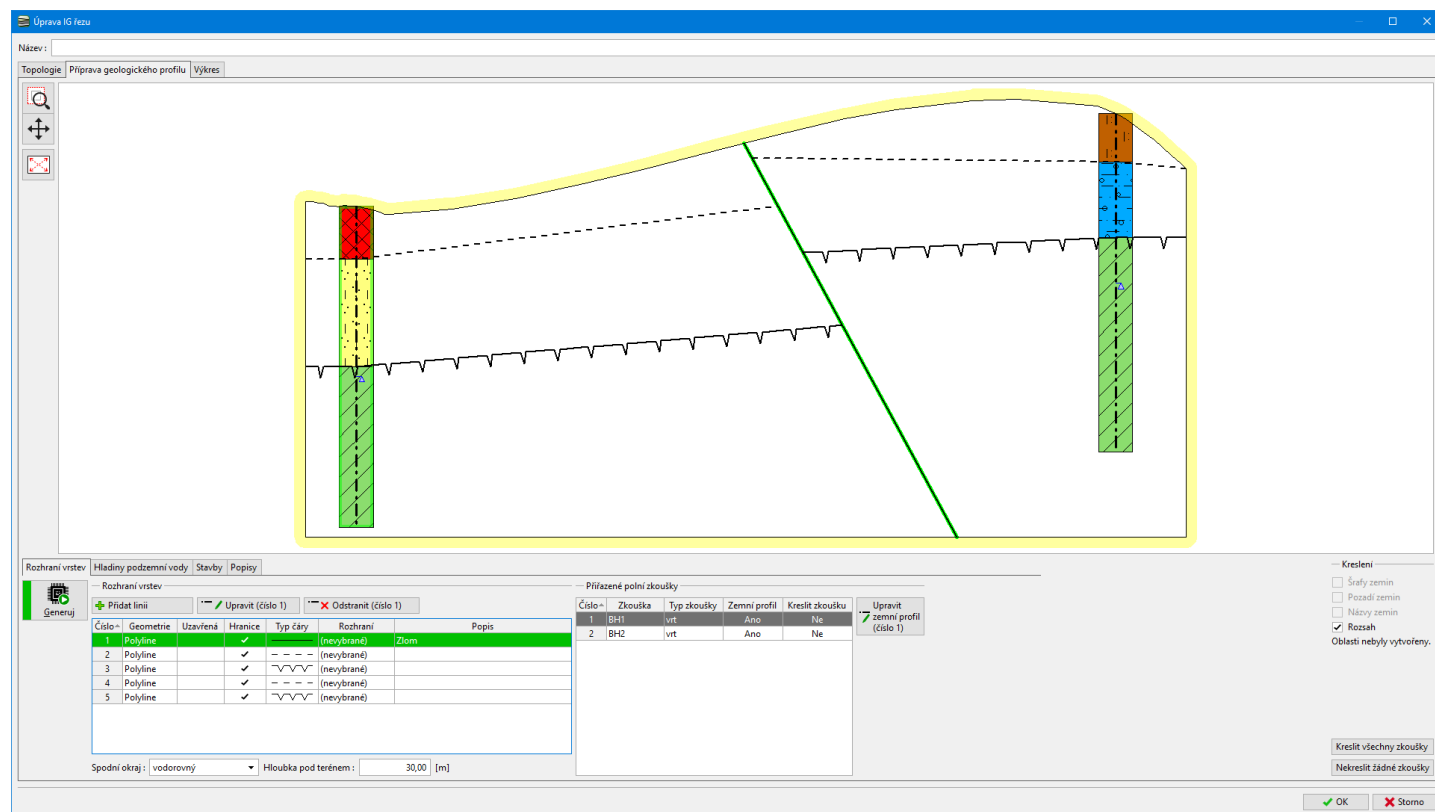


Vygenerované oblasti

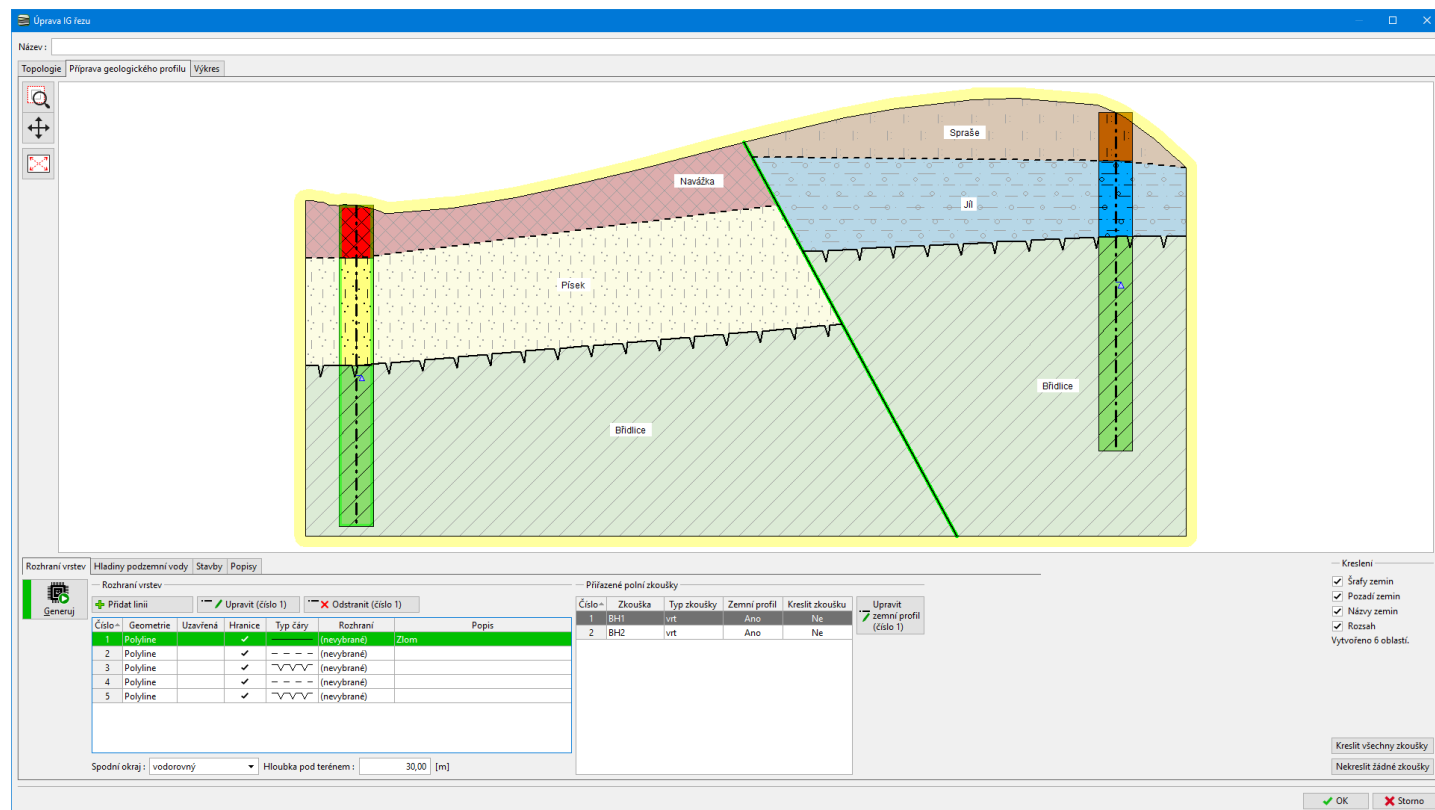
Při tažení spodního bodu zlomu můžeme změnit podobu řezu.



Úprava linie zlomu



Upravený zlom

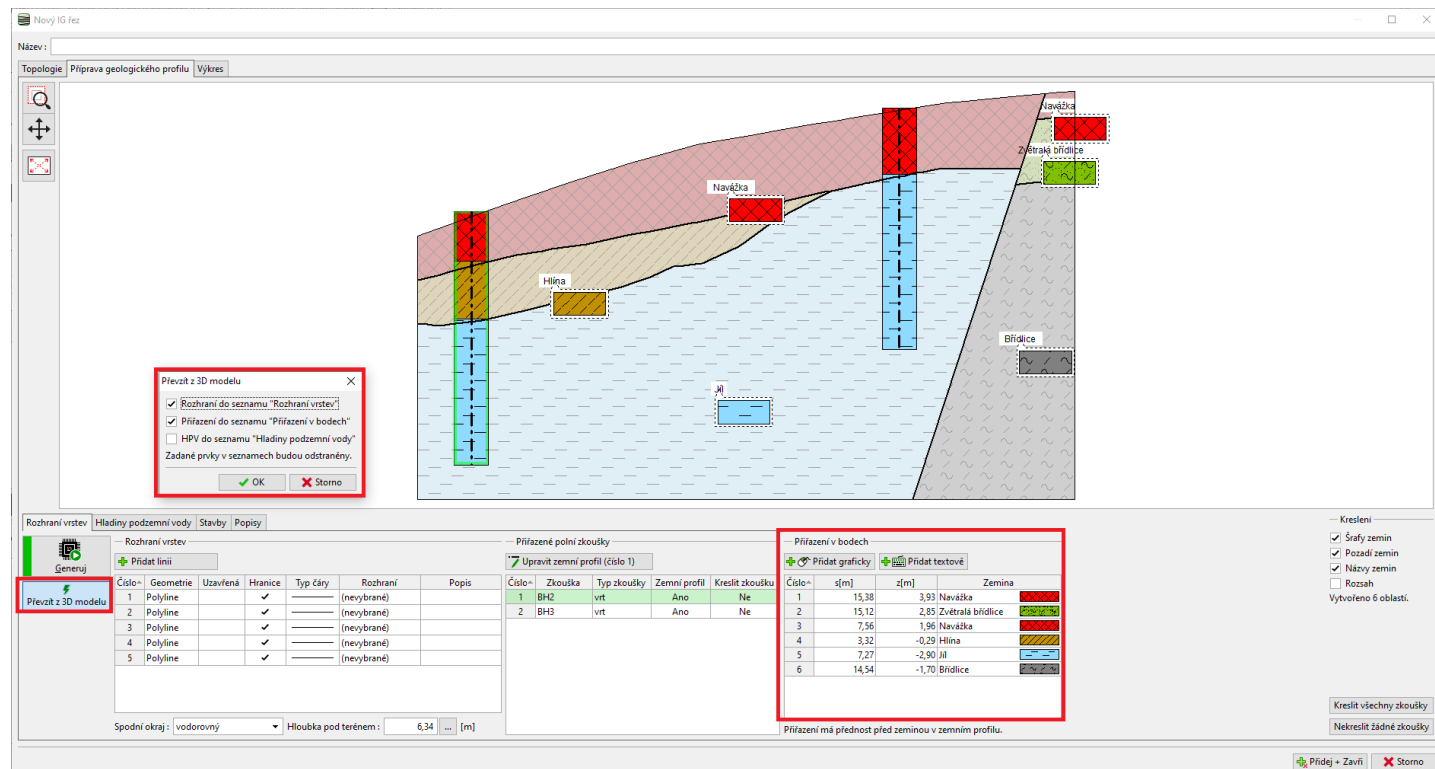


Nově vygenerované oblasti

Tvorba řezu z vytvořeného modelu podloží

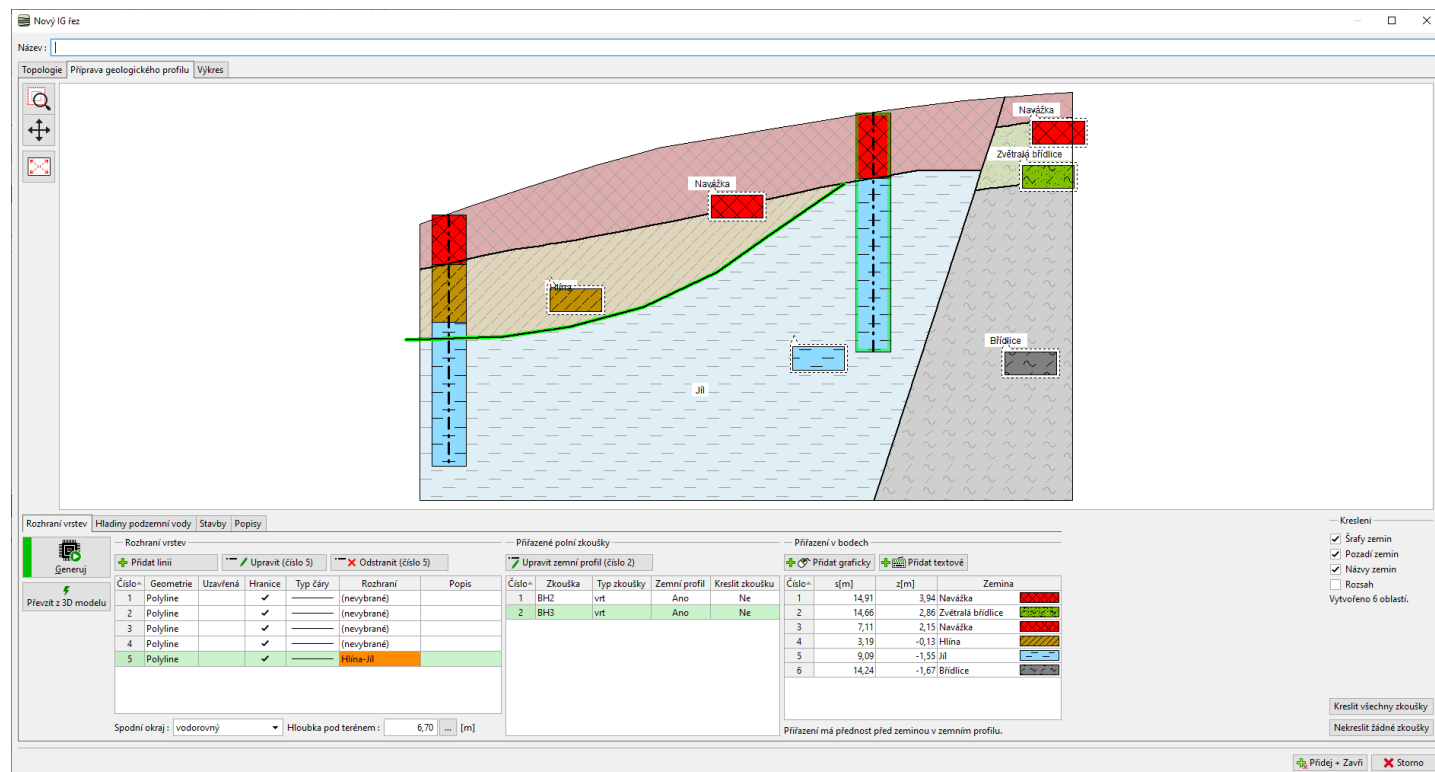
V dialogovém okně zadání řezu lze řez vytvořit podle 3D modelu podloží tlačítkem "Převzít z 3D modelu". Program **provede řez modelem**, vytvoří linie a body přiřazení zemin.

Body, ve kterých se přiřazuje zemina, mají při generaci přednost před zeminami v zemních profilech.



Načtení řezu z 3D modelu podloží

S vygenerovaným řezem můžeme normálně pracovat. Pokud chceme model podloží zpětně upravit, přiřadíme nově vytvořené linii rozhraní. Tato linie/rozhraní se zobrazuje v tabulce oranžově a její body jsou přeneseny do rozhraní a tím upraví model podloží.

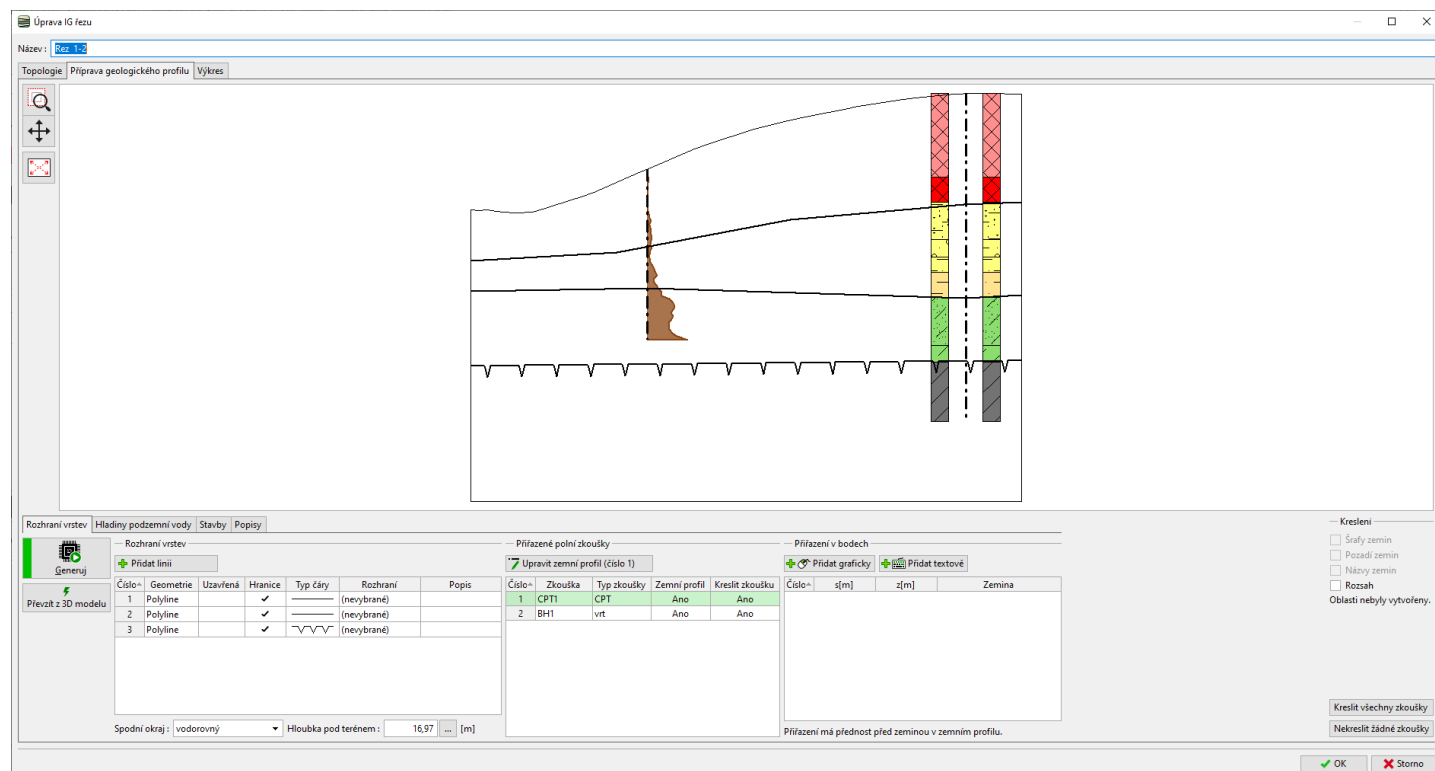


Úprava rozhraní pro 3D model podloží

Tvorba zemních profilů

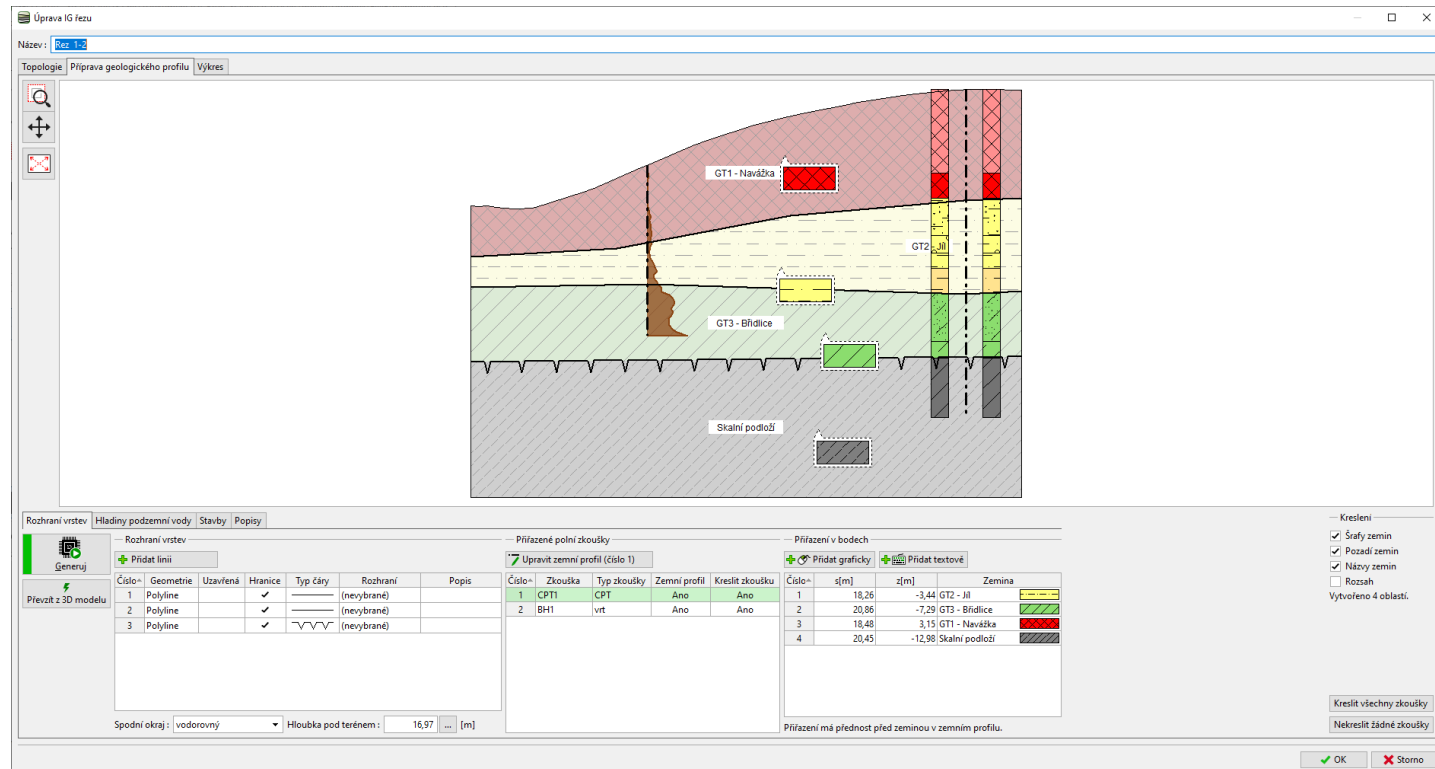
Reálné vrty jsou tvořené mnoha vrstvami - geotechnik však pracuje se **zjednodušeným modelem**. K tomu jsou určeny **geotechnické typy**. V programu Stratigrafie se zadávají vrty přesně, k jejich zjednodušení dochází při tvorbě **zemních profilů**, které představují geotechnický model.

Na obrázku vidíme zemní vrt a CPT se zakreslenou představou geotechnického modelu.



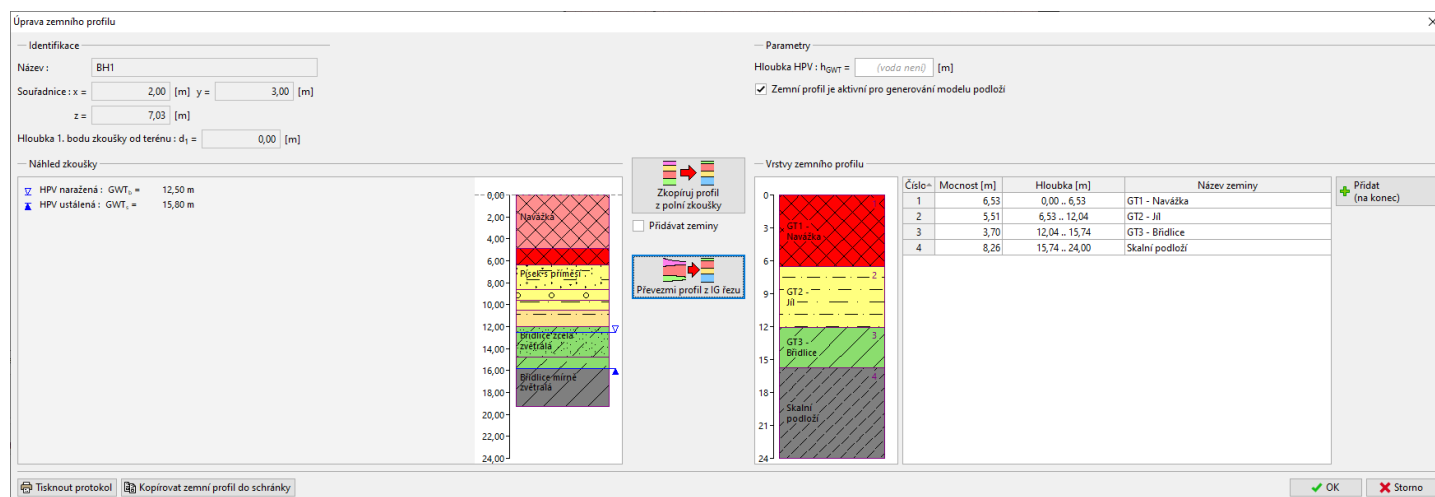
Geologický profil se zkouškami

Zadáme do oblastí zeminy resp. geotechnické typy a vygenerujeme řez.



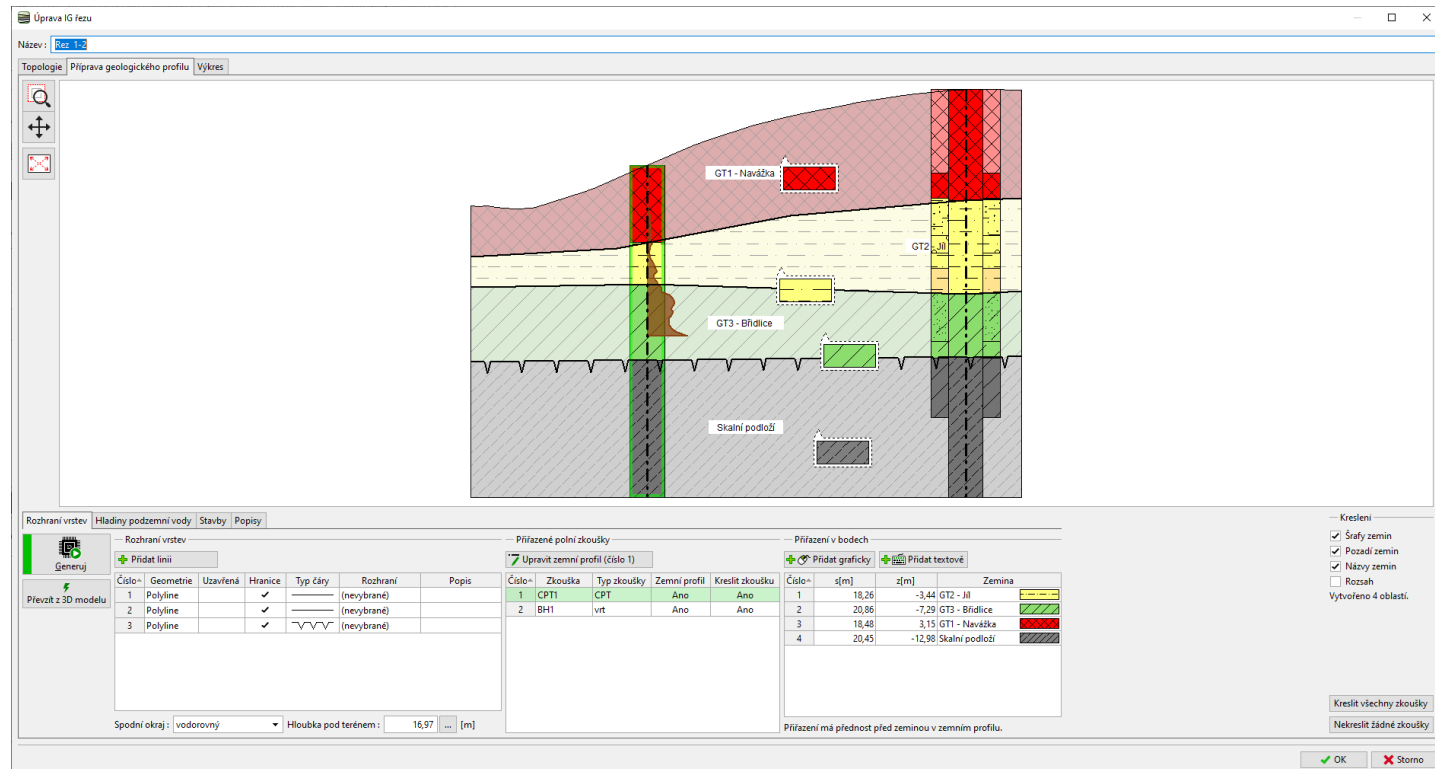
Přirazení zemín do oblastí

Při editaci zemních profilů stisknutím tlačítka **"Převzmi profil z IG řezu"** zemní profil vytvoříme.



Okno pro editaci zemního profilu

Vytvořené zemní profily umožňují lepší generaci dalších IG řezů, modelu podloží a tvorbu dokumentace geotechnického modelu.



Vytvořené zemní profily

Vytváření bodů rozhraní

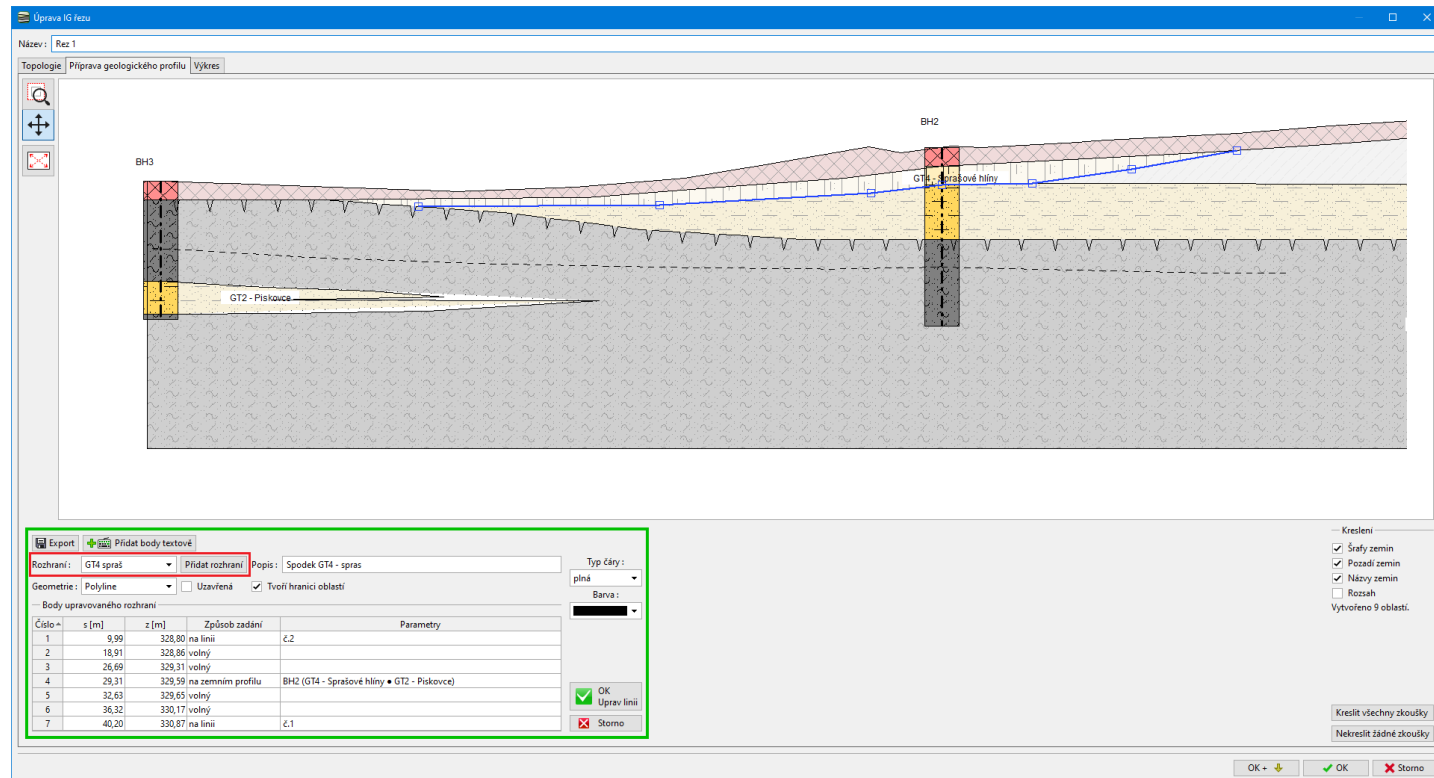
Vytvořené inženýrsko-geologické řezy odpovídají našim představám o geologii v daném místě - jsou tedy ideálním vstupem pro vytváření 3D modelu podloží. Jednotlivé zadání linie máme možnost přiřadit jednotlivým rozhraním budoucího 3D modelu podloží. Přiřazení se provádí v dialogovém okně pro zadání linie - buď **vybereme rozhraní ze seznamu** nebo **vytvoříme nové rozhraní** tlačítkem "Přidat rozhraní". Body linií s přiřazeným rozhraním (v tabulce označené oranžovou barvou) se automaticky přenášejí do dat **Rozhraní**. Zvláštní pozornost je nutné věnovat **modelování čochek** a **modelování zlomů**.

Přiřazená rozhraní vidíme na seznamu v tabulce.

Rozhraní vrstev																																																							
<div> <div>Generuj</div> <div>Převzít z 3D modelu</div> </div>																																																							
<div> <div>+ Přidat linii</div> <table> <tr> <th>Číslo</th><th>Geometrie</th><th>Uzavřená</th><th>Hranice</th><th>Typ čáry</th><th>Rozhraní</th><th>Popis</th></tr> <tr> <td>1</td><td>Polyline</td><td></td><td>✓</td><td>—</td><td>Navážka</td><td></td></tr> <tr> <td>2</td><td>Polyline</td><td></td><td>✓</td><td>—</td><td>Hlína-Jíl</td><td></td></tr> <tr> <td>3</td><td>Polyline</td><td></td><td></td><td>.....</td><td>Hlína-Jíl</td><td></td></tr> <tr> <td>4</td><td>Polyline</td><td></td><td>✓</td><td>—</td><td>Zlom</td><td></td></tr> <tr> <td>5</td><td>Polyline</td><td></td><td>✓</td><td>—</td><td>(nevybrané)</td><td></td></tr> <tr> <td>6</td><td>Polyline</td><td></td><td>✓</td><td>—</td><td>Zvetralá břidlice</td><td></td></tr> </table> </div>							Číslo	Geometrie	Uzavřená	Hranice	Typ čáry	Rozhraní	Popis	1	Polyline		✓	—	Navážka		2	Polyline		✓	—	Hlína-Jíl		3	Polyline			Hlína-Jíl		4	Polyline		✓	—	Zlom		5	Polyline		✓	—	(nevybrané)		6	Polyline		✓	—	Zvetralá břidlice	
Číslo	Geometrie	Uzavřená	Hranice	Typ čáry	Rozhraní	Popis																																																	
1	Polyline		✓	—	Navážka																																																		
2	Polyline		✓	—	Hlína-Jíl																																																		
3	Polyline			Hlína-Jíl																																																		
4	Polyline		✓	—	Zlom																																																		
5	Polyline		✓	—	(nevybrané)																																																		
6	Polyline		✓	—	Zvetralá břidlice																																																		
<div> <div>Spodní okraj: vodorovný</div> <div>Hloubka pod terénem: 5,55 [m]</div> </div>																																																							

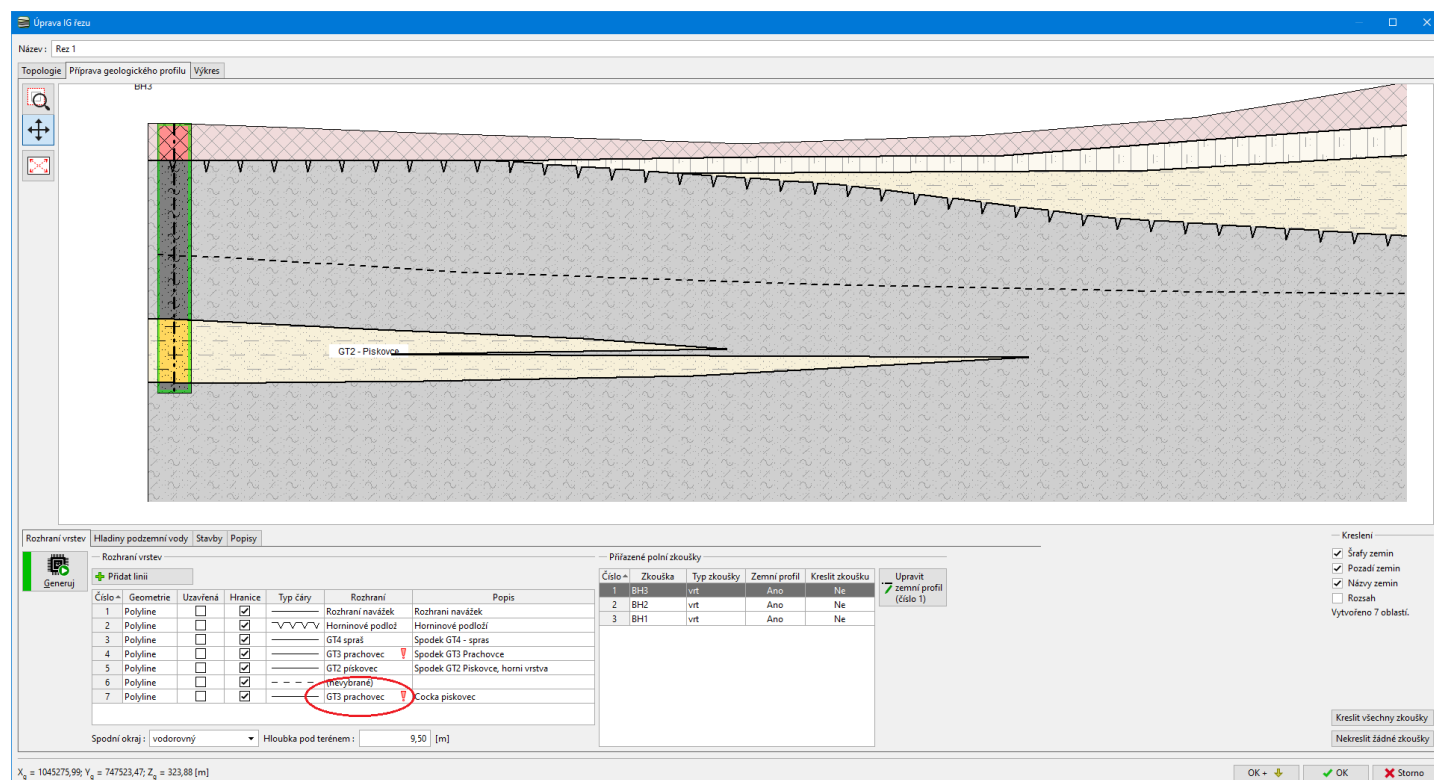
Přiřazená rozhraní označená oranžově

Rozhraní se přiřazuje při editaci, resp. při zadání linie. Na obrázku vidíme přiřazené rozhraní "GT4 - spraš" - rozhraní je vhodné pojmenovávat podle zeminy, resp. podle geotechnického typu, který **zespoda ohraňuje**, případně jako **kombinaci názvů** obou zemín, které rozděluje (např. GT1-Hlína/GT2-jíl).



Přiřazení rozhraní při zadání line

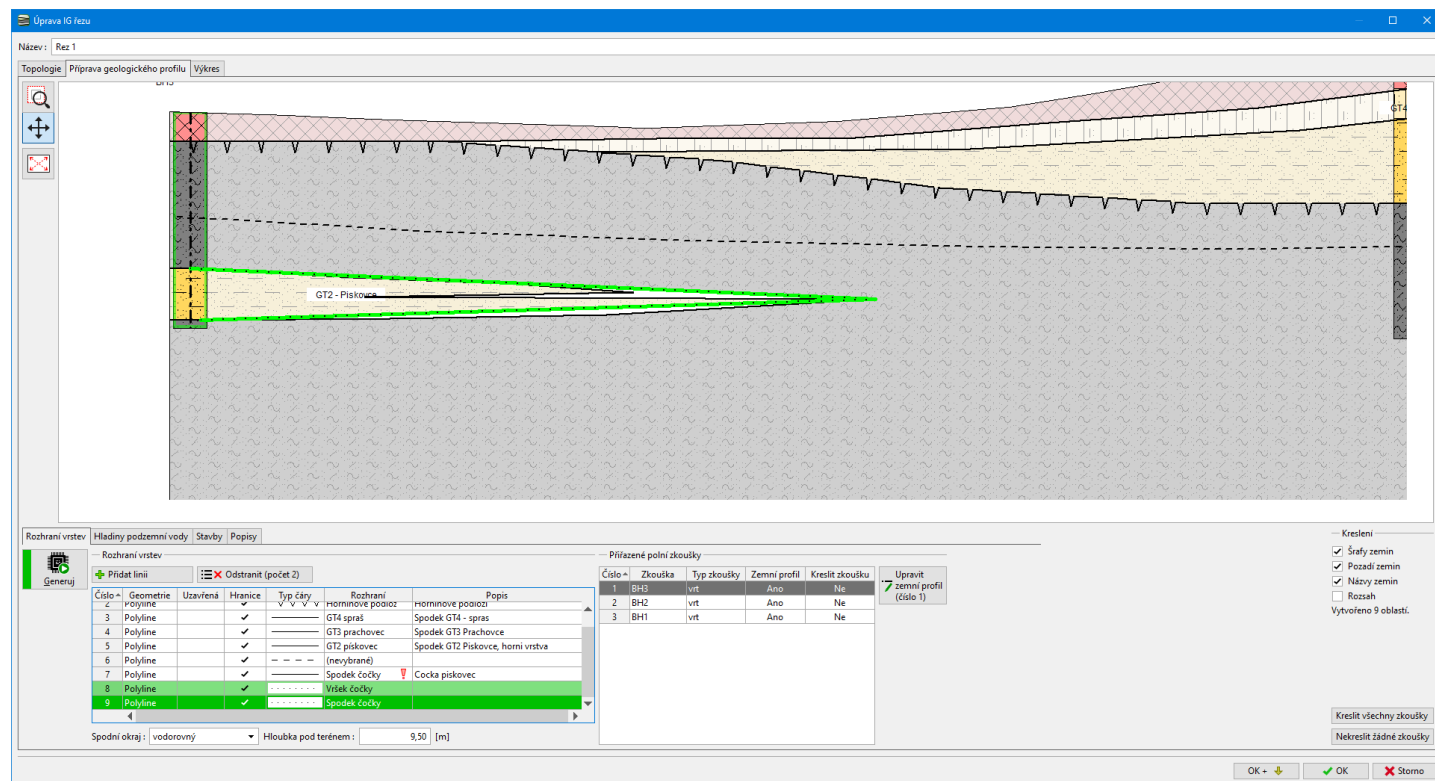
Některé linie mohou být zadané tak, že jejich body leží nad sebou - například **čočky**. Pokud takovou linii přiřadíme do rozhraní, nebyl by model správně vygenerován. Program na to upozorní v **seznamu linií červeným vykřičníkem** (u přiřazeného rozhraní).



Upozornění na špatně zadané rozhraní

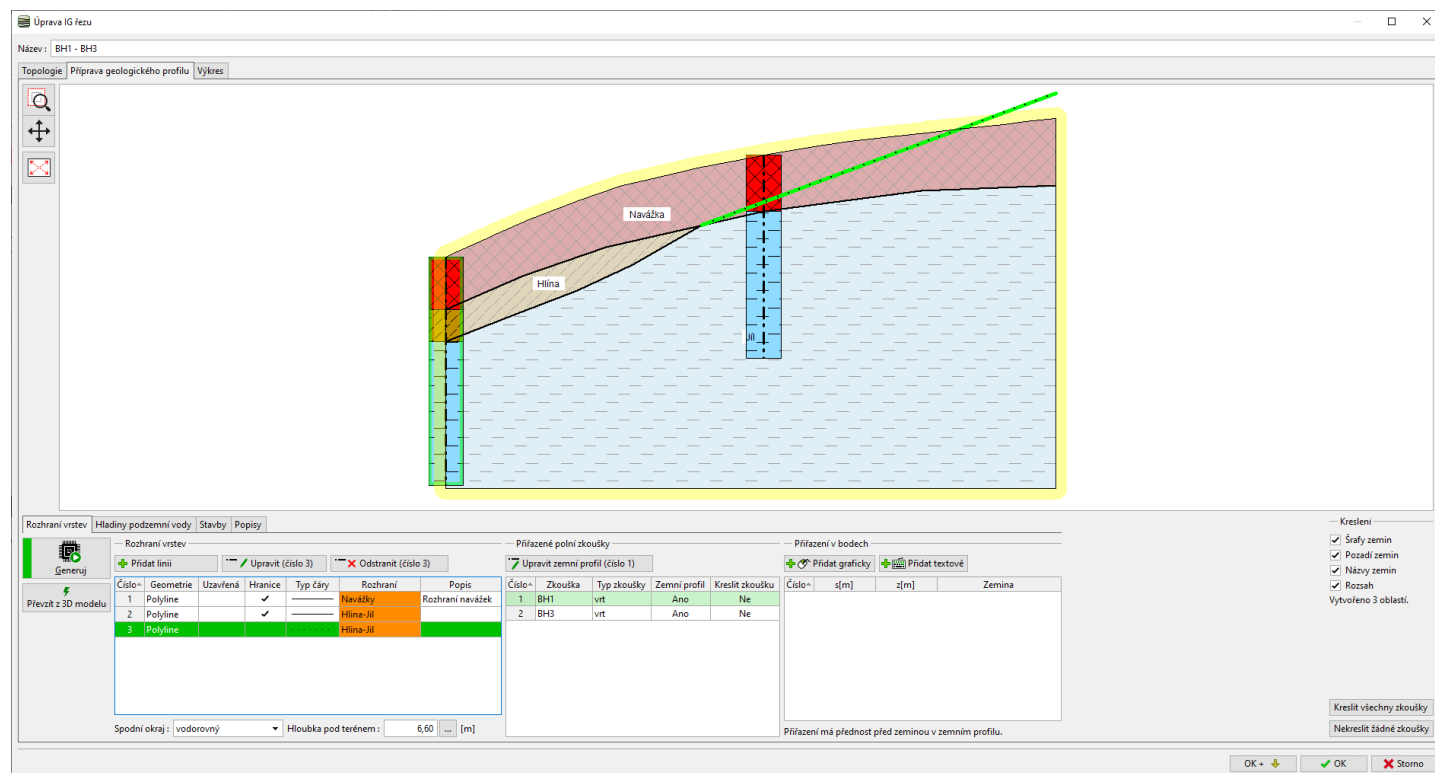
Modelování čoček

Čočku při předávání do rozhraní musíme **rozdělit na dvě linie** - její horní část a spodní část. Při zadání zvolíme **typ linie "pomocná"**, protože tento typ se negeneruje do výkresu řezu. Také odškrtneme volbu linie **"Tvoří hranici oblasti"**, aby nebyl pozměněn tvar generovaných oblastí - jako na následujícím obrázku.



Způsob zadání čocky dvěma liniemi pro generaci rozhraní

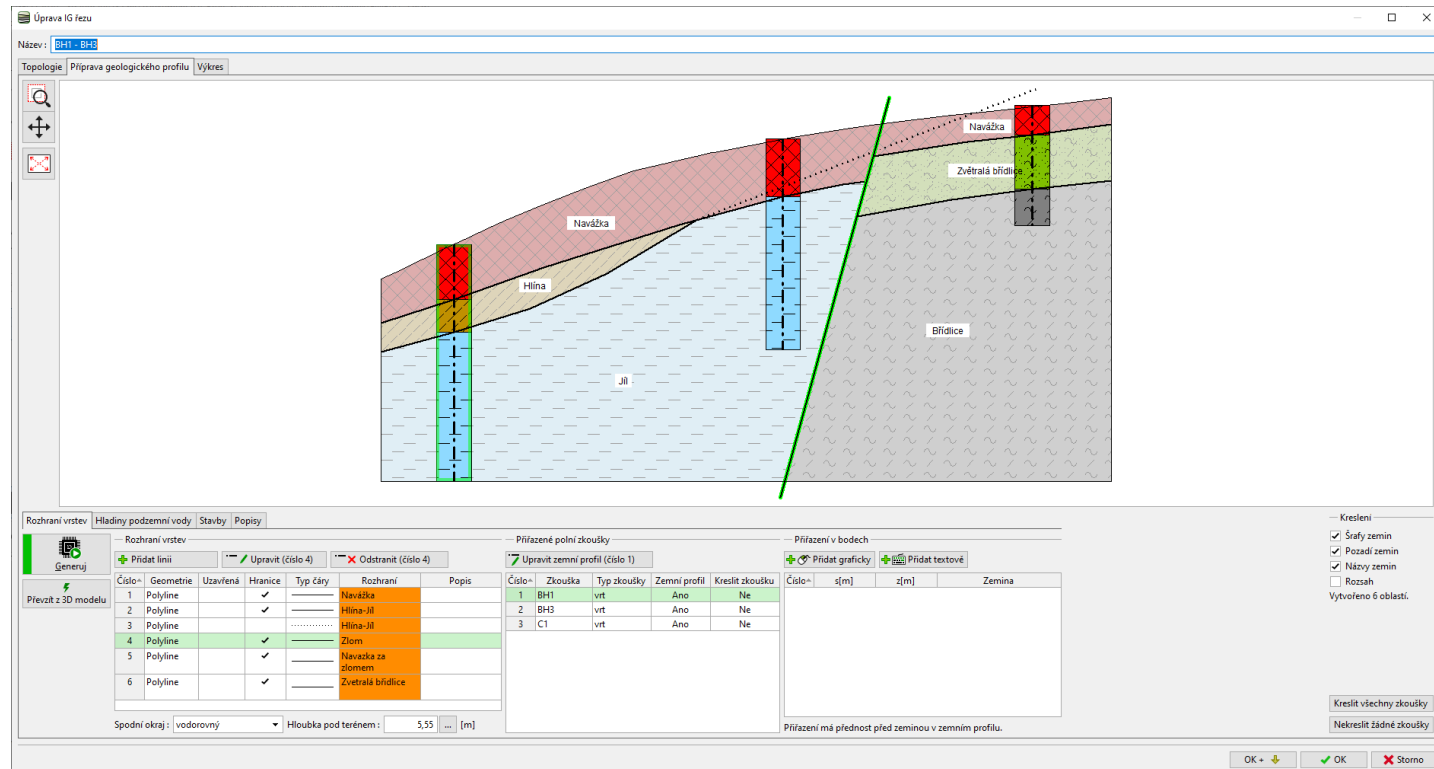
U čock je vhodné i modelovat průběh rozhraní tam, kde dané rozhraní již neexistuje. Pokračování je vhodné vytvořit pomocnou linií, která se ve **Výkresu řezu** nezobrazí. Tato linie ale zajistí, že model je **jednoznačně definován**.



Modelování rozhraní za čockou

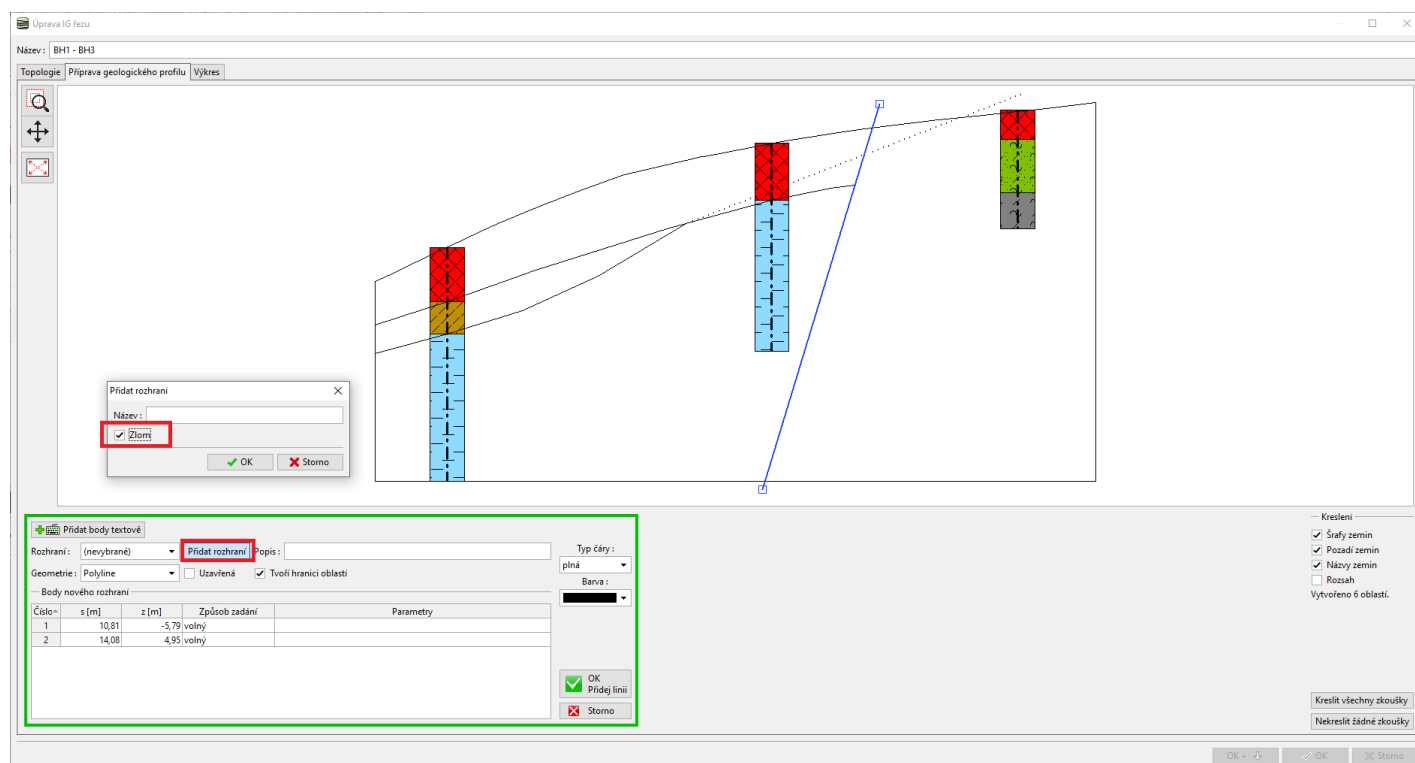
Modelování zlomů

V rámci IG řezu lze definovat zvláštní **typ rozhraní - zlom**. Zlom je **veden kolmo k IG řezu**, ve kterém je rozhraní zadáno a rozděluje model na části. Rozhraní typu zlom se přenesou do **seznamu rozhraní**, ale lze ho editovat pouze v IG řezu, kde bylo vytvořeno.



Zlom v IG řezu

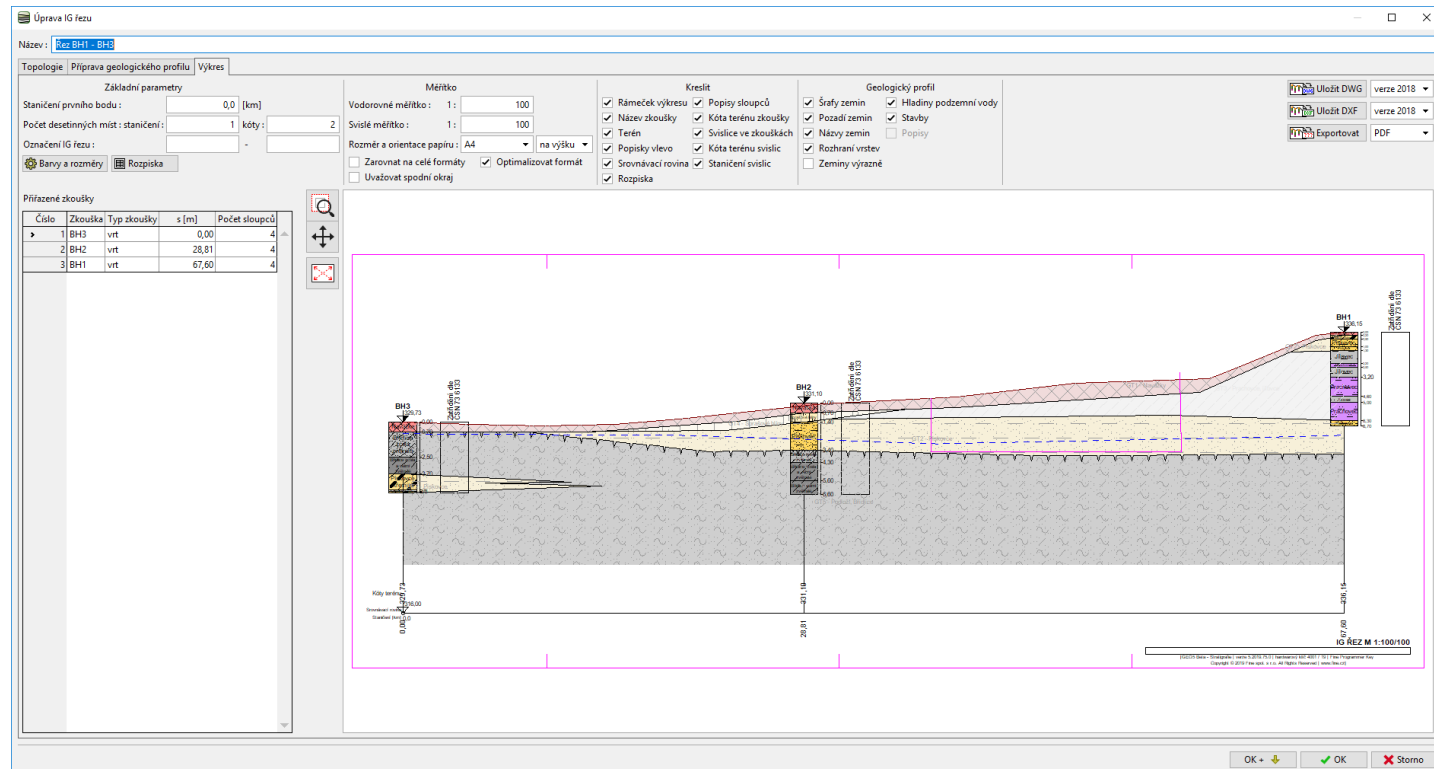
Zlom vytvoříme přidáním rozhraní, ve kterém zaškrtneme volbu "Zlom".



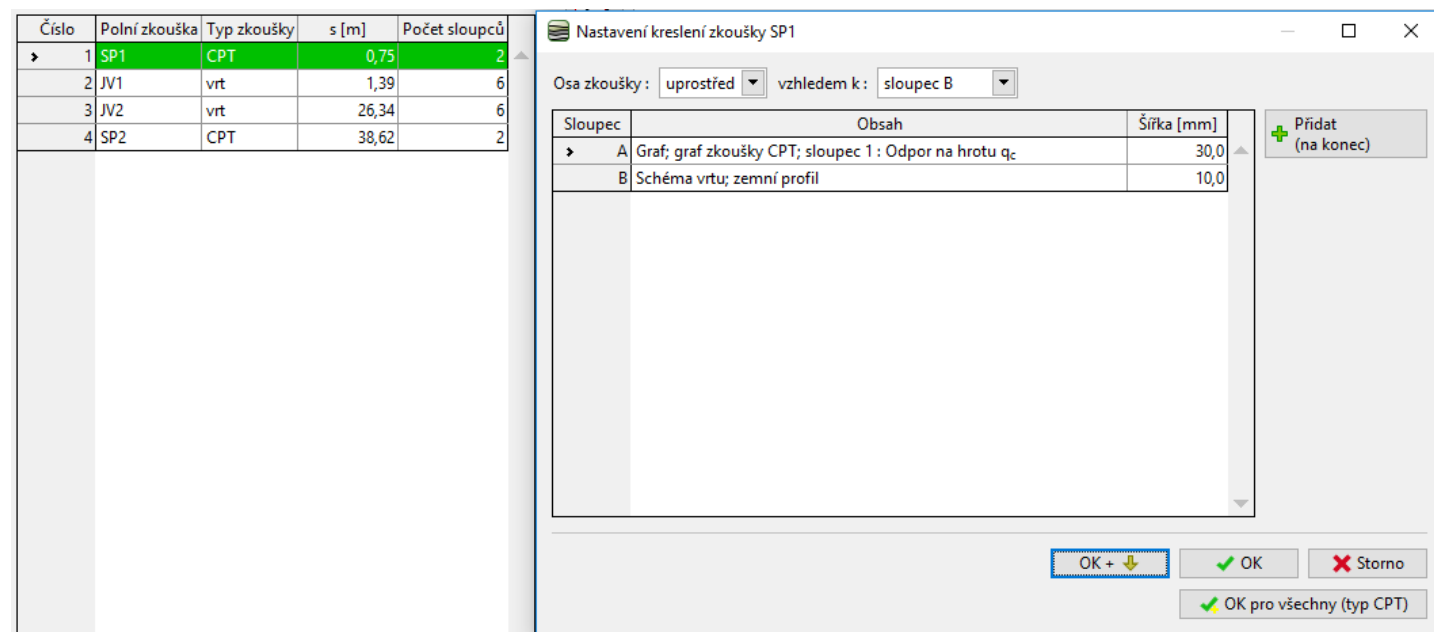
Vytvoření zlomu

Výkres řezu

V módu "Výkres" definujeme, co a jak chceme vykreslovat a provádíme finální export vytvořeného řezu. Tato funkce je dostupná pouze uživatelům se zakoupeným modulem "IG řezy".

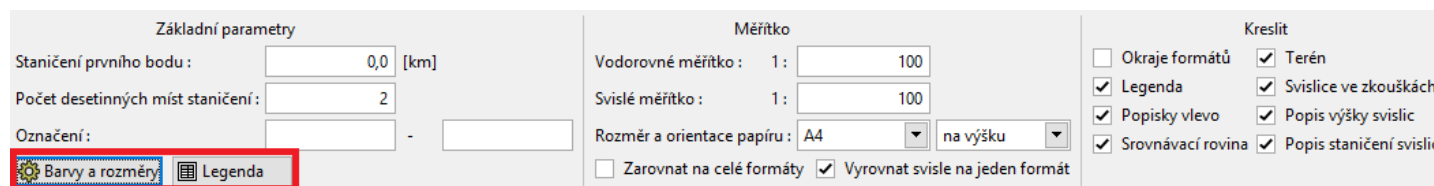


Pro každou zkoušku definujeme **sloupce s kresbou** a umístění **osy zkoušky**. Vytvořený vzor lze jednoduše stisknutím tlačítka **"OK pro všechny"** přiřadit všem zkouškám stejného typu.



Zadání popisu (sloupce) zkoušky

Celkovou podobu výkresu upravují data ve střední části okna.



Ovládací prvky pro definici výkresu

Vytvořený výkres lze exportovat stisknutím příslušného tlačítka v pravé části okna např. ve **formátech PDF, DXF, DWG a dalších**. Je důležité zvolit správnou verzi formátu podle cílového CAD programu.

Model podloží

Rám "Model podloží" je určen k vytvoření 3D modelu podloží. Model se vytváří z **aktivních sond** nebo z **přirazených**

rozhraní.

Hlavními ovládacími prvky jsou:

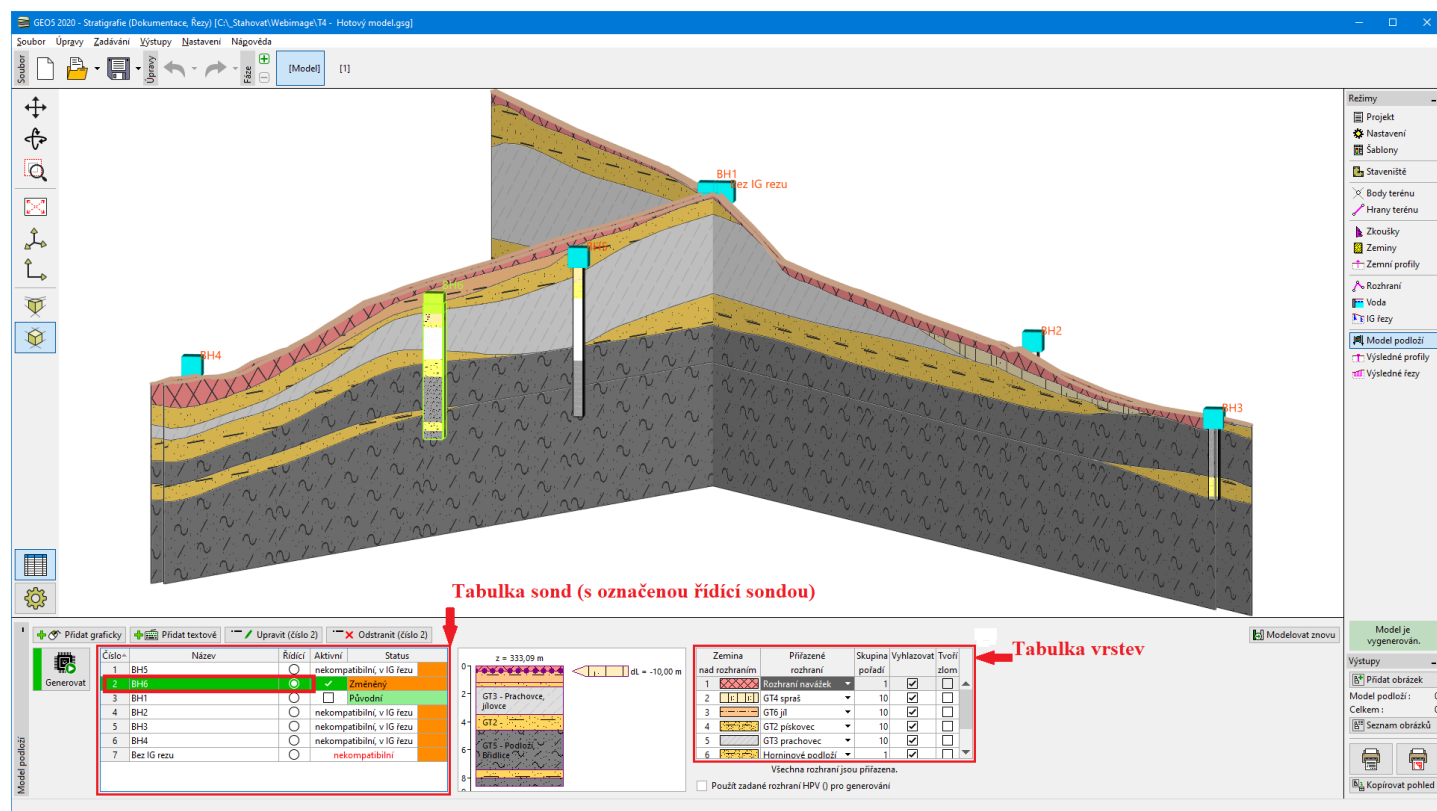
- Tlačítko **"Generovat"** - spouští Generaci modelu podloží. Pro rozsáhlejší úlohy doporučujeme použití **výkonnější 64 bit verze**.
- **Tabulka sond** - Obsahuje seznam výpočtových a možnost **sondy přidávat** a **sondy upravovat**.
- Mezi tabulkou sond a tabulkou vrstev je vykreslena **aktuálně vybraná sonda**, i se zobrazením **nulových vrstev**.
- **Tabulka vrstev** - Obsahuje **seznam všech vrstev modelu**, seznam **přiřazených rozhraní**, **pořadí generace rozhraní** a zda bude rozhraní vyhlazeno. **Seznam vrstev modelu** je určen **řídící sondou**.

Jednoduché modely lze tvořit **pouze ze sond**. U složitější geologie je výhodnější tvořit model **pomocí přiřazených rozhraní**, které se generují z vytvořených **IG řezů**.

Ukázky postupu modelování jsou v inženýrských manuálech na webových stránkách.

- IM 40 "Základy práce s programem Stratigrafie"

- IM 41 "Pokročilé modelování v programu Stratigrafie".



Rám "Model podloží"

Tlačítko **"Modelovat znovu"** zruší vytvořený model (Všechny **nově vytvořené sondy** pak budou **vymazány** a sondy vytvořené ze **Zemních profilů** budou **obnoveny do původních hodnot**).

Zobrazení kresby na desktopu lze v jakémkoliv režimu zadávání dat upravovat pomocí nastavení v dialogovém okně **"Nastavení kreslení"** a pomocí tlačítek na nástrojové liště **"Ovládání kresby"**.

Sondy

Sondy jsou (vždy svislé) profily, které charakterizují geologický profil v daném bodě.

Sondy mohou mít (podle způsobu vzniku) **různý status**:

- **Původní sonda** - vzniká automaticky ze **Zemních profilů**. Původní sondy nelze smazat - vždy se **obnoví podle příslušného zemního profilu**.
- **Změněná sonda** - vzniká editací Původní sondy
- **Nová sonda** vzniká zadáním pomocí tlačítek **"Přidat graficky"**, **"Přidat textově"**. Používá se především na **finální úpravy modelu**.

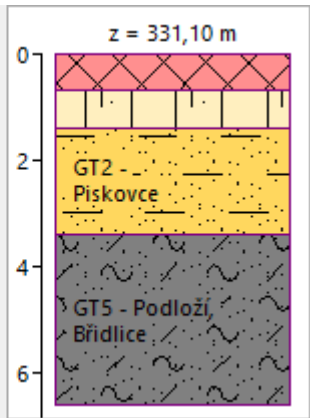
Jedna ze sond je vždy určena jako **řídící sonda**, která určuje **počet a pořadí vrstev zemin** ve vytvářeném **geologickém modelu**. Vrstvy řídící sondy jsou zobrazeny v **tabulce vrstev**.

Při modelování **pomocí geologických řezů** lze model vytvořit bez zapojení ostatních sond pouze s **jedinou aktivní řídicí sondou**.

Sondy **obsažené v IG řezech** jsou zohledněny již ve vytvořených rozhraních - jsou popsány jako "nekompatibilní, v IG řezu".

Sondy, které **nejsou součástí IG řezů** a nejsou kompatibilní, jsou popsány jako "**nekompatibilní**" červeným písmem - tyto sondy by měly být upraveny na **kompatibilní** a zapojeny tak do výpočtu.

Číslo ^	Název	Řídicí	Aktivní	Status
1	BH5	<input type="radio"/>	nekompatibilní, v IG řezu	
2	BH6	<input checked="" type="radio"/>	✓	Změněný
3	BH1	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	Původní
4	BH2	<input type="radio"/>	nekompatibilní, v IG řezu	
5	BH3	<input type="radio"/>	nekompatibilní, v IG řezu	
6	BH4	<input type="radio"/>	nekompatibilní, v IG řezu	
7	Bez IG řezu	<input type="radio"/>	nekompatibilní	



Při generování modelu podloží **pouze ze sond** je nutné jednotlivé sondy upravit tak, aby byly kompatibilní s řídicí sondou. **Nekompatibilní sondy** jsou popsány jako "nekompatibilní" **červeným písmem** a nejsou zahrnuty do vytvářeného modelu.

Model je generován pouze z **aktivních sond**. **Aktivní sonda** musí být vždy **kompatibilní s řídicí sondou**.

Řídicí sonda

Řídicí sonda je sonda, která určuje **počet a pořadí vrstev v modelu**. Každý model musí mít přiřazenou vždy **jednu sondu jako řídicí**. Údaje v **Tabulce vrstev** odpovídají **zvolené řídicí sondě**. Při změně řídicí sondy je tabulka vrstev **generována znovu** podle **nové řídicí sondy** - tím je nutné i znovu zadat přiřazená rozhraní a pořadí generace vrstev. Výhodou je, že se takto dají vytvořit různé modely - každá sonda může mít definovanou svou vlastní tabulku vrstev.

Jako řídicí sonda by měla být zvolena sonda, která **obsahuje co největší počet vrstev**. Řídicí sonda je během tvorby modelu dále upravována tak, aby obsahovala **všechna rozhraní vrstev**, které se v modelu vyskytují. Rozhraní vrstev, které se v dané řídicí sondě **nevyskytují**, je nutné do **řídicí sondy zadat**. Rozhraní vrstvy může být v sondě definováno jako "**není určeno**" - tvar rozhraní je pak určen body v **ostatních aktivních sondách** nebo **body z přiřazeného rozhraní**.

Některé úpravy řídicí sondy se automaticky promítají i do **sond s ní kompatibilních** (přidání a odebrání vrstvy, změna zeminy, sloučení vrstev...). Úpravou řídicí sondy tedy nikdy nedojde ke ztrátě kompatibility.

Úpravy řídicí sondy se provádí v dialogovém okně "**Úprava řídicí sondy**".

Úprava řídicí sondy

Název :

DP2

Souřadnice :

x =

0,00

[m]

y =

-46,51

[m]

z =

200,00

[m]

Hloubka HPV : h_{GWT} =

(voda není)

[m]

☒ Sonda je aktivní

— Řídicí sonda

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
➤ 1	0,00	0,00 .. 0,00	Sand 1
2	0,00	0,00 .. 0,00	Gravel 3
3	0,00	0,00 .. 0,00	Sand 2
4	0,50	0,00 .. 0,50	Gravel 1
5	2,70	0,50 .. 3,20	Clay
6	1,30	3,20 .. 4,50	Gravel 2
7	5,50	4,50 .. 10,00	Clay NG

Řídicí

Upravit mocnost (číslo 1)

Posunout rozhraní (mezi 1 a 2)

Řídicí a kompatibilní

Počet: 6

Přidat (na konec)

Vsunout (před 1)

Změnit zeminu (číslo 1)

Odstranit (číslo 1)

Rozdělit (číslo 1)

Sloučit (číslo 1 a 2)

Vyměnit (číslo 1 a 2)

0

Gravel

4

5

Clay

6

Gravel 2

7

Clay NG

10

OK

Storno

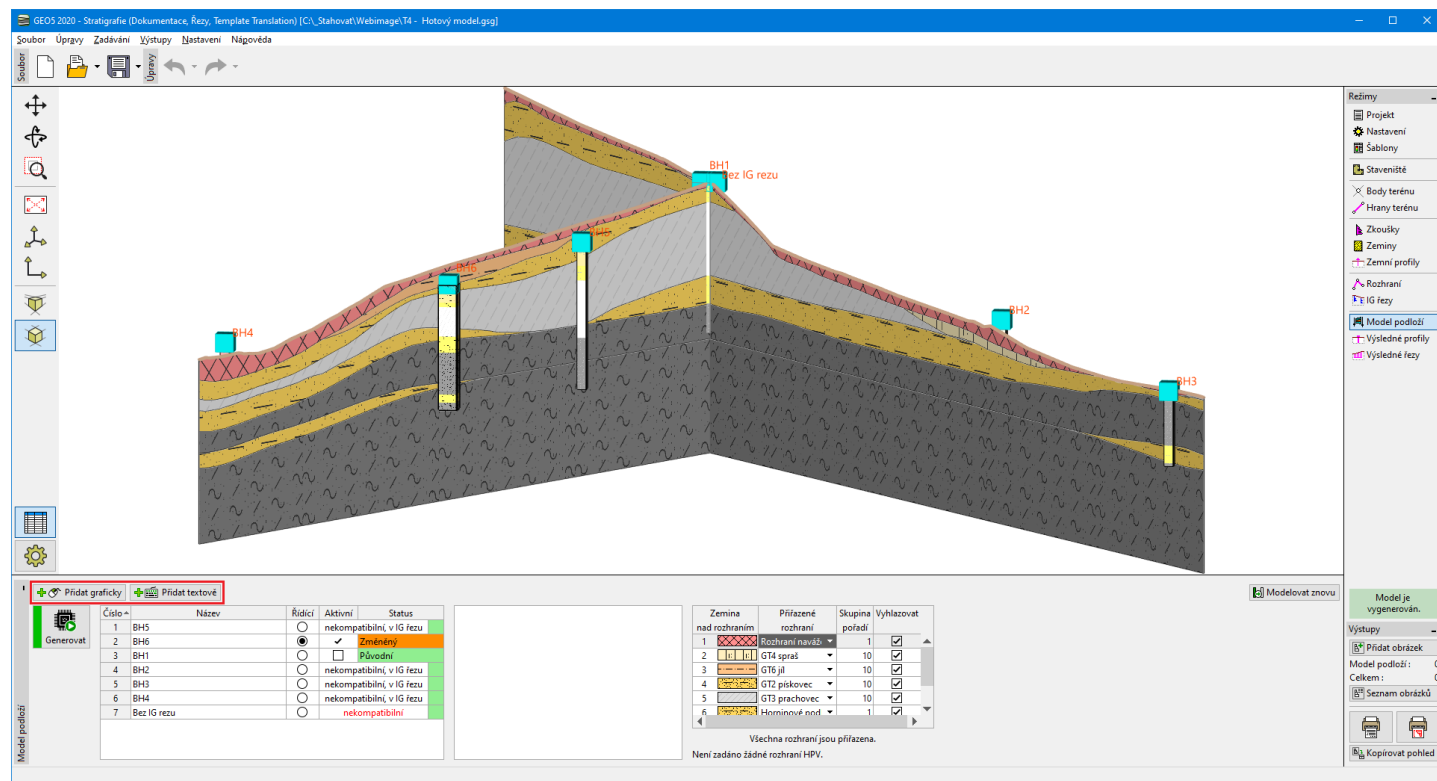
Dialogové okno "Úprava řídicí sondy"

Přidání resp. mazání vrstev v řídicí sondě se automaticky provede i v **kompatibilních sondách**. Řídicí sondu lze upravovat i při **editaci ostatních sond**.

Přidání nové sondy

Nové sondy lze do modelu přidávat pomocí tlačítek "**Přidat graficky**" resp. "**Přidat textově**".

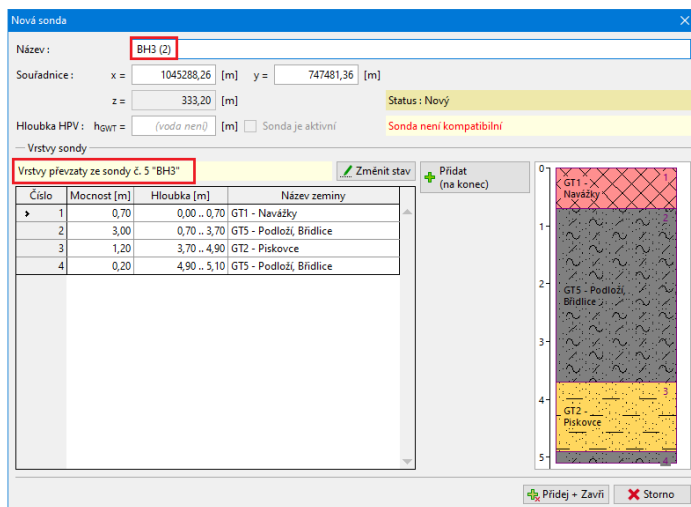
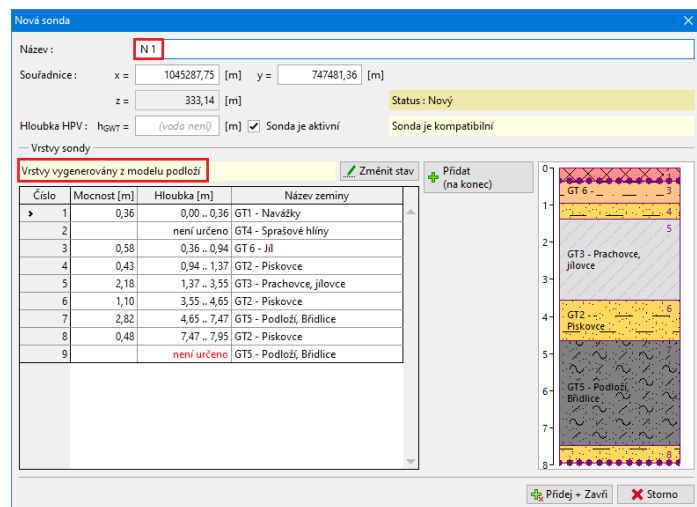
- 681 / 1317 -



Rám "Model podloží" - přidání nové sondy

Pokud při stisku tlačítka **"Přidat"** není vybrána žádná sonda v tabulce, přidávaná sonda se **vygeneruje z modelu podloží** (na obrázku vlevo).

Pokud je v tabulce některá sonda **vybraná**, je nová sonda **kopíí vybrané sondy** (na obrázku vpravo).



Sonda automaticky vygenerovaná a sonda kopírovaná

Zadanou sondu lze jednoduše **upravovat** a tím určovat **finální podobu modelu**.

Úprava rozhraní sondy

V sondách se zadávají **mocnosti vrstev zemín**, tím se definují **hloubky rozhraní mezi vrstvami**. Úpravou **mocností vrstev** v sondě lze jednoduše upravit **finální podobu modelu podloží**.

Nová sonda

Název :

Souřadnice : x = [m] y = [m]

z = [m]

Hloubka HPV: h_{GWT} = [m] ☒ Sonda je aktivní

Status : Nový

Sonda je kompatibilní

— Vrstvy sondy —

Vrstvy převzaty ze sondy č. 2 "BH6" Změnit stav

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	0,40	0,00 .. 0,40	GT1 - Navážky
2		$d_L = -10,00$ m	GT4 - Sprašové hlíny
3	0,80	0,40 .. 1,20	GT 6 - Jíl
4	0,30	1,20 .. 1,50	GT2 - Pískovce
5	2,00	1,50 .. 3,50	GT3 - Prachovce, jílovce
6	1,10	3,50 .. 4,60	GT2 - Pískovce
7	2,85	4,60 .. 7,45	GT5 - Podloží, Břidlice
8	0,55	7,45 .. 8,00	GT2 - Pískovce
9	0,60	8,00 .. 8,60	GT5 - Podloží, Břidlice

+ Přidat (na konec)

+ Přidej + Zavři ✖ Storno

Editace sondy

Nejčastější formou úpravy je **změna mocnosti** vrstvy.

Úprava vrstvy

☒ Mocnost t = [m]

Název zeminy :

Přidat zeminu

OK + ↑ OK + ↓ ✓ OK ✖ Storno

Okno editace vrstvy

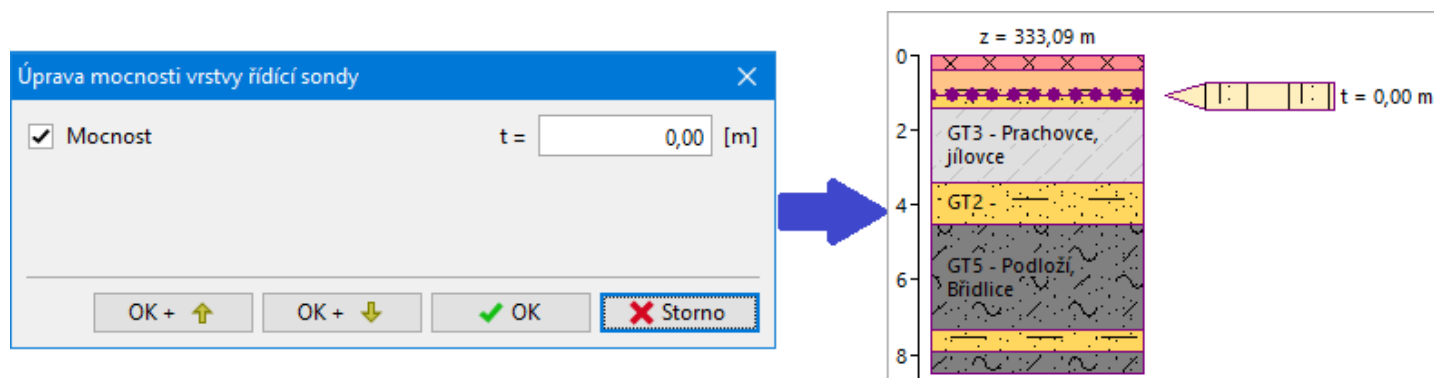
V některých případech se **vrstva** v sondě **reálně NEVYSKYTUJE**, ale vrstvu přitom musíme do modelu zavést, resp. definovat umístění rozhraní v tomto bodě.

V tomto případě máme tři možnosti:

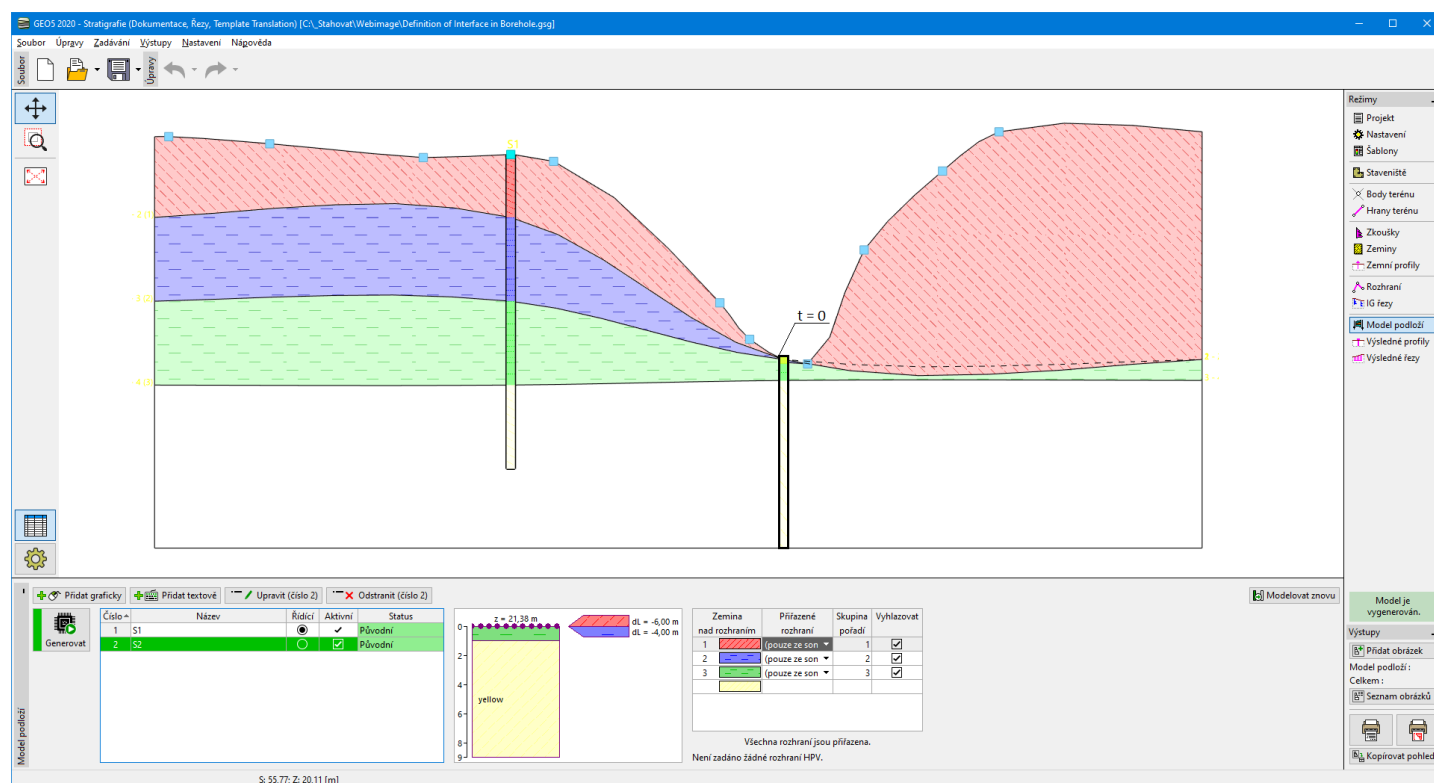
- zadat vrstvu o nulové mocnosti
- zadat rozhraní jehož pozice není známa
- zadat umístění rozhraní kamkoliv do masívu nebo nad sondu

Vrstva o nulové mocnosti

- ZADÁNÍ MOCNOSTI "0" m** - generace modelu probíhá standardně, jen v daném bodě je **mocnost vrstvy nulová**. Výsledný model ale většinou neodpovídá skutečnosti.



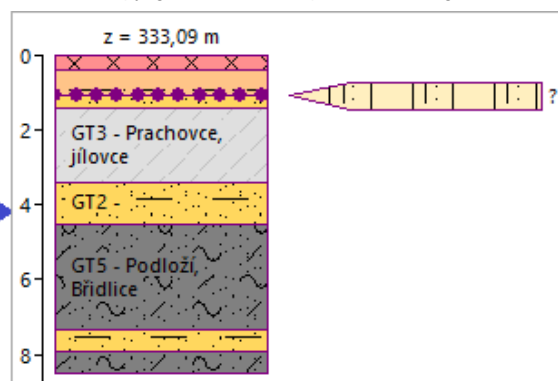
Na obrázku je vytvořený model eroze pomocí nulových vrstev zemín nad střední sondou. Výsledek není realistický. Další možností zadání **hloubky rozhraní vrstvy** nebo **rozhraní zadat neurčené**.



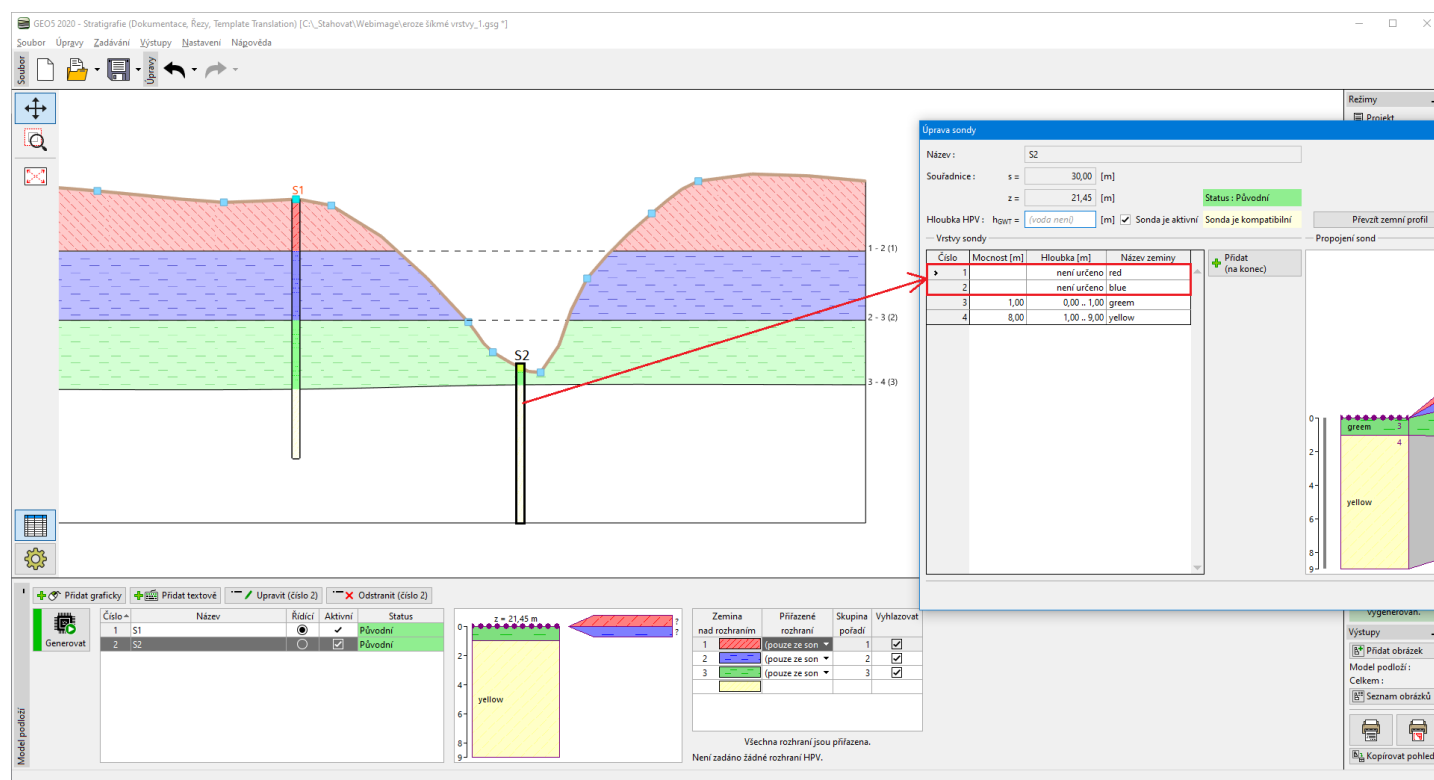
Model eroze s nulovou mocností vrstev nad střední sondou

Zadání nedefinované vrstvy

- VOLBA "NENÍ URČENO "** - v daném vrtu **umístění rozhraní neznáme**. Při generaci rozhraní mezi vrstvami se žádný bod do rozhraní v místě sondy nepřidá. Toho lze využít nejen při generaci **čoček** nebo **zlomů**, ale například máme-li danou zkouškou příliš mělkou a chceme v daném místě modelovat jen ty vrstvy, jejichž umístění známe. **Umístění spodních vrstev** je pak určeno okolními **hlubšími sondami**.



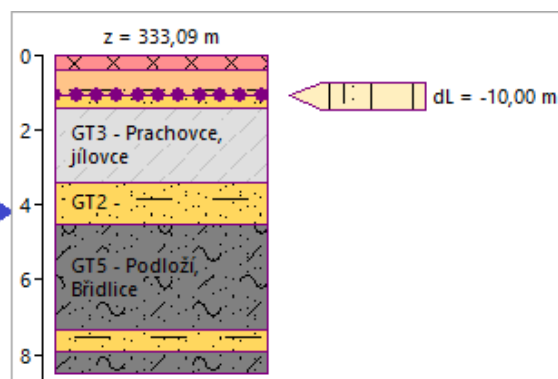
Podobu horních rozhraní můžeme ovlivnit **zadáním hloubky rozhraní**.



Model s nedefinovaným umístěním vrstev nad střední sondou

Zadání hloubky rozhraní vrstvy

- **ZADAT HLOUBKU ROZHRANÍ** - zadává se v jaké výšce se **fiktivní dolní rozhraní** vrstvy nachází - rozhraní se v daném místě generuje se zadanou výškou. Umístění se měří jako **vzdálenost od horního bodu vrtu na terénu**, **kladná hodnota míří do masívu, záporná nad terén**.



Na příkladu vidíme úpravu **vrstev nad vrtem** pomocí zadání **vzdálenosti d_I** od horního bodu vrtu.

The screenshot displays the GEO5 2022 software interface. The main window shows a cross-section of a slope with two boreholes, S1 and S2. Borehole S1 has a depth of $d_L = -6,00$ m, and Borehole S2 has a depth of $d_L = -4,00$ m. The software is set to generate a model based on the borehole data.

Hloubka HPV : $h_{GWT} =$ [voda není] [r

Vrstvy sondy

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]
1		$d_L = -6,00$ m
2		$d_L = -4,00$ m
3	1,00	0,00 .. 1,00
4	8,00	1,00 .. 9,00

The interface also includes a 'Vrstvy sondy' (Borehole Layers) table, a 'Vrstvy sondy' (Borehole Layers) table, and a 'Vrstvy sondy' (Borehole Layers) table. The 'Vrstvy sondy' (Borehole Layers) table is used to define the layers of the borehole. The 'Vrstvy sondy' (Borehole Layers) table is used to define the layers of the borehole. The 'Vrstvy sondy' (Borehole Layers) table is used to define the layers of the borehole.

Tento způsob zadání je využíván především u čoček, kde zadáním bodu **nad terénem** nebo naopak **hluboko do masívu** zajistíme správnou generaci rozhraní čocky.

Tabulka vrstev

Tabulka vrstev zobrazuje:

- **seznam zemin** nad rozhraními
- **přiřazená rozhraní** pro generaci modelu **pomocí geologických řezů**
- **pořadí**, ve kterém se bude rozhraní generovat. **Pořadí generace vrstev** modelu je určující pro finální podobu modelu. Defaultní nastavení je 10, aby úpravy pořadí byly co nejjednodušší a přehledné.
- informaci, zda má být dané rozhraní **vyhlazováno**. Standardně se rozhraní vyhlazují.
- informaci, že přiřazené rozhraní je **typu zlom**.

Zemina nad rozhraním	Přiřazené rozhraní	Skupina pořadí	Vyhlažovat	Tvoří zlom
1 	Navážka	10	<input checked="" type="checkbox"/>	
2 	Hlína-Jíl	10	<input checked="" type="checkbox"/>	
3 	Zlom	1		<input checked="" type="checkbox"/>
4 	Navazka za zlomem	10	<input checked="" type="checkbox"/>	
5 	Zvetralá břidlice	10	<input checked="" type="checkbox"/>	
Všechna rozhraní jsou přiřazena.				

Tabulka vrstev

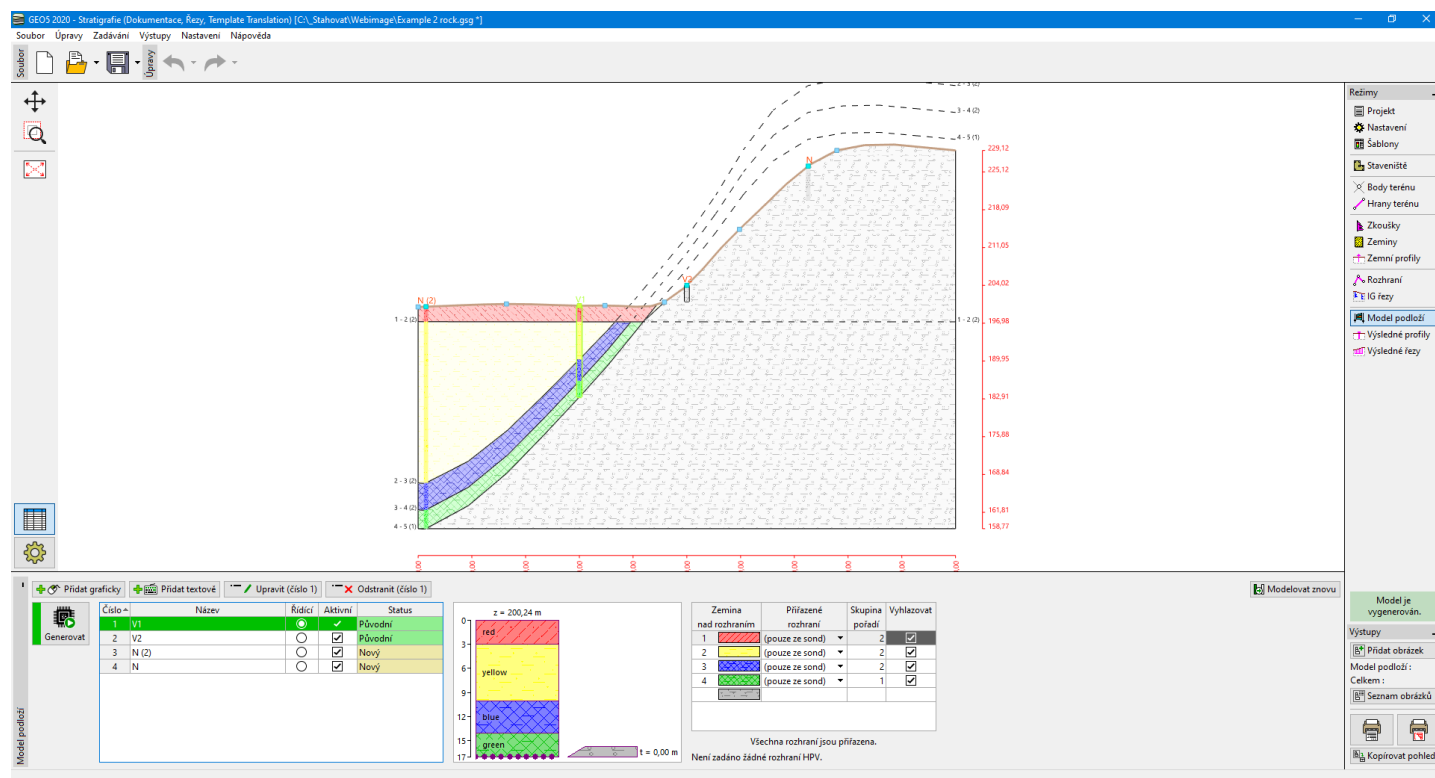
Pořadí generace vrstev

Po generaci terénu se generují postupně jednotlivá rozhraní mezi vrstvami:

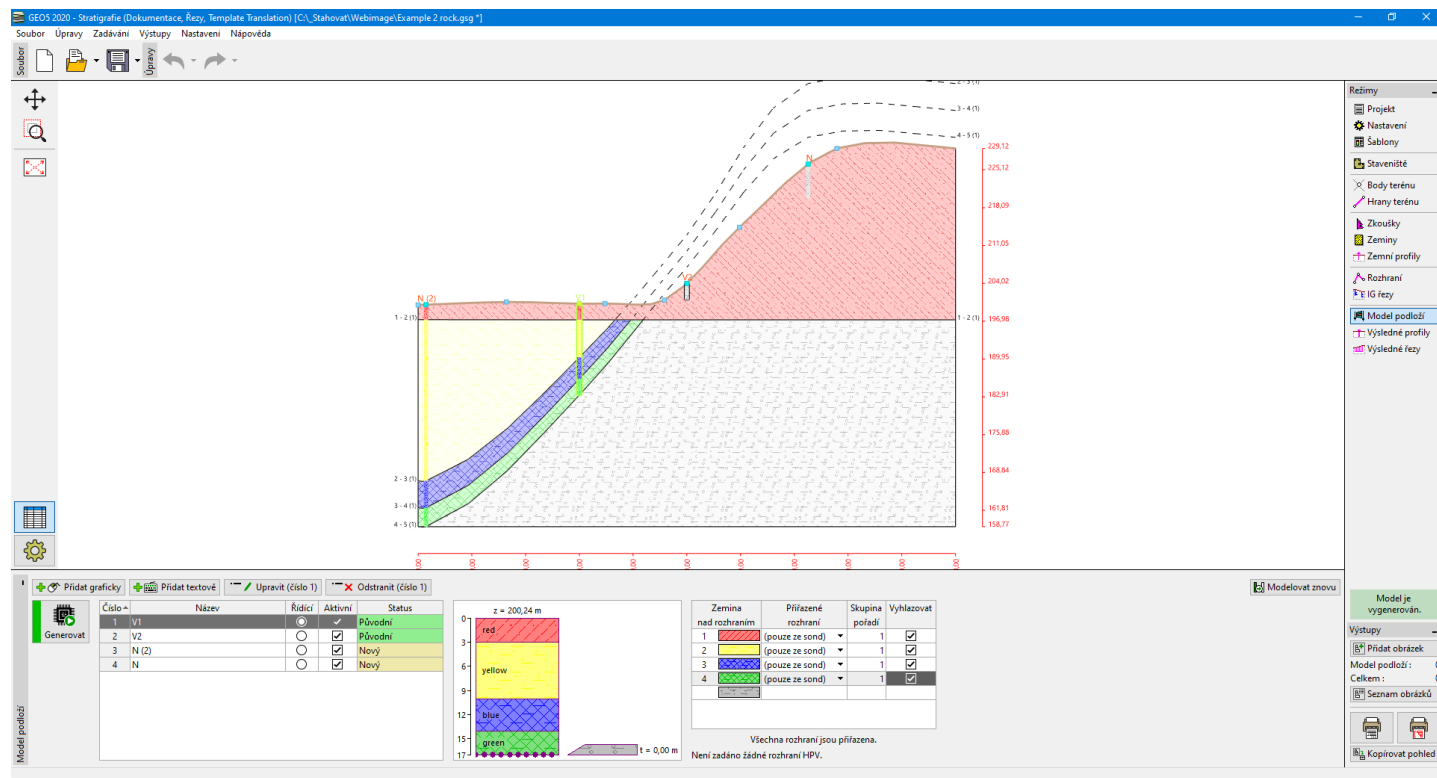
- nejprve rozhraní s **nejnižším číslem skupiny pořadí**
- při stejném čísle pořadí pak **od nejhořejšího** k nejspodnějšímu

Rozhraní je po vygenerování **oříznuto terénem** nebo **dříve vygenerovanými rozhraními**.

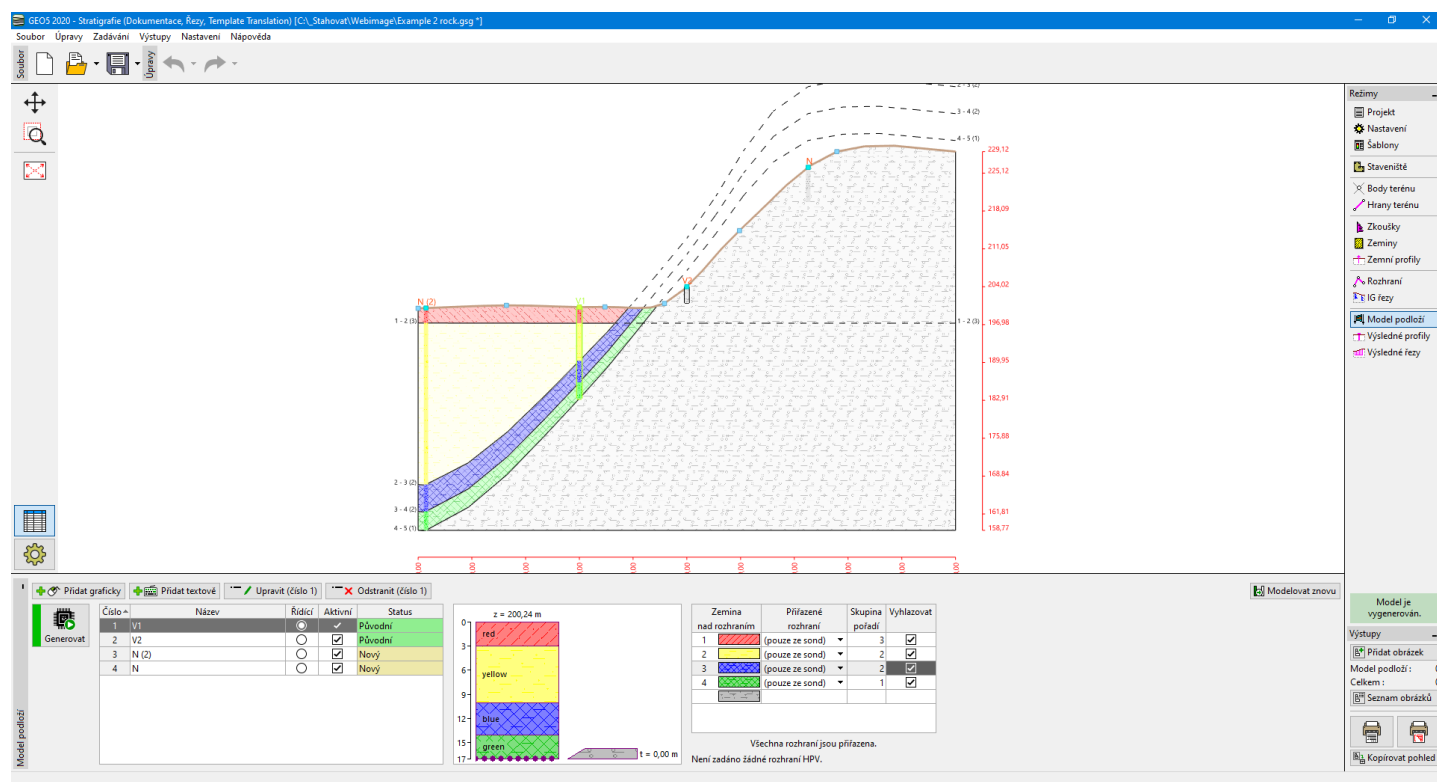
Důležitost řazení vrstev pro tvorbu modelu je patrna z následujícího modelu skalního výstupku.



Model s původním nezměněným pořadím vrstev - 4, 1, 2, 3



Stejný model s pořadím generování vrstev 1, 2, 3, 4



Stejný model s pořadím vrstev 4, 2, 3, 1

Tímto postupem lze namodelovat i více naprosto samostatných modelů v rámci jedné úlohy - jednotlivé modely jsou odděleny zlomy, které se generují nejdříve - pak teprve jednotlivé vrstvy.

Modelování pomocí geologických řezů

Základním vstupem tvorby modelu podloží jsou **řídící sonda** a **přirazená rozhraní** v **tabulce vrstev**.

Postup tvorby modelu je následující:

V rámu **IG řezy** vytvoříme **geologické řezy**:

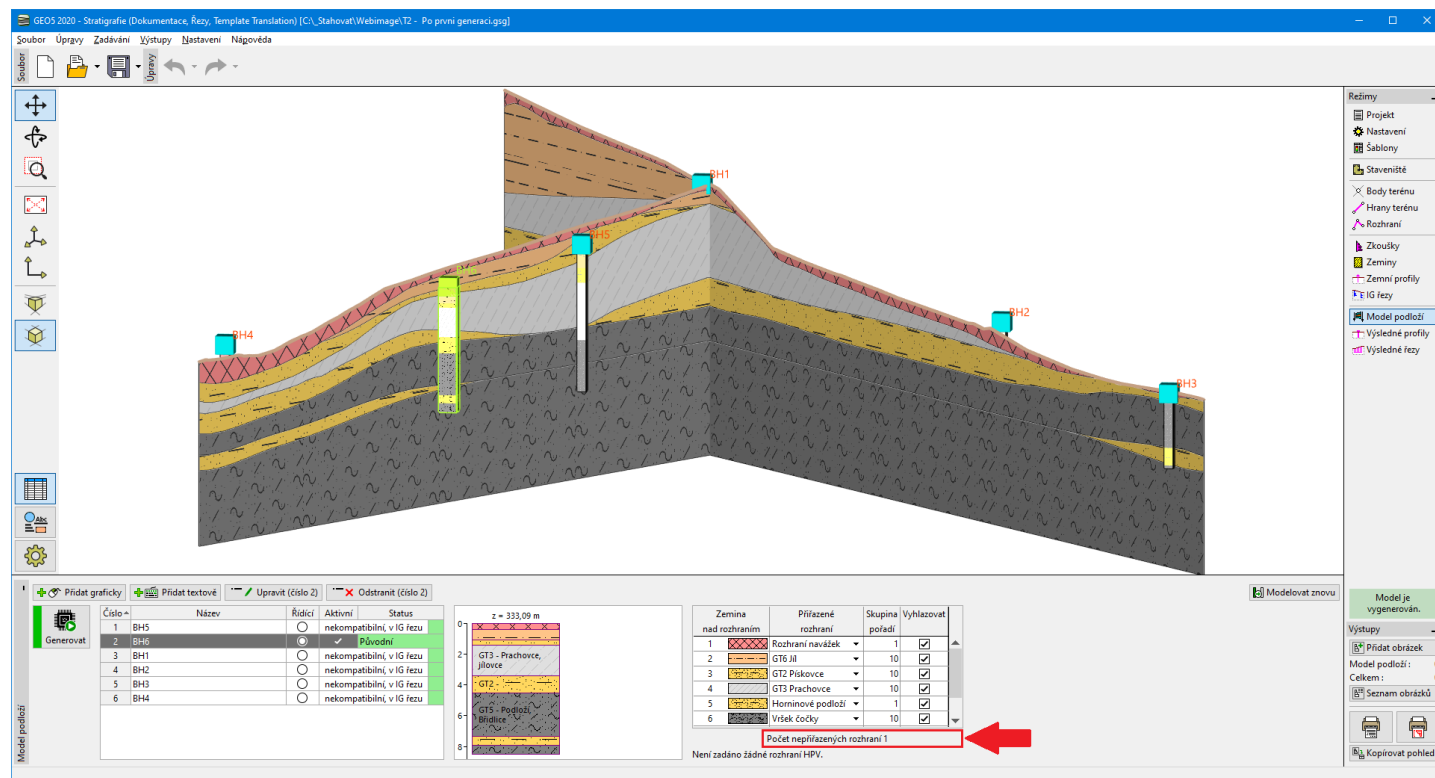
- Zadáme** linie tvořící **rozhraní** mezi vrstvami

- Upravíme zemní profily
- Vytvoříme body rozhraní, které lze dále upravovat v rámu Rozhraní.

V Rámu **Model podloží** zvolíme **řídící sondu**. Volíme vždy sondu která obsahuje **co největší počet rozhraní** - nejlépe všechny.

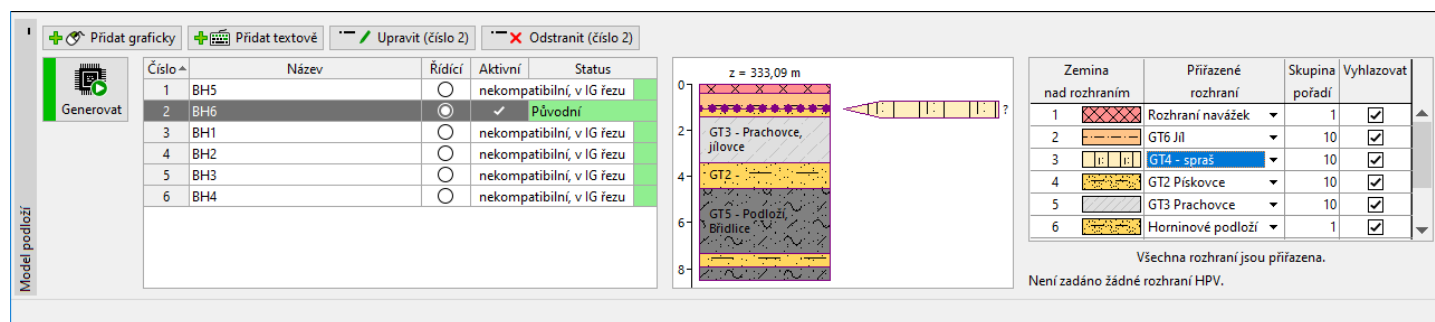
V **tabulce vrstev** přiřadíme příslušná rozhraní a určíme **pořadí generace vrstev**. Rozhraní určuje spodní hranici zobrazené zeminy. **Průběžná rozhraní** musí být generována **jako první**, teprve poté se generují rozhraní, která se na průběžná rozhraní napojují - např. čocky.

Pokud nejsou všechna námi definovaná rozhraní v **tabulce vrstev** zobrazena, **upravíme řídící sondu** a rozhraní do ní přidáme. Informace o počtu rozhraní **nepřiřazených do modelu** je zobrazena pod tabulkou vrstev. Po přiřazení rozhraní do tabulky se informace pod tabulkou změní na **"Všechna rozhraní jsou přiřazena"**.



Model s jedním nepřijíženým rozhraním před úpravou řídící sondy

Nulové vrstvy v řídící sondě se zobrazují na kresbě sondy.



Po každé generaci je vhodné porovnat **vytvořené výsledné řezy** modelu se **zadanými IG Řezy** a tím **ověřit správnost modelu**.

Vytvořený model lze jednoduše upravovat **přidáním nových sond**, u kterých **upravíme mocnosti vrstev**.

Kontrola správnosti vytvořeného modelu

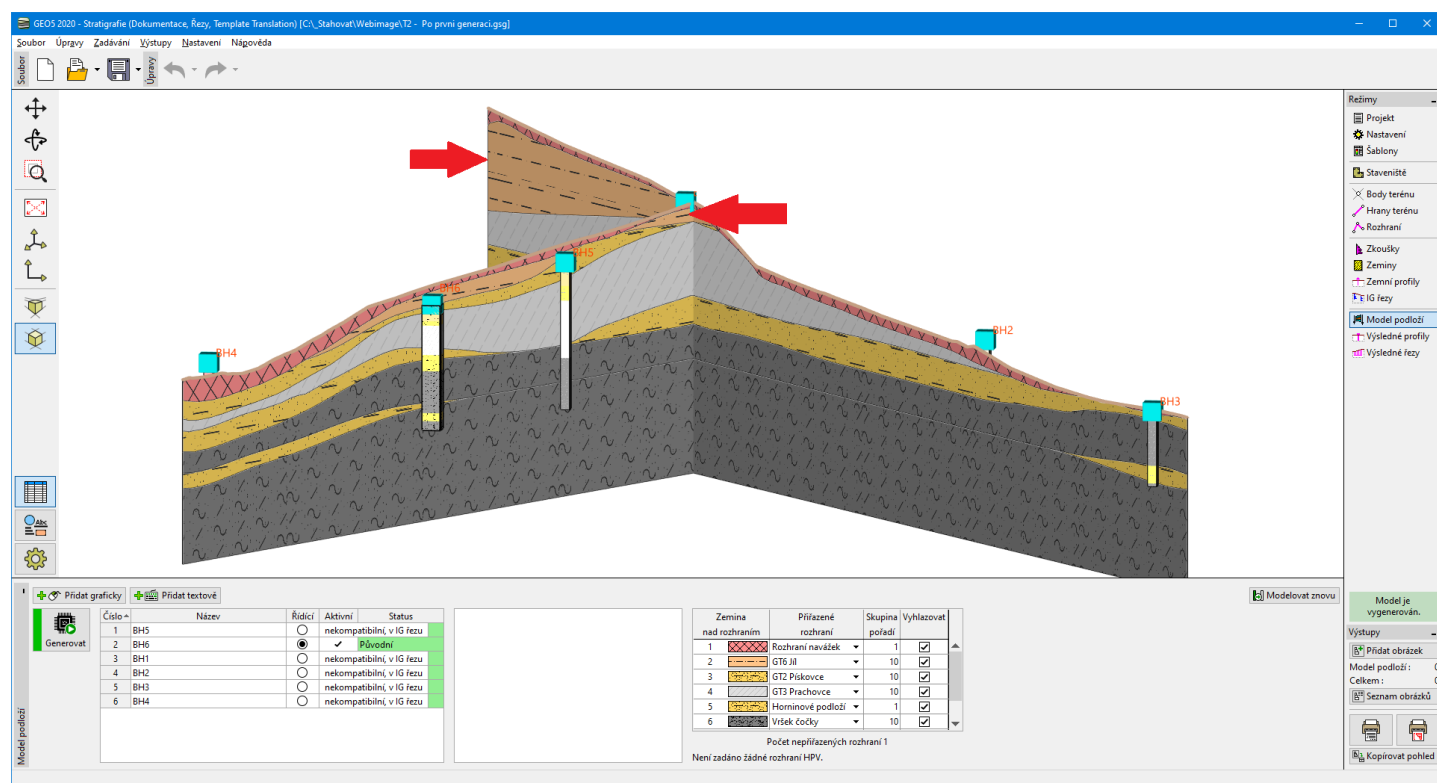
Správně vytvořený model podloží **splňuje všechny okrajové podmínky** - neboli odpovídá námi vytvořeným IG řezům a Zemním profilům.

Nejjednodušší způsob kontroly je vizuální - v rámu **IG řez** necháme vykreslit **zadané IG řezy** a v rámu **Model podloží** pak vygenerované **Výstupní řezy**. (Program automaticky generuje výstupní řezy v místech zadaných IG řezů, je ale nutné správně nastavit **zobrazení na desktopu** pro příslušný rám). Přepínáme se mezi jednotlivými rámy a hledáme rozdíly v generaci.



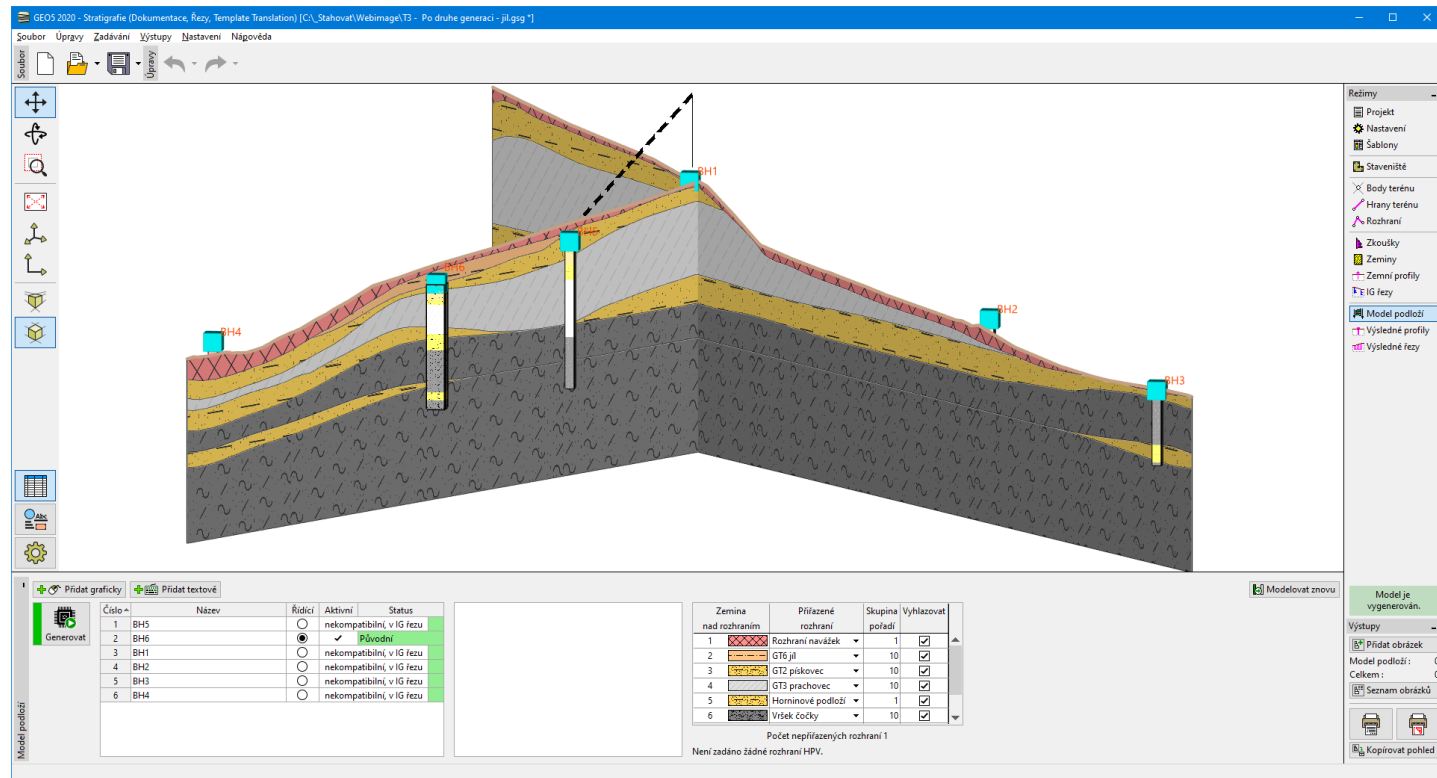
Vykreslené IG řezy - vstupní data pro model podloží

Na obrázku je špatně vygenerovaná vrstva jílu. V tomto případě to bylo způsobeno tím, že rozhraní bylo definováno jen na části modelu. Proto jsme zadali umístění rozhraní nad vrt BH 1.



Špatně vygenerovaná vrstva jílu

Po nové generaci je již vrstva vytvořena správně.



Nově vytvořený model

Modelování pomocí sond

Model lze tvořit i **pouze pomocí sond**, jde ale o výrazně náročnější postup, než při **generaci pomocí rozhraní**.

Jedna ze **sond** je vždy určena jako **řídící sonda**. Model podloží je generován z této sondy a ze sond s ní **kompatibilních**.

Cílem modelování je zapojit **všechny sondy do modelu** a vytvořit tak model **odpovídající vstupním datům**. Při modelování tedy postupně **editujeme sondy** a změnami **vrstev v sondě** je měníme z nekompatibilních na kompatibilní - tím je včleníme do modelu podloží.

Vytvořený model podloží může být jednoduše **upravován přidáním nových sond**.

V následujících příkladech jsou ukázány **základní postupy** pro **tvorbu a úpravu modelu podloží** pomocí sond.

- Postup tvorby modelu podloží
- Vytvoření modelu terénu (DMT)
- Model s vodorovnými vrstvami zemin
- Model s vrstvami zemin kopírujícími terén
- Hrany staveniště - aktivní okraje
- Úprava vrstev modelu
- Vytvoření nových vrstev

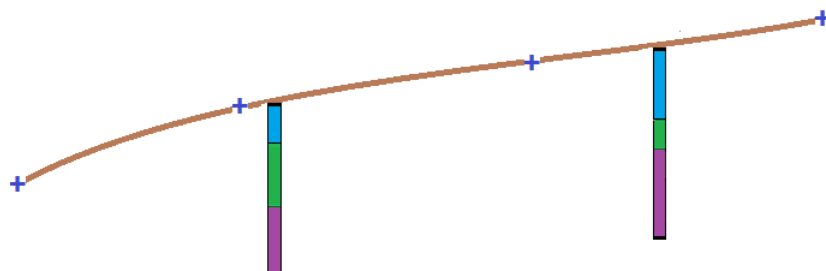
Důležitou funkcí programu je využití tlačítka **"ZPĚT"**, které umožňuje se kdykoliv vrátit k **původnímu stavu před úpravou**.

Postup tvorby modelu podloží

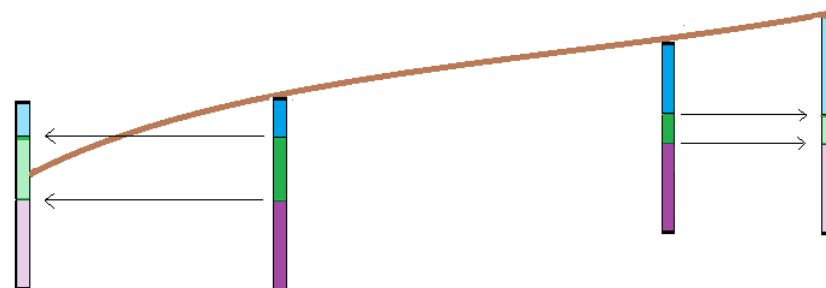
Další příklad

Pro správné pochopení vzniku modelu podloží je nejprve potřeba znát vlastní **postup generace modelu**.

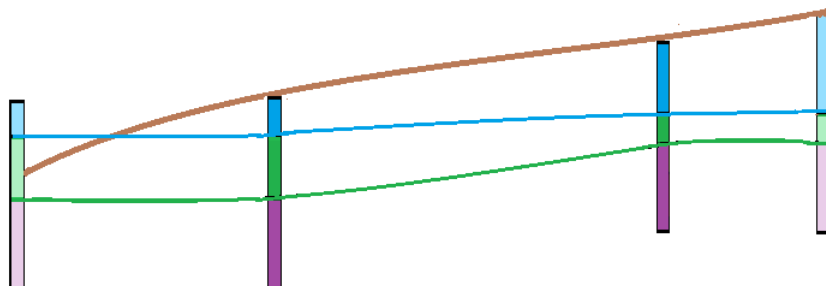
1. Nejprve se vytvoří digitálního modelu terénu (DMT). Ten se vytváří automaticky ze zadaných **bodů terénu** a **zkoušek**, které mají **zadanou z souřadnicí**. K modelu se poté umístí jednotlivé sondy.



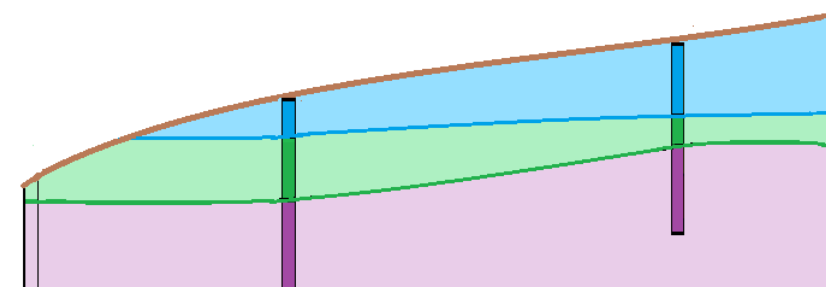
2. Do všech krajních bodů "**Stavenišť**" se automaticky vygenerují **pomocné sondy**, které odpovídají nejbližší **aktivní sondě**. Také se do krajních bodů staveniště promítnou **všechny sondy** ležící v **aktivním okraji**.



3. Z aktivních sond a pomocných sond (v bodech a na okrajích "**Stavenišť**") se vygenerují **modely jednotlivých vrstev** podloží a hladiny podzemní vody.



4. Dojde ke **kontrolě**, zda se **vrstvy nekříží** s terénem (nebo s dalšími vrstvami). Vrstva nad terénem je **oříznuta** tak, že kopíruje terén.



Další příklad

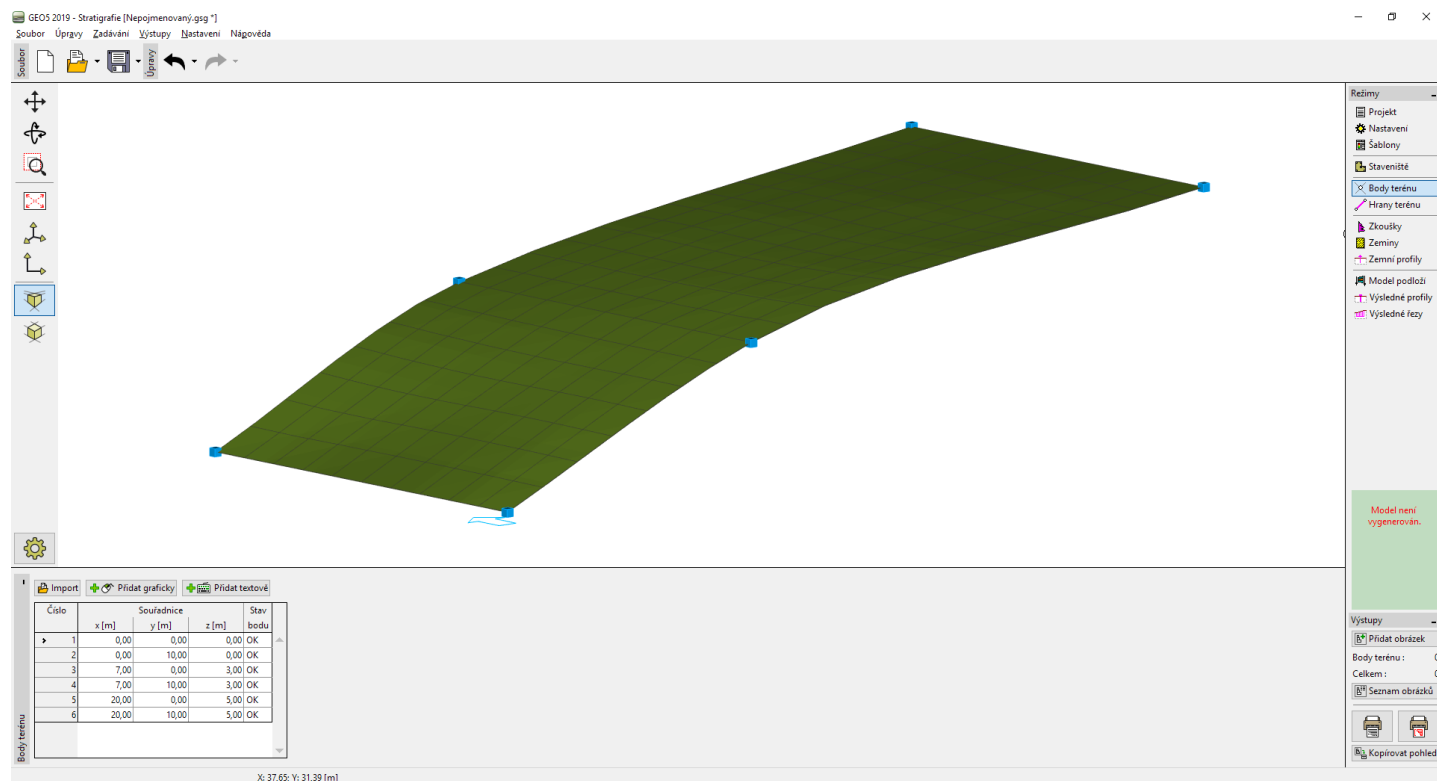
Vytvoření modelu terénu (DMT)

Předchozí příklad Další příklad

Pro většinu úloh je prvním krokem **vytvoření modelu terénu**. Model terénu se tvoří v rozměrech Staveniště ze **zadaných bodů terénu**.

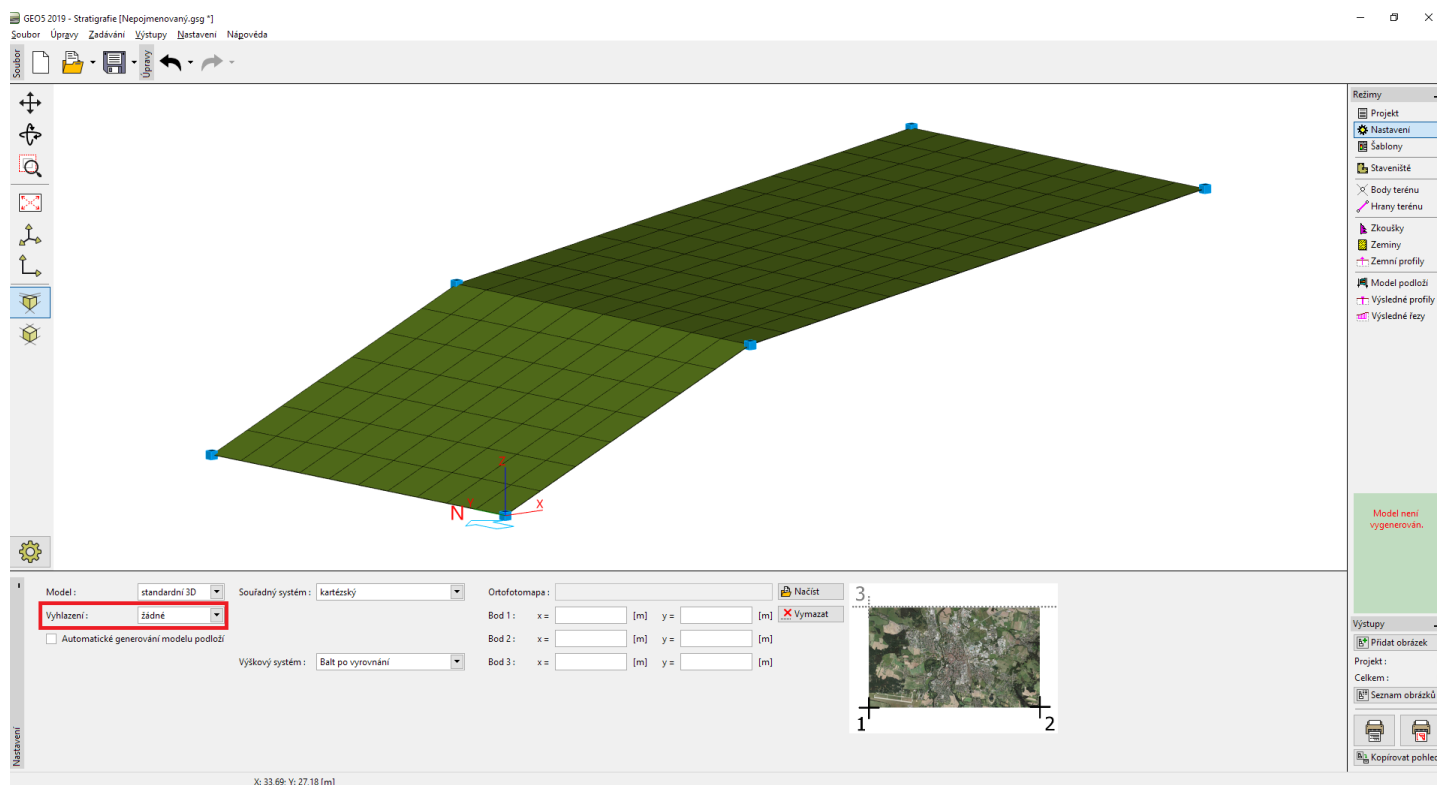
Body lze zadat nebo nainportovat z naměřených hodnot. Terén se generuje automaticky vždy při každé změně zadaných bodů. Tvar terénu také může být ovlivněn **Zkouškami**, které mají **zadanou souřadnici z** - tyto body zkoušek se také podílejí na generaci terénu. Pro modelování svahů a členitých terénů je důležité zadání **aktivního okraje modelu**.

V příkladu je namodelovaný svah z šesti bodů $[x; y; z]$: $[0; 0; 0]$, $[0; 10; 0]$, $[7; 0; 3]$, $[7; 10; 3]$, $[20; 0; 5]$, $[20; 10; 5]$.



Terén se středním vyhlazením

Podobu modelu můžeme značně ovlivnit způsobem **vyhlazení ploch** mezi trojúhelníky, které se zadává v rámu "**Nastavení**". Vyše uvedený model byl vytvořen pro "**střední**" vyhlazení. Pokud je vyhlazení nastaveno na "**žádné**", je model následující.



Terén bez vyhlazení

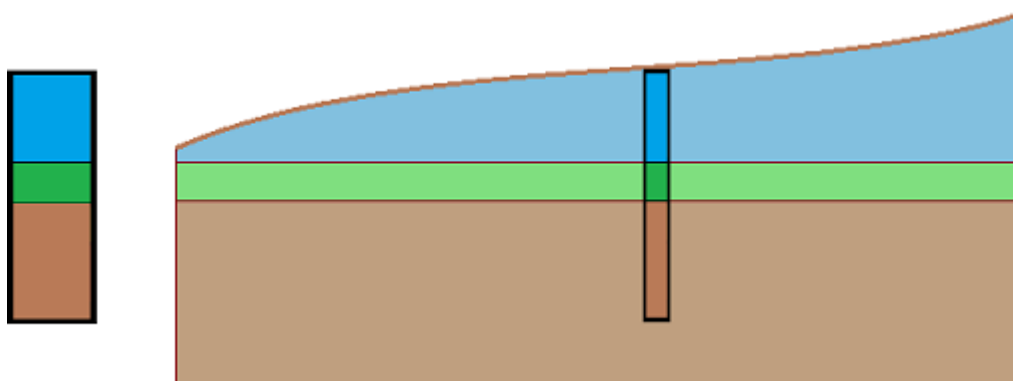
Vyšší vyhlazení umožňuje vytvářet **realističtější modely**, nevýhodou je **pomalost generace** při větším množství vrstev. Někdy je u větších modelů vhodné vytvořit celý model bez vyhlazení, a teprve pro tisk výstupní dokumentace a tvorbu řezů **zapnout vyhlazování modelu**.

Předchozí příklad Další příklad

Model s vodorovnými vrstvami podloží

Předchozí příklad Další příklad

Do vygenerovaného **modelu terénu** vytvoříme model podloží **s vodorovnými vrstvami** dle obrázku.



Nejprve zadáme v rámu "**Zkoušky**" zkoušku typu "**VRT**" - název **Vrt 1**, souřadnice $[x; y; z]$ - $[5; 5; \text{automaticky na terén}]$, mocnosti vrstev $[2; 1; 3]$.

Typ nové zkoušky

Volba typu zkoušky

Nová zkouška (vrt)

— Parametry zkoušky

Název zkoušky:

Souřadnice: $x =$ [m] $y =$ [m]

Výška: $z =$ [m]

Hloubka 1. bodu zkoušky od terénu: $d_1 =$ [m]

Celková hloubka: $d_{tot} =$ [m]

☒ Zkouška tvoří profil

Vrstvy Vzorky Tabulka HPV

Číslo vrstvy	Mocnost t [m]	Hloubka d [m]	Název zeminy
1	2,00	0,00 .. 2,00	blue
2	1,00	2,00 .. 3,00	green
3	3,00	3,00 .. 6,00	brown

Parametry pro protokol >>

Zemní profil

Hloubka [m]

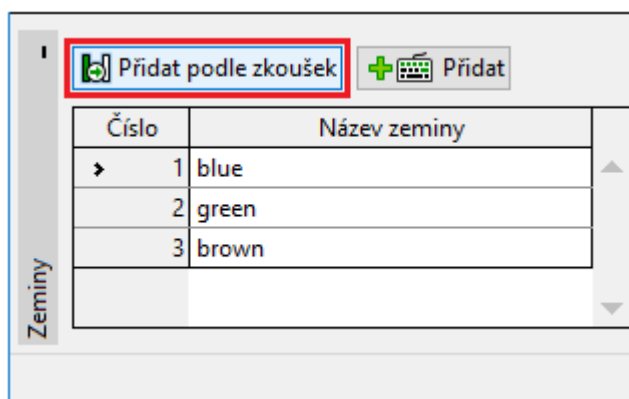
0,0
0,3
0,6
0,9
1,2
1,5
1,8
2,1
2,4
2,7
3,0
3,3
3,6
3,9
4,2
4,5
4,8
5,1
5,4
5,7
6,0

1
2
3

blue
green
brown

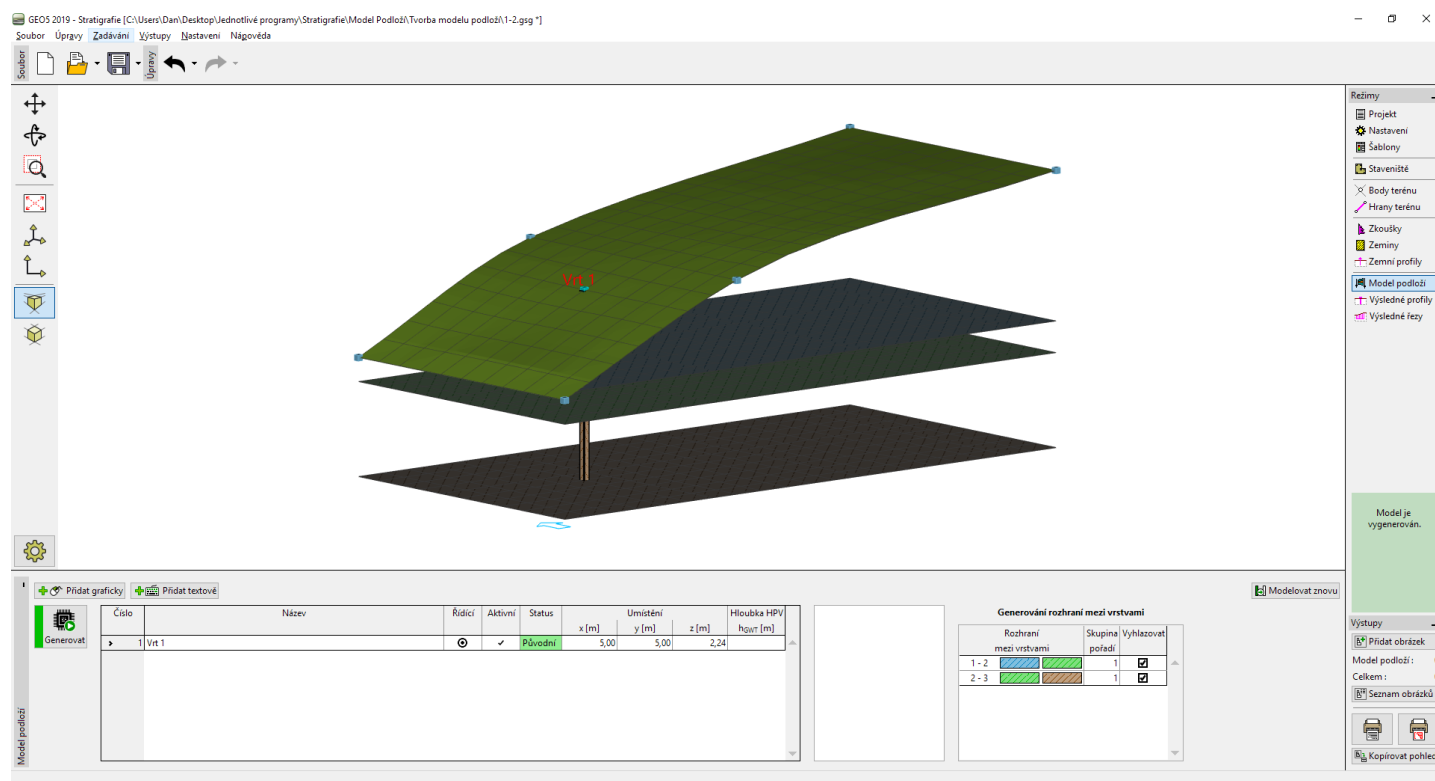
Zadání vrtu

Zeminy [blue; green; brown] můžeme zadat přímo z okna **zadávání vrstvy vrtu** nebo je zadáme v rámu "**Zeminy**". Nejjednodušší je převzít zeminy z vrtu tlačítkem "**Přidat podle zkoušek**". Vytvoří se seznam zemín, které byly použity v zadaných zkouškách.



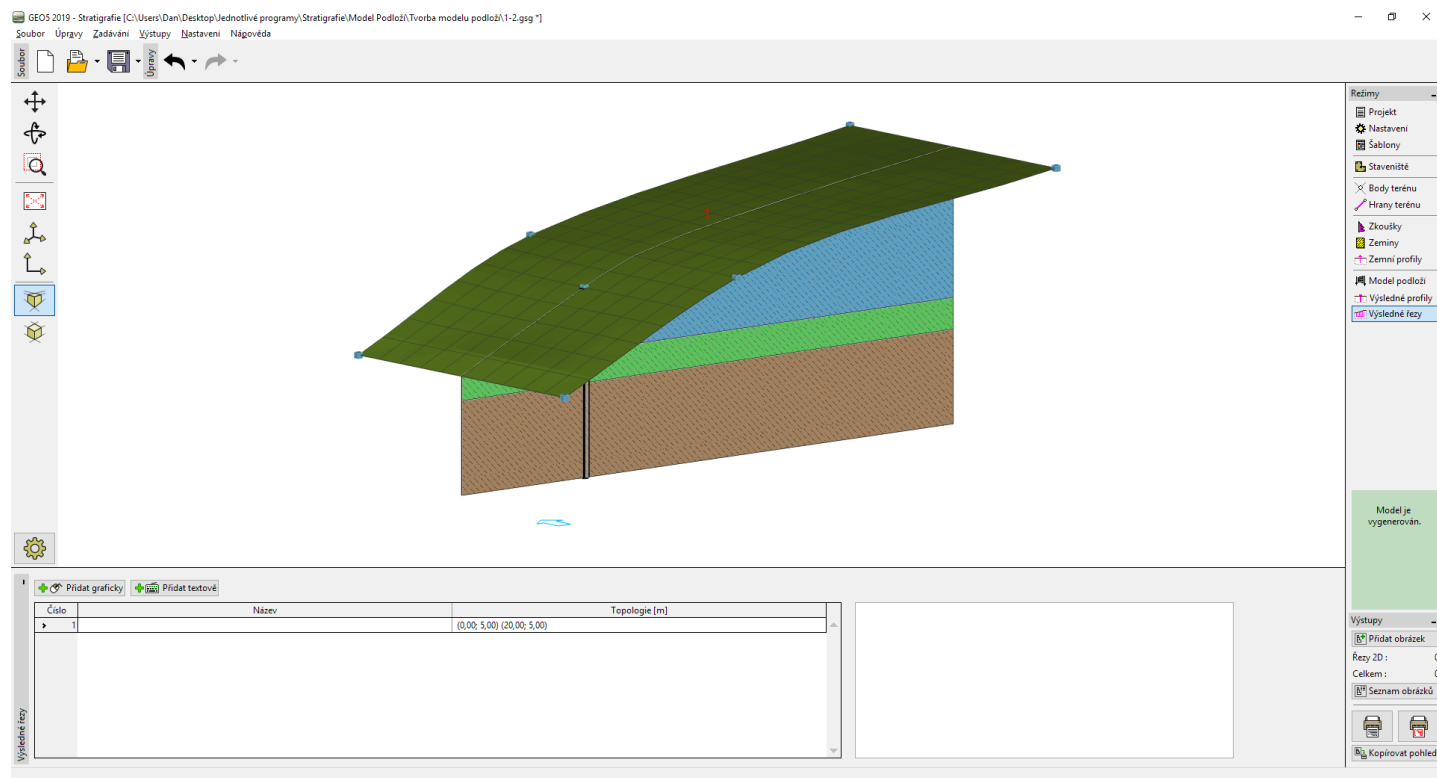
Přidání zemín ze zkoušek

Zemní profil i **sonda** se ze **zkoušky typu "VRT"** vytvoří automaticky. Po přepnutí do rámu "**Model podloží**" se požadovaný model vygeneruje. (Pokud není v rámu **Nastavení** zvolena volba "**Generovat model automaticky**", je pro vygenerování modelu podloží nutné stisknout tlačítko "**Generuj**").



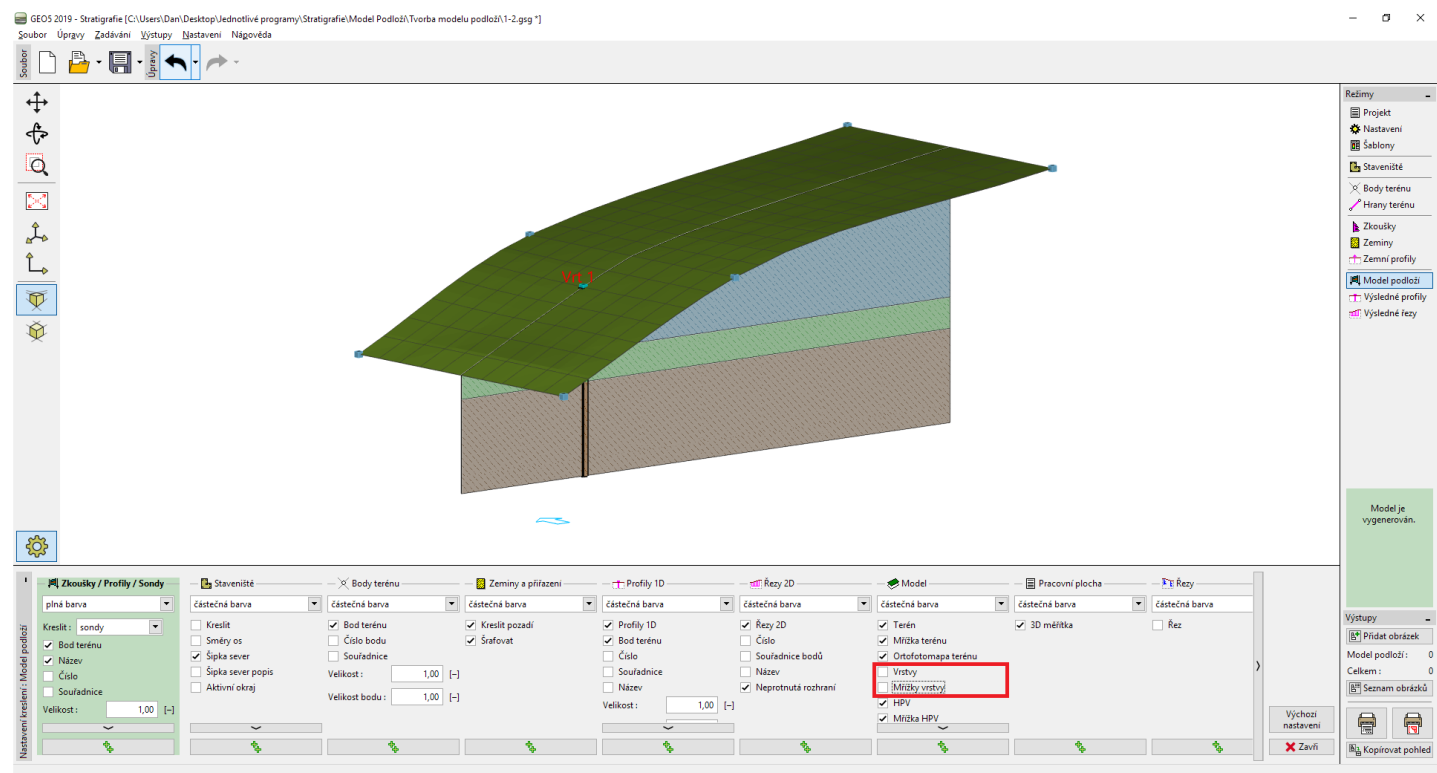
Vygenerovaný model

Pro přehledné zobrazení zadáme v rámu **Výsledné řezy** řez - body [x ; y] - [0; 5], [20; 5].



Zobrazení pomocí řezu

Aby se zadaný řez v modelu zobrazil v rámu "Model podloží", upravíme nastavení kresby:



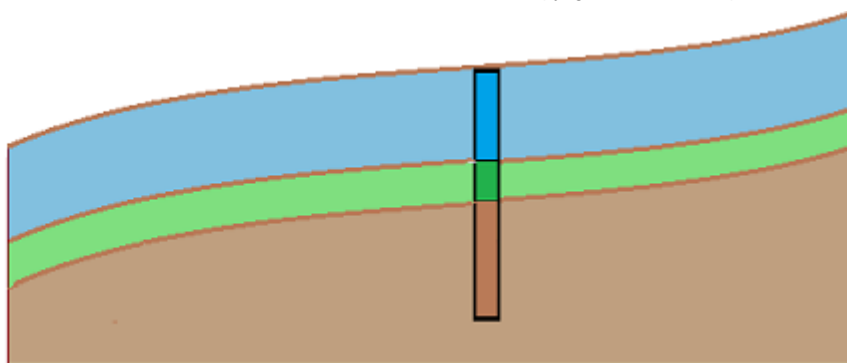
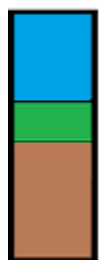
Rám "Model podloží" - nastavení kresby

Předchozí příklad Další příklad

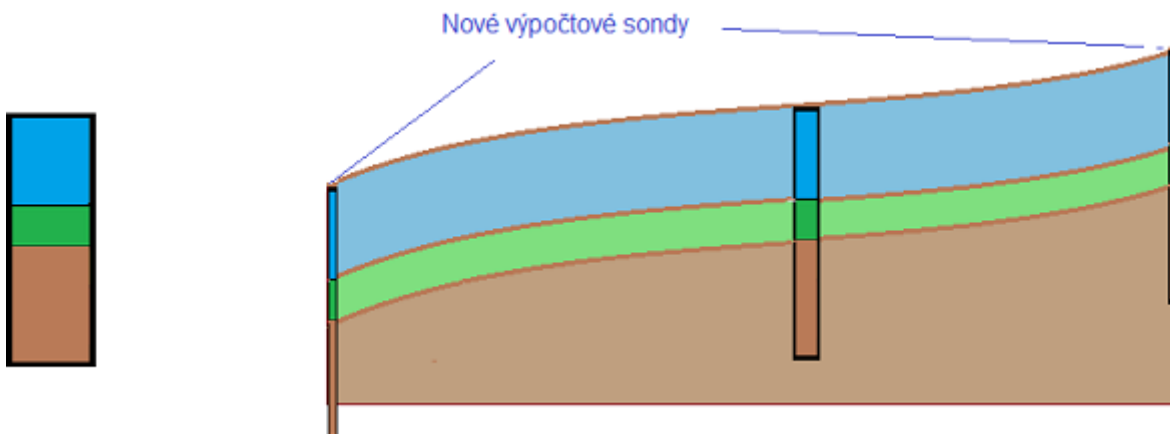
Vrstvy podloží kopírující terén

Předchozí příklad Další příklad

Nyní vytvoříme model podloží tak, aby vrstvy podloží kopírovaly tvar terénu.



Vydeme z předchozího příkladu. Princip úpravy je patrný z obrázku - musíme **zadat nové sondy** v krajích stavenišť.



V rámu "**Model podloží**" vybereme sondu "**Vrt 1**" a zadáme nové sondy do bodů [0; 5], [20; 5] (tlačítka "**Přidat graficky**" nebo "**Přidat textově**"). Pokud by sonda před kliknutím na tlačítko "**Přidat**" (graficky nebo textově) nebyla vybrána, nové sondy by nebyly kopií sondy "**Vrt 1**", ale odpovídaly by vytvořenému modelu podloží.

V dialogovém okně "**Nová sonda**" vidíme, že **kopírujeme sondu "Vrt 1"**.

GEO5 2019 - Stratigrafie [C:\Users\Dan\Desktop\Jednotlivé programy\Stratigrafie\Model Podloží\Tvorba modelu podloží3-8.gsg]

Soubor Úpravy Zadáání Výstupy Nastavení nápověda

Nové sondy

Název: **Vrt 1 (2)**

Souřadnice: x = 0,00 [m] y = 5,00 [m] z = 0,00 [m]

Hloubka HPV: hgw = (voda není) [m] ☒ Sonda je aktivní Sonda je kompatibilní

Vrstvy sondy

Vrstvy převzaty ze sondy č. 1 "Vrt 1"

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	2,00	0,00 - 2,00	blue
2	1,00	2,00 - 3,00	green
3	3,00	3,00 - 6,00	brown

Model podloží

Generovat

Číslo	Název	Řídící	Aktivní	Status	x [m]	Umístění y [m]	z [m]	Hloubka HPV [m]
1	Vrt 1		<input checked="" type="checkbox"/>	Původní	5,00	5,00	2,24	

z = 2,24 m

Generování rozhraní mezi vrstvami

Rozhraní mezi vrstvami	Skupina	Vylazovat
1 - 2	1	<input checked="" type="checkbox"/>
2 - 3	1	<input checked="" type="checkbox"/>

Model je vygenerován.

Výstupy

Přidat obrázek

Model podloží: 0

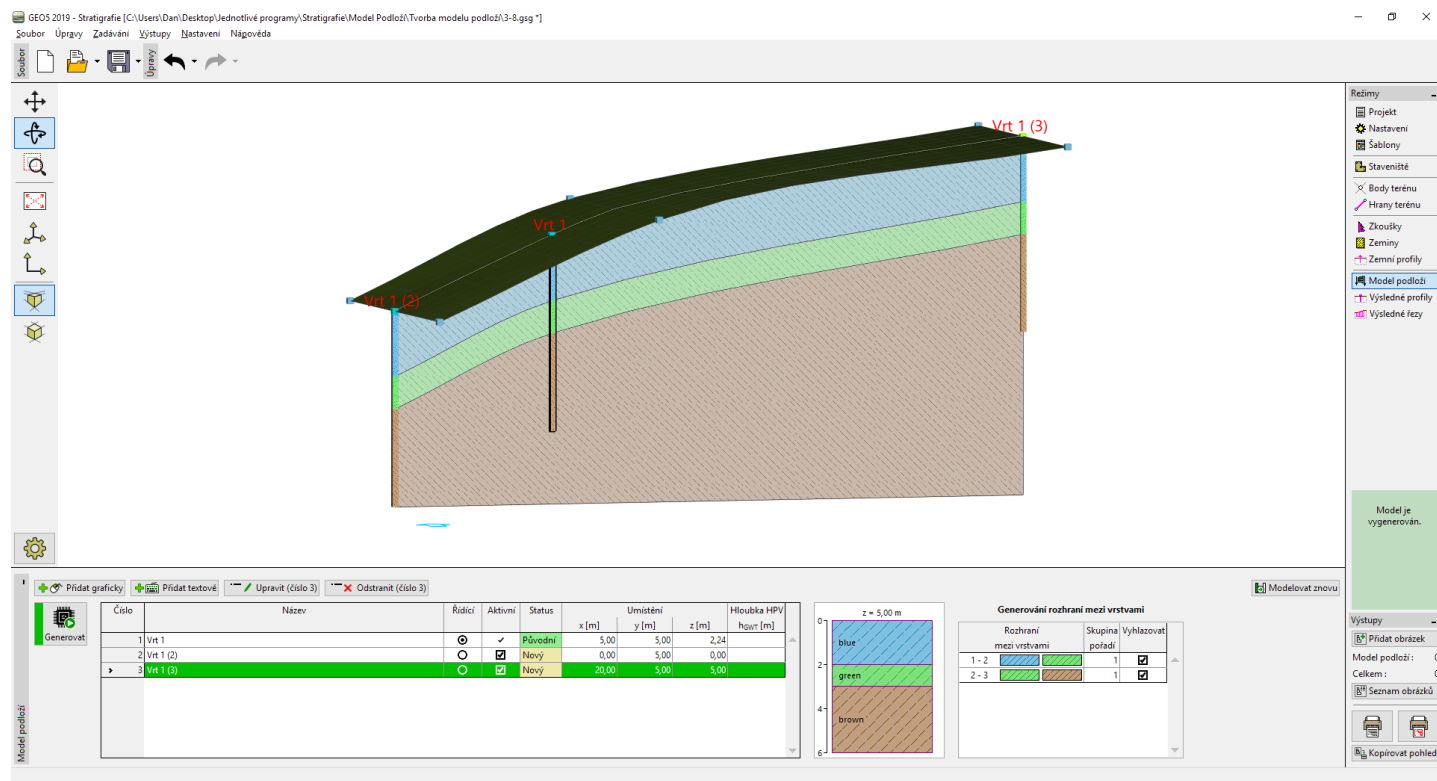
Celkem: 0

Seznam obrázků

Kopírovat pohled

Dialogové okno pro zadání nové sondy

Tím je model vytvořen.



Výsledný model

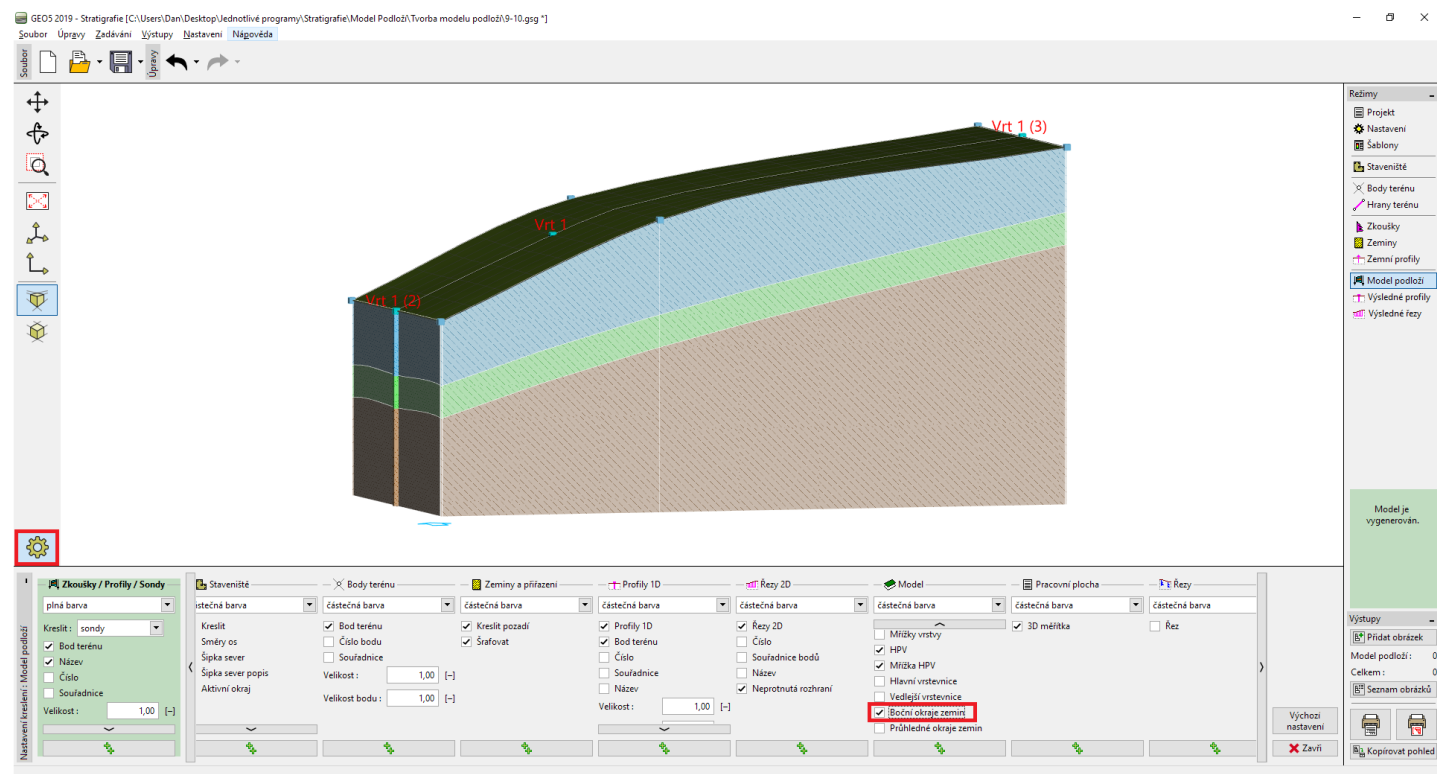
Předchozí příklad Další příklad

Hrany staveniště - aktivní okraj

Předchozí příklad Další příklad

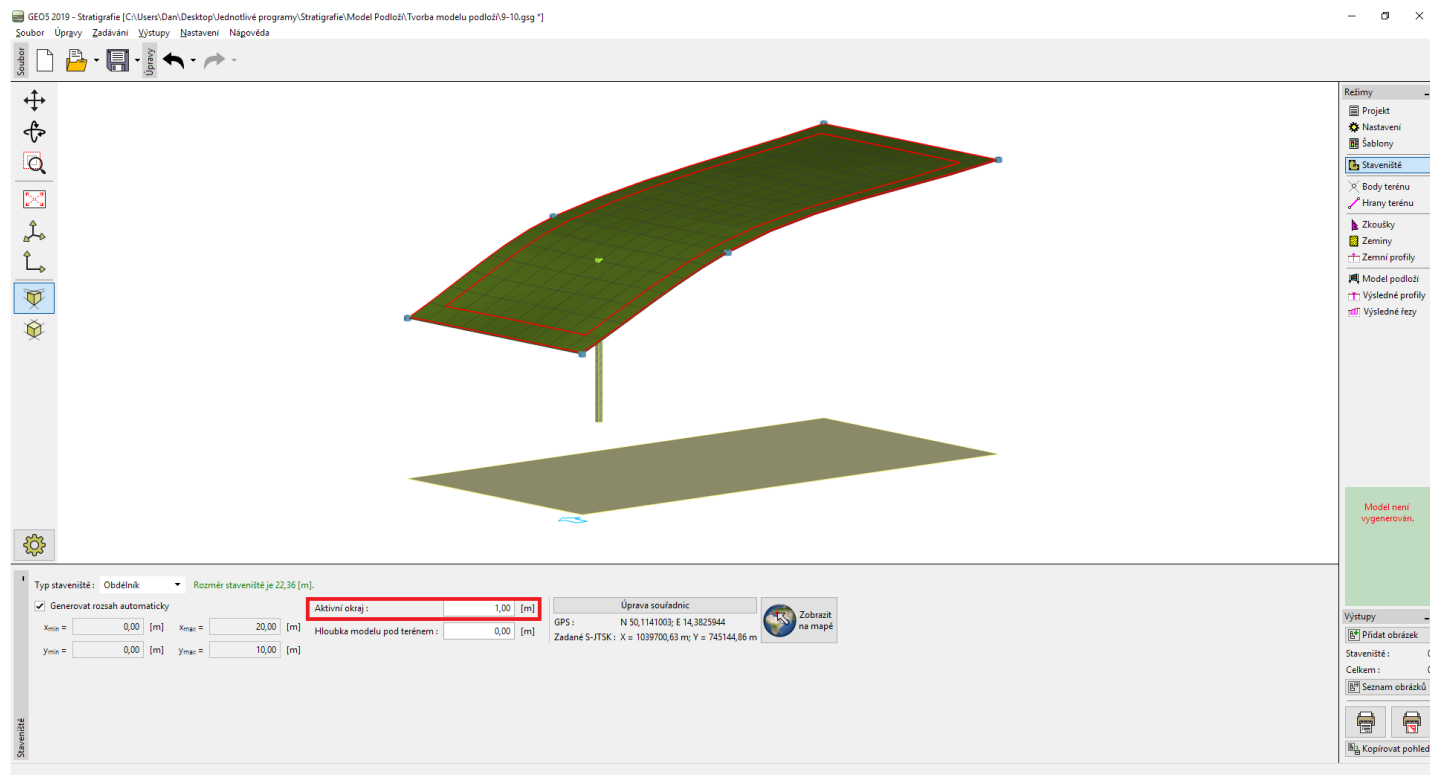
Přepneme vykreslení modelu úlohy z předchozího příkladu na zobrazení **bočních okrajů modelu**.

Kraje modelu jsou tvořeny jen pomocnými sondami v rozích modelu - vrstvy na krajích modelu jsou tedy téměř rovné.



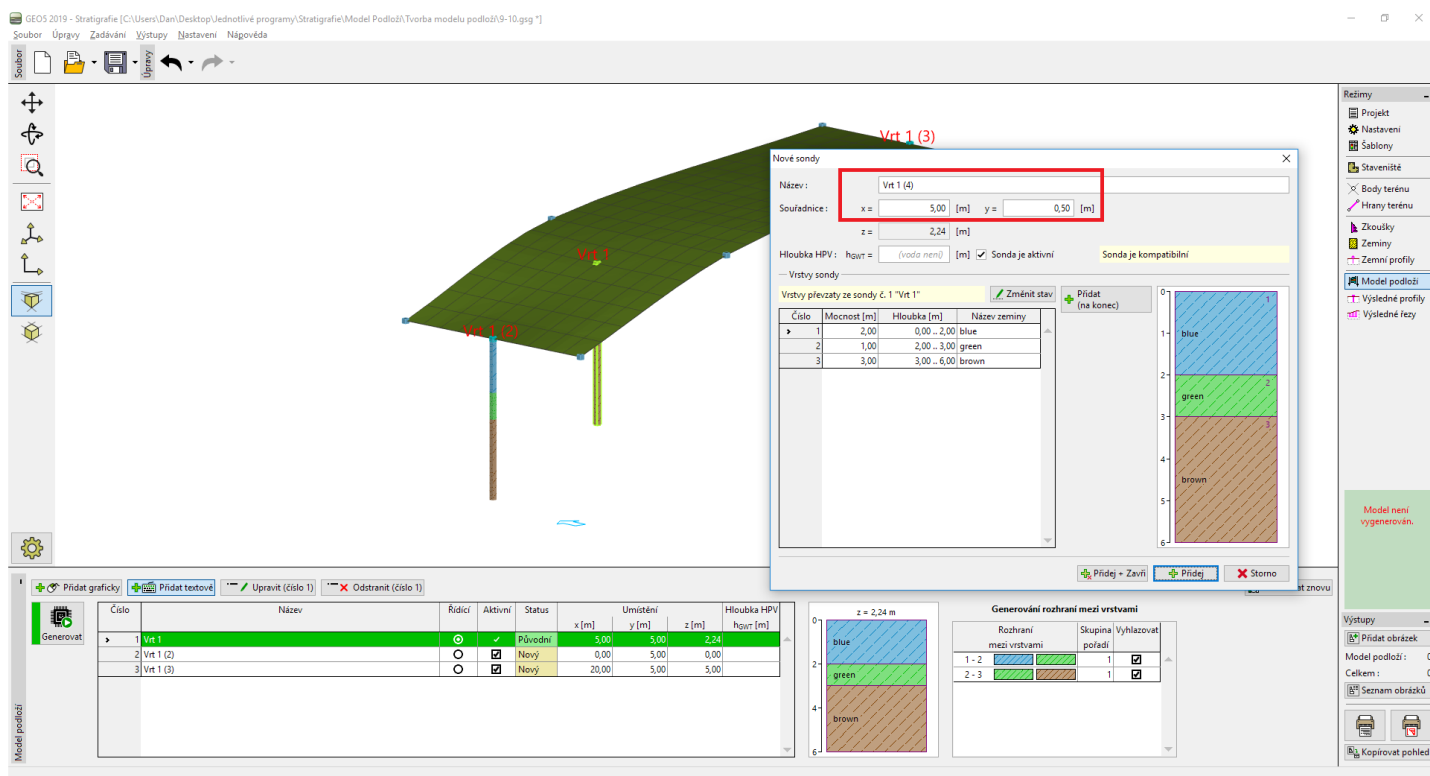
Model podloží s rovnými vrstvami u krajů

Přepneme do rámu Staveniště a **zadáme aktivní okraj** [1 m]. Aktivní okraj je zobrazen červeně.



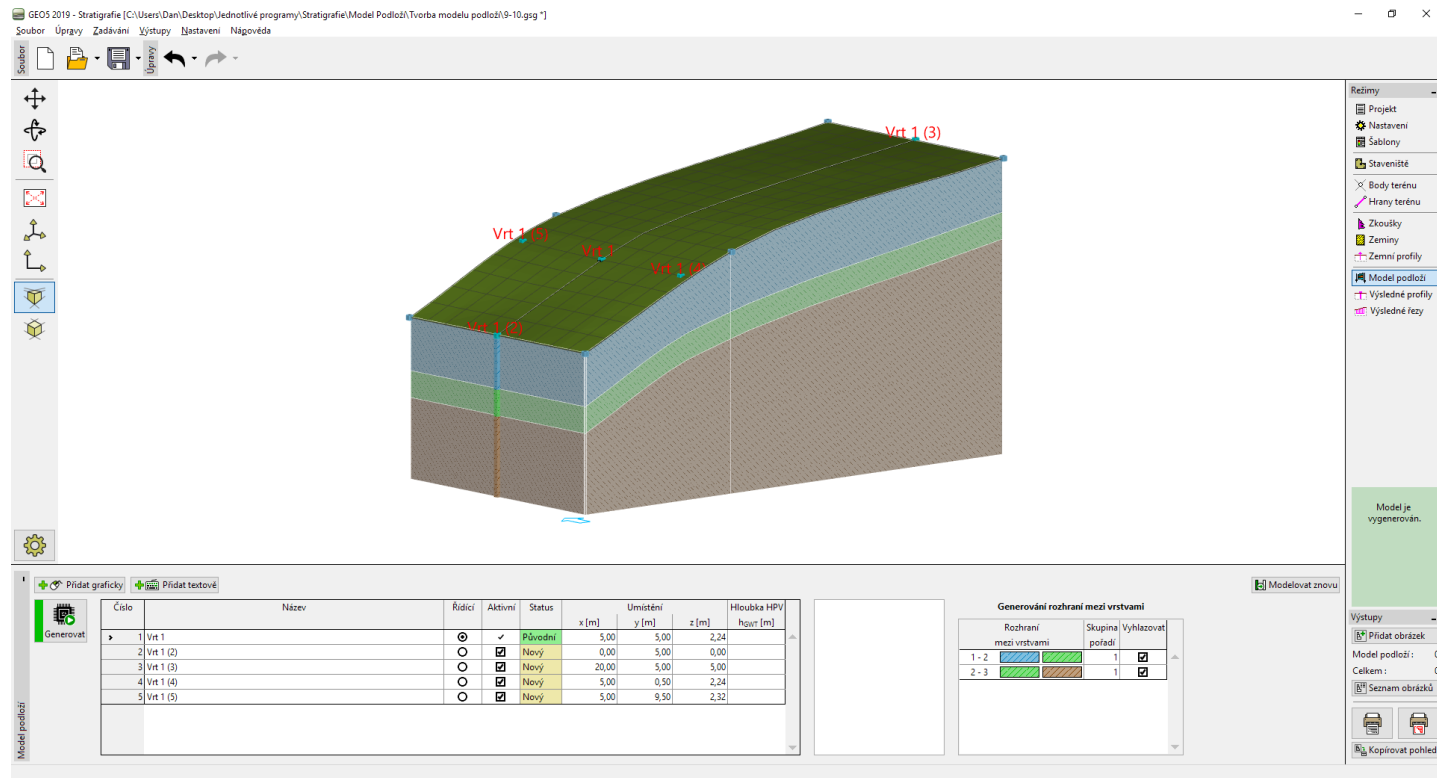
Znázornění aktivního okraje v rámu "Staveniště"

Sonda "Vrt 1" neleží v aktivním okraji, takže model zůstává stejný. Vráťme se do rámu "Model podloží" - vybereme v tabulce sondu "Vrt 1" a zadáme tlačítkem "Přidat textově" dvě nové sondy "Vrt 1(4)" [5; 0,5] a "Vrt 1(5)" [5; 9,5].



Zadání nových sond do aktivního okraje

Obě sondy leží v aktivním okraji - při generování modelu se vytvoří na kraji modelu pomocná sonda se stejnými vrstvami. Model na okrajích se výrazně změní, je stejný jako řez ve středu.



Výsledný model

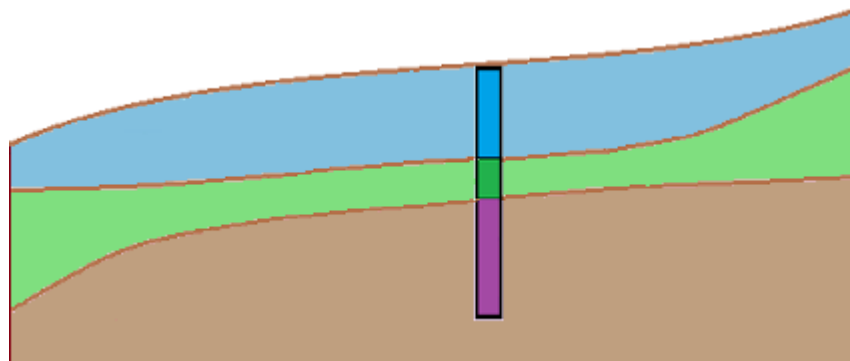
U reálných konstrukcí je rozumné zadávat aktivní okraj tak, aby body a sondy nejbližší ke kraji staveniště byly zahrnuty do aktivního okraje.

Předchozí příklad Další příklad

Úpravy vrstev modelu

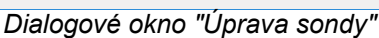
Předchozí příklad Další příklad

Nyní na vytvořeném modelu upravíme zelenou vrstvu tak, aby se ke koncům rozšiřovala.



Zadání - rozšíření zelené vrstvy

Využijeme okno "Úprava sondy". Zvolíme postupně obě nové sondy Vrt 1(2) a Vrt 1(3) a provedeme úpravu sondy - zvětšíme mocnost zelené vrstvy z [1 m] na [3 m] a zmenšíme mocnost modré vrstvy ze [2 m] na [1 m].



The screenshot displays the GEOS 2019 - Stratigrafie software interface. The main window shows a 3D perspective view of a geological model with five distinct layers, each color-coded and labeled with a well number (Vrt 1 (1) through Vrt 1 (5)). The layers are: blue (top), green, yellow, brown, and dark brown (bottom). The model is set against a white background with a grid.

Below the 3D view, there is a table with columns: Číslo, Název, Řídící, Aktivní, Status, Umístění (x [m], y [m], z [m]), and Hloubka HPV [m]. The table lists five wells, all marked as 'Nový' (New) and 'Aktivní' (Active).

Číslo	Název	Řídící	Aktivní	Status	Umístění	Hloubka HPV [m]
					x [m] y [m] z [m]	hoyr [m]
1	Vrt 1	○	✓	Původní	5,00 5,00 2,24	2,24
2	Vrt 1 (2)	○	✓	Nový	0,00 5,00 0,00	0,00
3	Vrt 1 (3)	○	✓	Nový	20,00 5,00 5,00	5,00
4	Vrt 1 (4)	○	✓	Nový	5,00 0,50 2,24	2,24
5	Vrt 1 (5)	○	✓	Nový	5,00 9,50 2,32	2,32

To the right of the table, there is a legend titled 'Generování rozhraní mezi vrstvami' (Generation of interfaces between layers). It shows a vertical cross-section of the layers with their respective colors and patterns. The legend also includes a table for 'Rozhraní mezi vrstvami' (Interfaces between layers) with columns for 'Skupina pořadí' (Group order) and 'Vyhlazovat' (Smooth).

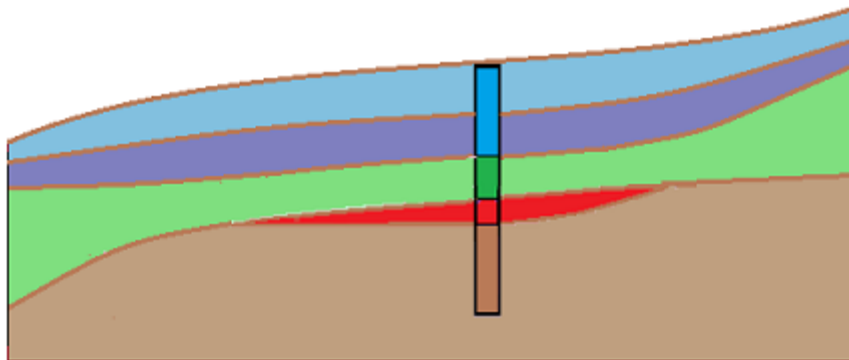
Rozhraní mezi vrstvami	Skupina pořadí	Vyhlazovat
1 - 2	1	✓
2 - 3	1	✓

The interface also features a sidebar on the left with various tool icons and a top menu bar with options like 'Soubor', 'Úpravy', 'Zadáání', 'Výstupy', 'Nastavení', and 'Náhledy'. On the right, there is a 'Režimy' (Modes) panel with options like 'Projekt', 'Nastavení', 'Šablony', 'Stavení', 'Body terénu', 'Hrany terénu', 'Zkoušky', 'Zeminy', 'Model podloží', 'Výsledné profily', and 'Výsledné řezy'.

Upravený model

Vytvoření nové vrstvy do modelu

Světle modrou vrstvu z předchozího příkladu chceme rozdělit na světle modrou a modrou. **Dělení (i slučování) vrstev** je poměrně časté, především kvůli proměnným parametrům zemin v hloubce.



V rámu "**Model podloží**" provedeme editaci **řídící sondy** - nejprve rozdělíme modrou vrstvu tlačítkem "**Rozdělit vrstvu (číslo 1)**" a poté změníme spodní novou vrstvu na tmavě modrou "**Změnit zeminu (číslo 2)**".

Úprava řídicí sondy

Název: Vrt 1

Souřadnice: x = 5,00 [m] y = 5,00 [m] z = 2,24 [m]

Hloubka HPV: h_{HPV} = [vzdašeno] [m] ☒ Sonda je aktivní

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	2,00	0,00 - 2,00	blue
2	1,00	2,00 - 3,00	green
3		není určeno	red
4	3,00	3,00 - 6,00	brown

Rozdělení vrstvy kompatibilních sond

Nová horní vrstva: 50,0 [%]

Generování rozhraní mezi vrstvami

Rozhraní mezi vrstvami	Skupina pořadí	Vyhazovat
1 - 2	1	<input checked="" type="checkbox"/>
2 - 3	1	<input checked="" type="checkbox"/>
3 - 4	1	<input checked="" type="checkbox"/>

Model podloží

Číslo	Název	Řídící	Aktivní	Status	Umístění	z [m]	Hloubka HPV h _{HPV} [m]
1	Vrt 1	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Původní	5,00	5,00	2,24
2	Vrt 1 (2)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nový	0,00	5,00	0,00
3	Vrt 1 (3)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nový	20,00	5,00	5,00
4	Vrt 1 (4)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nový	5,00	0,50	2,24
5	Vrt 1 (5)	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nový	5,00	9,50	2,32
6	Red 1	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Nový	11,00	5,00	3,77

Generování rozhraní mezi vrstvami

Rozhraní mezi vrstvami	Skupina pořadí	Vyhazovat
1 - 2	1	<input checked="" type="checkbox"/>
2 - 3	1	<input checked="" type="checkbox"/>
3 - 4	1	<input checked="" type="checkbox"/>

Dialogové okno "Úprava řídicí sondy" - před úpravou

Úprava řídicí sondy

Název :

Vrt 1

Souřadnice :

x =

5,00

[m]

y =

5,00

[m]

z =

2,24

[m]

Hloubka HPV : h_{GWT} =

(voda není)

[m]

☒ Sonda je aktivní

Řídicí sonda

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	1,00	0,00 .. 1,00	blue
➤ 2	1,00	1,00 .. 2,00	dark blue
3	1,00	2,00 .. 3,00	green
4		není určeno	red
5	3,00	3,00 .. 6,00	brown

Řídicí

Upravit mocnost (číslo 2)

Posunout rozhraní (mezi 2 a 3)

Řídicí a kompatibilní
Počet: 6

Přidat (na konec)

Vsunout (před 2)

Změnit zeminu (číslo 2)

Odstranit (číslo 2)

Rozdělit (číslo 2)

Sloučit (číslo 2 a 3)

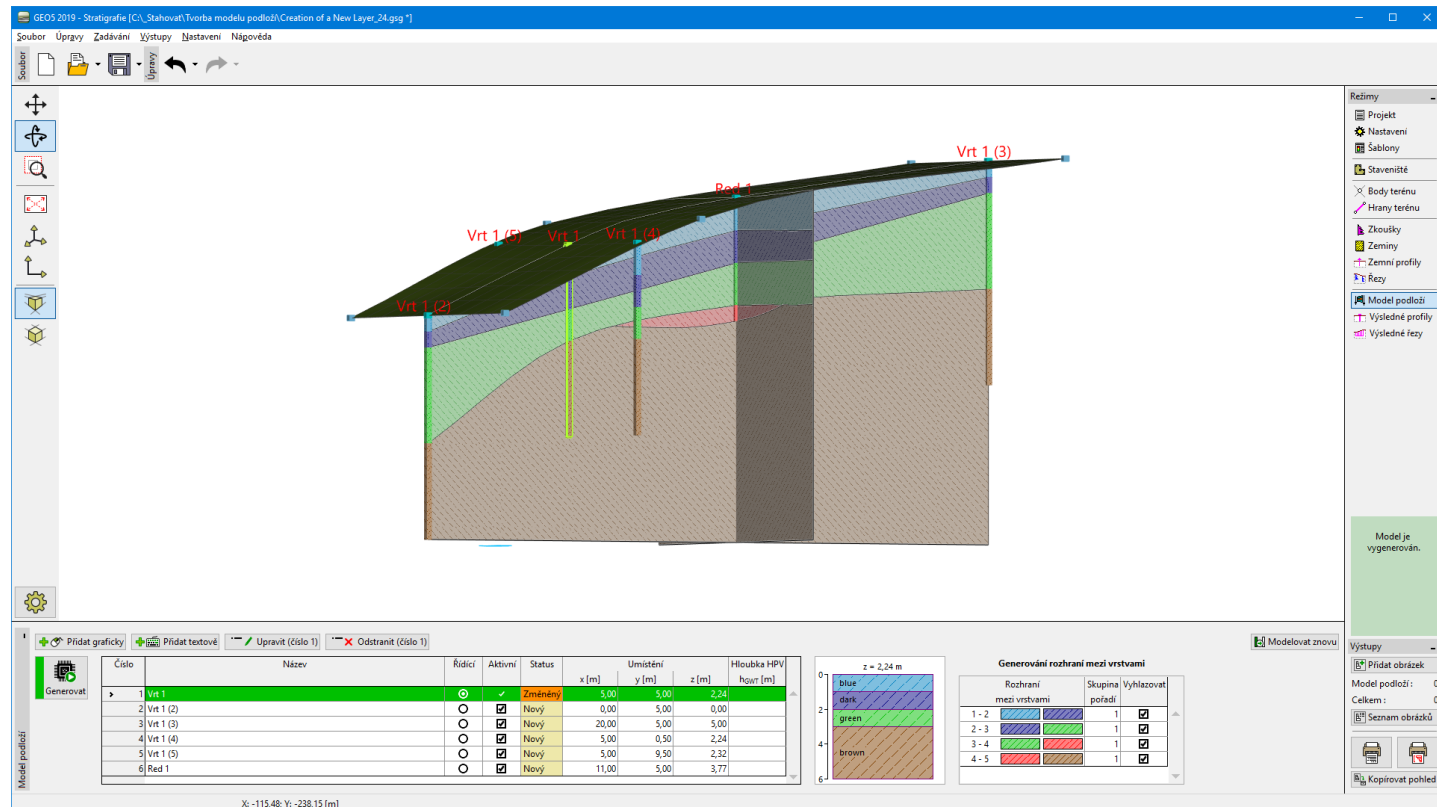
Vyměnit (číslo 2 a 3)

OK

Storno

Dialogové okno "Úprava řídicí sondy" - po rozdělení modré vrstvy

Po vygenerování modelu je vrstva změněna.



Výsledný model

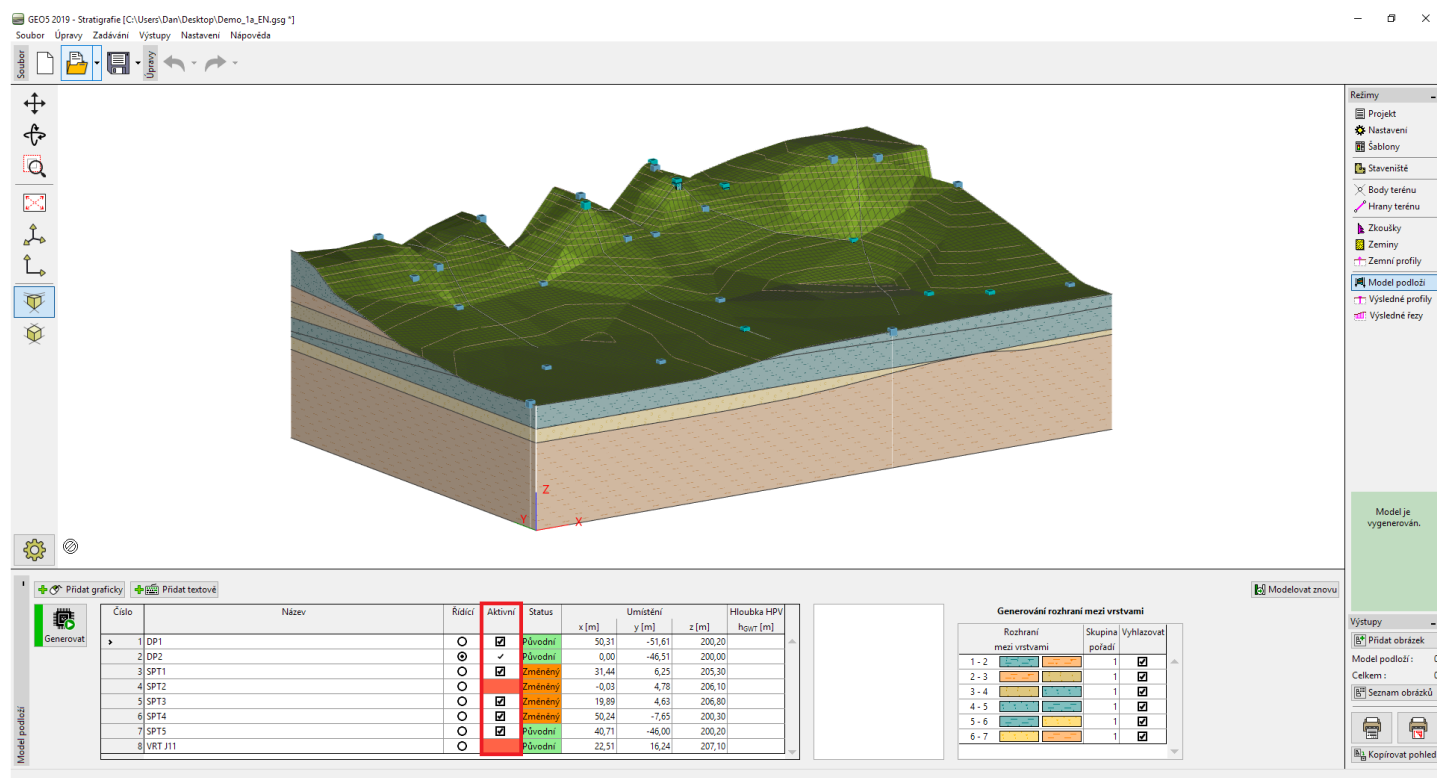
Předchozí příklad

Kompatibilita sond

Cílem tvorby modelu podloží je vytvořit model co nejvíce odpovídající skutečnosti - tedy takový, do kterého jsou zapojeny všechny vytvořené sondy. Cílem je tedy mít všechny sondy kompatibilní.

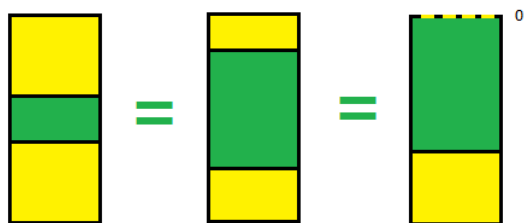
Kompatibilní sonda je sonda která má stejný počet vrstev a stejné pořadí vrstev jako **řídící sonda**. V tabulce ve sloupci "Aktivní" je její políčko zobrazeno bíle. Pokud je zároveň aktivní, je použita pro generaci modelu podloží.

Sondy nekompatibilní s řídící sondou mají sloupec "Aktivní" v tabulce **vybarven červeně** a nelze je zařadit do generace modelu.



Rám "Model podloží" - kompatibilita sond

Příklady **kompatibilních sond**:

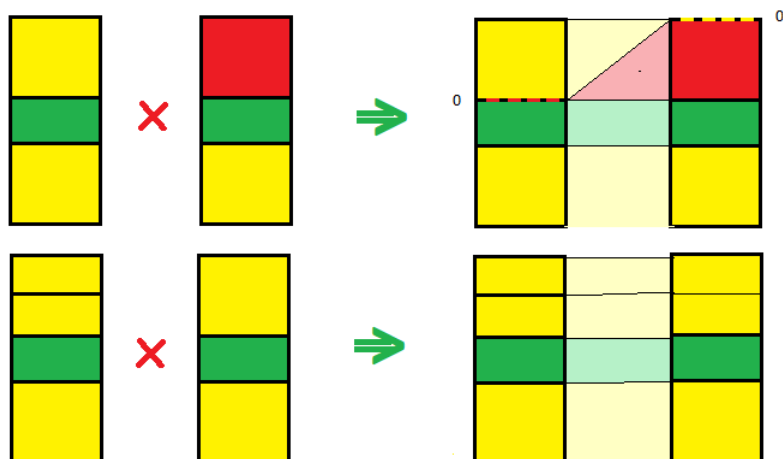


Příklady **nekompatibilních sond**:



Editací v dialogovém okně "**Editace sondy**" lze nekompatibilní sondu změnit na kompatibilní – a to například **vsunutím nulových vrstev** nebo **přidáním resp. smazáním vrstvy zemin**.

Ukázka úpravy nekompatibilních sond na kompatibilní sondy:



Editace sondy

Sondy se editují v dialogovém okně "**Editace sondy**". Toto okno umožňuje nejen **měnit editovanou sondu** (v levé části okna), ale upravovat i **řídící sondu** (pravá část okna).

Funkci okna popíšeme na příkladu úpravy sondy na obrázku.

Úprava sondy

Název: SPT3 Doplnit horní vrstvy (do řídicí sondy)

Souřadnice: x = 19,89 [m] y = 4,63 [m] Doplnit dolní vrstvy (do sondy)

z = 206,80 [m] Status: Původní

Hloubka HPV: hgwt = (voda není) [m] Sonda není kompatibilní Převzít zemní profil

— Vrstvy sondy

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	5,20	0,00 .. 5,20	Sand 1
2	3,00	5,20 .. 8,20	silt
3	1,30	8,20 .. 9,50	Gravel 1
4	0,50	9,50 .. 10,00	Clay

+ Přidat (na konec)

— Propojení sond

— Řídicí sonda

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	1,30	0,00 .. 1,30	Gravel 1
2	2,20	1,30 .. 3,50	Clay
3	0,50	3,50 .. 4,00	Gravel 2
4	3,20	4,00 .. 7,20	Clay NG

Řídicí a kompatibilní
Počet: 2
+ Přidat (na konec)

OK + OK + OK Storno

Dialogové okno "Úprava sondy" - nekompatibilní sondy

V levé části okna jsou údaje o editované sondě. Nad obrázkem je vidět status sondy - kompatibilní / nekompatibilní. Cílem úpravy je změnit sondu na kompatibilní a tím ji zařadit do modelu podloží.

V pravé části okna jsou údaje o řídicí sondě.

Ve střední části okna je obrázek ukazující propojení sond. Výška sond je vykreslena správně, takže je vidět které vrstvy jsou vodorovné. Pokud sondy (editovaná resp. řídicí) vznikly ze zkoušky, je šedým vrtem znázorněna délka zkoušky. Na obrázku vidíme, že editovaná sonda vznikla ze zkoušky, která nebyla dostatečně hluboká, takže spodní žluté vrstvy nebyly dosaženy. Naopak u řídicí sondy chybí horní vrstvy editované sondy - červená a modrá.

Pro úpravu sond máme k dispozici následující tlačítka: "Vsunout", "Přidat", "Upravit", "Rozdělit vrstvu", "Sloučit", "Vyměnit", "Posunout rozhraní", "Odstranit vrstvu" - a to u obou tabulek. (Pokud není žádná položka v tabulce vybraná, je k dispozici pouze tlačítko "Přidat". Pokud vybereme nějaký řádek (vrstvu), zobrazí se i ostatní tlačítka).

Danou sondu můžeme změnit na kompatibilní tímto postupem:

- do editované sondy v levé části okna přidáme tlačítkem "Přidat vrstvy" vrstvy "Gravel 2" (žlutá) a "Clay NG" (oranžová). Můžeme zadat jejich předpokládanou mocnost vrstev, výšku rozhraní nebo přesné umístění nezadat.

Úprava sondy

Název: SPT3 Doplnit horní vrstvy (do řídicí sondy)

Souřadnice: x = 19,89 [m] y = 4,63 [m] Doplnit dolní vrstvy (do sondy)

z = 206,80 [m] Status: Změněný

Hloubka HPV: hgwt = (voda není) [m] Sonda není kompatibilní Převzít zemní profil

— Vrstvy sondy

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	5,20	0,00 .. 5,20	Sand 1
2	3,00	5,20 .. 8,20	silt
3	1,30	8,20 .. 9,50	Gravel 1
4	0,50	9,50 .. 10,00	Clay
5	1,00	10,00 .. 11,00	Gravel 2

+ Přidat (na konec)

— Propojení sond

— Řídicí sonda

Číslo	Mocnost [m]	Hloubka [m]	Název zeminy
1	1,30	0,00 .. 1,30	Gravel 1
2	2,20	1,30 .. 3,50	Clay
3	0,50	3,50 .. 4,00	Gravel 2
4	3,20	4,00 .. 7,20	Clay NG

Řídicí a kompatibilní
Počet: 2
+ Přidat (na konec)

OK + OK + OK Storno

Nové vrstvy

☒ Mocnost t = 5,00 [m]

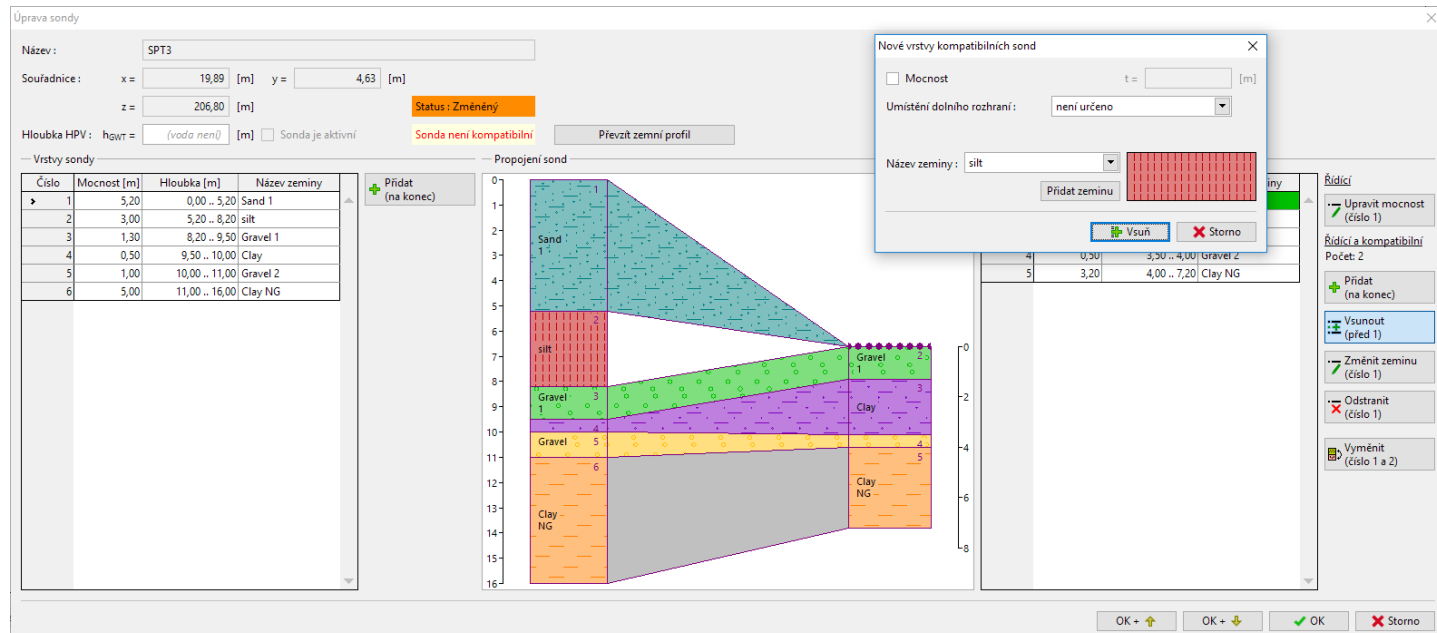
Název zeminy: Clay NG

Přidat zeminu

+ Přidej X Storno

Dialogové okno "Úprava sondy" - úprava editované sondy

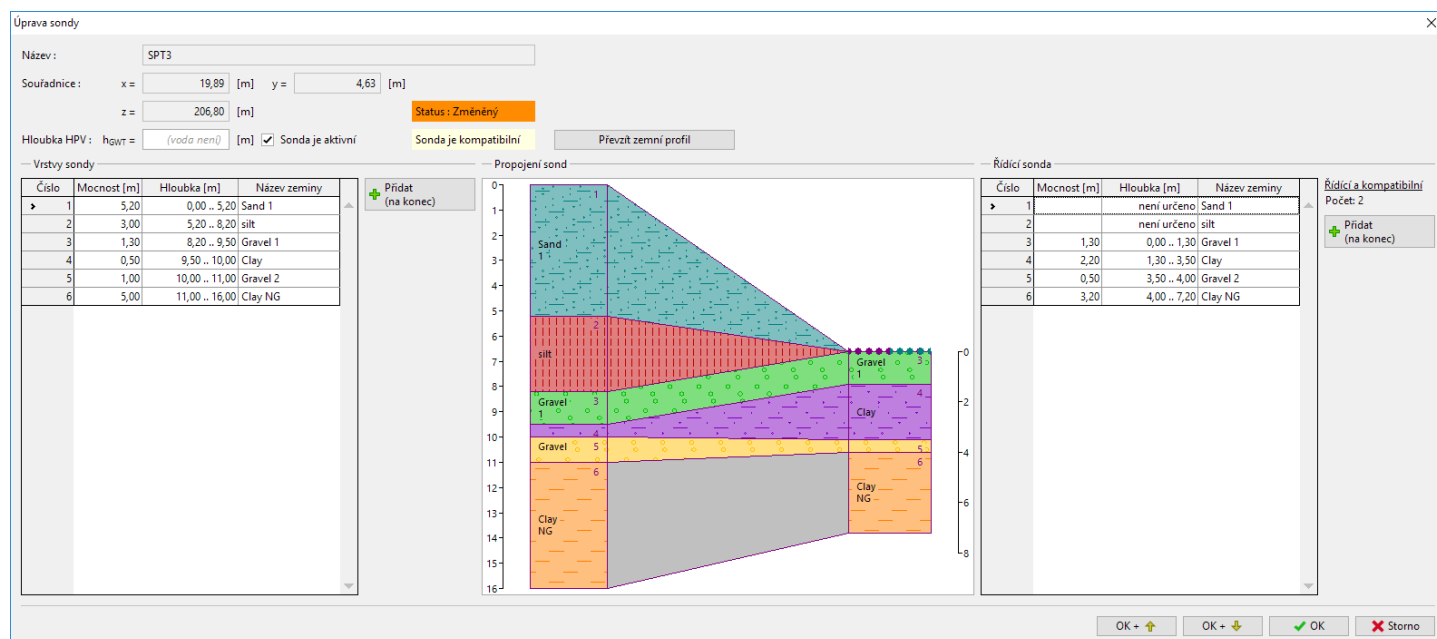
- do řídicí sondy v pravé části okna tlačítkem "Vsunout před 1" (musíme mít vybraný první řádek tabulky řídicí sondy) přidáme vrstvy "Silt" (červená) a "Sand 1" (modrá). V tomto případě je nejlepší variantou přesné umístění rozhraní nezadávat.



Dialogové okno "Úprava sondy" - úprava řídicí sondy

Protože tento způsob úprav je poměrně častý a přidávání více vrstev je poměrně zdlouhavé, umožňuje program provést tyto operace jednoduše stiskem tlačítek **"Doplnit dolní vrstvy"** a **"Doplnit horní vrstvy"** v pravé horní části okna.

Tím je propojení kompatibilní.

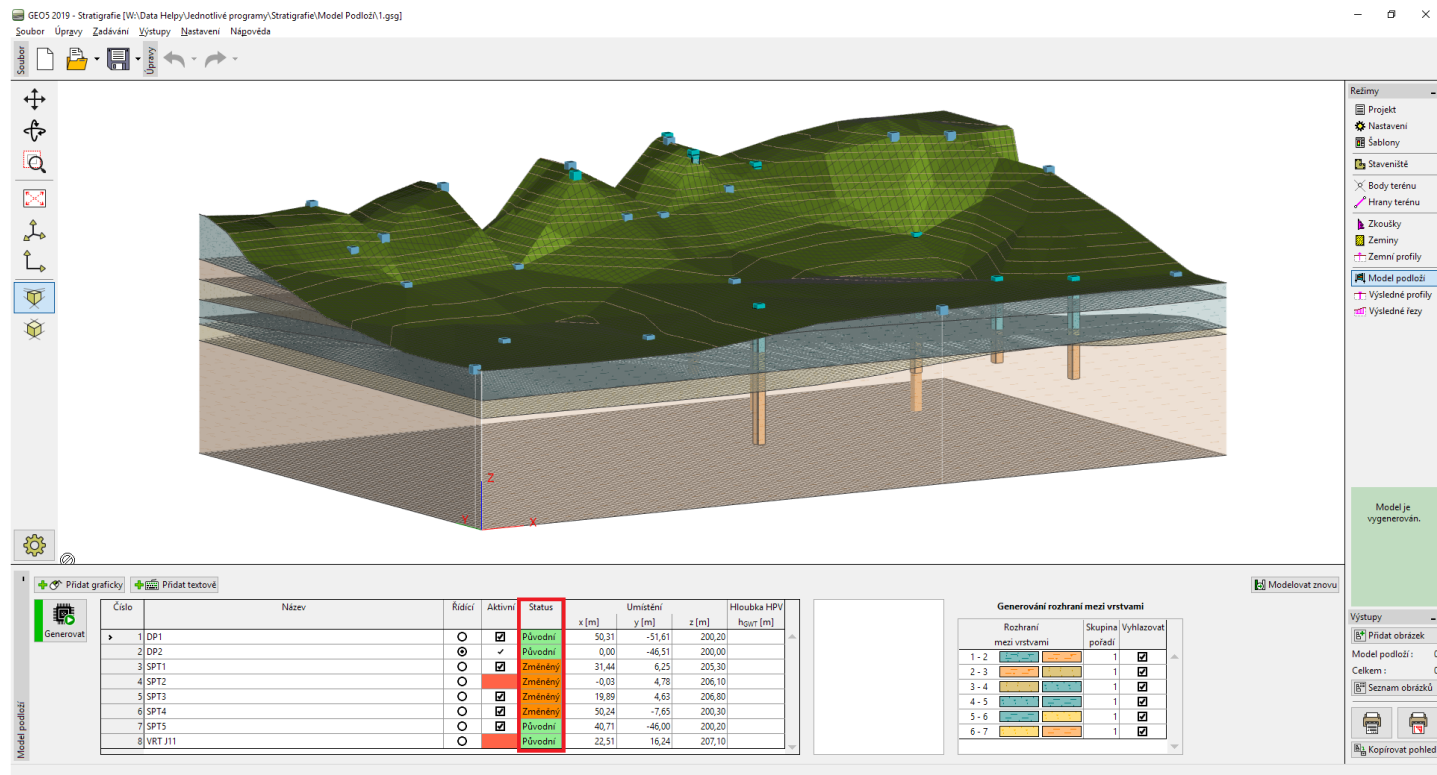


Dialogové okno "Úprava sondy" - kompatibilní sondy

Program také v okně zobrazuje **status sondy** - zda je sonda **původní** (odpovídá plně "Zemnímu profilu") nebo **změněná**. K původnímu profilu zkoušky se můžeme vrátit stisknutím tlačítka **"Převzít zemní profil"**.

Typy sond

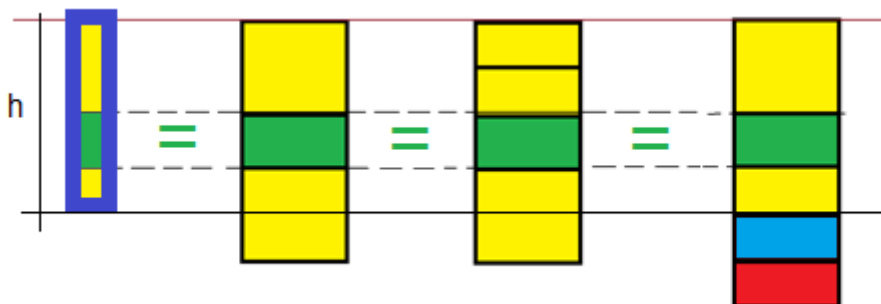
Status sondy určuje vztah mezi původním **"Zemním profilem"** a **"Sondou"**. Tento údaj není pro generaci modelu podloží podstatný, ale umožňuje mít lepší přehled o provedených úpravách modelu.



Rám "Model podloží" - status sondy

Sondy mohou být tří typů:

Původní - daná "Sonda" vznikla ze "Zemního profilu" a odpovídá jejímu geologickému profilu (tj. ve stejné hloubce je vždy stejná zemina). Vrstvy zadane pod celkovou hloubkou "Zemního profilu" typ neovlivňují. Sonda může také obsahovat libovolné množství nulových vrstev kdekoli v profilu – přesto je stále původní.



Změněná – daná Sonda vznikla ze "Zemního profilu", ale geologický profil byl změněn – ať už změnou zeminy nebo změnou mocnosti vrstev.



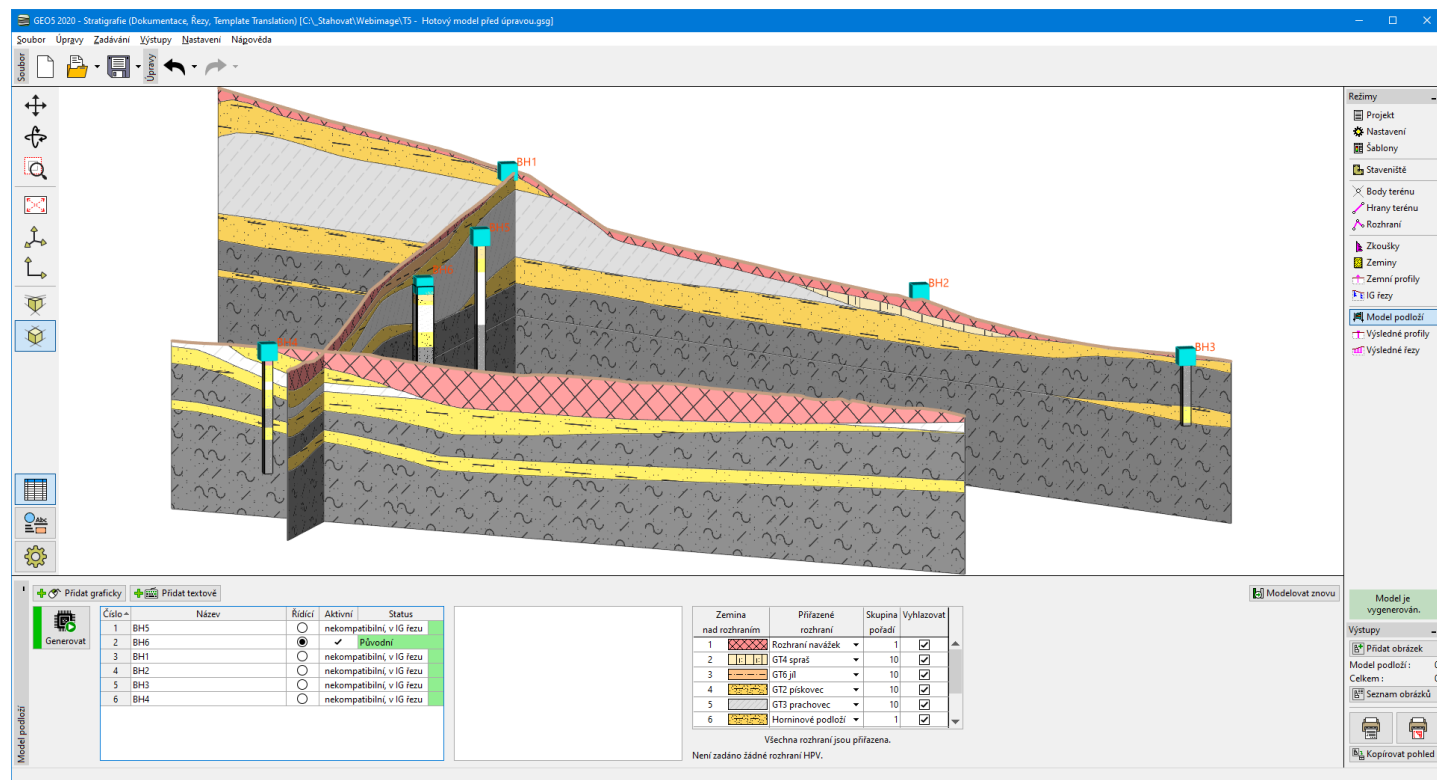
Nová – daná sonda byla vytvořena samostatně, nemá žádný vztah ke zkouškám a zemním profilům. Tuto sondu lze odstranit z modelu.

Finální úpravy modelu pomocí nových sond

Správně vytvořený model podloží odpovídá nejen zadaným IG řezům a Zemním profilům, ale musí celkově splňovat naše představy o vývoji geologických vrstev.

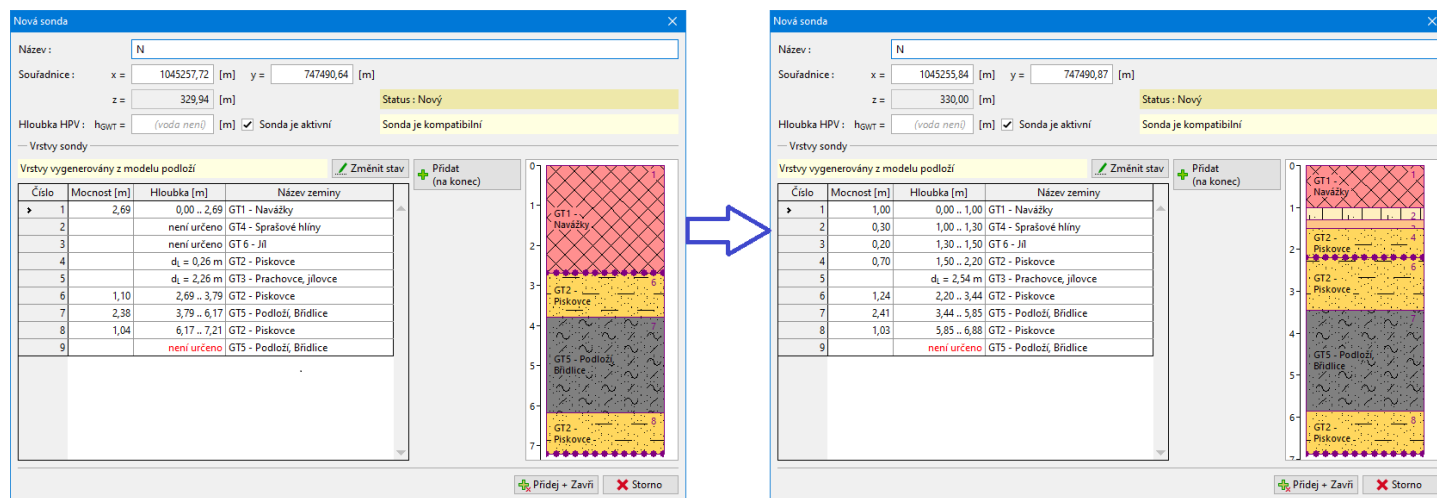
Model nejlépe prověříme vytvořením dostatečného množství **výstupních řezů**, popřípadě zobrazením **boků modelu**.

Úpravy modelu lze nejlépe provádět **zadáním nových sond** do modelu a úpravou **mocností vrstev** v sondě. Na příkladu vidíme příliš tlustou "**Vrstvu navážek**" ve středu modelu.



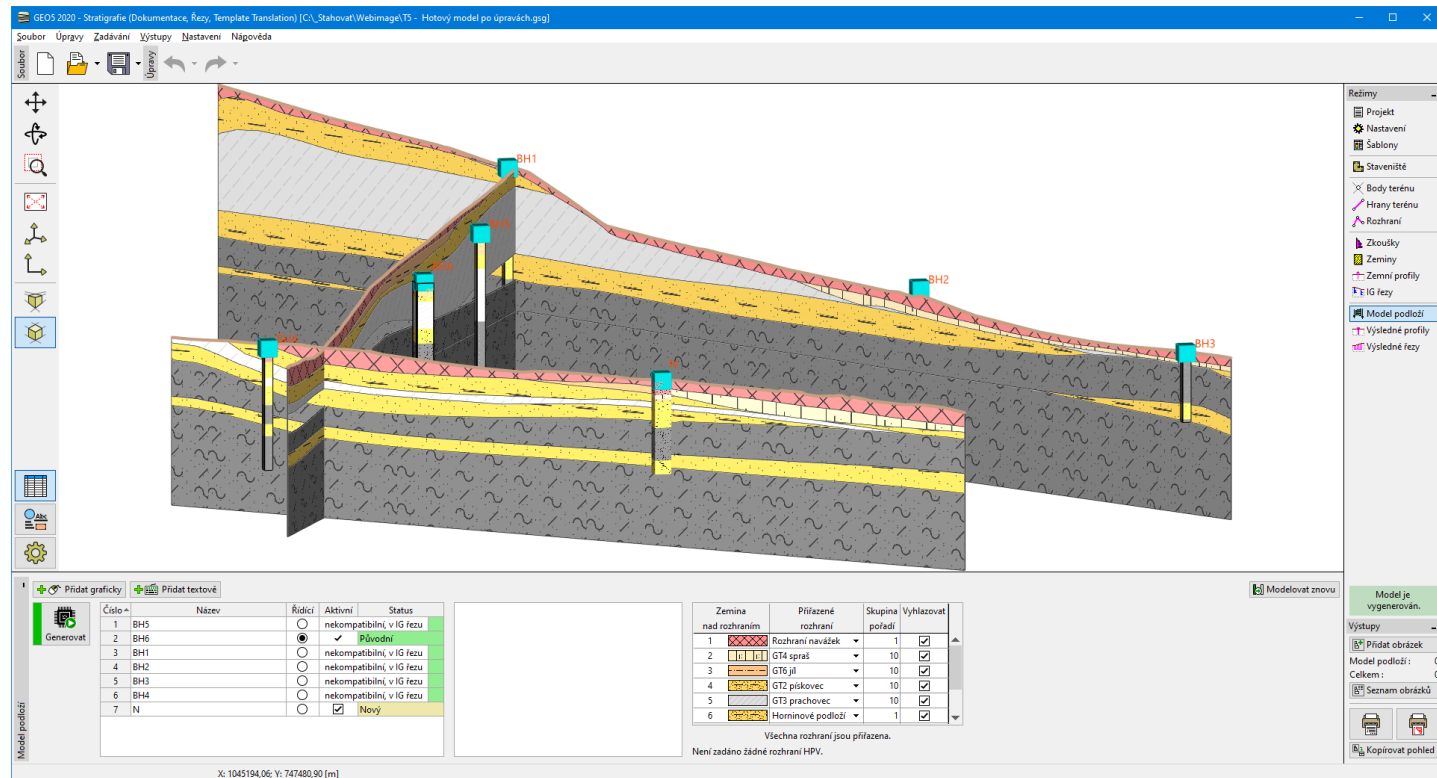
Model před provedením korekce

Zadáme novou sondu a upravíme mocnosti vrstev tak, jak nám připadá správné.



Sonda před a po úpravě

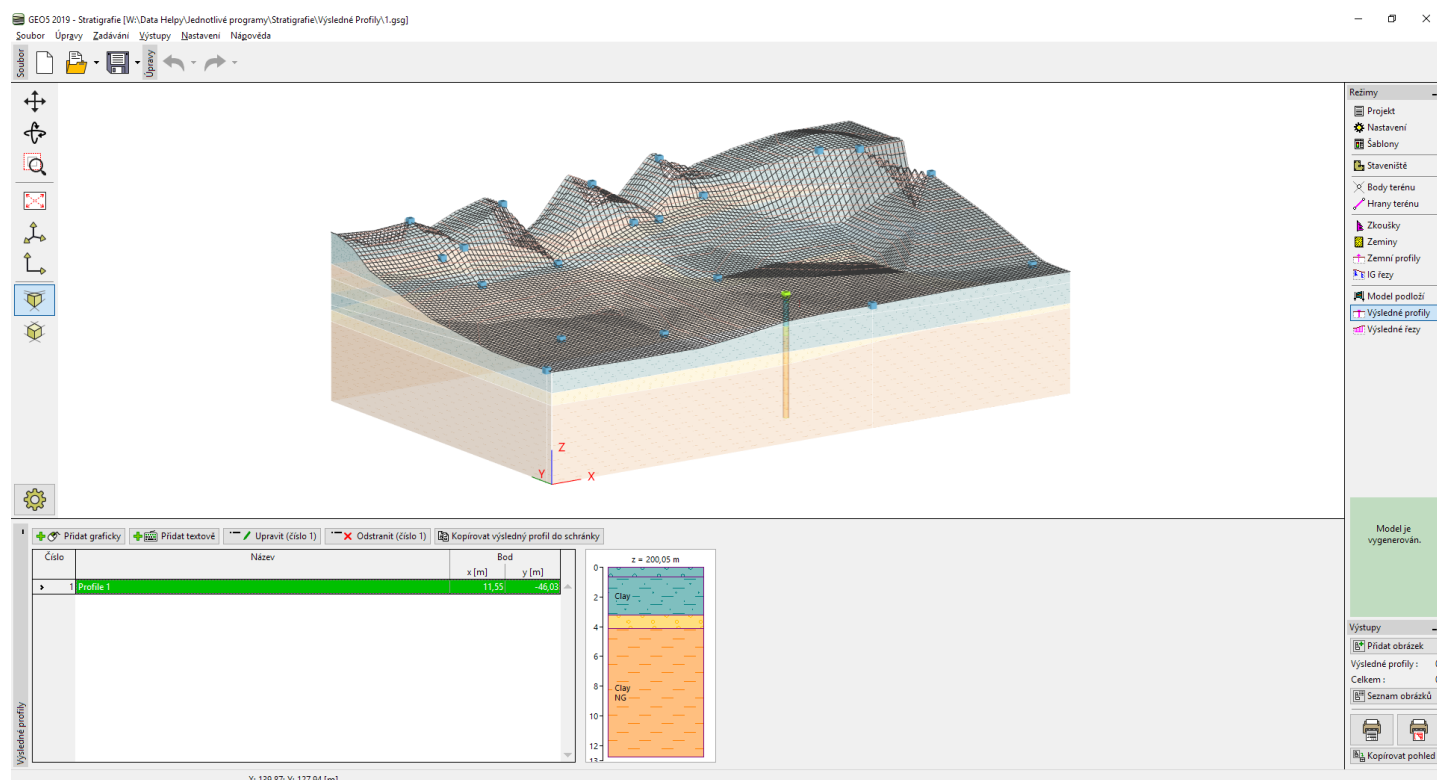
Poté model vygenerujeme a posoudíme správnost úpravy.



Model po úpravě

Výsledné profily

Rám "Výsledné profily" obsahuje tabulku se všemi zadanými výslednými profily. V tabulce je zobrazen název profilu a souřadnice bodu, který definuje profil. Vedle tabulky je vykreslen vybraný výsledný profil.



Rám "Výsledné profily"

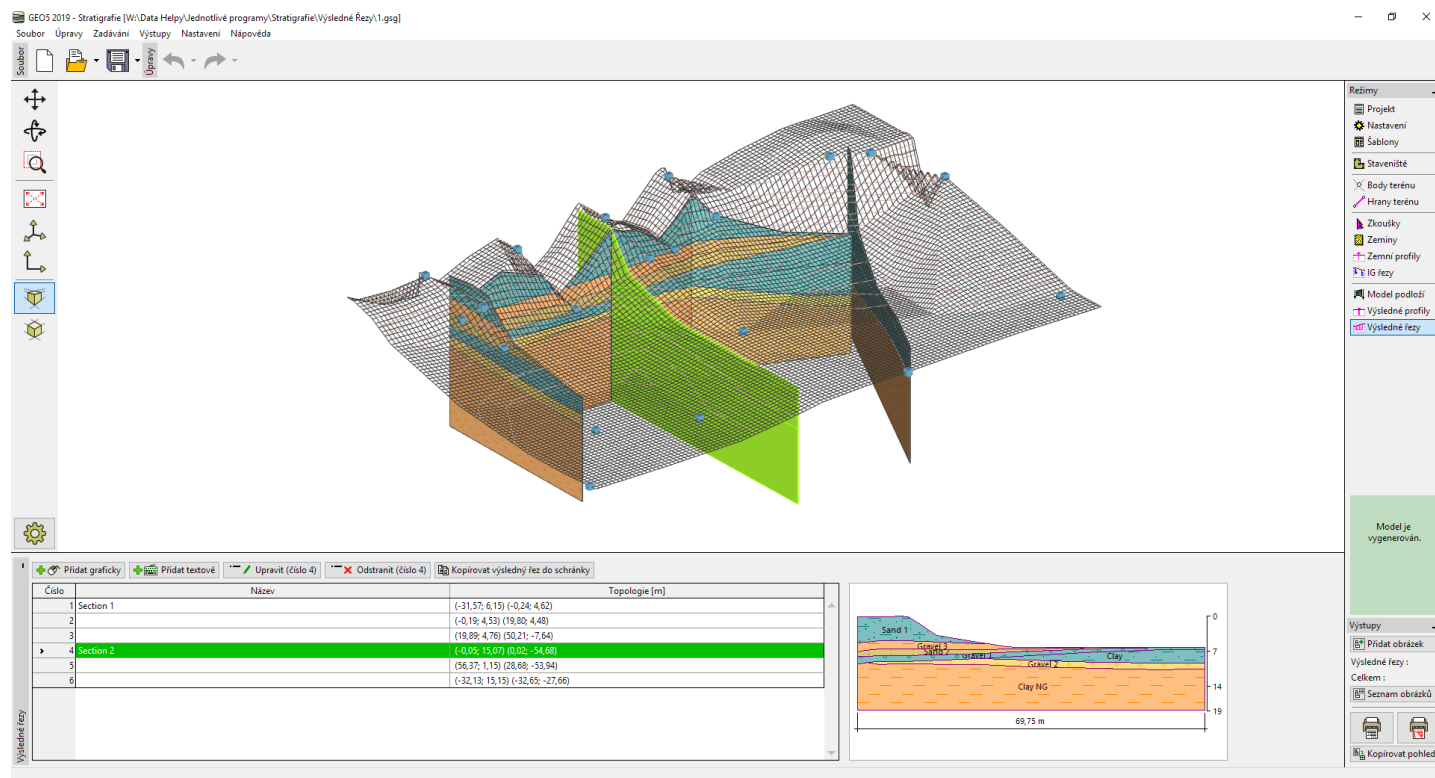
Zobrazení kresby na desktopu lze v jakémkoliv režimu zadávání dat upravovat pomocí nastavení v dialogovém okně "Nastavení kresby" a pomocí tlačítek na nástrojové liště "Ovládání kresby".

Důležitou funkcí programu je využití tlačítka "ZPĚT", které umožňuje se kdykoliv vrátit k původnímu stavu před úpravou.

Program umožňuje kopírovat data profilu do dalších programů GEO5.

Výsledné řezy

Rám "Výsledné Řezy" obsahuje **tabulku** se všemi výslednými řezy. V tabulce je zobrazen **název řezu** a souřadnice bodů, které definují řez. Vedle tabulky je vykresleno schéma řezu.



Rám "Řezy 2D"

Zobrazení kresby na desktopu lze v jakémkoliv režimu zadávání dat upravovat pomocí nastavení v dialogovém okně "Nastavení kreslení" a pomocí tlačítek na nástrojové liště "Ovládání kresby".

Důležitou funkcí programu je využití tlačítka "ZPĚT", které umožňuje se kdykoliv vrátit k původnímu stavu před úpravou.

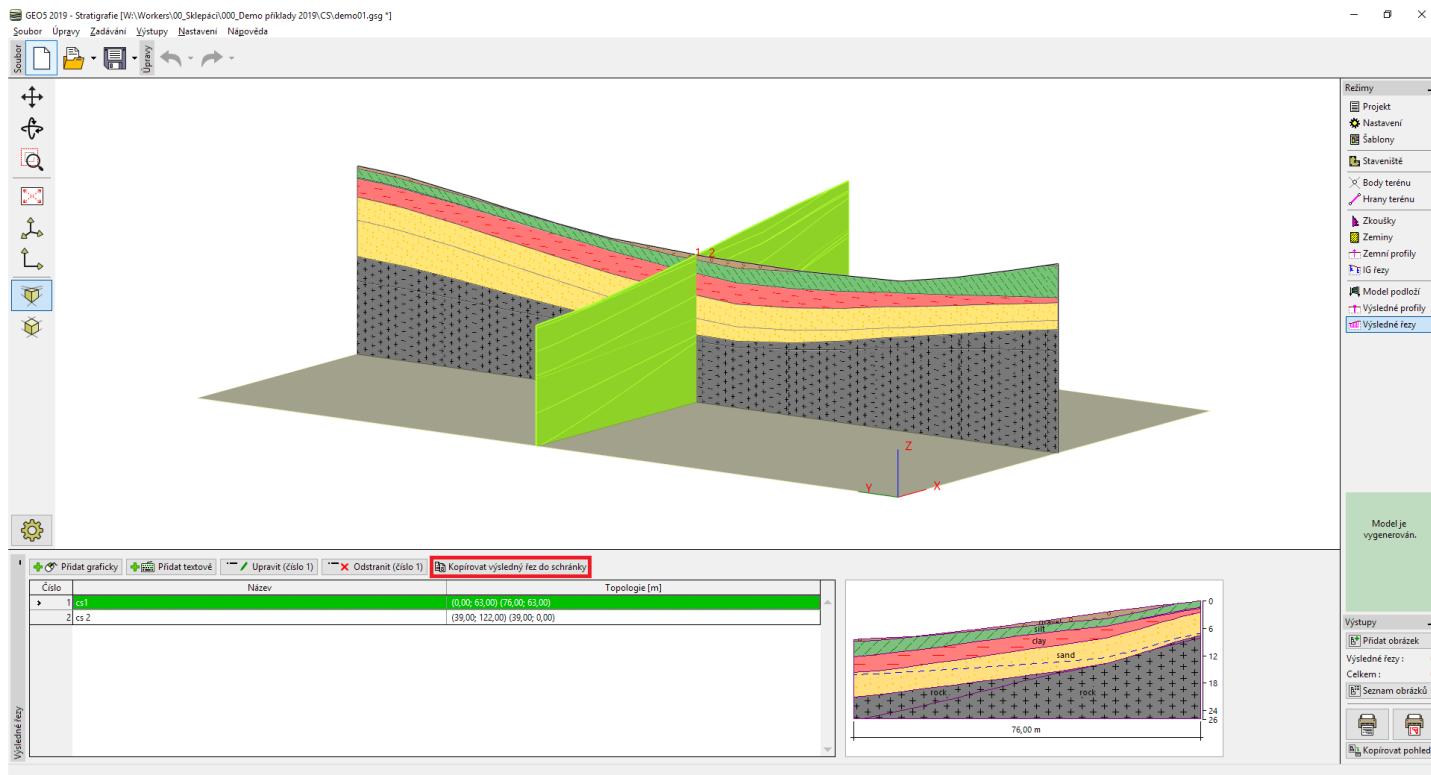
Program umožňuje **kopírovat** data řezu do dalších programů GEO5.

Kopírování dat do ostatních programů GEO5

Program **Stratigrafie** umožňuje kopírování a následné vložení **Výsledných řezů** a **Výsledných profilů** do ostatních programů GEO5.

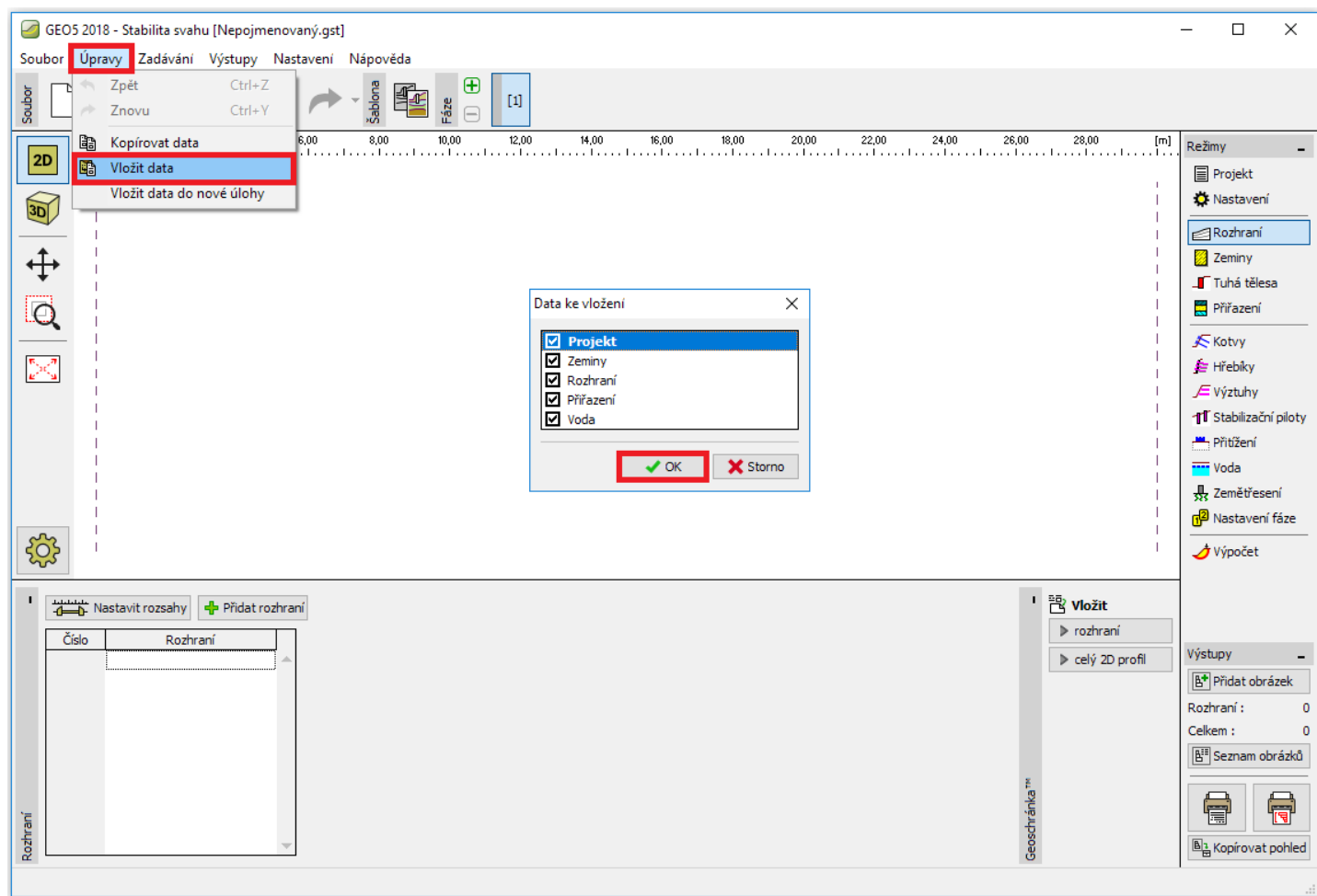
Následující postup ukazuje příklad **zkopírování výsledného řezu** do programu **Stabilita Svahu**. Princip kopírování výsledných profilů, popřípadě výsledných řezů do jiných programů, je však naprosto shodný.

1. V programu **Stratigrafie** si vybereme řez, který chceme zkopírovat, a použijeme tlačítko "Kopírovat výsledný řez do schránky".



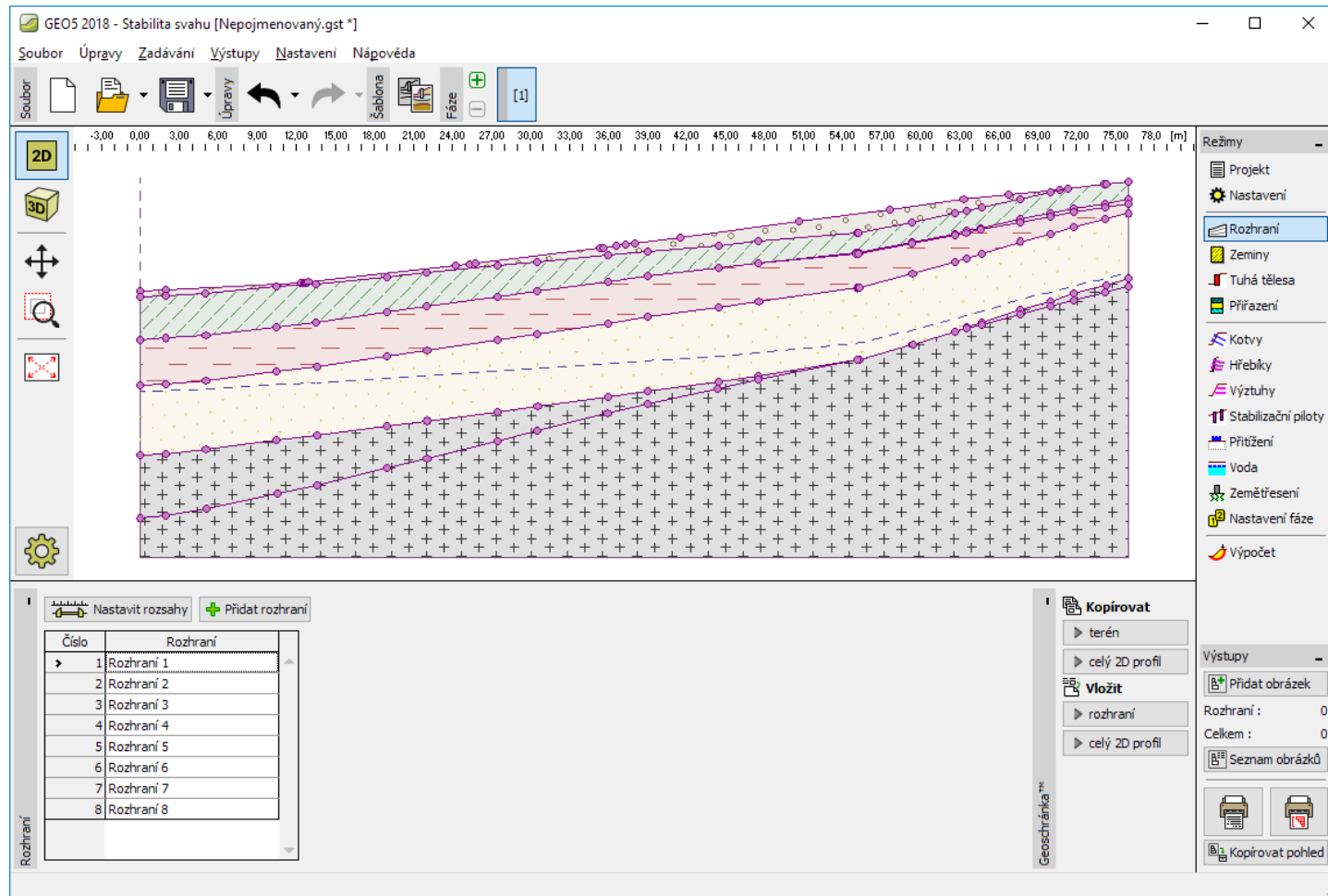
Kopírování řezu v programu Stratigrafie

2. Otevřeme program **Stabilita Svahu** a v horní nástrojové liště zvolíme v nabídce "**Úpravy**" možnost "**Vložit data**". Dále potvrdíme všechna data ke vložení tlačítkem "**OK**".



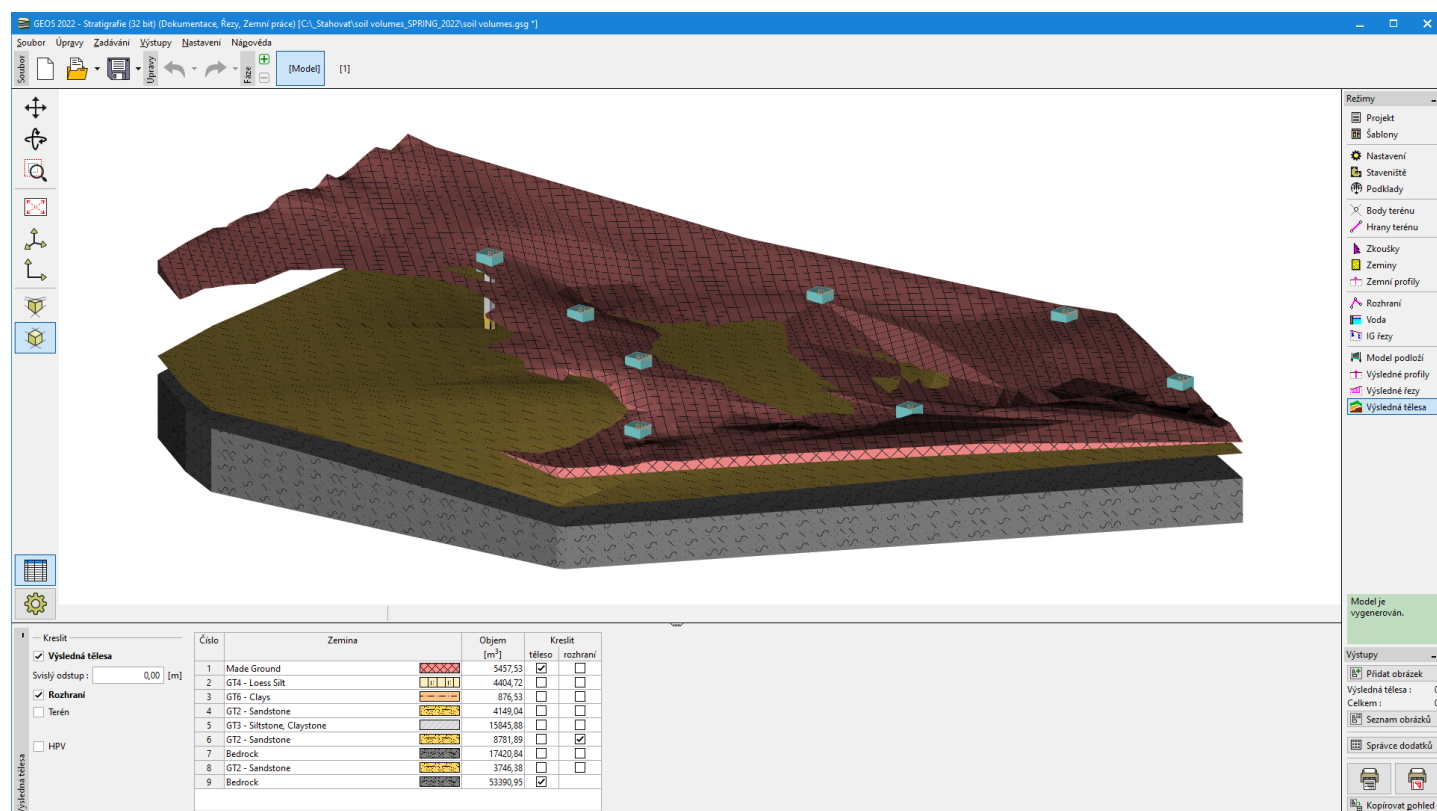
Vložení řezu do programu Stabilita Svahu

Výsledkem uvedeného postupu je zkopírování řezu včetně všech rozhraní a přiřazení zemin.



Výsledná tělesa

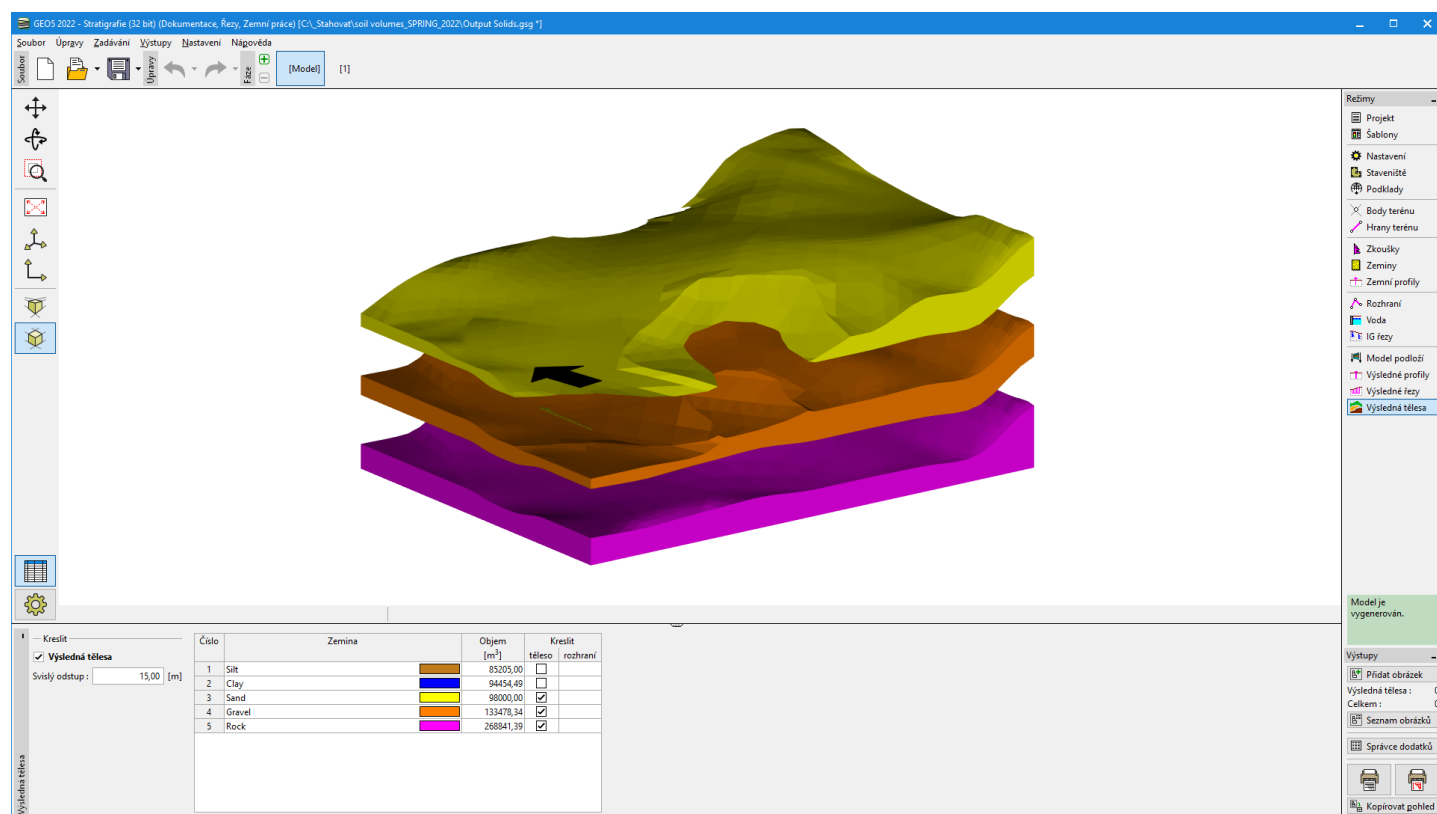
Rám "Výsledná tělesa" obsahuje tabulku se všemi výslednými tělesy a jejich objemy. Na levé straně volíme položky k zobrazení - výsledná tělesa, rozhraní, terén, HPV.



Rám "Tělesa zemin"

V případě těles a rozhraní lze zobrazit jen určité položky - jejich výběr je prováděn zaškrtnutím v tabulce.

Mezi výslednými tělesy lze také zadat **svislý odstup** pro lepší představu o uspořádání jednotlivých vrstev. Při zadání svislého odstupu lze kreslit pouze výsledná tělesa.



Tělesa zemin se svislým odstupem

Zobrazení kresby na desktopu lze v jakémkoliv režimu zadávání dat upravovat pomocí nastavení v dialogovém okně "**Nastavení kreslení**" a pomocí tlačítek na nástrojové liště "**Ovládání kresby**".

Důležitou funkcí programu je využití tlačítka "**ZPĚT**", které umožňuje se kdykoliv vrátit k **původnímu stavu před úpravou**.

Fáze budování - zemní práce

Modul "**Zemní práce**" je určen k postupnému **modelování terénních změn** a **výpočtu kubatur** zemních prací. Zemní práce se modelují postupně v jednotlivých **fázích budování**.

- Zadávání dat v jednotlivých rámech **ve fázích budování**:

Nastavení fáze Externí objekty Body terénu Hrany terénu Zemní úpravy Voda
 Výpočet kubatur Výsledné profily Výsledné řezy

Rámy **Body terénu**, **Hrany terénu**, **Voda**, **Výsledné profily**, **Výsledné řezy** mají stejnou funkčnost jako při tvorbě Modelu podloží.

Nastavení fáze

V rámu "**Nastavení fáze**" se určuje "**Způsob zadání terénu**" v dané fázi. K dispozici jsou dva způsoby.

Zadávání nového terénu "body a hranami terénu"

Nový terén je v tomto případě definován pomocí bodů a hran, nezávisle na předchozí fázi nebo modelu podloží - stejné zůstávají pouze rozměry **staveniště**. Tento postup je vhodný pokud máme k dispozici geodetické měření v daném čase.

Při zadání bodů se terén vždy automaticky vygeneruje.

Důležitou volbou je **režim úpravy terénu**. Terén lze:

- **nasypat a vyhloubit** oproti původnímu terénu - je vhodné například při sledování svahových pohybů, modelování násypů, navážek
- **pouze nasypat** - v tomto případě vyplníme zeminou prostor mezi nově vzniklým terénem a původním terénem. Výhodou je, že nový terén lze jednoduše namodelovat i zadáním jediného bodu.
- **pouze vyhloubit** - v tomto případě ořízneme novým terénem původní terén. Výhodou je, že nový terén lze jednoduše namodelovat i zadáním jediného bodu.

V tomto rámu se volí také vyhlazení terénu dané fáze. Máme-li podrobně zaměřený celý terén, je výhodnější **terén vyhladit**. U terénů které ořezávají pouze terén nebo tvoří těleso náspu je výhodné **terén nevyhlazovat**.

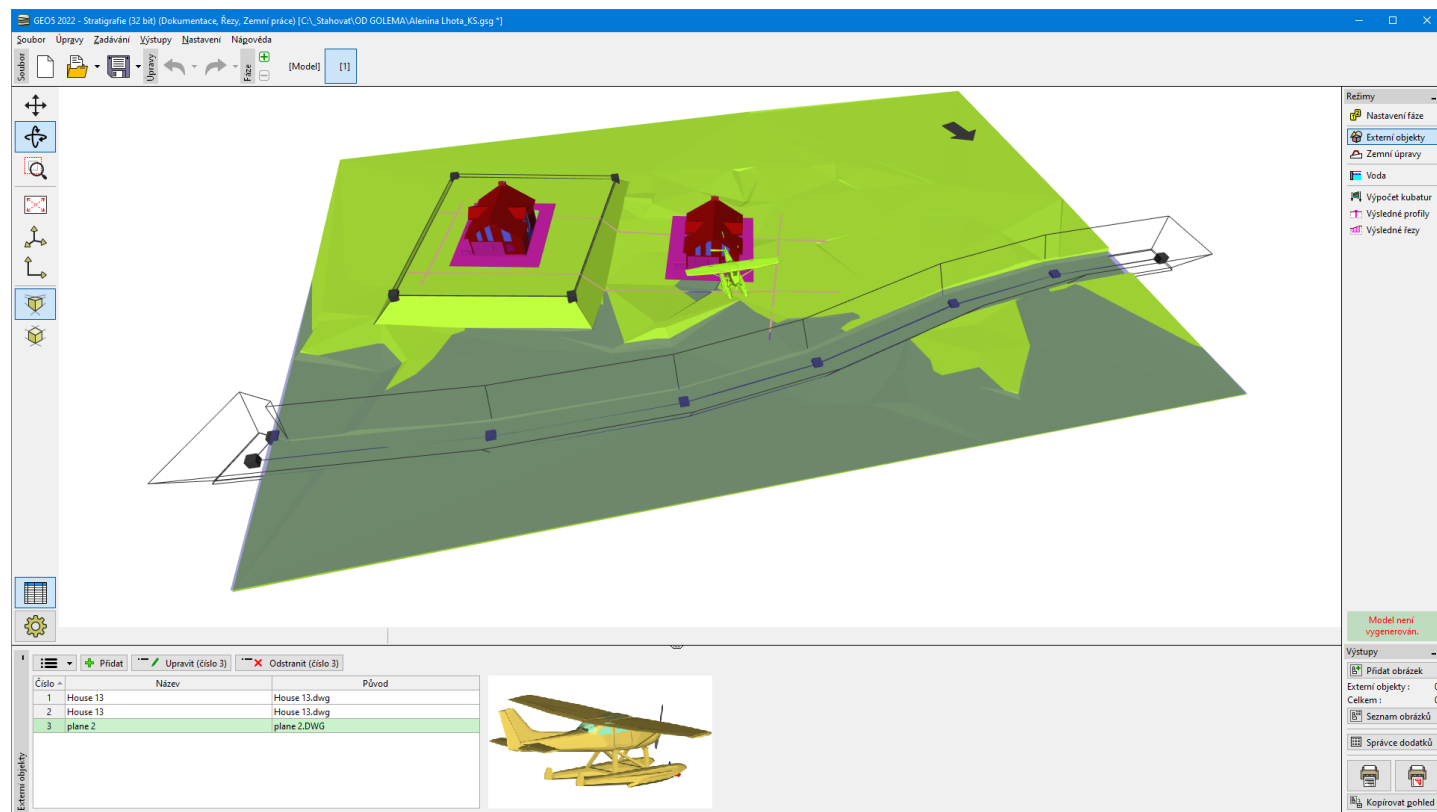
Zadávání nového terénu "pomocí zemních úprav" na stávajícím terénu z předchozí fáze.

V tomto případě změnu terénu provádíme pomocí **zemních úprav**.

Externí objekty

Rám **"Externí objekty"** obsahuje **tabulku** se seznamem **importovaných** externích objektů. V tabulce je zobrazen **název** **externího objektu** a jeho **původ** - vedle tabulky je vykreslen vybraný objekt.

Stiskneme tlačítko **"Přidat"** a pomocí tlačítka **"Import ze souboru"** otevřeme dialogové okno **"Import ze souboru"**.



Rám "Externí objekty"

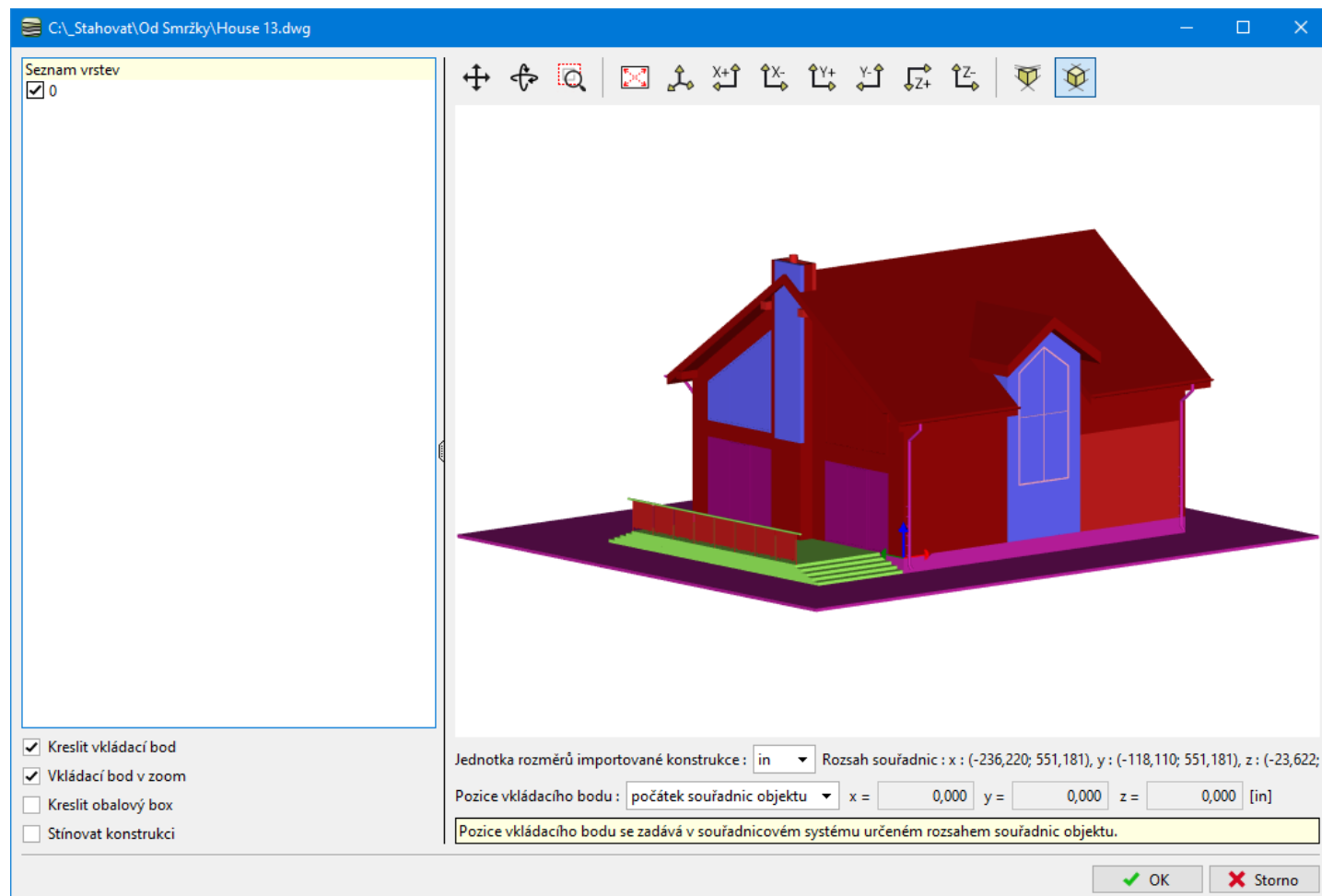
Import externího objektu

Import objektu se provádí pomocí tlačítka "**Import ze souboru**". Po stisknutí tlačítka se otevře standardní dialogové okno, ve kterém vybereme název a formát importovaného objektu. Soubor lze importovat ve formátu CAD (*.dwg, *.dxf) nebo Fine Rendering Data (*.frd).

V dialogovém okně lze **zapnout/vypnout jednotlivé vrstvy** importovaného objektu, určit **jednotku rozměrů** objektu (**mm**, **m**, **ft** ...) a **pozici vkládacího bodu**.

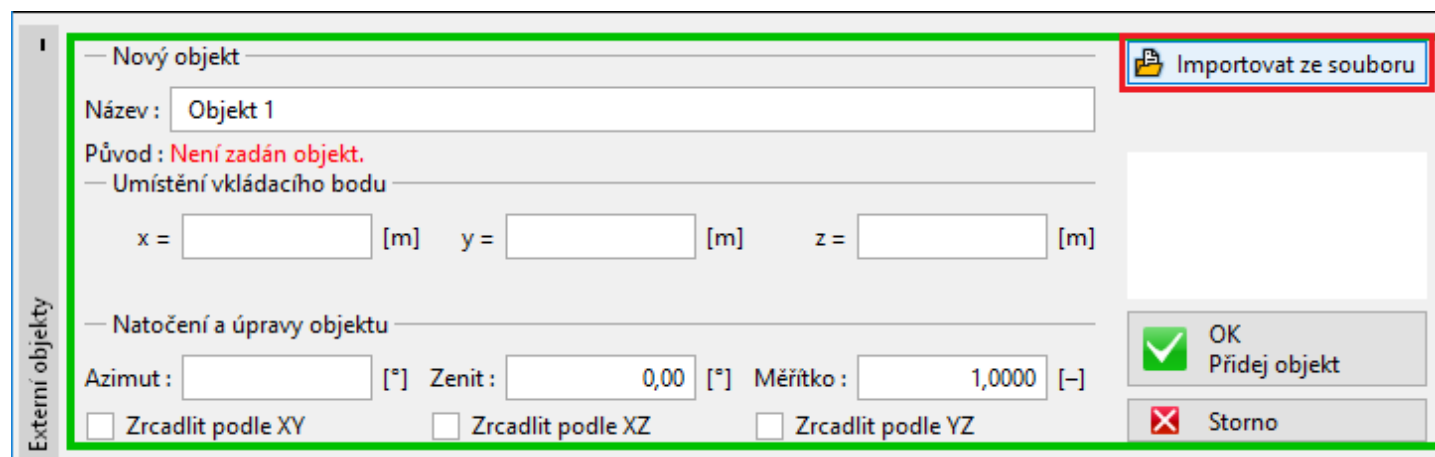
Objekt je vložen do dat dvěma způsoby:

- pokud souřadnicový systém objektu **odpovídá souřadnicovému systému** úlohy, je objekt vložen na správné souřadnice
- pokud je objekt zcela mimo, program **dopočte pozici vkládacího bodu** tak, aby objekt byl přibližně uprostřed úlohy.



Dialogové okno pro zadání parametrů importu

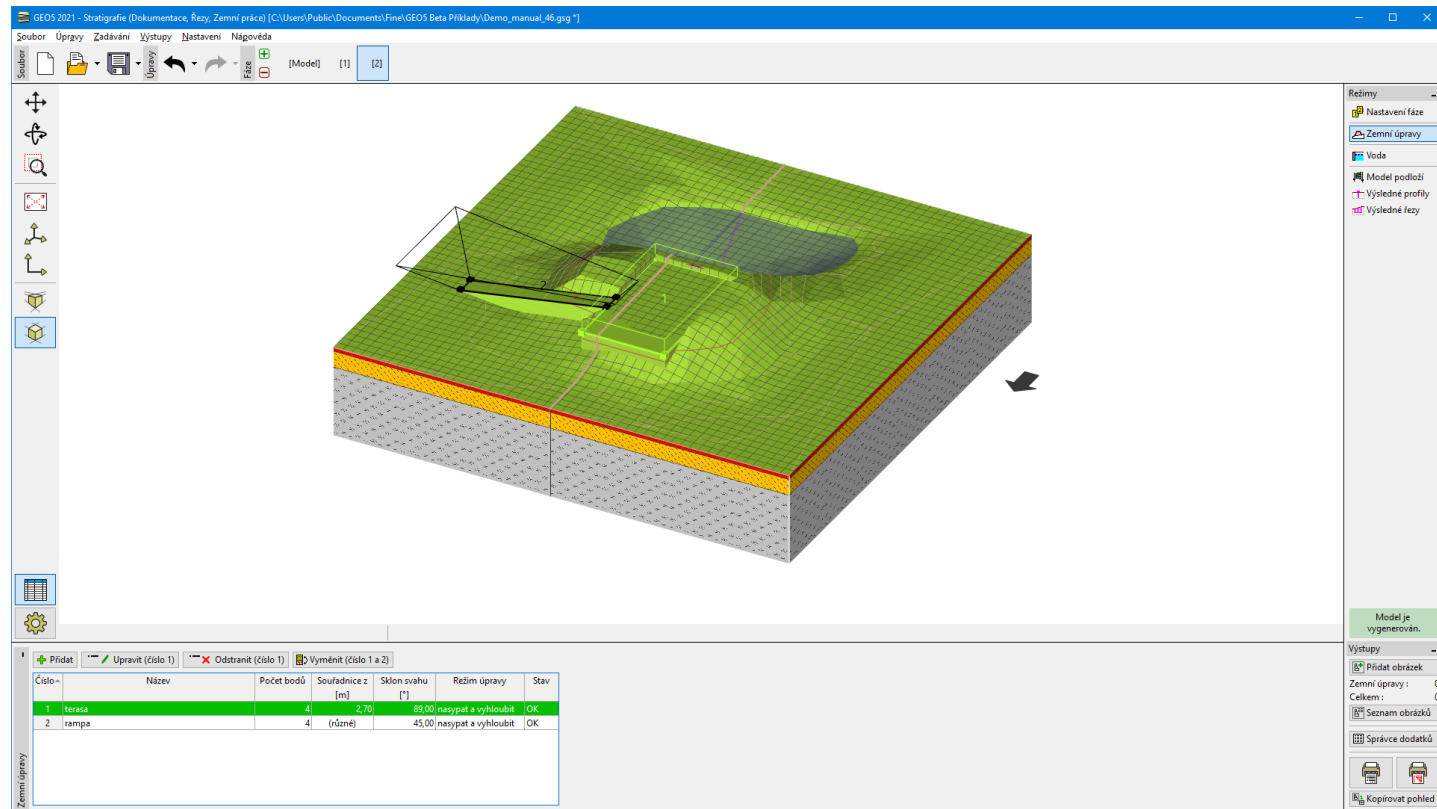
Objekt můžeme posouvat změnou souřadnic **vkládacího bodu**, případně jej **natáčet** či **zrcadlit**.



Změna umístění objektu

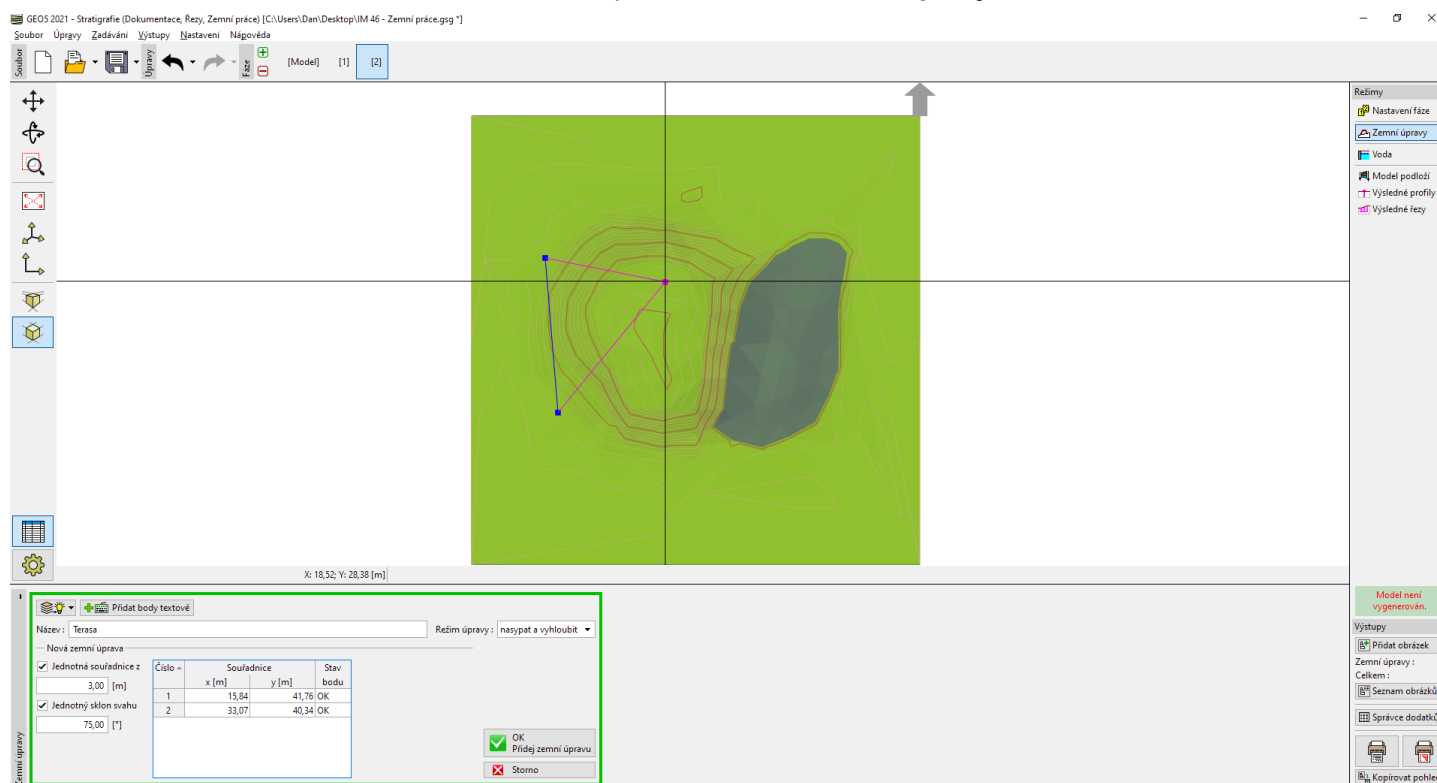
Zemní úpravy

V tomto rámu lze přidávat, upravovat či odstraňovat **zemní úpravy**. Zemní úpravy lze definovat plošné (např. základové desky, patky) nebo **liniové** (např. silnice, železnice).



Rám "Zemní úpravy"

Po stisknutí tlačítka "Přidat" se vzhled rámu změní pro **zadáání nové zemní úpravy**:



Zadáání nové zemní úpravy

Pro každou zemní úpravu je nejprve **nutné definovat její půdorys** - to se provádí graficky pomocí myši, popř. lze body zadat textově.

Důležitou volbou je "**Režim úpravy**", určující způsob úpravy původního terénu.

Všechny body zemní úpravy mohou mít **jednotnou výšku (souřadnici z)** a **jednotný sklon svahu**, který bude využit k jejímu dosažení od původního terénu. Pokud vypneme jednotné zadání, lze souřadnici z a sklon zadat pro každý bod zvlášť - o tyto údaje se také rozšíří tabulka jednotlivých bodů.

Úprava zemní úpravy

☐ Jednotná souřadnice z

☐ Jednotný sklon svahu


Číslo	Souřadnice		z [m]	Sklon svahu [°]	Stav bodu
	x [m]	y [m]			
1	19,00	40,00	3,00	75,00	OK
2	19,00	25,00	3,00	75,00	OK
3	28,00	25,00	4,00	80,00	OK
4	28,00	40,00	4,00	80,00	OK

Nejednotné zadání souřadnice "z" a sklonu svahu

Poznámka: Pokud chceme zadat svislý okraj zemní úpravy, je nutné zadat sklon svahu 89° (90° svah zadat nelze).

Speciální možností je **svislý posun** celé zemní úpravy - to lze z výhodou využít např. u dopravních staveb, kdy se snažíme minimalizovat rozdíl mezi množstvím nasypané a vyhloubené zeminy. Spočtené kubatury vytěžených a nasypaných zemín se zobrazí v rámu "Výpočet kubatur".

1

 Přidat body textově

Exportovat tabulku

Režim úpravy : nasypat a vyhloubit

☐ Jednotná souřadnice z

☐ Jednotný sklon svahu

Svislý posun

Číslo	x [m]	y [m]	z [m]	Sklon svahu [°]	Stav bodu
1	19,00	40,00	3,00	75,00	OK
2	19,00	25,00	3,00	75,00	OK
3	28,00	25,00	4,00	80,00	OK
4	28,00	40,00	4,00	80,00	OK

OK Uprav zemní úpravu

Storno

Svislý posun

Svislý posun : 1,50 [m]

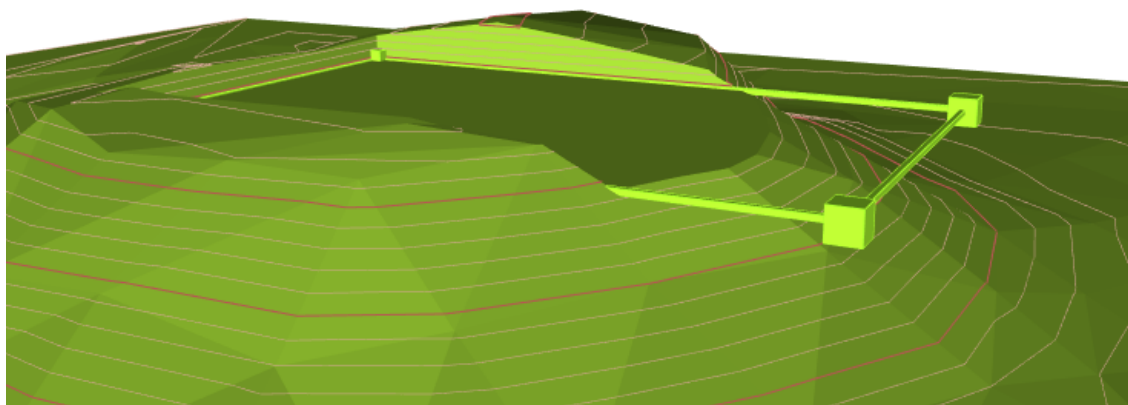
OK Storno

Svislý posun zemní úpravy

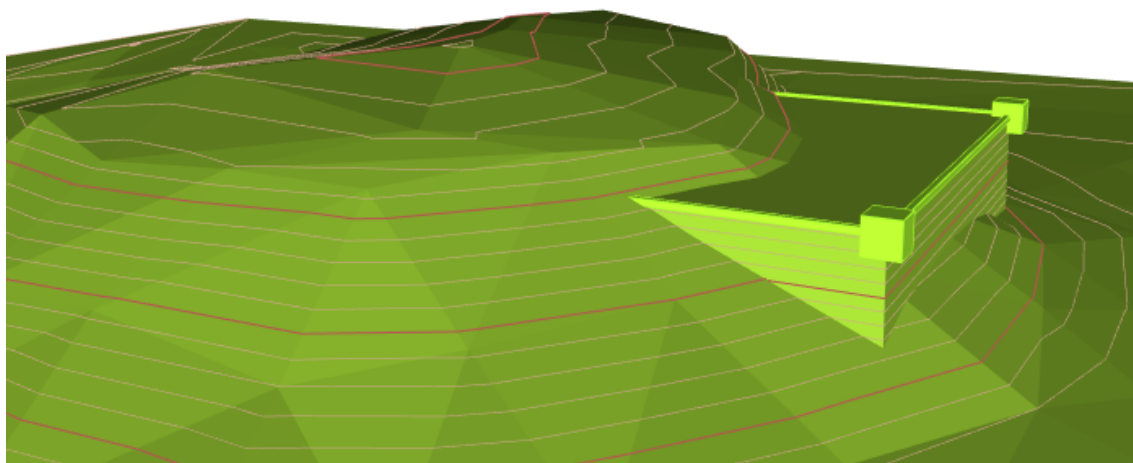
Režim úpravy terénu

Volba "**Režim úpravy**" určuje, zda k dosažení nového terénu dojde **nasypáním** nové zeminy, **vyhloubením** stávající zeminy, popř. **kombinací obou** režimů.

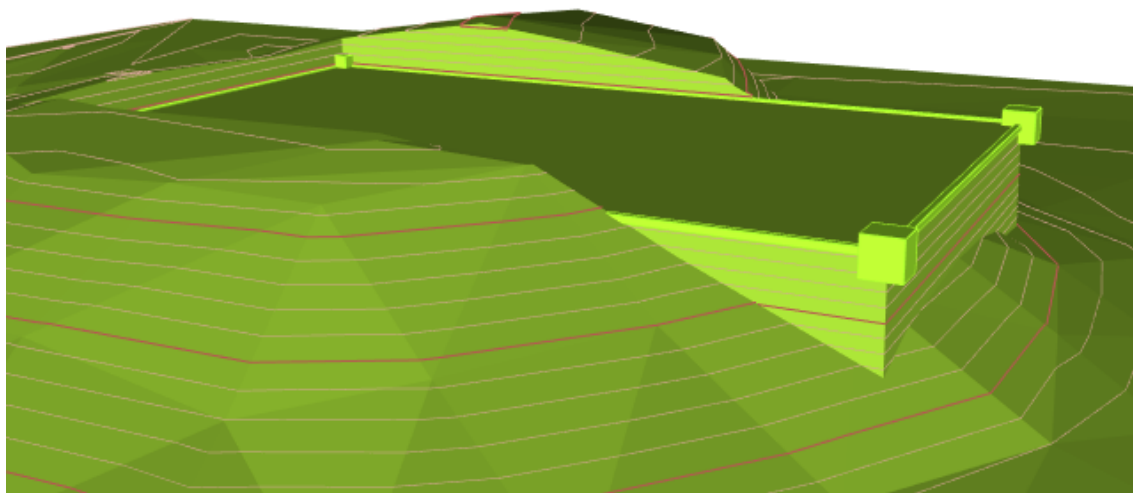
Použití je zřejmé z příkladu níže - ve všech případech se jedná o půdorysně stejnou zemní úpravu.



Režim úpravy "Pouze vyhloubit"



Režim úpravy "Pouze nasypat"



Režim úpravy "Nasypat a vyhloubit"

Liniová zemní úprava

Liniová zemní úprava je úprava definovaná její osou, kterou zadáváme pomocí bodů o souřadnicích (x , y).

Pro každý úsek se dále zadává souřadnice z , šířka liniové stavby a sklon svahu. V případě, že jsou některé z těchto parametrů shodné ve všech bodech, lze je zadat hromadně. Např. zaškrtneme volbu "**Jednotná souřadnice z** " - v tomto případě budou mít všechny body stavby shodnou nadmořskou výšku. Obdobně lze postupovat v případě sklonu svahů zemní úpravy a šířky stavby.

Název : siklnice Typ : lineární Režim úpravy : nasypat a vyhloubit

Úprava zemní úpravy

☐ Jednotná souřadnice z

☐ Jednotný sklon svahu

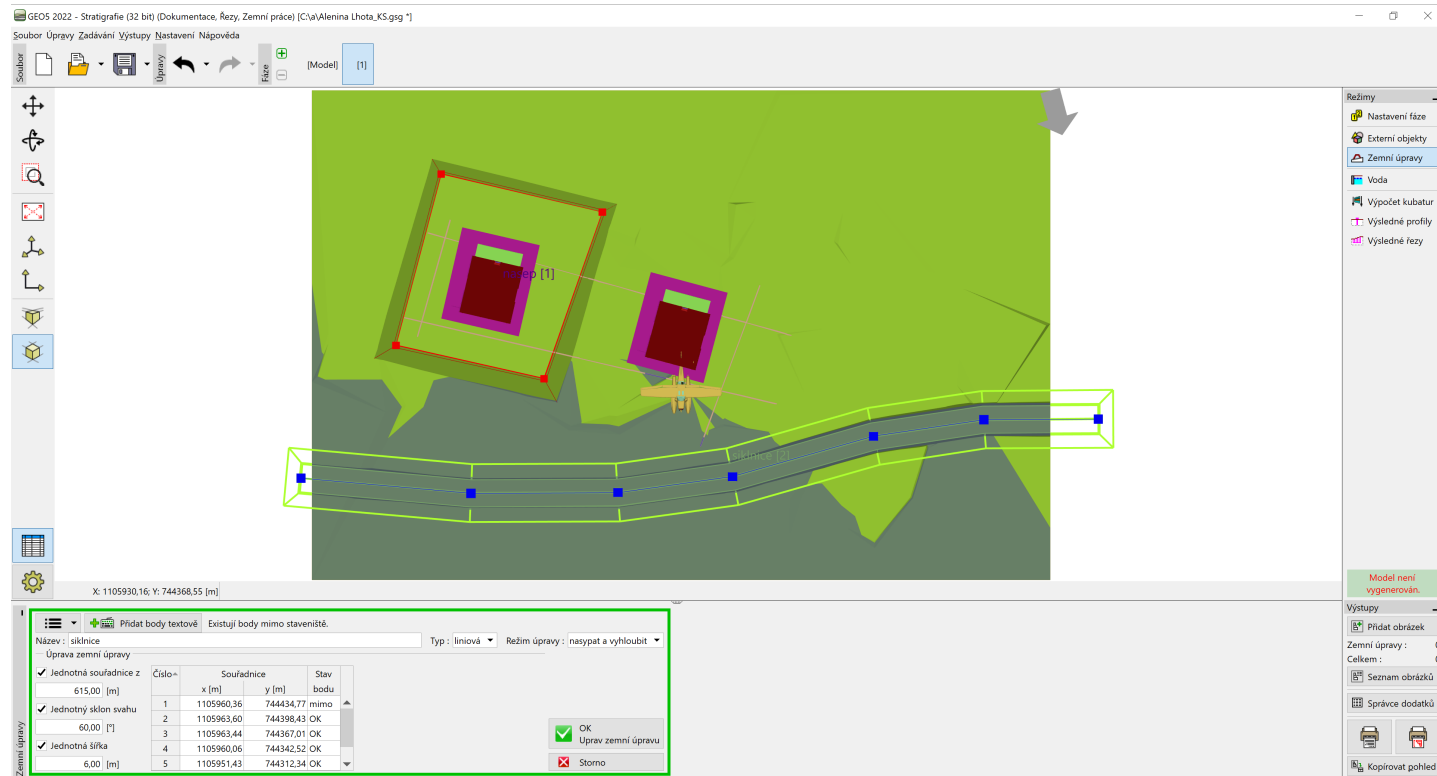
☐ Jednotná šířka

Číslo	x [m]	Souřadnice y [m]	z [m]	Sklon svahu [°]	Šířka [m]	Stav bodu
1	1105956,36	744432,46	615,00	60,00	6,00	mimo
2	1105960,36	744434,77	615,00	60,00	6,00	mimo
3	1105963,60	744398,43	615,00	60,00	10,00	OK
4	1105963,44	744367,01	615,00	60,00	6,00	OK
5	1105960,06	744342,52	615,00	60,00	6,00	OK

OK Uprav zemní úpravu

Storno

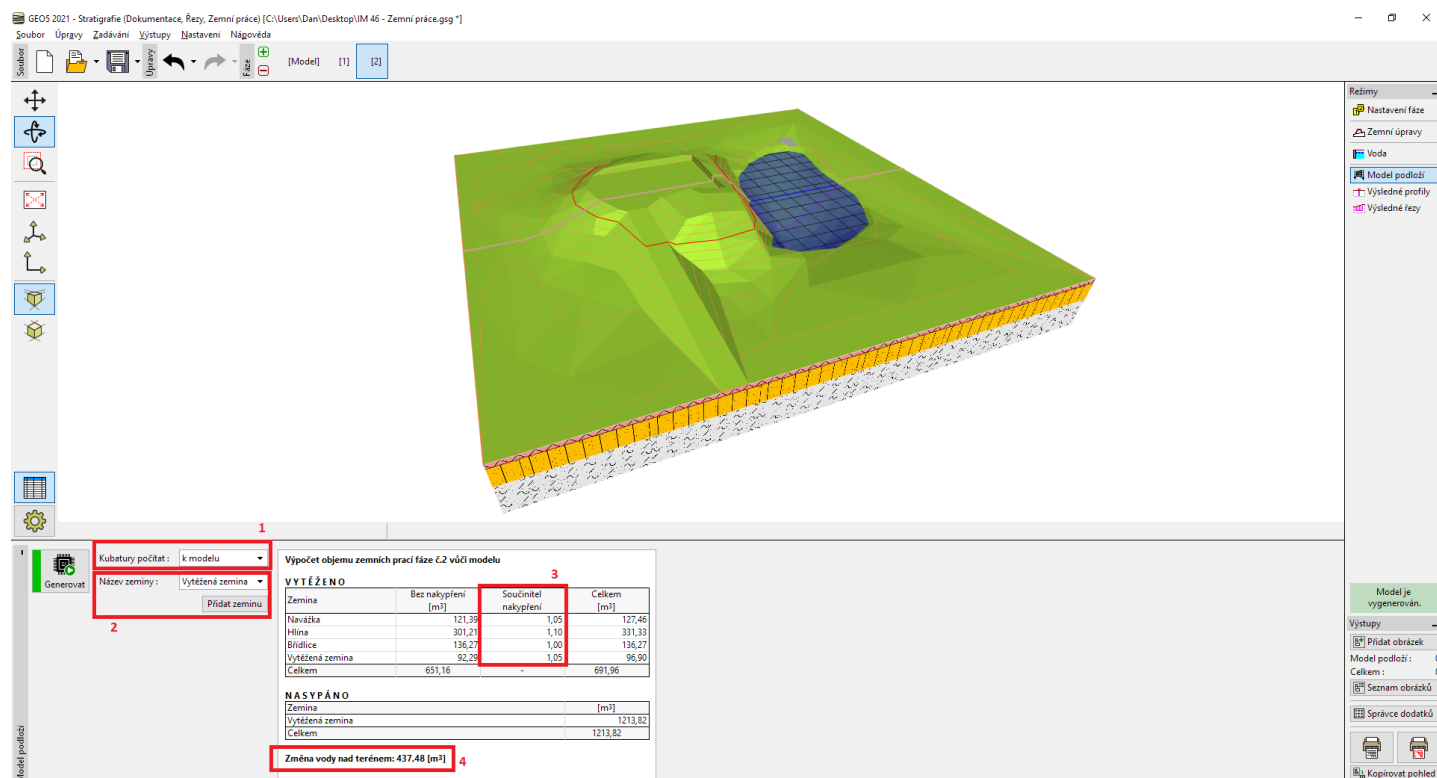
Zadání úseků liniové zemní úpravy



Liniová zemní úprava

Výpočet kubatur

V tomto rámu program umožňuje vypočítat **objem nasypané a vytěžené zeminy**.



Rám "Výpočet kubatur"

Výpočet kubatur může být proveden vůči **předchozí fázi** nebo **počátečnímu modelu (1)**.

Dále je možné zvolit **zeminu, která bude použita k zasypání (2)** - vybírá se ze seznamu již zadaných zemin, popř. ji lze zadat nově přímo v tomto rámu pomocí tlačítka **"Přidat zeminu"**.

Objem vytěžených zemin závisí na **součiniteli nakypření (3)** - definuje se pro každou zeminu zvlášť v rámu **"Zeminy"**.

Kromě kubatur vytěžených a nasypaných zemin lze program také využít pro výpočet **změny objemu vody nad terénem (4)**.

Program MKP

Program MKP (a moduly **Konsolidace**, **Proudění**, **Tunel**, **Zemětřesení**) je určen k modelování řady geotechnických úloh jako například:

- sedání terénu, resp. konsolidace
- pažící konstrukce
- kotvené opěrné konstrukce
- stabilita svahu
- nosníky na podloží
- výpočty výrubů, tunelů
- výpočet proudění aj.

Nápověda k programu "MKP" zahrnuje mimo jiné následující oblasti:

- Zadávání dat v jednotlivých rámech:

Topologie: Typy kontaktů	Projekt Ostění	Nastavení Volné body	Rozhraní Volné linie	Zeminy Zahuštění bodů	Tuhá tělesa Zahuštění linií	Přiřazení Volná zahuštění
Generování sítě						

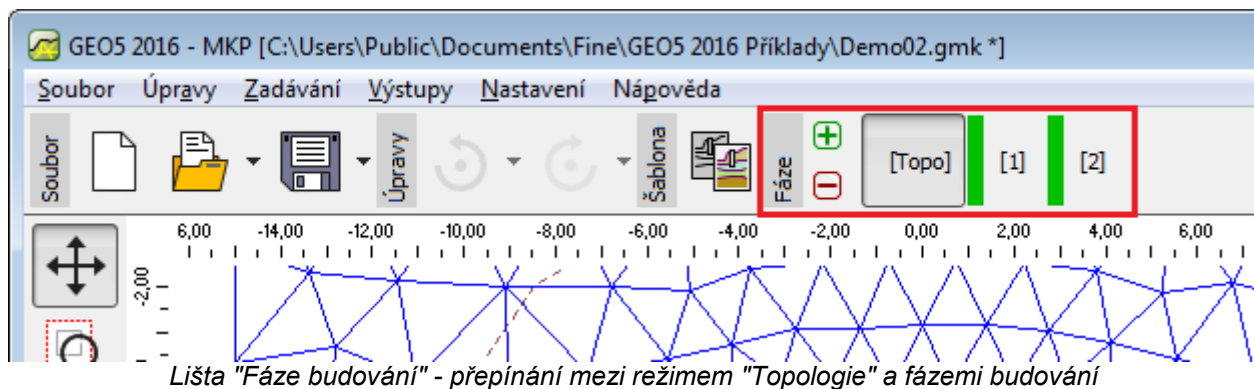
Fáze budování: Kontakty a nosníky Rozpěry	Exkavace Bodové podpory Geovýztuhy	Aktivace Bodové proudění Přetížení	Přiřazení Liniové podpory Pružné oblasti	Ostění Liniové proudění Zatížení nosníků	Nosníky Kotvy Voda	Kontakty Hřebíky Výpočet
Monitory	Grafy	Stabilita	Zemětřesení			

- Informace k **výstupům**
- Obecné informace pro práci v **uživatelském prostředí** programů GEO5
- **Společné zadávání** pro všechny programy

Topologie

Zadávání v programu GEO MKP se odlišuje od ostatních programů GEO5 nutností nejprve definovat **topologii konstrukce**. Nejprve je nutné zadat rozhraní vrstev zemín, linie staveb, parametry zemín a kontaktů a vygenerovat síť konečných prvků. Pro správné zadávání je vhodné se seznámit se zavedenými **souřadnými systémy**.

Režim zadávání topologie se volí stisknutím tlačítka na vodorovné liště "Fáze budování".



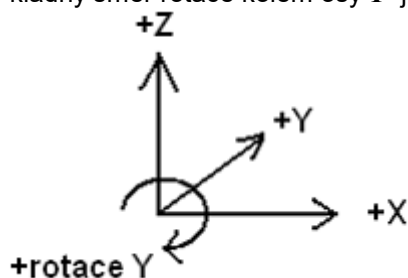
Vlastní výpočty se provádějí ve **fázích budování**, ve kterých můžeme definovat aktivitu částí konstrukce, zadávat nosníky, kotvy, přetížení, modelovat vliv vody a další.

Podle zvoleného módu se také mění **svislá ovládací lišta** programu.

Souřadné systémy

Globální souřadný systém

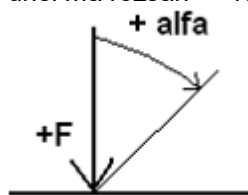
- je pravotočivý
- kladná osa X jde zleva doprava
- kladná osa Z jde zdola nahoru
- kladná osa Y se "zapichuje" do roviny XZ
- kladný směr rotace kolem osy Y je ve směru otáčení hodinových ručiček



- GSS se uplatní pro souřadnice
- obecně by se dalo říci, že kladné zatížení působí proti kladné ose, kladná rotace je v kladném smyslu globální rotace
- všude je třeba prostudovat specifikace kladného směru

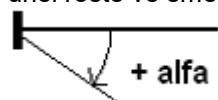
Přetížení

- je vždy na vodorovnou linii (nebo v bodě)
- zadává se počátek (bod) a délka
- kladné přetížení pod nulovým úhlem působí proti směru osy Z
- nulový úhel znamená svislé přetížení
- úhel roste ve směru otáčení hodinových ručiček
- úhel má rozsah $< -180^\circ, 180^\circ >$



Kotvy

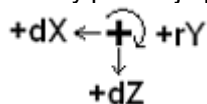
- kotva se mimo jiné zadává počátkem a úhlem
- nulový úhel je ve směru osy X
- úhel roste ve směru otáčení hodinových ručiček



- úhel má rozsah $< -180^\circ, 180^\circ >$

Poklesy a natočení podpor

- poklesy se zadávají ve směru os X , Z a okolo osy Y
- kladný pokles je proti směru osy

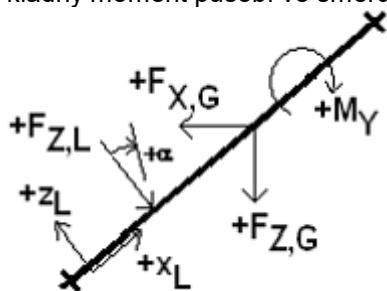


- kladné natočení je ve směru otáčení hodinových ručiček

Zatížení nosníků

- lokální souřadný systém je pravotočivý
- osa X_L nosníku jde od počátku nosníku k jeho konci
- osa Z_L nosníku je na ni kolmá, natočena o 90° proti směru hodinových ručiček
- zatížení může být ve třech směrech:
 - globální Z
 - globální X
 - lokální kolmo (Z)
- kladné zatížení v globálním směru působí proti příslušné ose

- kladné zatížení v kolmém směru působí proti směru osy Z_L
- úhel zatížení α je kladný po směru hodinových ručiček
- kladný moment působí ve směru otáčení hodinových ručiček



- umístění zatížení v ose X_L
 - souřadnice, souřadnice počátku
 - délka zatížení
- druhy zatížení (vždy ve výše uvedených směrech)
 - osamělá síla
 - osamělý moment
 - spojitě rovnoměrné na celý nosník
 - spojitě lichoběžník na celý nosník (může být motýlek)
 - spojitě rovnoměrné na část nosníku
 - spojitě lichoběžník na část nosníku (může být motýlek)

Plošné výsledky

- kladné napětí ***Sigma*** znamená tlak, záporné tah
- kladné přetvoření ***Epsilon*** znamená tlak, záporné tah

Vnitřní síly na nosnících

- kladná N znamená tah, záporná tlak
- kladné přetvoření ***Epsilon*** znamená tlak, záporné tah

Projekt

Rám "Projekt" je určen k zadání základních dat o úloze. Rám obsahuje vstupní formulář pro zadání údajů o zadané úloze, tzn. informace o projektu, jeho popis, datum atd. Tyto údaje jsou dále využívány při **textových a grafických výstupech**.

V rámu lze také přepínat jednotky (**metrické / imperiální**). Data projektu lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

Rám "Projekt"

Nastavení

Rám "Nastavení" je určen k celkovému nastavení výpočtů programu. V rámu se volí základní teorie popřípadě normy, podle kterých bude úloha počítána.

V rámu se zadávají charakteristiky úlohy (typ úlohy, typ výpočtu), způsob výpočtu primární napjatosti (geostatická napjatost, ***K o procedura***) a výpočtové normy pro betonové a ocelové konstrukce.

Dostupné typy úlohy (rovinná úloha, osová symetrie) a **typ výpočtu** (napjatost, stabilita svahu, ustálené nebo neustálené proudění, tunely, konsolidace, zemětřesení) jsou závislé na zakoupené konfiguraci programu.

I v případě, kdy máte všechny moduly zakoupeny, doporučujeme obezřetně zvolit typ výpočtu - složitější typy vyžadují výrazně více vstupních dat a mohou zbytečně komplikovat práci s programem.

Dále se zde stanovuje způsob výpočtu napjatosti první fáze - buď standardní výpočet **geostatické napjatosti**, nebo **K_0 procedura**.

V tomto rámu je také možnost zaškrtnout volby pro **rozšířené možnosti programu**, které pro běžné výpočty není nutné zadávat.

Jedná se o následující možnosti:

- **Podrobné parametry generování sítě**
- **Podrobné parametry zemin**
- **Speciální modely zemin**
- **Podrobné parametry pro proudění**
- **Zatížení teplotou**
- **Podrobné výsledky**

Rám "Nastavení"

Stabilitní výpočty

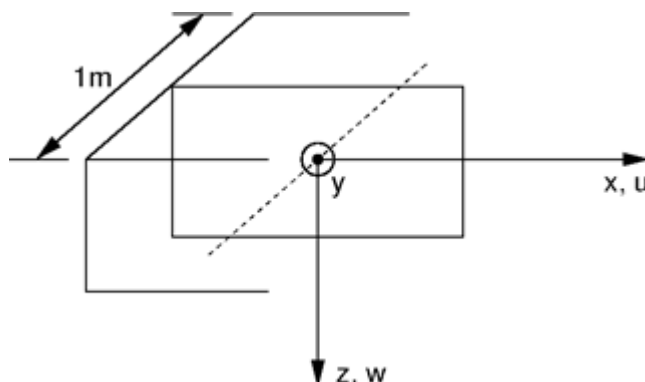
Výpočty stability svahu lze provádět v programu MKP dvěma způsoby podle typu úlohy:

1. Definovat typ výpočtu úlohy jako "**Stabilita svahu**" v rámu "**Nastavení**".
2. Spustit modul v režimu "**Stabilita svahu**" v libovolné **fázi budování** klasického výpočtu stisknutím tlačítka "**Stabilita**" - v tomto případě se vygeneruje nová podřízená úloha (kterou lze samostatně uložit). Práce s ní je pak shodná jako v bodě 1.

Zadání a tvorba modelu je v režimu "**Stabilita svahu**" zcela shodná s režimem "**Napjatost**" - pouze tlačítko "**Výpočet**" spouští **výpočet stupně stability** dané konstrukce. Jednotlivé výpočty stability svahu ve fázích budování jsou pak zcela samostatné a nemají **žádný vztah k předchozím fázím a výpočtům**.

Rovinná úloha

Tento výpočetní modul je vhodný pro řešení liniových konstrukcí (**tunel, násep, zářez, přehrada**), pro které platí, že jejich podélný rozměr je řádově větší než příčné rozměry řešené oblasti.



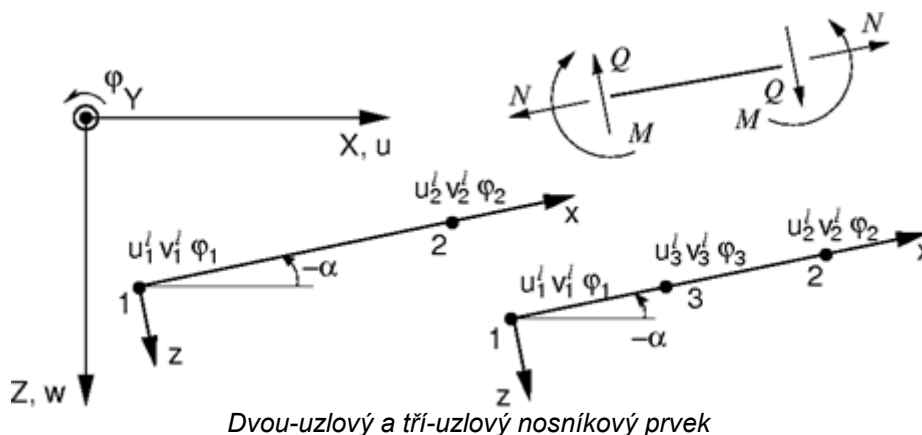
Předpoklad rovinné deformace

V takovém případě je vhodné vztáhnout výpočet na **1 bm** konstrukce (viz obr.), a úlohu řešit za předpokladu rovinné deformace. Deformace v rovinách rovnoběžných s podélnou osou konstrukce lze v tomto případě zanedbat. V masivu tedy uvažujeme pouze vznik deformací a napětí v rovině kolmé na podélnou osu a důsledkem příčné kontrakce také normálové napětí ve směru podélné osy. Příslušné nenulové složky napětí a deformace lze sestavit do vektoru napětí a deformace následovně:

$$\sigma^T = \{\sigma_{xx} \sigma_{zz} \tau_{xz} \sigma_{yy}\}$$

$$\varepsilon^T = \{\varepsilon_{xx} \varepsilon_{zz} \gamma_{xz} \varepsilon_{yy} = 0\}$$

V případě nosníkových prvků se jedná o řešení deskového pásu šířky **1 m**. Nenulové složky uzlových deformací jsou patrné z následujícího obrázku pro dvou-uzlový nosníkový prvek kompatibilní s tří-uzlovým trojúhelníkovým plošným prvkem a pro tří-uzlový nosníkový prvek kompatibilní s šesti-uzlovým trojúhelníkovým plošným prvkem.

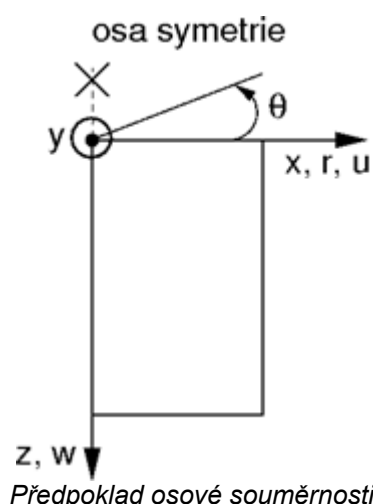


Příslušné složky vnitřních sil (viz obr.), vztažené na **1 m** šířky lze sestavit do vektoru napětí následovně:

$$\sigma^T = \{N \equiv n_{xl}, M \equiv m_y, Q \equiv q_{zl}\}$$

Osová symetrie

Tento výpočetní modul je vhodný pro řešení rotačně souměrných úloh. Tomuto předpokladu musí vyhovovat jak geometrické uspořádání konstrukce, tak i zatížení. Vhodným příkladem je řešení svisle zatížené osamělé piloty, kruhového výkopu, nebo čerpání podzemní vody z kruhového vrtu.



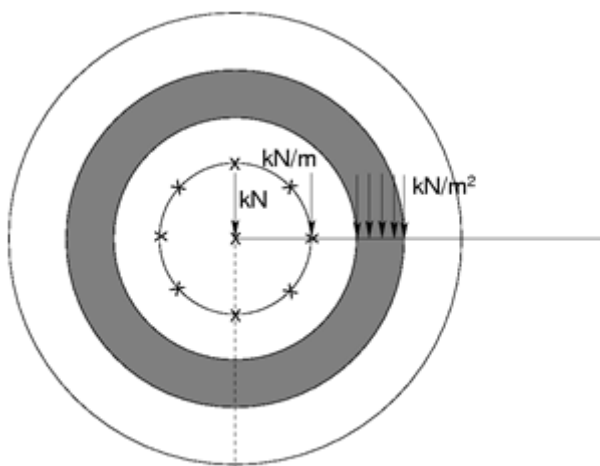
Podobně jako v případě úlohy rovinné deformace se jedná o obecně trojdimenzionální problém, který lze však opět převést na řešení rovinné úlohy (viz obr.). Řešení je pak vztaženo na **1 m** délky oblouku o poloměru $x(r)$. Osa symetrie vždy představuje počátek souřadnice $x(r)$. Smykové složky deformace ve směru rotace lze zanedbat. Vedle složek napětí a deformace v rovině řezu uvažujeme také vznik obvodové normálové složky napětí a deformace. Příslušné nenulové složky napětí a deformace lze sestavit do vektoru napětí a deformace následovně:

$$\sigma^T = \{\sigma_{xx} \sigma_{zz} \tau_{xz} \sigma_{\theta\theta}\}$$

$$\varepsilon^T = \left\{ \varepsilon_{xx} \varepsilon_{zz} \gamma_{xz} \varepsilon_{\theta\theta} = \frac{u}{r} \right\}$$

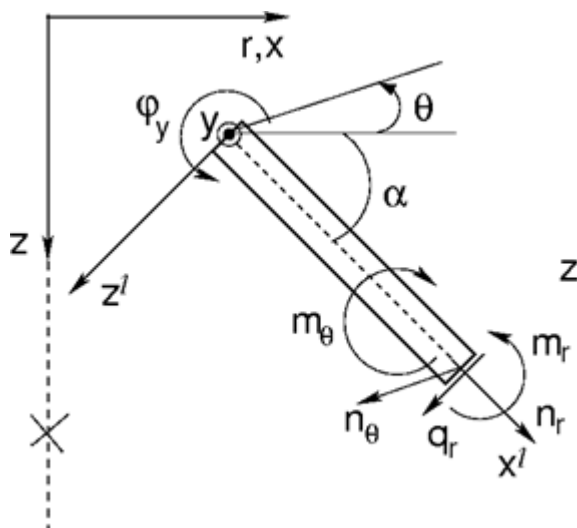
Je zřejmé, že obvodová složka deformace a tudíž i dotčené normálové složky napětí nabývají na ose symetrie nekonečných hodnot. Z pohledu aproximace metodou konečných prvků vyžaduje jejich přesnější stanovení dostatečně jemnou síť v okolí osy symetrie.

Za pozornost stojí také aplikace liniového a plošného zatížení. Některé příklady zatížení povrchu terénu jsou prezentované na následujícím obrázku. Je zřejmé, že účinek těchto zatížení narůstá se vzdáleností od osy symetrie. Aplikace tohoto typu zatížení přímo na ose symetrie se tudíž ve výpočtu neprojeví. V tomto případě je nutno zvolit typ zatížení osy symetrie. Program umožňuje pouze silové bodové zatížení.



Příklady přitížení terénu

V případě nosníkových prvků se jedná o řešení rovinné rotačně souměrné membrány s vlivem ohybových účinků. Nenulové stupně volnosti jsou shodné s příkladem deskového pásu uvažovaného při řešení úlohy rovinné deformace. Vedle osových (meridiálních) účinků je třeba uvažovat také membránové a ohybové účinky v obvodovém směru (viz následující obrázek).

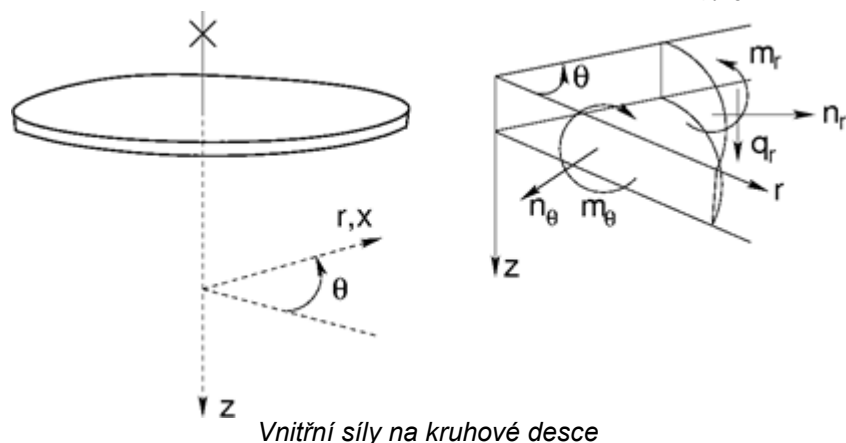


Nosníkový prvek v osově symetrii

Příslušné složky vnitřních sil (viz obr.), vztažené na 1 m šířky lze sestavit do vektoru napětí následovně:

$$\sigma^T = \{n_r, m_r, q_r, n_\theta, m_\theta\}$$

V případě kruhové desky nebo mezikruží (úhel $\alpha = \theta$) lze hovořit o radiálních a obvodových složkách vnitřních sil (viz následující obrázek).



Vztah mezi vnitřními silami a příslušnými složkami deformace lze obecně zapsat ve tvaru:

$$\begin{Bmatrix} n_r \\ m_r \\ q_r \\ n_\theta \\ m_\theta \end{Bmatrix} = \frac{1}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} EA & 0 & 0 & \nu EA & 0 \\ 0 & EI_y & 0 & 0 & \nu EI_y \\ 0 & 0 & \frac{(1-\nu)kEA}{2} & 0 & 0 \\ \nu EI_y & 0 & 0 & EA & 0 \\ 0 & \nu EI_y & 0 & 0 & EI_y \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \frac{du^t}{dx} \\ \frac{d\varphi_y}{dx} \\ \varphi_y + \frac{dw^t}{dx} \\ \frac{u^t \sin \alpha - w^t \cos \alpha}{r} \\ \frac{\varphi_y \cos \alpha}{r} \end{Bmatrix}$$

Položíme-li poloměr r roven nekonečnu, přejdeme k problému rovinné deformace. Za povšimnutí stojí, že v případě posouvajících sil je jejich hodnota, na rozdíl od problému rovinné deformace, silně odvislá od hustoty dělení nosníku na prvky. To platí i o svislých reakcích.

Poznámka k proudění

Připomeňme, že podobně jako reakce při analýze napětí jsou i hodnoty bodových toků v uzlech sítě s předepsanými pórovými tlaky vztaženy na 1 m délky oblouku o poloměru x (r). V případě rovinné deformace jsou příslušné hodnoty bodových toků vztaženy na 1 m délky. Tomu odpovídají i celkové hodnoty průtoků, které lze je určit z bodových toků [$\text{m}^3/\text{den}/\text{m}$] následujícím způsobem:

Rovinná deformace

$$\sum Q = \sum_{i=1}^N Q_i \quad [\text{m}^3/\text{den}/\text{m}]$$

Osová symetrie

$$\sum Q = \sum_{i=1}^N 2\pi x_i Q_i \quad [\text{m}^3/\text{den}]$$

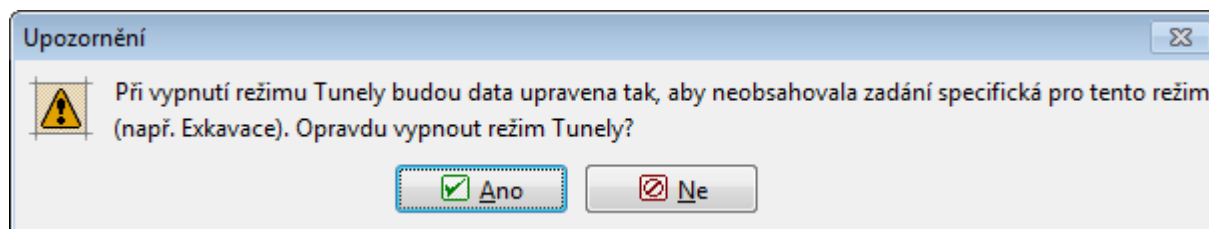
kde N je počet uzlů příslušné linie sítě, ve kterých jsou počítány bodové toky Q_i [$\text{m}^3/\text{den}/\text{m}$]. V případě osové symetrie představuje x_i je hodnotu x -ové souřadnice daného bodu. Jedná se tedy o celkový průtok [m^3/den] například válcovou plochou (svislá linie) nebo plochou kruhu (vodorovná linie).

Tunely

V rámu "Nastavení" lze zaškrtnout volbu "Tunely". (Tento modul musí mít uživatel **zakoupen** - jinak je tato volba nepřístupná). V případě zvoleného režimu "Tunely" lze v programu zadávat a počítat:

- **exkavace** (modelování 3D efektu čelby u nové rakouské metody)
- **degradace nosníků**
- **zatížení nosníků teplotou**
- **zatížení oblastí teplotou** ("Rozšířené možnosti programu")
- **zatížení oblastí bobtnáním**
- **monitory výsledků**

Mód "**Tunely**" lze kdykoliv vypínat i zapínat, ale dojde ke zrušení veškerých provedených výpočtů. Přechod z normálního režimu do režimu "**Tunely**" je zcela bezpečný. Při přechodu z režimu "**Tunely**" do normálního dojde k smazání veškerých navíc zadáných dat - program o tom uživatele informuje v dialogovém okně.



Upozornění na úpravu dat při zrušení režimu "Tunely"

Konsolidace

Výpočet **konsolidace** je jedním z volitelných modulů programu MKP. Zapne se jej v rámu "**Nastavení**" tak, že přepneme "**Typ výpočtu**" na "**Konsolidace**".

Zadání má následující omezení:

- není možno zapnout režim "**Tunely**"
- lze použít pouze některé **materiálové modely** zemin: **Elastický**, **Mohr-Coulomb**, **Mohr-Coulomb modifikovaný** a **Drucker-Prager**
- aktivní oblasti určíme v první fázi, v dalších fázích lze pouze **aktivovat** oblasti, které leží nad terénem předchozí fáze, není tedy možno dělat zářezy a otvory
- v síti konečných prvků jsou povinně použity **víceuzlové prvky**
- zadání vody** je možno pouze v první fázi a pouze "**Voda není**" nebo "**HPV**"
- nosníky** jsou vždy v příčném směru nepropustné, definujeme pouze drén podél nosníku nezávisle vlevo a vpravo
- není možno zadat proudění v bodech, **linie** na okrajích úlohy mají pouze charakteristiky "**propustná**" a "**nepropustná**"

Postup zadávání a výpočtu je následující:

- definuje se **topologie** úlohy stejně jako při výpočtu napjatosti, **vygeneruje se síť** konečných prvků
- v první **fázi budování** se zadá v rámu "**Voda**" rozložení pórových tlaků tak, že se určí **hladina podzemní vody**
- v dalších fázích se zadávají kromě údajů pro výpočet napjatosti navíc okrajové podmínky pro **proudění**, vlastnosti nosníků a **kontaktů pro proudění** a **parametry** pro výpočet, tj. čas trvání fáze a způsob, jakým je vneseno zatížení

Výsledky se zobrazí stejným způsobem jako pro **výpočet** napjatosti, navíc jsou spočteny rychlosti proudění vody v masívu.

Teoretické předpoklady pro výpočet konsolidace jsou **zde**.

Princip numerického řešení konsolidace

Konsolidace

V úlohách napjatosti umožňuje program GEO5 MKP uvažovat dva specifické přístupy k modelování účinků pórového tlaku na zemní těleso. V případě neodvodněných podmínek předpokládáme, že veškeré hranice vrstvy neodvodněné zeminy jsou nepropustné, zemina se předpokládá objemově nestlačitelná, a účinek zatížení se projeví okamžitým nárůstem pórového tlaku uvnitř této vrstvy. Umožníme-li vhodnou změnou hraničních podmínek postupnou disipaci tohoto neustáleného (nedisipovaného) pórového tlaku, přejdeme k odvodněným podmínkám, kdy předpokládáme, že výsledný pórový tlak již není deformací skeletu ovlivněn. Přechod od neodvodněných k odvodněným podmínkám řeší teorie konsolidace.

Pod pojmem konsolidace rozumíme deformaci zeminy v čase pod účinkem vnějšího zatížení, a to jak konstantního, tak i časově proměnného. Jedná se tedy o reologický proces. V našem případě se omezíme na tak zvanou primární konsolidaci, jež je charakterizována zmenšováním objemu pórů a tudíž změnou vnitřní struktury zeminy od účinku zatížení doprovázenou vytlačováním vody z pórů. Předpokládáme, že zemina je plně nasycena. Úlohu konsolidace v částečně nasycené zemině současná verze programu neřeší. Řídící rovnici pro popis proudění (podmínka kontinuity, \dot{a} představuje časovou derivaci dané proměnné) v plně nasycené zemině ($S = 1$, $\dot{S} = 0$) s předpokládanou deformací skeletu zapíšeme ve tvaru (připomeňme Richardsovu rovnici pro popis **neustáleného proudění**).

$$\frac{1}{M} \dot{p} + \alpha \dot{\epsilon}_v + \nabla^T \left(- \frac{\mathbf{K}_{sat}}{\gamma_w} (\nabla p - \gamma_w \mathbf{i}_g) \right) = 0 \quad (1)$$

kde: M - Biotův modul, uvažujeme v rozmezí $M = (100-1000) K_{sk}$ (K_{sk} je objemový modul skeletu). Obecně se jedná o dostatečně velké číslo zajišťující objemovou nestlačitelnost dané, plně nasycené zeminy při velmi malých časech na začátku konsolidace. Standardní nastavení je $M = 10^6 \text{ kPa}$.

- α - Biotův parametr, většinou uvažujeme $\alpha = 1$
- p - pórový tlak
- ∇p - gradient pórového tlaku
- K_{sat} - matice vodivosti sdružující součinitele permeability stanovené pro plně nasycené prostředí, permeability, typické hodnoty pro vybrané zeminy udává [tabulka](#)
- i_g - hydraulický gradient

Rychlost změny totálního napětí je dána výrazem:

$$\dot{\sigma} = \mathbf{D}^{ep} \dot{\varepsilon} - \alpha 3 \mathbf{m} \dot{p}_{ex} \quad (2)$$

- kde:
- \mathbf{D}^{ep} - aktuální matice tuhosti
 - p_{ex} - hodnota nedisipovaného pórového tlaku
 - $\mathbf{m} = \left\{ \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}, 0, \frac{1}{3} \right\}^T$ - pro rovinnou deformaci nebo osovou souměrnost

Poznamenejme, že celkový pórový tlak p je součtem stacionárního pórového tlaku p_{ss} a nedisipovaného pórového tlaku p_{ex} . Přitom platí:

$$\dot{p}_{ss} = 0 \quad (3)$$

Rovnici kontinuity (1) tak můžeme zapsat ve tvaru:

$$\frac{1}{M} \dot{p}_{ex} + \alpha \dot{\varepsilon}_v + \nabla^T \left(-\frac{\mathbf{K}_{sat}}{\gamma_w} \nabla p_{ex} \right) = 0 \quad (4)$$

s uvažováním nulové hodnoty nedisipovaného pórového tlaku na hranici s předepsaným pórovým tlakem:

$$p_{ex}(t) = 0 \quad (5)$$

a nulového vtoku/výtoku ($q(t) = 0$) na hranici s předepsaným tokem:

$$\mathbf{n}^T \left(\frac{\mathbf{K}_{sat}}{\gamma_w} \nabla p_{ex}(t) \right) = 0 \quad (6)$$

kde: \mathbf{n} - vector složek vnější jednotkové normály

Viz níže: **Nastavení hydraulických okrajových podmínek.**

Celkové totální napětí pak vyjádříme ve tvaru:

$$\sigma = \mathbf{D}^{el} (\varepsilon - \varepsilon^{pl}) - \alpha 3 \mathbf{m} (p_{ss} + p_{ex}) \quad (7)$$

- kde:
- \mathbf{D}^{el} - elastická matice tuhosti
 - ε - vektor celkové deformace
 - ε^{pl} - vektor celkové plastické deformace

Aktuální hodnoty deformací a nedisipovaného pórového tlaku v rovnici (7) získáme splněním statických podmínek rovnováhy a rovnice kontinuity (4) v rámci řešení sdruženého problému napjatosti a transportu vody užitím principu virtuálních posunutí Podobně jako v případě [neustáleného proudění](#) je použita pro časovou diskretizaci rovnice (4) plně implicitní dopředná Eulerova metoda. Podrobnosti jsou uvedeny v [1,2,3].

Výpočet konsolidace

Podobně jako v případě výpočtu neustáleného proudění slouží první fáze výpočtu k nastavení počátečních podmínek, tedy geostatické napjatosti a ustáleného pórového tlaku. V případě hodnot pórového tlaku se tak jedná i o hodnoty konečné při dosažení stoprocentního stupně konsolidace. Počáteční hodnoty pórového tlaku se nastavují pouze polohou hladiny podzemní vody (HPV). Je třeba si uvědomit, že v případě, kdy zemní těleso je hladinou podzemní vody rozděleno, tak i nad HPV se uvažuje plně nasycená zemina. To platí i pro zeminy v oblastech, které se do výpočtu zavádějí až v následujících fázích výpočtu (aktivace nových oblastí). Odebrání zeminy (deaktivace oblastí) není v současné verzi programu umožněno. Vlastní výpočet konsolidace probíhá až od druhé fáze a vyžaduje nastavení hydraulických okrajových podmínek, nastavení délky trvání dané fáze výpočtu, nastavení předpokládaného počtu časových kroků a nastavení způsobu zavedení zatížení do výpočtu.

Nastavení hydraulických okrajových podmínek

Program umožňuje zavedení pouze dvou typů okrajových podmínek, viz rovnice (5) a (6):

- Podmínka nulového pórového tlaku ($p = 0$), kdy voda může z masivu volně vytékat, tedy podmínka plně propustné hranice. Ve skutečnosti tato podmínka odpovídá nulové hodnotě nedisipovaného pórového tlaku p_{ex} . Celková hodnota pórového tlaku podél této hranice je tedy $p = p_{ss}$. Toto nastavení je standardní a předpokládá se podél celé vnější hranice zemního tělesa, tedy i podél vnější hranice nových oblastí.
- Podmínka nulového vtoku/výtoku ($q = 0$), tedy podmínka simulující nepropustnou hranici. Tuto podmínku je nutno v případě potřeby aktivovat manuálně.

Volba okrajové podmínky ovlivňuje rychlost konsolidace. Podrobnosti lze nalézt v [1].

Nastavení délky časového kroku - předpokládaný počet časových kroků ve fázi

Na rozdíl od úloh **neustáleného proudění** se v případě konsolidace nenastavuje počáteční délka časového kroku (diskrétní hodnota přírůstku času při řešení rovnice (4)). Tento krok se nastaví přímo na základě zadané doby trvání fáze a zadaného předpokládaného počtu časových kroků, na které je řešení příslušné fáze rozděleno. V případě lineární konsolidace (předpokládáme pouze elastické chování zemin) je takto nastavený počet kroků zachován. V případě nelineární odezvy může dojít k redukci aktuální délky kroku z důvodů konvergence a tedy k nárůstu předpokládaného počtu kroků. Při nastavení počtu kroků vzhledem k délce trvání fáze je třeba si uvědomit, že na počátku konsolidace by měl být časový krok relativně malý (zejména v případě zatěžovací fáze v kombinaci s nelineárním chováním zeminy), zatímco s narůstajícím stupněm konsolidace může dosáhnout až řádu několika desítek dní. Další podrobnosti lze nalézt v [1].

Zavedení zatížení do výpočtu

Podobně jako v úlohách **nestacionárního proudění** uvažujeme pouze dva způsoby:

- Zatížení je do výpočtu zavedeno na počátku dané fáze. Ve skutečnosti se předpokládá lineární nárůst zatížení v rámci prvního časového kroku. Pokud nás tedy zajímá chování v čase $t \rightarrow 0$, je nutné tomuto požadavku vhodně přizpůsobit nastavení parametrů doby trvání fáze a předpokládaného počtu kroků (např. 0.001 a 1). V případě velmi krátkého časového kroku a s uvažováním zcela nepropustné hranice ($q = 0$) modelujeme úlohu s objemově nestlačitelnou zeminou ($K \rightarrow \infty$) a konečnou hodnotou smykového modulu. Výsledky řešení pak budou pro $t \rightarrow 0$ velmi blízké řešení úlohy napjatosti za předpokladu neodvodněných zemin. Další podrobnosti lze nalézt v [1].
- Zatížení po dobu fáze lineárně narůstá. Přírůstek zatížení je pak závislý na aktuální délce časového kroku. Zejména v případě nelineární konsolidace a fáze, kdy do výpočtu zavádíme zatížení, je třeba respektovat "**skutečný**" časový průběh zatížení. Tím se obvykle vyhneme problémům s konvergencí.

V případě, že v dané fázi nedochází ke změně zatížení, je toto nastavení irelevantní.

Použití nosníků v úlohách konsolidace

Propustnost nosníků závisí na jeho umístění a volbě hydraulických okrajových podmínek. Nosník umístěný do zemního tělesa je v kolmém směru vždy nepropustný. Na hranici řešené oblasti je propustnost nosníku v normálovém směru, stejně jako v případě úloh proudění, řízena okrajovou podmínkou. V případě propustné hranice ($p = 0$) je tedy nosník na hranici zcela propustný, kdežto v případě nepropustné hranice ($q = 0$) je nosník na hranici nepropustný.

Použití kontaktních prvků v úlohách konsolidace

Zavedení kontaktních prvků do výpočtu má dvojí význam. V prvním případě je snahou umožnit relativní posun mezi dvěma zeminami, zeminou a horninou anebo zeminou a nosníkovým prvkem např. v úlohách pažených stavebních jam. V druhém případě je cílem modelovat dren podél nosníku nebo obecně linie, na kterou kontakt umísťujeme. V každém případě je si však třeba uvědomit sdruženou simulaci obou stavů, tedy napjatosti a proudění. V případě, že není nastaveno jinak, předpokládá program proudění kontaktem v závislosti na součinitelích permeability okolní zeminy, a to jak v podélném, tak i normálovém směru. V případě, kdy umísťujeme kontakt na nosník, je hodnota součinitele permeability v normálovém směru k_n irelevantní, neboť nosník se uvažuje buď nepropustný ($k_n = 0$), anebo zcela propustný ($k_n \rightarrow \infty$), viz "**Použití nosníků v úlohách konsolidace**".

Obecné poznámky

Časový vývoj jednotlivých veličin, např. sedání anebo nedisipovaného pórového tlaku, bude v případě lineární konsolidace vždy ohraničen řešením úloh napjatosti za předpokladu neodvodněných zemin (všechny aktivní zeminy v tělese předpokládáme neodvodněné) a odvodněných zemin (standardní nastavení, všechny aktivní zeminy v tělese uvažujeme jako odvodněné). V druhém případě se jedná o ustálený stav při plném vymizení nedisipovaného pórového tlaku. Řešení lineárních úloh napjatosti s odvodněnými zeminami a konsolidace pro $t \rightarrow \infty$ se tak musí zcela shodovat. To ovšem neplatí v případě řešení nelineárních úloh, neboť v tomto případě neplatí princip superpozice. Další podrobnosti lze nalézt v [1].

Při výpočtu úloh konsolidace, na rozdíl od úloh proudění, se výhradně používají více uzlové prvky. Hodnoty posunů vyjadřujeme ve všech uzlech daného prvku (kvadratická aproximace pole posunutí), kdežto hodnoty pórového tlaku počítáme pouze ve vrcholech prvku (lineární aproximace pórového tlaku).

Na rozdíl od jednodimenzionální konsolidace implementované v programu "**Sedání**" platí pro dvourozměrné úlohy konsolidace, že při $t \rightarrow 0$ se pouze objemová deformace a tedy i střední efektivní napětí blíží k nule, nikoliv jednotlivé složky vektoru posunutí.

Literatura:

- [1] M. Šejnoha, T. Janda, H. Pruška, M. Brouček, *Metoda konečných prvků v geomechanice: Teoretické základy a inženýrské aplikace, předpokládaný rok vydání (2015).*
- [2] Z. Bittnar and J. Šejnoha, *Numerické Metody Mechaniky II. České vysoké učení technické v Praze, 1992.*
- [3] Z. Bittnar and J. Šejnoha, *Numerical methods in structural engineering, ASCE Press, 1996.*

Ko procedura

K_o procedura je metoda, umožňující jiný výpočet základní **geostatické napjatosti** (1. fáze budování). Používá se v případě, kdy potřebujeme zadat jinou **počáteční boční napjatost**. Například u **překonsolidovaných zemin** může být skutečné boční napětí výrazně vyšší než u normálních nepřekonsolidovaných zemin.

Při použití **standardního výpočtu** se provede standardní analýza zadané konstrukce metodou konečných prvků. Užitím nelineárních modelů umožňuje tento výpočet zohlednit možný vývoj plochy porušení již při stanovení geostatické napjatosti. V případě, že se zemina přetváří elasticky, tak mezi svislým napětím σ_z a vodorovným napětím σ_x platí vztah známý z teorie pružnosti:

$$\sigma_x = \frac{\nu}{(1-\nu)} \sigma_z$$

kde:

- σ_z - svislé normálové napětí
- σ_x - vodorovné normálové napětí
- ν - Poissonovo číslo

Při tomto výpočtu může u nelineárních modelů dojít k zplastizování zemin.

Výpočet pomocí **K_o procedury** je elastický a ke zplastizování zemin nemůže dojít. Boční napětí se v první fázi bodování počítá podle vztahu:

$$\sigma_x = K_o \sigma_z$$

kde:

- K_o - součinitel bočního tlaku v klidu zadaný uživatelem
- σ_z - svislé normálové napětí
- σ_x - vodorovné normálové napětí

Součinitel K_o se zadává jako parametr zeminy. Není-li parametr K_o zadán, dopočte se podle vztahu:

$$K_o = \frac{\nu}{1-\nu}$$

Proudění

Program umožňuje volit buď analýzu **ustáleného, nebo neustáleného** proudění v masívu. Analýza neustáleného proudění umožňuje stanovit vývoj pórových tlaků (tlakové výšky) a aktuálního stupně nasycení v čase. Čas, po jehož dosažení se rozložení pórových tlaků již více nemění, lze označit jako dobu nutnou k dosažení ustáleného stavu. Tato doba závisí jak na materiálových vlastnostech prostředí (hodnota součinitele permeability, parametry modelů popisující retenční čáru - závislost stupně nasycení nebo vlhkosti na negativní tlakové výšce nebo sání), tak na typu řešené úlohy (např. proudění s volnou hladinou). V případě ustáleného proudění jsou jednotlivé fáze budování na sobě zcela nezávislé. V případě neustáleného proudění je metodika výpočtu obdobná analýze napjatosti. Jednotlivé výpočetní fáze pak na sebe navazují. První fáze výpočtu je nezávislá a slouží k nastavení počátečních podmínek, tj. nastavení počátečních hodnot pórových tlaků/tlakové výšky a stupně nasycení na počátku časově závislého výpočtu, a to jak v nasycené (kladné hodnoty pórových tlaků), tak i částečně nasycené (negativní hodnoty pórových tlaků - sání) zemině. V následně definovaných fázích výpočtu je třeba zadat dobu trvání příslušné fáze a historii zatížení (časovou historii hydraulických okrajových podmínek). Současná verze programu předpokládá, že buď celé zatížení je vneseno na počátku fáze, anebo lineárně narůstá po dobu fáze.

V obou případech (ustálené/neustálené proudění) se obecně jedná o popis proudění v nenasyčeném, nebo částečně nasyceném prostředí. Proudění v plně nasyceném prostředí probíhá pouze pod hladinou podzemní vody. Nad hladinou podzemní vody (proudění v částečně nasyceném prostředí) je proudění řízeno vhodným materiálovým modelem. Pro výpočet proudění s volnou hladinou umožňuje program zavést tři **materiálové modely**: **Log-lineární model**, **Gardnerův model** a **van Genuchtenův model**. V případě řešení úlohy neustáleného proudění doporučujeme užít **van Genuchtenova modelu**, neboť umožňuje věrohodně popsat retenční vlastnosti zemin. Vzhledem k tomu, že volba modelu ovlivňuje nastavení počátečních podmínek (počáteční stupeň nasycení), neumožňuje program změnu materiálového modelu v následujících fázích. Ve stejném duchu neumožňuje stávající verze programu ani změnu geometrie modelu oproti počáteční fázi.

Při řešení úlohy **neustáleného proudění** je nutné nejprve zadat v první fázi výpočtu počáteční hodnoty pórového tlaku/tlakové výšky čase $t = 0$, a to zejména nad hladinou podzemní vody v oblasti nenasyčené nebo částečně nasycené

zeminy (oblast sání). Program umožňuje nastavení počátečních hodnot sání třemi způsoby, a to buď řešením úlohy ustáleného proudění, předpokládat rovnovážné rozložení dané rovnicí $p = -\gamma_w z$, kde pořadnice z je měřena od aktuální polohy hladiny pozemní vody, anebo je možné zadat počáteční hodnoty sání přímo. Při řešení praktických úloh nedoporučujeme, aby maximální hodnota negativní tlakové výšky h_p byla menší než -10m ($p > -100\text{ kPa}$), a to zejména v případě hrubozrnných zemin. Například pro písky je již při hodnotě tlakové výšky $h_p < -1\text{m}$ retenční čára prakticky horizontální a při obrovských změnách tlakové výšky je změna stupně nasycení téměř nulová. To platí i pro hodnotu relativního součinitele K_r , kterým redukuje součinitel permeability nasycené zeminy v nenasycené nebo částečně nasycené oblasti. Obecné doporučení pro nastavení minimální tlakové výšky je však velmi komplikované, neboť pro jemnozrnné zeminy mohou záporné tlakové výšky dosahovat stovky a pro jíly až tisíce metrů.

Dalším bodem je zadání okrajových podmínek (v **bodech** resp. na **liniích**) vždy na počátku nové výpočetní fáze. V masívu lze modelovat **nosníkové** resp. **kontaktní** prvky. **Výsledkem výpočtu** je pak rozložení pórových napětí, celkové tlakové výšky, sání (negativního pórového tlaku), rychlosti a směry proudění a informace o velikosti vtoků/výtoků do resp. z masívu a v případě neustáleného proudění také stupně nasycení v masívu.

Výpočet proudění

Neustálené proudění

Popis **neustáleného proudění** v částečně nasyceném prostředí vychází, při uvažování nestlačitelnosti skeletu a pórové vody, z řešení obecné Richardovy rovnice (rovnice kontinuity):

$$n \dot{S} + \text{div}(-K_r K_{\text{sat}} \nabla h) = 0$$

kde:

- n - porozita materiálu
- \dot{S} - je časová změna stupně nasycení
- K_r - součinitel relativní permeability
- K_{sat} - matice vodivosti sdružující součinitele permeability stanovené pro plně nasycené prostředí
- ∇h - gradient celkové výšky

Časová diskretizace Richardovy rovnice je založena na plně explicitním modifikovaném Picardově iteračním schématu [1]. Jedná se o hybridní formulaci zajišťující splnění zákona o zachování hmotnosti. Vzhledem k tomu, že se jedná o obecně nelineární problém, je výpočet proveden přírůstkově. Iterace podmínek rovnováhy je provedeno standardně Newton-Raphsonovou metodou.

Poznamenejme, že rychlost a stabilita iteračního procesu je do značné míry ovlivněna volbou materiálového modelu (stanovení součinitele relativní permeability K_r , stupně nasycení S a aproximace kapacitního členu $C = dS / dh_p$) zejména ve vztahu k nelineárním vlastnostem příslušné zeminy. Významně nelineární chování vykazují např. písky, kdy nevhodně nastavené počáteční podmínky mohou vést k numerickým problémům. Podrobnosti jsou uvedeny například v [2, 3].

Ustálené proudění

Popis ustáleného proudění předpokládá nulovou změnu stupně nasycení v čase. Řídící rovnice problému se redukuje na tvar:

$$\text{div}(-K_r K_{\text{sat}} \nabla h) = 0$$

Na rozdíl od neustáleného proudění je tedy řešení tohoto problému časově nezávislé. Součástí výpočtu je pak zavedení pouze okrajových podmínek. I zde se obecně jedná o nelineární problém (např. řešení úlohy s volnou hladinou) vyžadující aplikaci Newton-Raphsonovy iterační metody. Podrobnosti jsou uvedeny například v [2, 3].

Literatura:

[1] M. A. Celia and E. T. Bouloutas, A general mass-conservative numerical solution for the unsaturated flow equation, *Water Resources Research* 26 (1990), no. 7, 1483-1496.

[2] M. Šejnoha, *Finite element analysis in geotechnical design, to appear* (2015).

[3] M. Šejnoha, T. Janda, H. Pruška, M. Brouček, *Metoda konečných prvků v geomechanice: Teoretické základy a inženýrské aplikace, předpokládáný rok vydání* (2015).

Zemětřesení

Program umožňuje analyzovat dynamické účinky zemětřesení na geotechnickou konstrukci. Analýzu je možné spustit v kterékoliv fázi budování.

Zemětřesení je definováno formou akceleroogramu, který lze buď vygenerovat, importovat nebo manuálně zadat bod po bodu. Akceleroogram je generovaný tak, aby jeho **spektrum pružné odezvy** odpovídalo spektru pružné odezvy definované v normě.

Na spodní hranici modelu lze zvolit buďto **pevnou či absorpční okrajovou podmínku**. **Na bočních hranicích modelu** jsou použity tzv. **free field okrajové podmínky**, které zamezují odrazu odcházejících mechanických vln zpět do modelu.

Součástí výpočtu zemětřesení je též **výpočet vlastních tvarů a vlastních frekvencí konstrukce**. Získané vlastní

frekvence jsou nutné k nastavení **Rayleighova útlumu**. Výsledky analýzy vlastních tvarů včetně modálních faktorů podílů a modálních efektivních hmotností jsou dostupné uživateli.

Pro **výpočet zemětřesení** je potřeba zvolit "**Umožnit dynamický výpočet zemětřesení**" v režimu Topologie v rámu "**Nastavení**".

S touto volbou:

- je dialogové okno vlastností zeminy doplněno o **materiálové parametry použité při dynamické analýze** zemětřesení;
- je v každé konstrukční fázi k dispozici rám "**Zemětřesení**", ve kterém se volí okrajové podmínky a průběh zatížení účinkem zemětřesení.

Výstupem dynamické analýzy jsou mechanické veličiny - posunutí, napětí, relativní přetvoření, vnitřní síly, apod. - ve všech časových krocích výpočtu.

Zemětřesení má následující omezení:

- nelze aplikovat pro úlohy typu "Osová symetrie";
- v případě materiálových modelů kritického stavu se nepočítá s "**dynamickým modulem tuhosti**";
- není umožněn výpočet zemětřesení je-li na svislé hranici modelu zadáno "**tuhé těleso**".

Podrobnější informace lze nalézt v **teoretickém manuálu** na našich webových stránkách.

Dynamický výpočet zemětřesení

Výpočet účinků zemětřesení je řešen jako dynamická úloha poddajného spojitého tělesa. V každém bodě x a každém časovém okamžiku t je splněna diferenciální rovnice:

$$\nabla \sigma(x, t) - c \dot{u}(x, t) - \rho \ddot{u}(x, t) = 0$$

kde:	c	- součinitel viskózního útlumu
	ρ	- hustota
	u	- posunutí
	\dot{u}	- rychlost
	\ddot{u}	- zrychlení
	∇	- gradient
	σ	- napětí

Pro napětí platí vztah:

$$\sigma_{ij} = D_{ijkl} (\varepsilon_{kl} - \varepsilon_{kl}^{pl})$$

kde:	D_{ijkl}	- tensor materiálové tuhosti
	ε_{kl}	- tensor přetvoření
	ε_{kl}^{pl}	- tensor plastického přetvoření

Přetvoření je rovno symetrické části gradientu posunutí:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i})$$

kde:	$u_{i,j}$	- derivace i-té složky vektoru posunutí ve směru "j"
------	-----------	--

Diskretizací pohybové rovnice v prostoru získáme soustavu obyčejných diferenciálních rovnic ve tvaru:

$$\mathbf{M} \ddot{\mathbf{r}}(t) + \mathbf{C} \dot{\mathbf{r}}(t) + \mathbf{K} \mathbf{r}(t) = \mathbf{F}(t)$$

kde:	\mathbf{M}	- matice hmotnosti
	\mathbf{C}	- matice útlumu
	\mathbf{K}	- matice tuhosti
	$\mathbf{F}(t)$	- vektor uzlového zatížení
	$\mathbf{r}(t)$	- hledaná vektorová funkce uzlových posunů

Pro časovou diskretizaci lze zvolit **Newmarkovu metodu** či Hilber-Hughes-Taylorovou metodu zvanou též **Alfa metoda**.

Podrobnější informace lze nalézt v **teoretickém manuálu** na našich webových stránkách.

Literatura:

Z. Bittnar, P. Řeřicha, *Metoda konečných prvků v dynamice konstrukcí*, SNTL, 1981.

T. Hughes, *The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis*, Prentice Hall, INC., Englewood Cliffs, New Jersey 07632, 1987.

Z. Bittnar, J. Šejnoha, *Numerical methods in structural engineering*, ASCE Press, 1996.

Výpočet vlastních frekvencí a tvarů

Nedílnou součástí výpočtu zemětřesení je v GEO5 též **analýza vlastních tvarů a vlastních frekvencí** konstrukce. Hlavním důvodem je nalezení několika nejnižších vlastních frekvencí konstrukce, které jsou nutné pro nastavení **Rayleighova útlumu**.

Výpočet vlastních tvarů vychází z diskretizovaných netlumených pohybových rovnic volného kmitání ve tvaru:

$$(\mathbf{M} - \omega_{\alpha}^2 \mathbf{K}) \phi_{\alpha} = \mathbf{0}$$

kde:

\mathbf{M}	- matice hmotnosti
\mathbf{K}	- matice tuhosti
ω	- i -tá vlastní frekvence
ϕ	- i -tá vlastní tvar

Pro nastavení Rayleighova útlumu je vhodné posoudit, zda daný vlastní tvar a související vlastní frekvence odpovídá spíše vodorovnému či svislému kmitání. K tomu slouží modální faktory podílu vlastního kmitání ve směru osy x a osy z .

Podrobnější informace lze nalézt v **teoretickém manuálu** na našich webových stránkách.

Literatura:

Z. Bittnar, P. Řeřicha, *Metoda konečných prvků v dynamice konstrukcí*, SNTL, 1981.

T. Hughes, *The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis*, Prentice Hall, INC., Engelwood Cliffs, New Jersey 07632, 1987

Z. Bittnar, J. Šejnoha, *Numerical methods in structural engineering*, ASCE Press, 1996

Z. Bittnar, J. Šejnoha, *Numerické metody mechaniky 1*, ČVUT v Praze, 1992

Rozhraní

V **rámu "Rozhraní"** se zadávají jednotlivá rozhraní zemin. Podrobný popis práce s rozhraními je popsán **zde**.

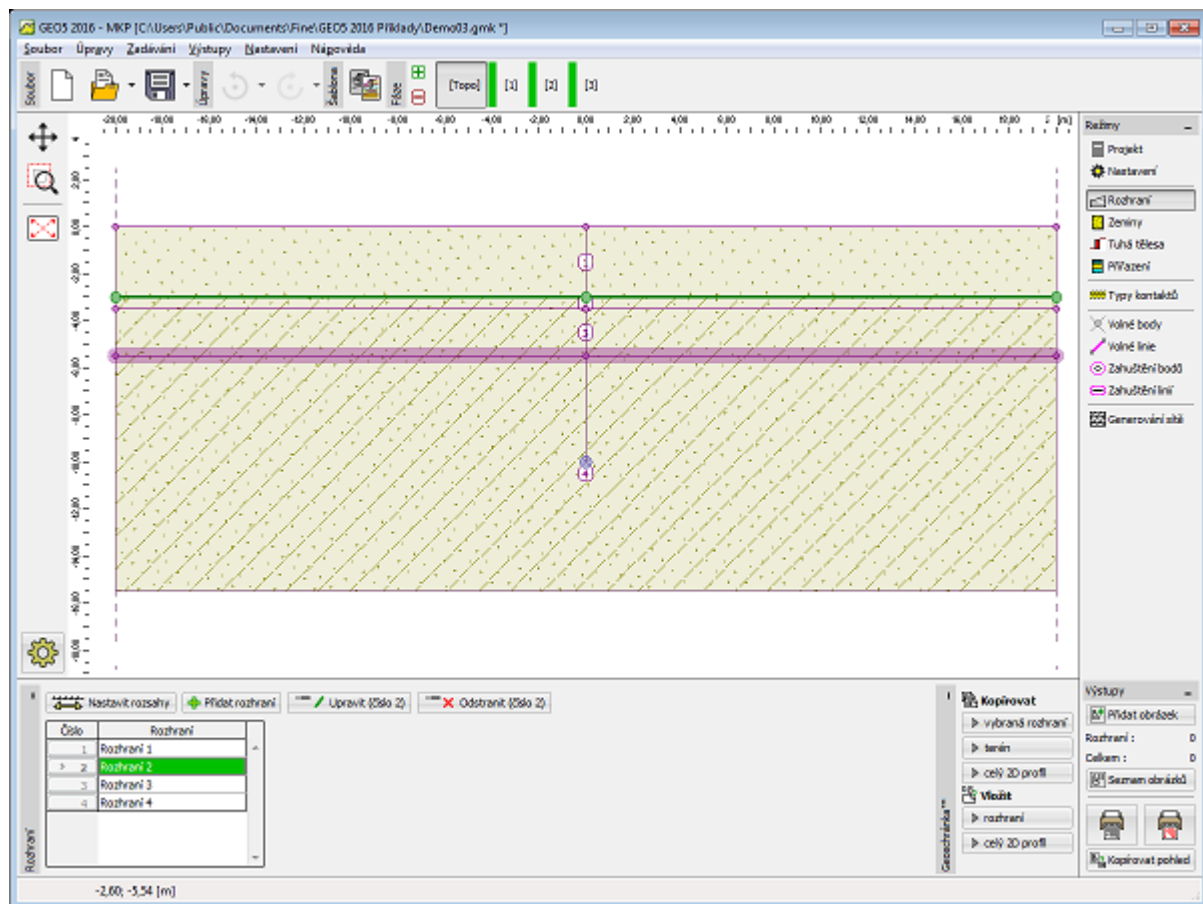
Šířku úlohy většinou odhadneme bez větších problémů (je nutné dát pozor hlavně u stabilitních problémů na dostatečné okolí stavby) - velice podstatná je ale i hloubka sítě. Konec sítě je možné si představit jako nestlačitelné podloží. Není-li v daném geologickém profilu nestlačitelné podloží, můžeme předpokládat, že v určité vzdálenosti od zatížení či kontaktu konstrukce s podložím vymizí vnitřní síly a nebude tudíž ani docházet k deformaci. V této vzdálenosti pak zadáme hranice světa úlohy.

Nejsme-li si jisti správným **rozsahem úlohy**, pak je vhodné se řídit tímto postupem:

- Nejprve zadáme větší svět s hrubou sítí a spočteme změny napjatosti v masívu.
- V dalším kroku již upřesníme velikost světa (místa, kde nedošlo k deformacím ani ke změnám napětí můžeme oříznout), znovu vygenerujeme hustší síť a provedeme nový, přesnější výpočet.

Rozhraní můžeme i importovat z ostatních programů systému GEO přes schránku (clipboard).

Program umožňuje **import a export** rozhraní ve formátu *.DXF. Zadaná rozhraní lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.



Rám "Rozhraní"

Zeminy

Rám "Zeminy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zemín. Zvláštností této tabulky je zobrazení údajů o aktuálně vybrané zemině v pravé části rámu. Pokud je v tabulce vybráno více záznamů (zemín), řadí se informace o jednotlivých zeminách za sebou.

Vstupní parametry zemín závisí na zvoleném **materiálovém modelu**, resp. **materiálovém modelu proudění**.

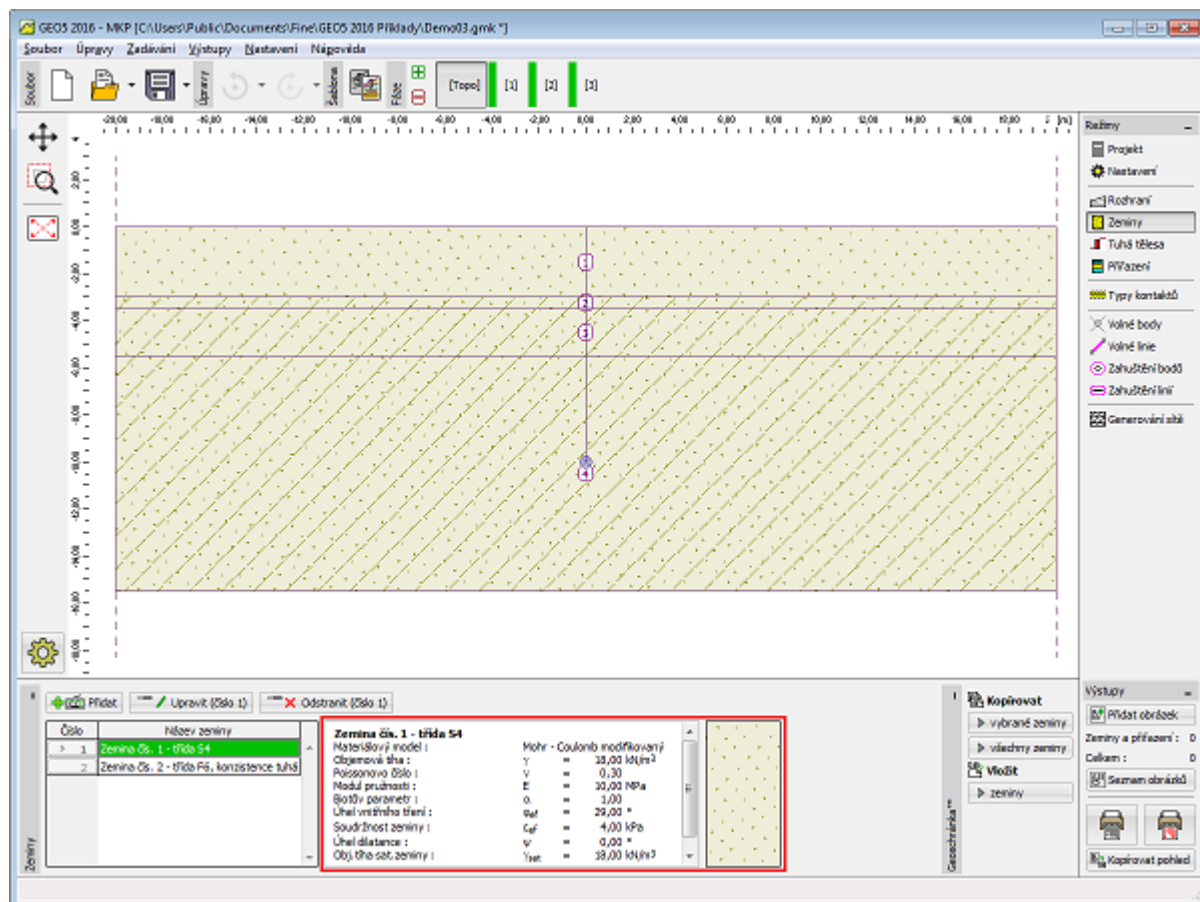
Nejdůležitějšími vstupními parametry jsou **modul pružnosti zeminy E** a **Poissonovo číslo** (zadáva se u všech modelů), dále pak **úhel vnitřního tření a soudržnost zeminy** u **nelineárních modelů**. Program modeluje ustálený stav po redistribuci pórových tlaků a používá tedy **efektivní parametry** úhlu vnitřního tření ϕ_{ef} , a soudržnosti c_{ef} .

Vstupní parametry zemín se liší také podle zadaného módu zadávání. Při zapnutí rozšířených možností programu (zadáva se v rámu "Nastavení") lze zadat i speciální parametry ovlivňující materiálový model. (např. Biotův parametr, Efektivní objemový modul vody atp.). Tyto parametry jsou pro drtivou většinu výpočtů nepodstatné a jsou určeny spíše pro vědecké studie.

Ve výpočtu lze jednotlivé materiálové modely kombinovat - každá zemina může mít vlastní **materiálový model**.

Přidání zeminy se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových zemín"**.

Data zadaných zemín lze kopírovat v rámci všech programů GEO5 pomocí **"Geoschránky"**.



Rám "Zeminy"

Materiálové modely

Volba materiálového modelu a následné zadání parametrů zemin jsou jednou z nejdůležitějších a zároveň nejproblémovějších úloh při **modelování konstrukce** metodou konečných prvků.

Materiálové modely se snaží věrohodně popsat chování zeminy (či horniny). Lze je rozdělit do dvou základních skupin:

- **lineární modely**
- **nelineární modely**

Správná volba materiálového modelu je **nezbytně nutná** pro **správné modelování konstrukce**.

Pro výpočet většiny konstrukcí jsou nutné **nelineární modely** (například výpočet pažící konstrukce s lineárním modelem zeminy poskytne zcela nereálné výsledky), ale v mnoha případech může být využití **lineárních modelů** velice vhodné a zjednodušuje celý výpočet.

Dialogové okno "Přidání nových zemin" - výběr materiálového modelu

Lineární modely

Lineární modely dávají poměrně rychlý, leč ne příliš přesný odhad skutečného chování materiálu. Lze je použít v případech, kdy nás zajímá pouze napjatost popřípadě deformace masivu a nikoliv oblast a způsob možného porušení.

Lze je použít také tehdy, kdy dochází pouze k lokálnímu porušení, které nemá zásadní vliv na vývoj globální poruchy, ale které může vést k předčasnému ukončení programu. Pokud se však snažíme o věrohodný popis chování zemního masivu nebo pokud nás zajímá rozložení možných oblastí porušení, je nutné přejít k modelům **nelineárním**.

Do skupiny lineárních modelů patří:

- **Elastický model**
- **Modifikovaný elastický model**

Elastický model

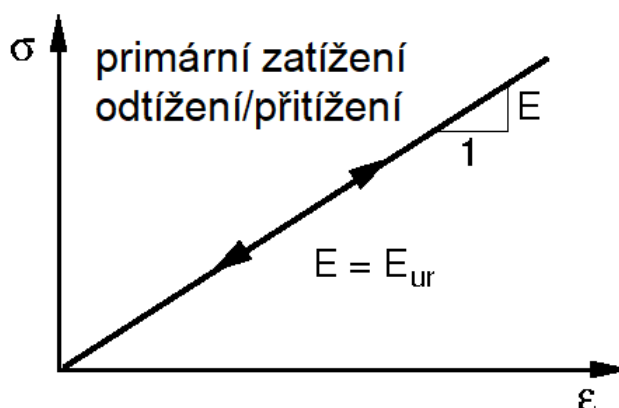
Lineární model je základní materiálový model, který používá převodní vztahy mezi napětím a přetvořením dané Hookovým zákonem (v oboru lineární pružnosti). Program vyžaduje pro tento model následující údaje o materiálu:

γ - objemová tíha zeminy

ν - Poissonovo číslo

E - modul pružnosti

V případě jednoosé napjatosti vyjadřuje Hookeův zákon vztah mezi napětím σ a přetvořením ε pomocí Youngova modulu pružnosti E (viz obrázek). V souladu s tímto zákonem uvažuje lineární model lineární závislost mezi přitížením a deformací.



Vztah mezi napětím a přetvořením pro LM

Modifikovaný elastický model

Je zřejmé, že zvláště u zemin platí lineární závislost pouze pro určitý malý obor přitížení a při odlehčování dokonce vidíme, že pružné přetvoření je u zemin poměrně malé k celkové hodnotě přetvoření. Modifikovaný lineární model umožňuje tuto skutečnost do jisté míry respektovat tím, že zavádí různé moduly pro přitížení a odtížení, jak je patrné z obrázku.

Pokles tuhosti materiálu na zatěžovací dráze v důsledku plastického přetváření je zohledněn zavedením modulu pružnosti E , který si lze představit jako modul **sečnový** vázaný na určitou hladinu napětí.

Při odtížení předpokládáme pružné chování materiálu. Pro zprůhlednění modelu je modul pružnosti pro tuto větev nahrazen modulem odtížení/přetížení E_{ur} , což je modul, podle kterého se zemina přetváří při odtížení a opětovném zatížení až na úroveň napětí dosaženého před odtížením.

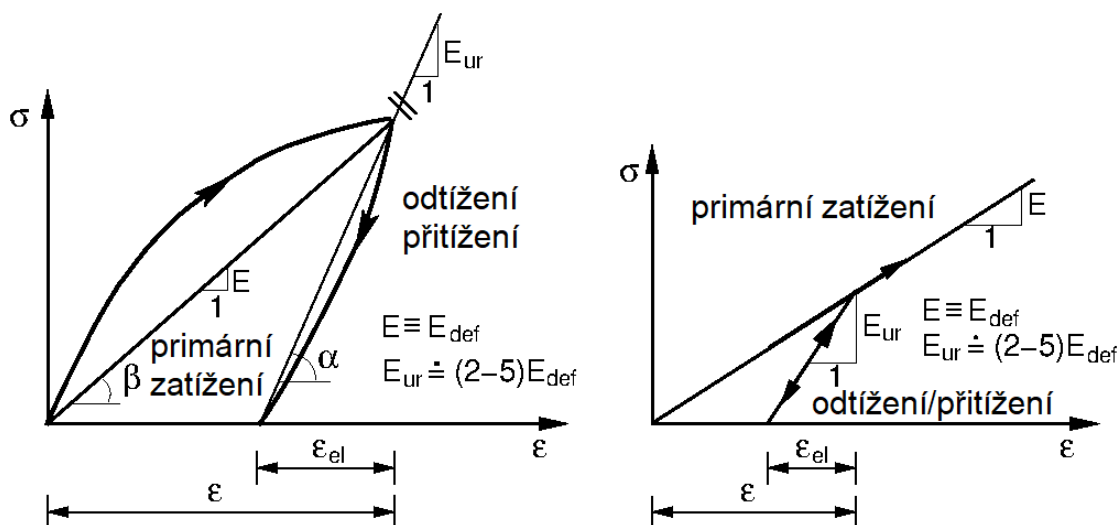
S přihlédnutím k obrázku jsou tyto moduly dány vztahy:

$$E = \tan \beta = \Delta \sigma / \Delta \varepsilon$$

$$E_{ur} = \tan \alpha = \Delta \sigma / \Delta \varepsilon^{el}$$

kde: E - Modul pružnosti (sečnový) [MPa]

E_{ur} - Modul odtížení/přetížení [MPa]



(a) Pracovní diagram zeminy, (b) Vztah mezi napětím a přetvořením

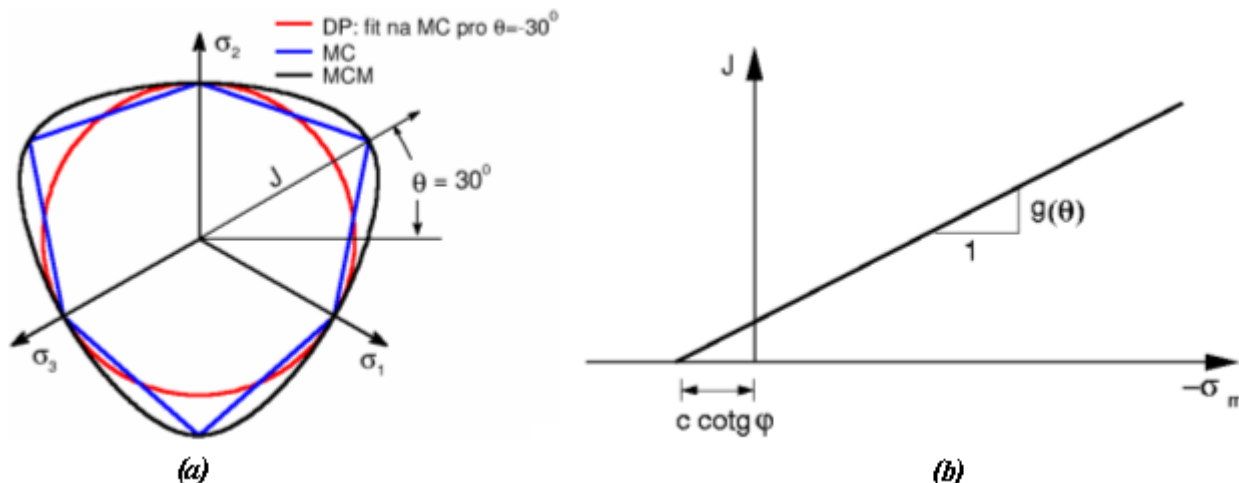
Při přitížení se tedy zemina přetváří podle *modulu pružnosti* E , při odtížení podle *modulu odtížení/přetížení* E_{ur} . Velmi orientační hodnota *modulu odtížení/přetížení* E_{ur} je cca **(2-5)*modul pružnosti** E . V každém případě by tyto vstupní veličiny měl uživatel získat ze zatěžovacích zkoušek.

Nelineární modely

Základní nelineární modely lze opět rozdělit do dvou skupin.

První skupina modelů vychází z klasické Coulombovy podmínky porušení. Do této skupiny patří modely **Drucker-Prager**, **Mohr-Coulomb** a **Modifikovaný Mohr-Coulomb**. U těchto modelů je možné modelovat i **zpevnění a změkčení**. Společným rysem těchto modelů je neomezené elastické přetváření za předpokladu geostatické napjatosti. Tato skutečnost je patrná z níže uvedeného obrázku, který zobrazuje průřezy ploch plasticity jednotlivých modelů do deviátorové, resp. meridiální roviny. Příklad vlivu zvoleného materiálového modelu je uveden [zde](#).

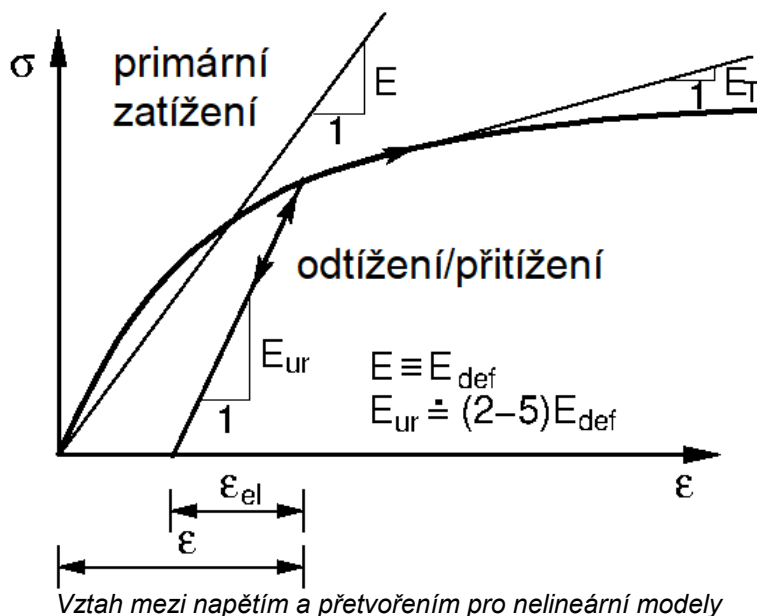
Druhou skupinu materiálových modelů vycházejících z představy kritického stavu zeminy, reprezentují modely **modifikovaný Cam-clay**, **zobecněný Cam clay** a **Hypoplastický jíl**.



Průřez ploch plasticity do (a) deviátorové, (b) meridiální roviny

Zavedení nelineárních modelů umožňuje podstatně lépe vystihnout nelineární odezvu zemin na vnější zatížení.

Hranici mezi lineární (elastickou) a nelineární (plastickou) odezvou materiálu tvoří plocha plasticity. Matematické vyjádření plochy plasticity pak představuje určitou podmínku porušení (funkci plasticity). Překročení této podmínky vede k vývoji trvalých (nevratných) plastických deformací. Funkce může být buď konstantní (pružně-perfektně-plastický materiál) nebo se může měnit v závislosti na aktuálním stavu napětí (materiál se zpevněním/změkčením).



Vztah mezi napětím a přetvořením pro nelineární modely

Na rozdíl od modifikovaného lineárního modelu vyžadují nelineární modely pouze zavedení modulu pružnosti. Pokles tuhosti je dán vývojem plastických deformací a redistribucí napětí. Důsledkem je pak vývoj okamžité tuhosti materiálu v závislosti na daném stavu napětí a deformace. Na výše uvedeném obrázku je tato skutečnost vyjádřena okamžitým modulem E_T .

Vedle základních materiálových parametrů popsaných v části "**Lineární model**", vyžadují nelineární modely zavedení určitých pevnostních charakteristik zemin nutných k formulaci podmínek plasticity. V případě první skupiny materiálů se jedná o následující parametry.

φ - úhel vnitřního tření [$^\circ$]

c - soudržnost zeminy [kPa]

ψ - úhel dilatance [$^{\circ}$]

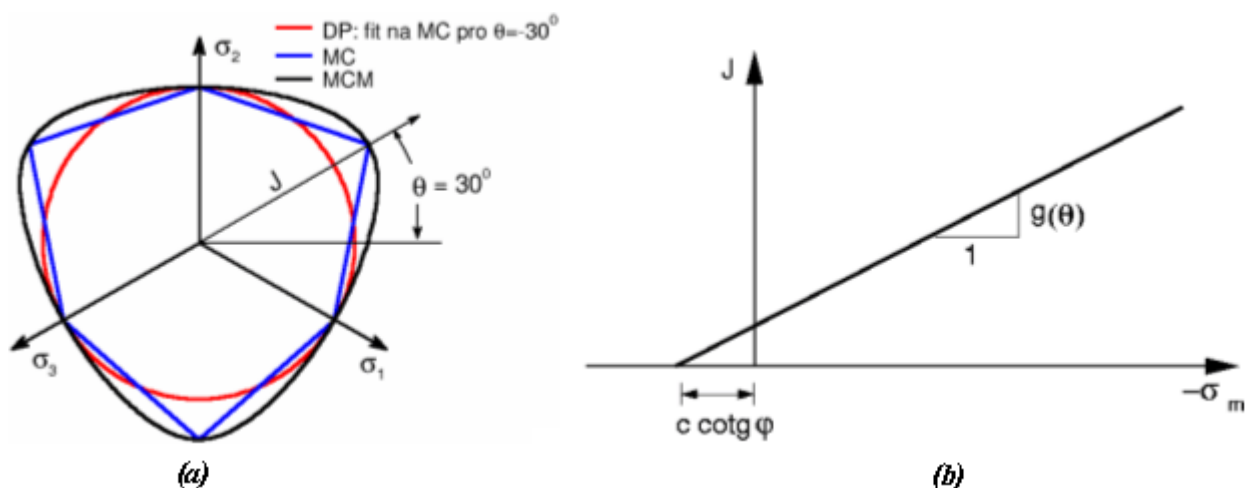
Úhel vnitřního tření a soudržnost určují mez vzniku plastické deformace.

Úhel dilatance udává velikost plastické objemové expanze (dilatance).

Mohr-Coulomb (MC)

Vstupními parametry pro tento model jsou modul pružnosti zeminy E a Poissonovo číslo, dále pak úhel vnitřního tření a soudržnost zeminy, které určují hranici plasticity. Program modeluje ustálený stav po redistribuci pórových tlaků a používá tedy efektivní parametry úhlu vnitřního tření ϕ_{ef} , a soudržnosti c_{ef} . Zadává se také úhel dilatance.

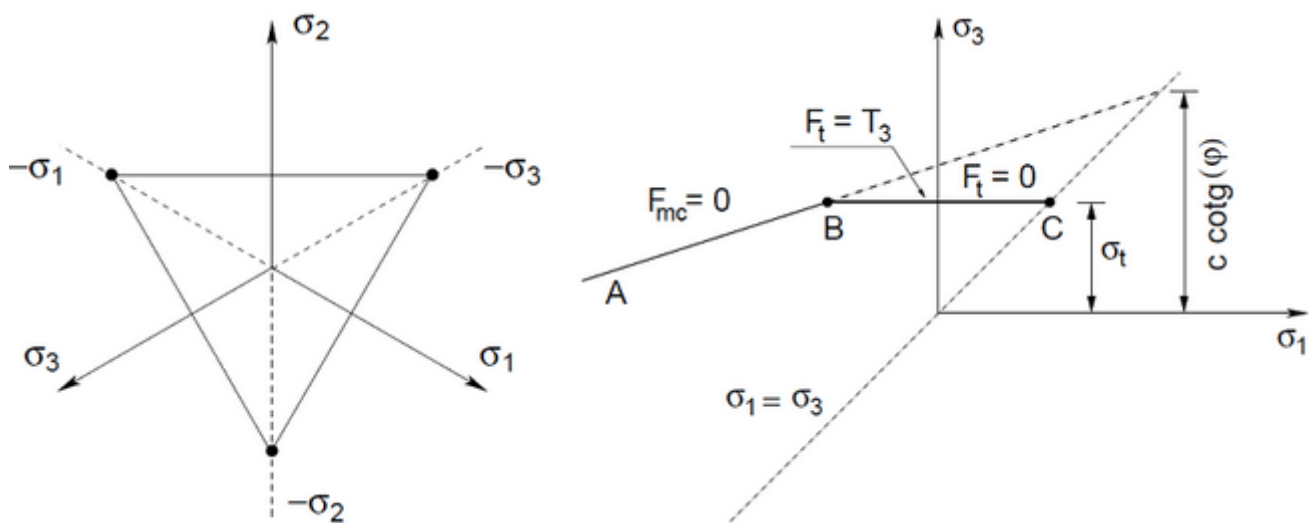
Mohr-Coulombovu podmínku plasticity je možné definovat pomocí třech mezních funkcí, jejichž zobrazení v hlavních napětích představuje nepravidelný šestiboký kužel. Průměty této plochy plasticity do deviatorové a meridiální roviny jsou zobrazeny na obrázku. Jak je patrné z obrázku (část a), vyznačuje se MC podmínka plasticity ostrými vrcholy, které přinášejí určitou komplikaci při implementaci této podmínky v rámci metody konečných prvků. Výhodou naopak je, že tradiční mechanika zemin a částečně i mechanika hornin jsou založené na tomto modelu.



Průmět ploch plasticity do: (a) deviatorové, (b) meridiální roviny

Mohr-Coulomb s omezením v tahu

Klasická formulace Mohr-Coulombova materiálového modelu je rozšířena zavedením Rankinovy podmínky plasticity, viz obrázek (a), umožňující omezení tahové pevnosti zeminy, která v případě standardního Mohr-Coulombova modelu je dána výrazem $c \cdot \cotg \phi$, kde c je koheze a ϕ je úhel vnitřního tření. Tuto hodnotu lze omezit zavedením snížené tahové pevnosti σ_t jak je patrné z obrázku (b). Pokud $\sigma_t > c \cdot \cotg \phi$, pak program automaticky uvažuje $\sigma_t = c \cdot \cotg \phi$. Tento model lze použít pouze v případě rozšířeného zadávání (rozšířené možnosti programu).



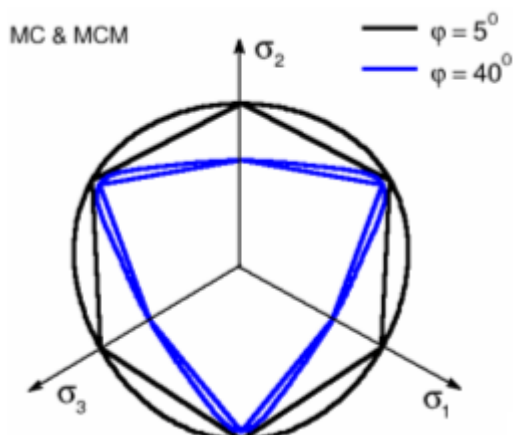
a) Zobrazení Rankinovy podmínky plasticity v deviatorové rovině b) Průmět rozšířené Mohr-Coulombovy podmínky plasticity do roviny hlavních napětí σ_1, σ_3

Modifikovaný Mohr-Coulomb (MMC)

Vstupními parametry pro tento model jsou modul pružnosti zeminy E a Poissonovo číslo, dále pak úhel vnitřního tření

a **soudržnost zeminy**, které určují hranici plasticity. Program modeluje ustálený stav po redistribuci pórových tlaků a používá tedy **efektivní parametry** úhlu vnitřního tření ϕ_{ef} , a soudržnosti c_{ef} . Zadává se také **úhel dilatance**.

Podobně jako DP model upravuje Modifikovaný Mohr-Coulombův model singularity MC modelu. Jak je patrné z obrázku prochází průmět plochy plasticity do deviátorové roviny (hladká křivka) všemi vrcholy Mohr-Coulombova hexagonu a shodně s MC modelem je podmínka plasticity závislá na středním efektivním napětí σ_m a Lodeovu úhlu θ . U tohoto modelu lze očekávat tužší odezvu materiálu při použití MCM modelu než při použití modelů MC a DP.

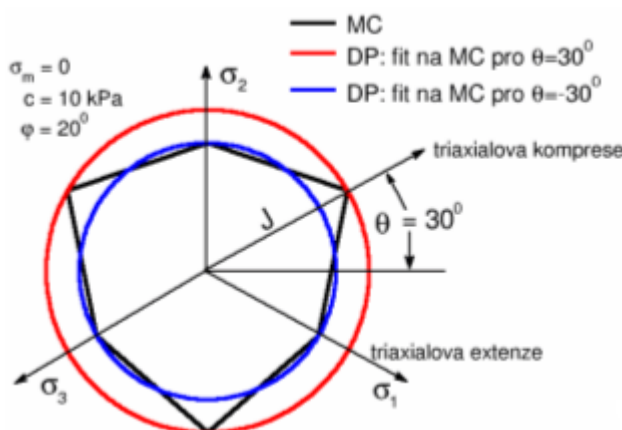


MCM a MC podmínky plasticity v deviátorové rovině

Drucker-Prager

Vstupními parametry pro tento model jsou **modul pružnosti zeminy** E a **Poissonovo číslo**, dále pak **úhel vnitřního tření** a **soudržnost zeminy**, které určují hranici plasticity. Program modeluje ustálený stav po redistribuci pórových tlaků a používá tedy **efektivní parametry** úhlu vnitřního tření ϕ_{ef} , a soudržnosti c_{ef} . Zadává se také **úhel dilatance**.

Drucker-Pragerův model (někdy též rozšířený von Misesův) upravuje singularity Mohr-Coulombova modelu. Na rozdíl od Mohr-Coulombova modelu je Drucker-Pragerova plocha plasticity hladká a v prostoru hlavních napětí je zobrazena jako cylindrický kužel. Jak je patrné z obrázku, je podmínka plasticity podobně jako v případě Mohr-Coulombova modelu závislá na středním efektivním napětí σ_m . Verze modelu implementována v GEO MKP vychází z předpokladu triaxiální extenze. Jinými slovy, průmět plochy plasticity do deviátorové roviny prochází vnitřními vrcholy Mohr-Coulombova hexagonu ($\theta = -30^\circ$), kde θ je Lodeův úhel.



DP a MC podmínky plasticity v deviátorové rovině

Změkčení a zpevnění

Standardní formulace **Drucker-Pragerova** a **Modifikovaného Mohr-Coulombova** modelu předpokládá elastické tuho-plastické chování materiálu, kdy smykové parametry zeminy c a ϕ zůstávají během výpočtu konstantní. Rozšířená verze obou modelů (při použití **rozšířeného zadávání**) umožňuje zavést změnu těchto parametrů v závislosti na vývoji ekvivalentní deviátorické plastické deformace.

$$c = c(E_d^{pl})$$

$$\phi = \phi(E_d^{pl})$$

kde: E_d^{pl} - ekvivalentní deviátorická plastická deformace plyne z následujících vztahů:

$$E_d^{pl} = \sqrt{2e_{ij}^{pl}e_{ij}^{pl}}$$

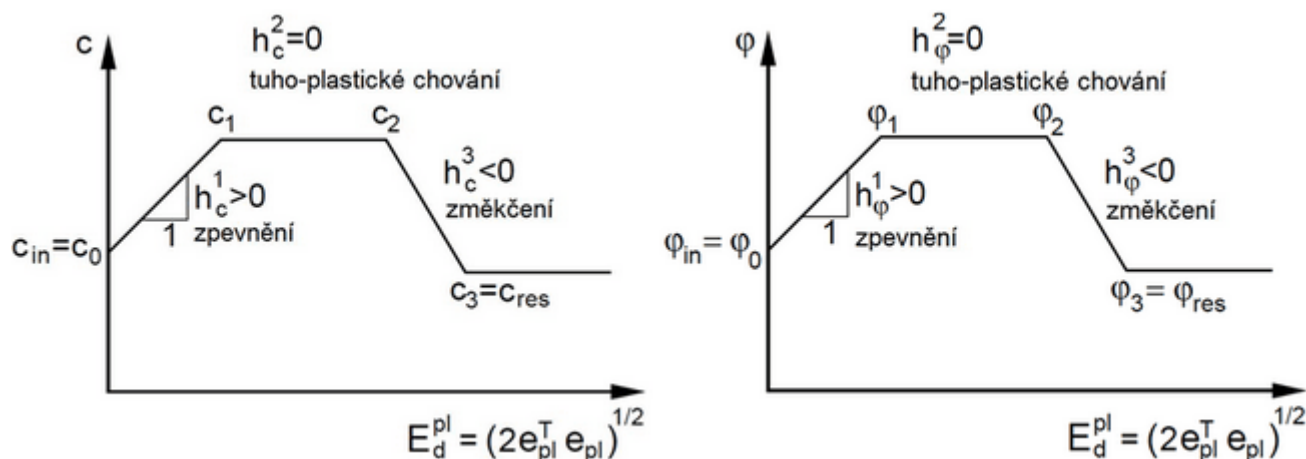
$$e_{ij}^{pl} = \varepsilon_{ij}^{pl} - \frac{1}{3}\varepsilon_v^{pl}\delta_{ij}$$

$$e_v^{pl} = \varepsilon_x^{pl} + \varepsilon_y^{pl} + \varepsilon_z^{pl}$$

kde:

- E_d^{pl} - ekvivalentní deviatorická plastická deformace
- e_{ij}^{pl} - tensor deviatorické plastické deformace
- ε_{ij}^{pl} - tensor plastické deformace
- ε_v^{pl} - objemová plastická deformace
- δ_{ij} - Kroneckerovo delta

Předpokládaná, po částech lineární, závislost je patrná z obrázku.



Graf závislosti parametrů c a φ na ekvivalentní deviatorické plastické deformaci E_d^{pl}

Úhel dilatance ψ lze předpokládat buď konstantní, anebo jako funkci úhlu vnitřního tření φ podle vztahu (Rowseova dilatanční teorie):

$$\sin \psi = \frac{\sin \varphi - \sin \varphi_{cv}}{1 - \sin \varphi \sin \varphi_{cv}}$$

kde φ_{cv} je úhel vnitřního tření při dosažení kritického stavu (stav kdy porušení nastává za nulových objemových plastických deformací). Abychom nezvyšovali úhel dilatance (nárůst tahových objemových plastických deformací) do nekonečna, je třeba jej omezit určitou hodnotou, která je v našem případě vázána na maximálním čísle pórovitosti e_{max} , jež lze pro daný materiál akceptovat. Rowseova dilatanční teorie tudíž vyžaduje zavedení následujících vstupních parametrů:

kde:

- φ_{cv} - úhel vnitřního tření při konstantním objemu [-]
- e_0 - počáteční číslo pórovitosti
- e_{max} - maximální číslo pórovitosti [-]

Aktuální číslo pórovitosti e lze vyjádřit v závislosti na aktuální objemové deformaci ε_v a počátečním číslem pórovitosti e_0 následujícím vztahem:

$$\lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{V} = \varepsilon_v = \frac{e - e_0}{1 + e_0}$$

$$\varepsilon_v = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$$

kde:

- e - aktuální číslo pórovitosti
- e_0 - počáteční číslo pórovitosti
- ε_v - celková objemová deformace

V okamžiku, kdy aktuální číslo pórovitosti e přesáhne maximální hodnotu e_{max} , se předpokládá, že úhel dilatance ψ je roven 0 .

Úhel dilatance

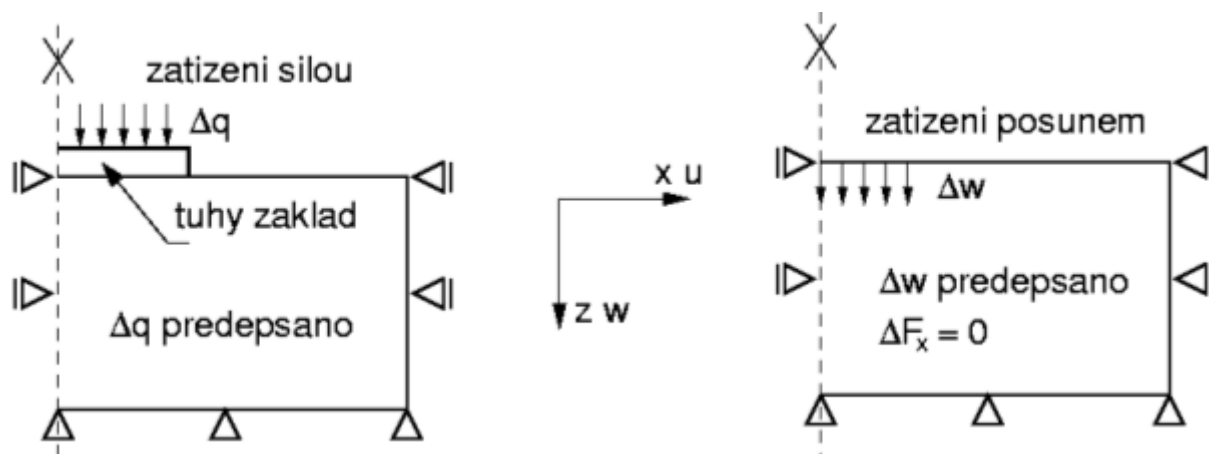
Úhel dilatance udává velikost plastické objemové expanze (dilatance) a během plastického tečení je konstantní. Pokud je $\psi = 0$, pak se předpokládá, že materiál při smyku nemění svůj objem.

Jíly vykazují (bez ohledu na překonsolidované vrstvy) určitou malou míru dilatance ($\psi \approx 0$). U písků je úhel dilatance závislý na ulehlosti a úhlu vnitřního tření. Orientační hodnota pro písky a šterky s úhlem vnitřního tření $\varphi > 30^\circ$ se udává $\psi = \varphi - 30$. Záporná hodnota úhlu dilatance je reálná pouze u extrémně kyprých písků. Ve většině případů je však úhel dilatance roven nule.

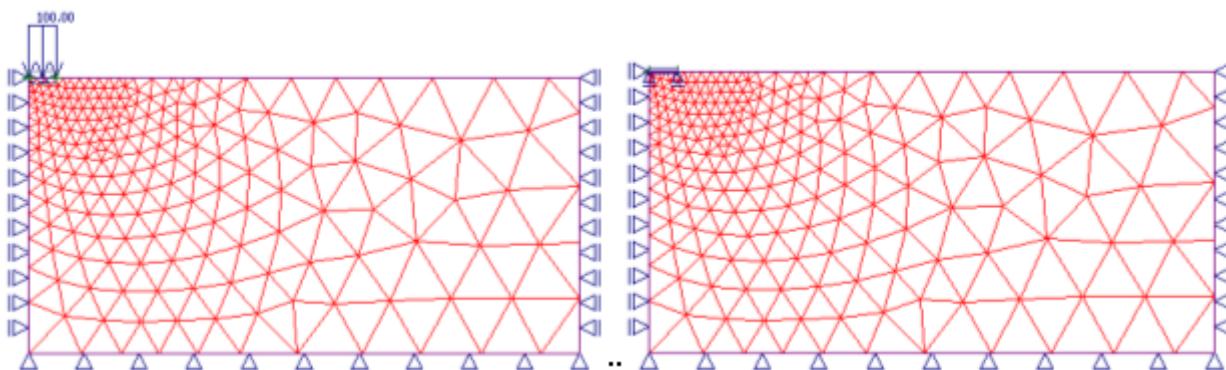
Vliv materiálového modelu

Pro názornou představu o vlivu použitého modelu na odezvu konstrukce uvádíme příklad základového pásu zatíženého rovnoměrným přitížením q . Určitým zjednodušením dané úlohy je představa dokonale tuhého základu zatíženého posunem.

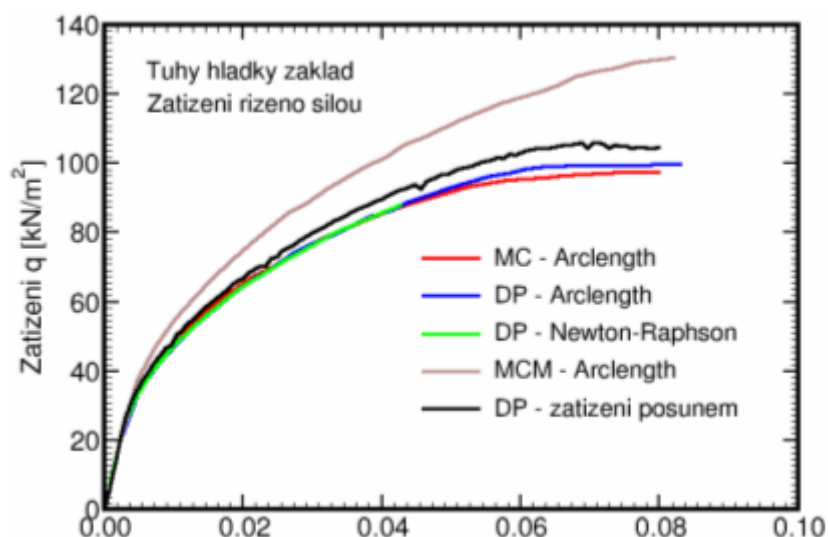
Geometrický model a síť konečných prvků pro jednotlivé úlohy jsou patrné na spodním obrázku. Vliv vlastní tíhy zeminy a základu nebyl uvažován. Vzhledem k symetrii se řeší pouze polovina dané úlohy.



Zadání úlohy: základový pás



Geometrický model a síť konečných prvků



Výsledky řešení

Z výsledků je patrná podstatně tužší odezva zemního masivu na účinky vnějšího zatížení při užití modelu MCM oproti modelům DP a MC, které se v daném případě chovají obdobně.

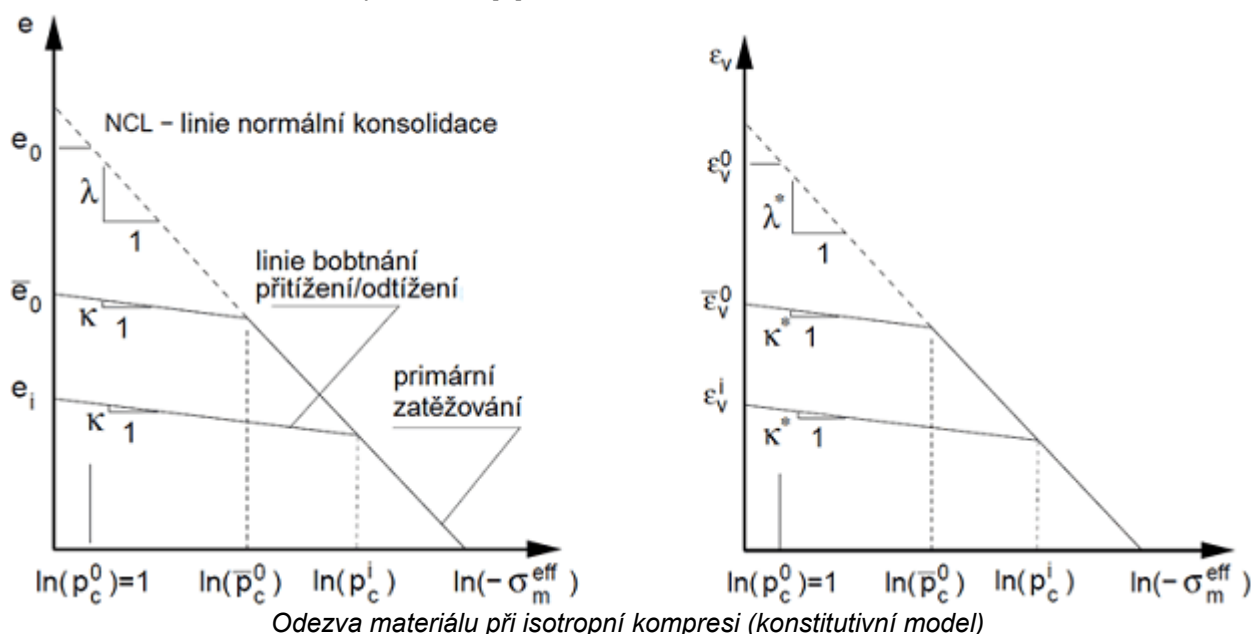
Modifikovaný Cam-clay model (MCC)

MCC model byl původně navržen pro popis plastického přetváření jílovitých zemin nacházejících se ve stavu triaxiálové napjatosti. Na základě experimentálních měření byl navržen konstitutivní model vyjadřující změny čísla pórovitosti e (objemovou deformací ε_v) a logaritmu středního efektivního napětí σ_m^{eff} , jak je patrné z následujícího obrázku. Oba grafy jsou vázány vztahem:

$$\lambda^* = \frac{\lambda}{1+e}$$

$$\kappa^* = \frac{\kappa}{1+e}$$

- κ - směrnice linie bobtnání [-]
- λ - směrnice NCL (linie normální konsolidace) [-]
- e - aktuální číslo pórovitosti [-]



V případě panenské zeminy (virgin soil - normálně konsolidovaná zemina) je chování zeminy dáno tzv. linií normální konsolidace (NCL). Za předpokladu, že zemina již byla zkonsolidována na určitou úroveň danou parametrem p_c (předkonsolidační tlak - preconsolidation pressure) a následně odtížena, je chování zeminy při opětovném zatěžování nejprve popsáno tzv. linií bobtnání (odtížení-přetížení). Při opětovném překročení parametru p_c je přetvoření opět dáno linií normální konsolidace (primární zatěžování - linie komprese).

Parametry κ a λ lze odhadnout ze vztahů:

$$\lambda = \frac{C_c}{2,3}$$

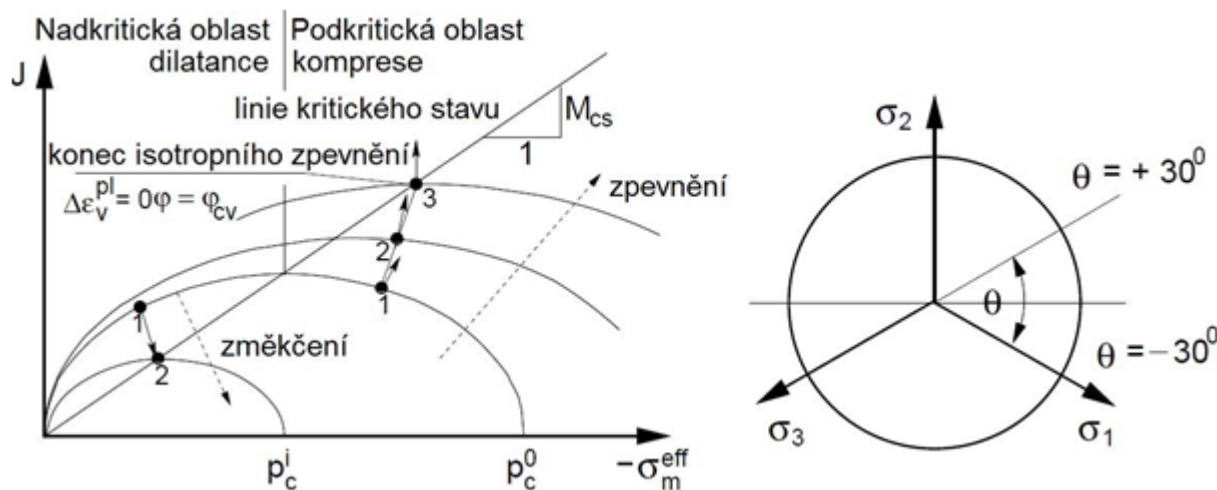
$$\kappa = 1,3 \frac{1 - \nu_e}{1 + \nu} C_s$$

- kde:
- C_c - součinitel jednoosé stlačitelnosti
 - C_s - součinitel jednoosého bobtnání

Tyto parametry lze získat z jednoduché eodemetrické zkoušky.

Jak je patrné z následujícího obrázku, je plocha plasticity hladká bez možnosti vývoje tahových napětí. MCC model umožňuje, na rozdíl od první skupiny modelů, přímo modelovat deformační zpevnění/změkčení u normálně konsolidovaných nebo překonsolidovaných zemin, nelineární závislost mezi objemovou deformací a středním napětím a limitní podmínky ideální plasticity. Při použití modelu MCC lze zeminu vystavenou smykové deformaci plasticky přetvářet

bez kolapsu (body 1,2 pro případ zpevnění, bod 1 pro případ změkčení) až do okamžiku, kdy je dosaženo kritického stavu (bod 3 pro případ zpevnění, bod 2 pro případ změkčení). Zemina se pak dále přetváří pouze smykem bez změny e a σ_m^{eff} . Při odtížení se předpokládá lineární odezva zeminy.



Průmět plochy plasticity do meridiální a deviatorické roviny

Vývoj podmínky plasticity (zpevnění/změkčení) je řízen aktuálním předkonsolidačním napětím p_c :

$$p_c^{i+1} = p_c^i \exp \left[\frac{-\Delta \varepsilon_v^{pl}}{\lambda^* - \kappa^*} \right]$$

kde: p_c^{i+1} - aktuální předkonsolidační napětí
 $\Delta \varepsilon_v^{pl}$ - přírůstek objemové plastické deformace

Vedle parametrů κ , λ , vlastní tíhy a Poissonova čísla vyžaduje MCC model zadání následujících tří parametrů:

M_{cs} - směrnice linie kritického stavu [-]

e_0 - počáteční číslo pórovitosti [-]

OCR - součinitel překonsolidace [-]

Spolehlivá inicializace modelu je popsána v kapitole "Numerická implementace MCC a GCC modelů".

Směrnici kritického stavu M_{cs} lze určit z výrazu:

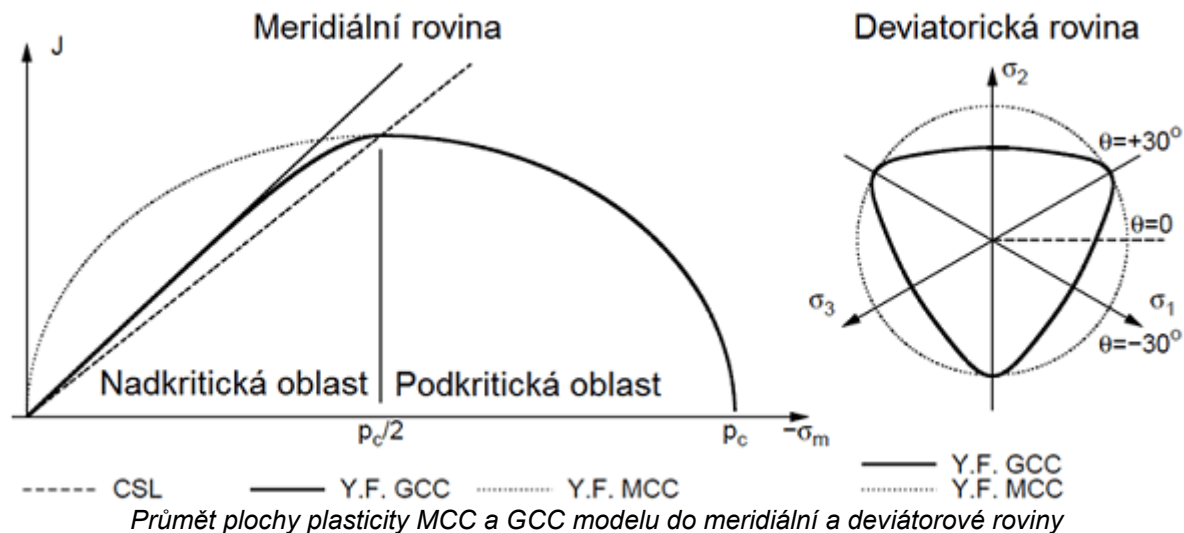
$$M_{cs}^{+30^\circ}(\varphi_{cv}) = \frac{2\sqrt{3} \sin \varphi_{cv}}{3 - \sin \varphi_{cv}}, \quad \text{pro triaxiálovou kompresi}$$

$$M_{cs}^{-30^\circ}(\varphi_{cv}) = \frac{2\sqrt{3} \sin \varphi_{cv}}{3 + \sin \varphi_{cv}}, \quad \text{pro triaxiálovou extenzi}$$

kde φ_{cv} je úhel vnitřního tření při konstantním objemu odpovídající kritickému stavu.

Zobecněný Cam clay model (GCC)

Tento model představuje podstatné vylepšení Modifikovaného Cam clay (MCC) modelu, zejména při modelování zeminy v nadkritické oblasti (supercritical domain), viz obrázek, kde podmínka porušení kopíruje klasické modely typu Mohr-Coulomb, Drucker-Prager a Modifikovaný Mohr-Coulomb (MMC). Na rozdíl od Modifikovaného Cam clay modelu (čárkované linie) má průmět do deviatorové roviny stejný tvar jako Modifikovaný Mohr-Coulombův model. Průmětem MCC modelu je podobně jako v případě Drucker-Pragerova modelu kružnice. V podkritické oblasti (subcritical domain) se modely MCC a GCC chovají identicky. Při odtížení se předpokládá lineární odezva zeminy. GCC model lze použít pouze v případě rozšířených možností programu. Spolehlivá inicializace modelu je popsána v kapitole "Numerická implementace MCC a GCC modelů".



Parametry, které je třeba zadat při použití Zobecněného Cam clay modelu, jsou shodné s parametry modelů MCC a MMC:

- κ - směrnice linie bobtnání [-]
- λ - směrnice linie normální konsolidace (NCL) [-]
- e_0 - počáteční číslo pórovitosti [-]
- OCR - číslo překonsolidace
- c - koheze
- φ - úhel vnitřního tření
- φ_{cv} - úhel vnitřního tření při konstantním objemu
- ν - Poissonovo číslo

Parametry κ a λ lze odhadnout ze vztahů:

$$\lambda = \frac{C_c}{2,3}$$

$$\kappa = 1,3 \frac{1 - \nu}{1 + \nu} C_s$$

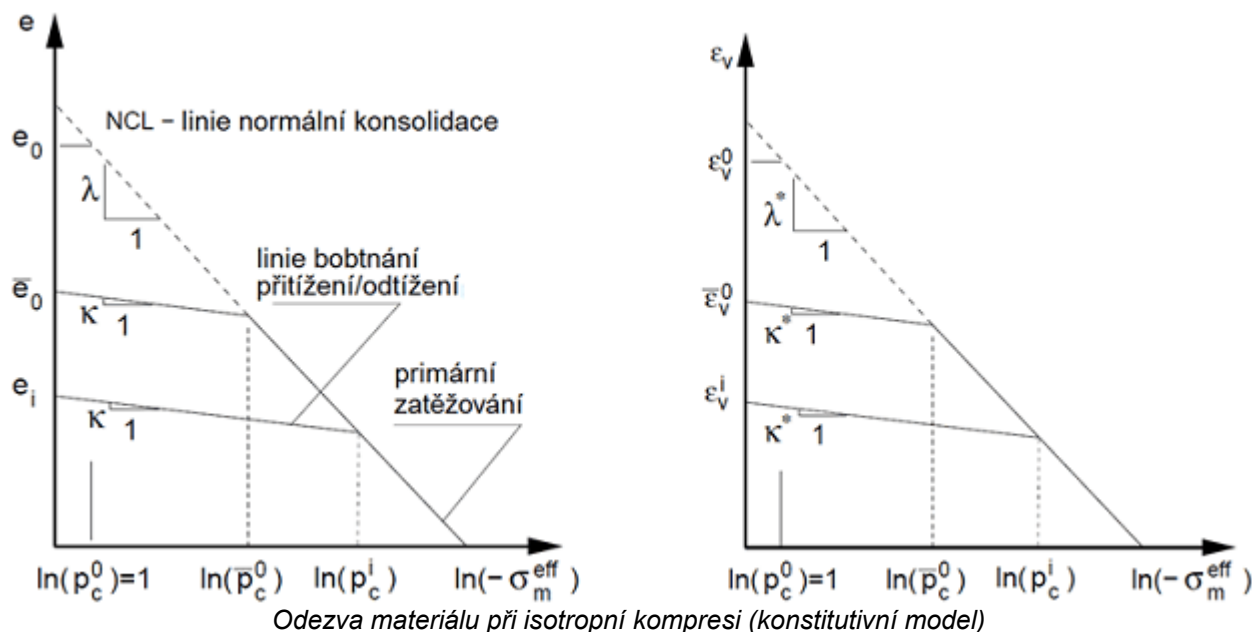
- kde:
- C_c - součinitel jednoosé stlačitelnosti
 - C_s - součinitel jednoosého bobtnání

Tyto parametry lze získat z jednoduché eodemetrické zkoušky.

Podobně jako u MCC modelu je základem formulace GCC modelu vztah mezi číslem pórovitosti (objemovou deformací) a středním efektivním napětím jak je patrné z následujícího obrázku. Oba grafy jsou vázány vztahem:

$$\lambda^* = \frac{\lambda}{1 + e}$$

$$\kappa^* = \frac{\kappa}{1 + e}$$



Vývoj podmínky plasticity (zpevnění/změkčení) je řízen aktuálním předkonsolidačním napětím p_c :

$$p_c^{i+1} = p_c^i \exp \left[\frac{-\Delta \varepsilon_v^{pl}}{\lambda^* - \kappa^*} \right]$$

kde: p_c^{i+1} - aktuální předkonsolidační napětí
 $\Delta \varepsilon_v^{pl}$ - přírůstek objemové plastické def

Numerická implementace MCC a GCC modelů

Důležitým bodem, zajišťujícím korektní použití MCC a GCC materiálových modelů, je určení počátečního předkonsolidačního napětí p_c^{in} a příslušného objemového modulu K^{in} . Tyto dva parametry se ovšem přímo nezadávají, nýbrž jsou určeny programem na základě předpokládaného rozložení počáteční napjatosti. Připomeňme tři základní možnosti stanovení počáteční napjatosti:

1. Použití Ko procedury

Užití **Ko procedury** vede na hodnotu počátečního středního napětí ve tvaru:

$$\sigma_m = \frac{1}{3} \gamma h (1 + 2K_0)$$

kde: K_0 - součinitel bočního zemního tlaku v klidu
 γ - objemová tíha zeminy
 h - aktuální hloubka pod terénem

Za předpokladu normální konsolidace určíme p_c^{in} z podmínky, že příslušné aktuální napětí splňuje podmínku plasticity:

$$p_c^{in} = -\frac{J^2}{M_{cs}^2 \sigma_m} - \sigma_m$$

kde: M_{cs} - směrnice linie kritického stavu
 J - equivalentní deviatorické napětí
 σ_m - střední napětí

Veličiny J a σ_m jsou definovány následujícími vztahy:

$$S_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma_m \delta_{ij} \quad \sigma_{ij} = D_{ijkl} \varepsilon_{kl}$$

$$e_{ij} = \varepsilon_{ij} - \frac{1}{3} \varepsilon_v \delta_{ij} \quad S_{ij} = 2G e_{ij}$$

$$J = G E_d \quad \sigma_m = K \varepsilon_v$$

$$\sigma_m = \frac{1}{3} (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)$$

$$J = \sqrt{\frac{1}{2} S_{ij} S_{ij}}$$

$$e_v = \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z$$

$$E_d = \sqrt{e_{ij} e_{ij}}$$

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)} = \frac{GE}{3(3G-E)} = \frac{2(1+\nu)}{3(1-2\nu)} G$$

kde:	E_d	-	ekvivalentní deviatorická deformace
	e_{ij}	-	tensor deviatorické deformace
	ε_{ij}	-	tensor celkové deformace
	ε_v	-	objemová deformace
	σ_{ij}	-	tensor napětí
	s_{ij}	-	tensor deviatorického napětí
	δ_{ij}	-	Kroneckerovo delta
	D_{ijkl}	-	tensor materiálové tuhosti
	G	-	smykový modul
	K	-	objemový modul
	E	-	modul pružnosti
	ν	-	Poissonovo číslo

V případě triaxiálové komprese či extenze lze směrnicí linie kritického stavu M_{cs} určit ze vztahů:

$$M_{cs}^{+30^\circ}(\varphi_{cv}) = \frac{2\sqrt{3} \sin \varphi_{cv}}{3 - \sin \varphi_{cv}}$$

$$M_{cs}^{-30^\circ}(\varphi_{cv}) = \frac{2\sqrt{3} \sin \varphi_{cv}}{3 + \sin \varphi_{cv}}$$

V případě překonsolidovaných zemin upravíme parametr p_c^{in} podle vztahu:

$$p_c^{in} = p_c^{in} OCR$$

Počáteční objemový modul je dán výrazem:

$$K^{in} = -\frac{1+e}{\kappa} \sigma_m$$

kde aktuální číslo pórovitosti e zapíšeme ve tvaru:

$$e = e_0 - \lambda \ln(p_c^{in}) + \kappa \ln\left(-\frac{p_c^{in}}{\sigma_m}\right)$$

Pro malá napětí $\left|\frac{\sigma_m^{in}}{\sigma_m}\right| < 1$ dostaneme:

$$p_c^{in} = 1$$

$$K_{in} = -\frac{1+e^0}{\kappa}$$

2. Standardní (elastický) výpočet

Připomeňme, že program umožňuje výměnu zeminy mezi jednotlivými fázemi. Tuto možnost lze využít v případech, kdy K_o proceduru nelze aplikovat. Počáteční střední napětí je stanoveno za předpokladu elastického chování zeminy. Veličiny p_c^{in} a K^{in} pak již určíme z předchozích vzorců. Od druhé fáze pak nahradíme elastický materiálový model požadovaným modelem MCC nebo GCC.

3. Standardní (plastický) výpočet

Plastický výpočet předpokládá použití MCC nebo GCC modelů již od první fáze. V takovém případě se předpokládá, že materiálový bod zeminy se posouvá po linii normální konsolidace s počátečními hodnotami p_c^{in} a K^{in} určenými vztahy:

$$p_c^{in} = 1$$

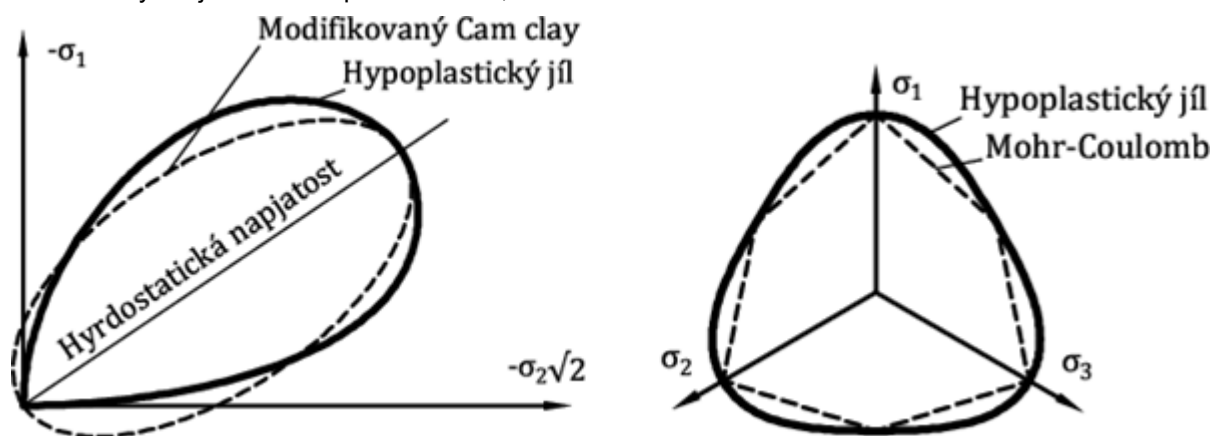
$$K_{in} = -\frac{1+e^0}{\kappa}$$

Výsledné plastické deformace jsou před dalším výpočtem nastaveny na nulu. V některých případech může tento postup divergovat.

Hypoplastický jíl

Hypoplastický jíl je určený pro modelování úloh v měkkých jemnozrnných zeminách. Jedná se o standardní fenomenologický model a svým charakterem se řadí k modelům kritického stavu (**Modifikovaný Cam clay**, **Zobecněný cam clay**). Model zohledňuje nelineární chování zeminy jak během zatěžování, tak i odtěžování. Na rozdíl od standardních modelů založených na teorii plasticity však umožňuje vyjádření pouze celkových deformací, tudíž nerozlišuje elastické a plastické deformace. Charakter porušení, u standardních modelů reprezentován oblastí lokalizované ekvivalentní plastické deformace, lze v případě hypoplastického jílu vystihnout například rozložením mobilizovaného úhlu vnitřního tření.

Při popisu odezvy zemin na vnější účinky umožňuje model zohlednit odlišnou tuhost při zatěžování a odtěžování, změkčení či zpevnění v závislosti na ulehlosti zeminy a změnu objemu při smykové deformaci (dilatanci, kontraktanci). Aktuální tuhost závisí nejen na směru přetížení, ale též na stavu zeminy, který je dán její pórovitostí. Na rozdíl od modelu **Cam clay** důsledně vylučuje tahová napětí v zemině, viz Obrázek 1a.



Obr. 1: Hranice stavu hypoplastického modelu - (a) porovnání s plochou plasticity modelu Cam clay v meridiální rovině, (b) porovnání s plochou plasticity Mohr-Coulombova modelu v deviatorické rovině

V případě hypoplastického modelu je plocha plasticity nahrazena tzv. Hranicí stavu (Boundary state surface). Její průmět v deviatorické rovině je obdobný **modifikovanému Mohr-Coulomb** modelu, viz Obrázek 1b. Z pohledu zákona plastického tečení se jedná o neasociovaný zákon, jehož důsledkem je nesymetrická matice aktuální tuhosti (srovnej například s Mohr-Coulombovým modelem při různých hodnotách úhlu vnitřního tření ϕ a dilatačního úhlu ψ). Detailní formulace hypoplastického modelu je uvedena v [1].

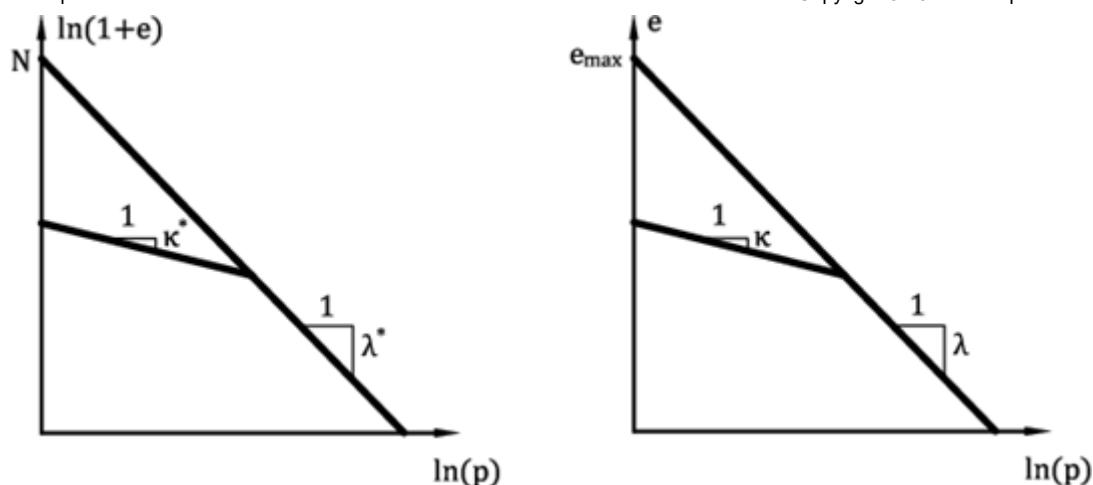
Parametry modelu

Základní varianta modelu vyžaduje pět materiálových parametrů:

- Úhel vnitřního tření při konstantním objemu (kritický úhel vnitřního tření) ϕ_{cv}
- Sklon linie bobtnání κ^*
- Směrnice linie normální konsolidace (NCL - normal consolidation line) λ^*
- Počátek linie normální konsolidace N
- Poměr objemového a smykového modulu r

Parametry κ^* , λ^* a N určují bilineární diagram izotropní konsolidace v log-log měřítku, Obrázek 2a. Pokud jsou k dispozici parametry bilineárního diagramu pro **modifikovaný Cam clay** model (v semi-logaritmickém měřítku, Obrázek 2b), lze zadat tyto hodnoty, přičemž odpovídající parametry hypoplastického jílu jsou dopočítány. Parametry bilineárního diagramu pro **modifikovaný Cam clay** model jsou:

- Směrnice linie bobtnání κ (v semi-logaritmickém měřítku)
- Směrnice linie normální konsolidace λ (v semi-logaritmickém měřítku)
- Číslo pórovitosti e_{max} při normální konsolidaci všesměrným tlakem **1kPa**



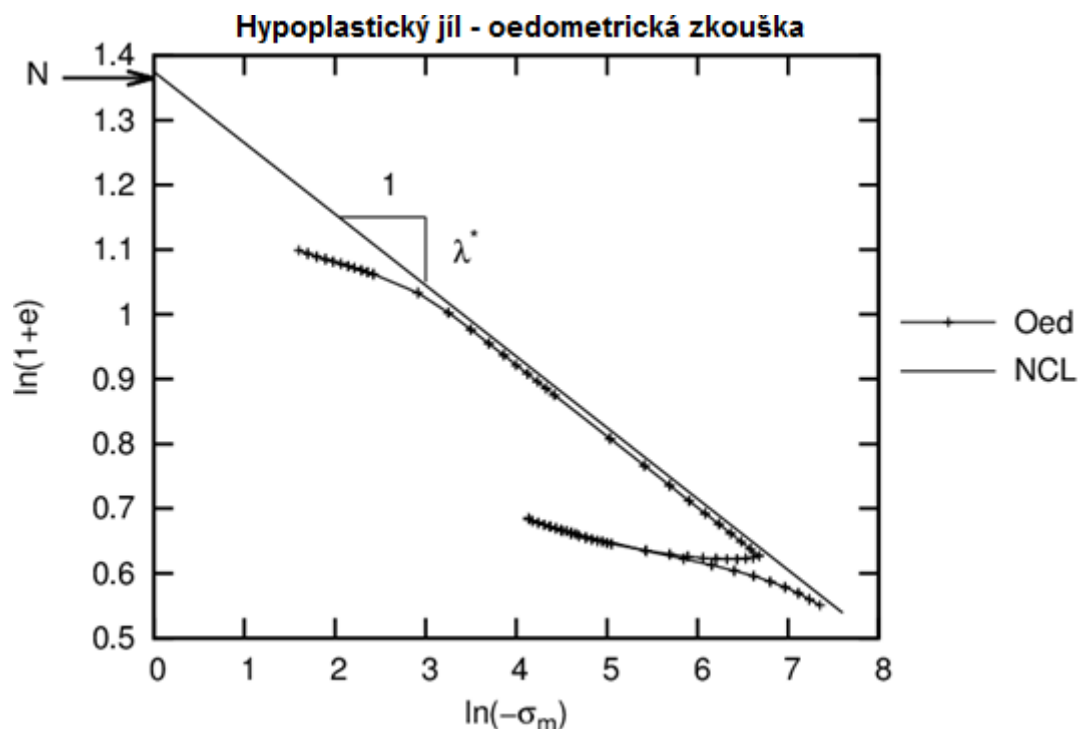
Obr. 2: Bilineární diagram izotropní konsolidace - (a) Hypoplastický jíl, (b) model Cam clay

Kritický úhel vnitřního tření ϕ_{cv}

- Shodný pro jak pro neporušený rostlý vzorek, tak pro rekonstituovaný a následně konsolidovaný vzorek
- Lze určit z triaxiální smykové zkoušky při různých komorových tlacích
- Zkouška může být nedrénovaná (rychlejší) či drénovaná
- Běžně se pohybuje v rozmezí $18^\circ - 35^\circ$

Sklon linie normální konsolidace λ^*

- Určí se graficky z průběhu zatěžovací fáze oedometrického testu či testu izotropní konsolidace, viz Obrázek 3
- Pro tuhé jíly je vhodné provést zkoušku na rekonstituovaném vzorku
- Běžně se pohybuje v rozmezí $0,04 - 0,15$



Obr. 3: Průběh simulace oedometrické zkoušky s hypoplastickým modelem

Sklon linie bobtnání κ^*

- Určí se parametrickou studií - porovnání průběhu měření a simulace - odtěžovací fáze oedometrického testu či izotropní konsolidace, viz Obrázek 3
- Hodnota κ se běžně pohybuje v rozmezí $0,01 - 0,02$
- Poměr λ/κ by měl být větší než $4,0$

Počátek linie izotropní konsolidace N

- Určí se graficky z průběhu zatěžovací fáze oedometrického testu či izotropní konsolidace

- Zkouška by měla být provedena na rostlém vzorku - při hledání průsečíku se svislou osou lze použít sklon λ získaný na rekonstituovaném vzorku, viz Obrázek 3
- Běžně se pohybuje v rozmezí $0,8 - 1,6$

Poměr objemového a smykového modulu r

- Fyzikální význam parametru je dán vztahem $r = K_i/G_i$
- K_i je tečný objemový modul při izotropní kompresi podle linie normální konsolidace
- G_i je tečný smykový modul při nedrénované smykové zkoušce při stejné napjatosti
- Parametr r lze určit parametrickou studií smykové triaxiální zkoušky
- Běžně se pohybuje v rozmezí $0,05 - 0,7$

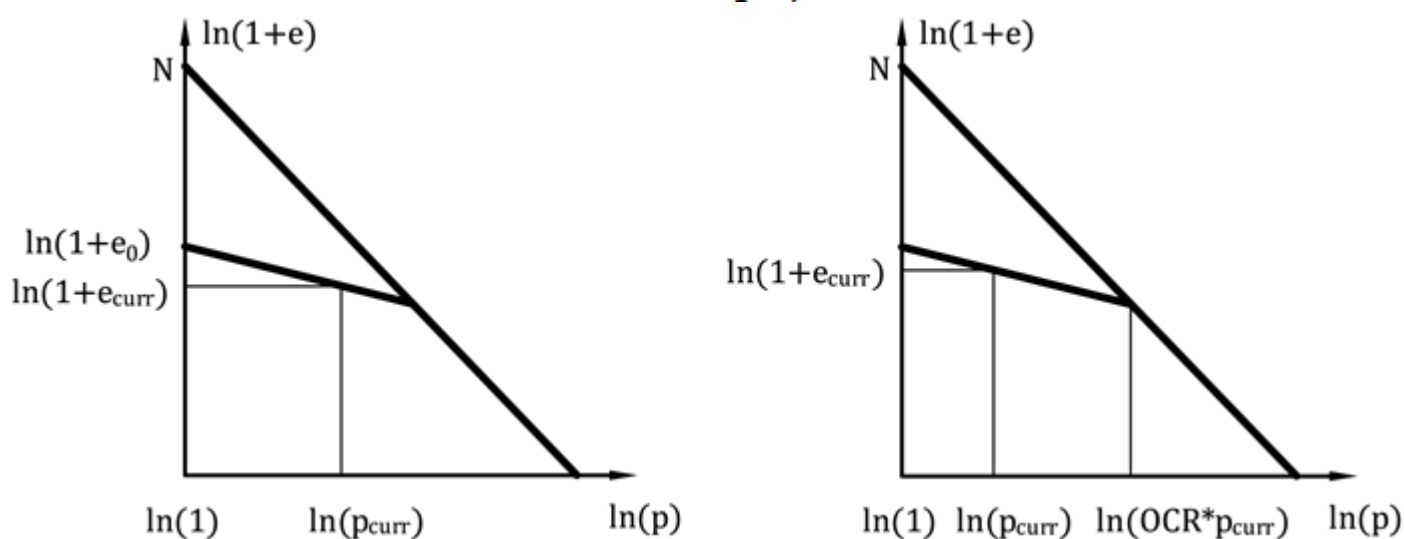
Nastavení počátečního stavu zeminy

V případě hypoplastického jílu se stavem zeminy rozumí její aktuální ulehlost vyjádřená číslem pórovitosti. Implementace modelu umožňuje zadat počáteční či aktuální hodnotu čísla pórovitosti anebo ji dopočítat z čísla překonsolidace OCR . V prvním případě se zadá hodnota e_0 , která odpovídá číslu pórovitosti změřené na odtíženém vzorku vyjmutém z dané hloubky. V druhém případě lze zadat hodnotu e_{curr} , která odpovídá číslu pórovitosti zatížené zeminy, viz Obrázek 4a. Poslední možností je zadat hodnotu OCR , která představuje poměr mezi středním napětím na NCL a aktuálním středním napětím, viz Obrázek 4b.

V případě, kdy je úloha v první fázi inicializovaná K_o procedurou je stav zeminy nastaven na začátku následující fáze na základě aktuálního napětí. V případě standardního výpočtu první fáze (model hypoplastický jíl se předpokládá již od první výpočtové fáze), kdy je zemina zatížena vlastní tíhou, se při nastavení stavu zeminy uvažuje počáteční hodnota středního napětí $p_{in} = 1 \text{ kPa}$ a platí $e_{curr} = e_0$. V případě, kdy je jiný materiál nahrazen hypoplastickým jílem (například elastický materiál uvažovaný v 1. fázi budování), je uvažována hodnota napětí z předcházející fáze.

Připomeňme, že v případě užití elastického materiálu v první fázi výpočtu bude počáteční stav napětí odpovídat výsledkům K_o procedury pro K_o (ν je Poissonovo číslo).

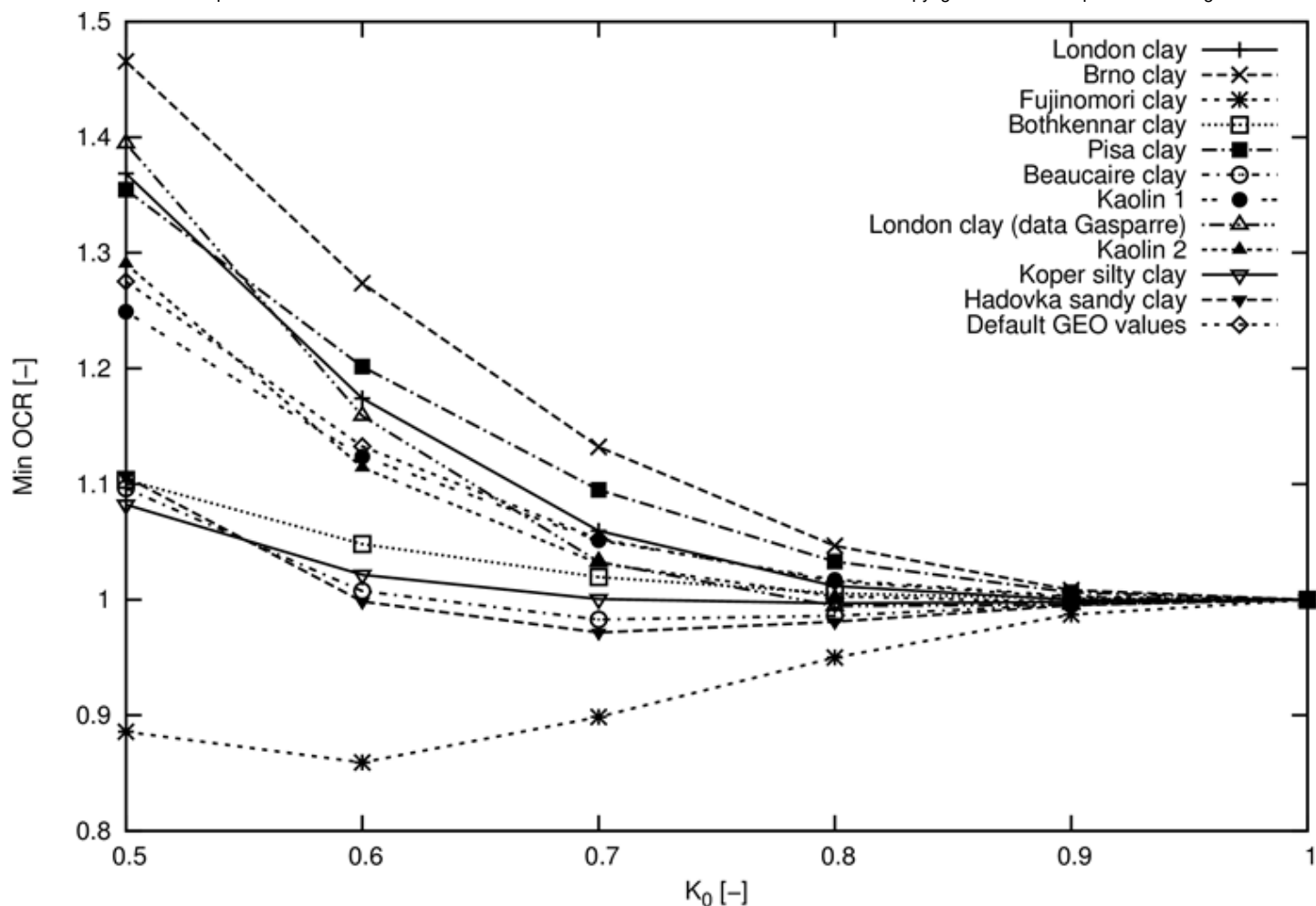
$$K_o = -\frac{\nu}{1-\nu}$$



Obr. 4: Inicializace čísla pórovitosti - (a) pomocí počátečního čísla pórovitosti, (b) pomocí OCR

Z obrázku 4b je patrné, že normálně konsolidované zemině odpovídá $OCR = 1,0$ pouze v případě izotropní konsolidace, tedy pro $K_o = 1,0$. Pokud v konsolidované zemině existuje nenulové deviatorické napětí odpovídá normálně konsolidované zemině OCR vyšší než $1,0$. Přesná hodnota OCR_{NC} závisí jak na parametrech zeminy, tak na směru dráhy napětí (hodnota K_o). Obrázek 5 poskytuje přehled závislosti minimálního OCR pro různé hodnoty součinitele bočního tlaku K_o a různé typy jílu. Konkrétní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1. Tabulka 2 pak poskytuje hodnoty základních parametrů hypoplastického modelu pro uvažovanou skupinu zemín.

Volba $OCR = 1,0$ pro materiál konsolidovaný jinak než izotropně ($K_o = 1,0$) vytváří nepřípustný počáteční stav modelu, který se může projevit ztrátou konvergence výpočtu.

Obr. 5: Závislost minimálního OCR na součiniteli bočního tlaku v klidu K_0

Soil/ K_0	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
	OCR					
Londýnský jíl	1.369	1.174	1.059	1.011	1.000	1.0
Londýnský jíl (data Gasparre)	1.394	1.159	1.033	0.994	0.995	1.0
Fujinomori jíl	0.886	0.859	0.898	0.950	0.987	1.0
Bothkennar jíl	1.104	1.048	1.019	1.001	1.001	1.0
Pisa jíl	1.354	1.202	1.095	1.033	1.006	1.0
Beaucaire jíl	1.096	1.008	0.983	0.986	0.996	1.0
Kaolin 1	1.249	1.123	1.051	1.017	1.003	1.0
Kaolin 2	1.291	1.114	1.031	1.001	0.998	1.0
Koper jíl hlinitý	1.081	1.021	1.001	0.997	0.998	1.0
Brněnský jíl	1.466	1.274	1.132	1.047	1.008	1.0
Evropská (Hadovka) jíl písčité	1.106	0.998	0.972	0.981	0.995	1.0
GEO MKP defaultní hodnoty	1.275	1.132	1.052	1.016	1.002	1.0

Tabulka 1: Součinitel překonsolidace OCR vybraných zemin jako funkce hodnoty K_0

Soil	φ_{cv}	λ	κ	N	r
Londýnský jíl	22.6	0.11	0.016	1.375	0.4
Londýnský jíl (data Gasparre)	21.9	0.1	0.02	1.26	0.5
Fujinomori jíl	34.0	0.045	0.011	0.887	1.3
Bothkennar jíl	35.0	0.12	0.01	1.34	0.07
Pisa jíl	21.9	0.14	0.01	1.56	0.3
Beaucaire jíl	33.0	0.06	0.01	0.85	0.4
Kaolin 1	27.5	0.11	0.01	1.32	0.45
Kaolin 2	27.5	0.07	0.01	0.92	0.67
Koper jíl hlinitý	33.0	0.103	0.015	1.31	0.3
Trmice jíl	18.7	0.09	0.01	1.09	0.18
Brněnský jíl	19.9	0.13	0.01	1.51	0.45
Evropská (Hadovka) jíl písčité	32.4	0.0411	0.0078	0.593	0.2
GEO MKP defaultní hodnoty	27.0	0.1	0.01	1.2	0.4

Tabulka 2: Materiálové parametry vybraných zemín

Intergranulární deformace

Základní verze modelu je vhodná při výpočtech, s jedním převládajícím směrem dráhy napětí. V případech, kdy dochází k cyklickému zatěžování, je vhodné použití modelu rozšířeného o intergranulární deformaci. Tím se omezí nežádoucí nárůst trvalé deformace vznikající při malých opakovaných změnách zatížení (ratcheting). Zavedení intergranulární deformace umožňuje modelovat vysokou tuhost, kterou jílly vykazují v oblasti velmi malých deformací. Tato možnost není součástí žádného z dalších modelů implementovaných v programu GEO MKP. Koncept intergranulární deformace předpokládá, že se celková deformace zeminy skládá z malé elastické deformace vrstvy mezi zrn (intergranulární deformace) a dále deformace způsobené vzájemným psounem zrn. Při změně směru zatěžování dochází nejprve ke změně intergranulární deformace. Jakmile intergranulární deformace dosáhne své limitní hodnoty, dochází k deformaci způsobené posunem zrn.

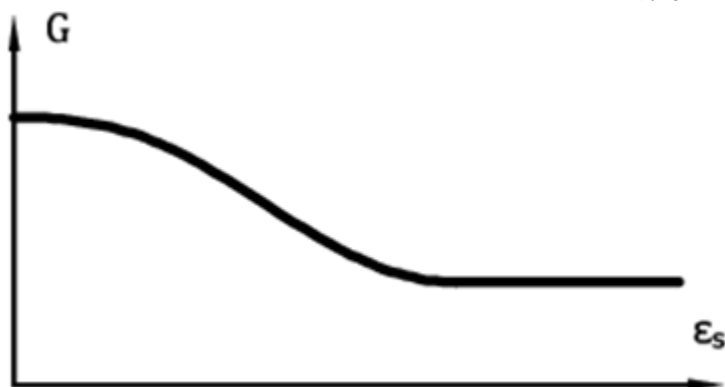
Použití konceptu intergranulární deformace vyžaduje pět dalších materiálových parametrů:

- Rozpětí elastické intergranulární deformace R
- Parametry m_R a m_T kontrolující tuhost při malých deformacích
- Parametry β_r a χ kontrolující míru degradace tuhosti s rostoucí deformací

Tyto parametry se kalibrují s již známými parametry základního hypoplastického modelu.

Rozpětí elastické intergranulární deformace R

- Udává maximální rozsah intergranulární deformace
- Lze určit parametrickou studií křivky degradace tuhosti $G = G(\varepsilon_s)$, viz Obrázek 5
- Popřípadě lze uvažovat jako materiálově nezávislou konstantu $R = 10^{-4}$
- Běžně se pohybuje v rozmezí $2 \cdot 10^{-5}$ - $1 \cdot 10^{-4}$



Obr.5: Křivka degradace smykového modulu

Parametr m_R

- Udává velikost smykového modulu při změně dráhy zatěžovacího napětí v meridiální rovině ($\sigma_m - J$) o 180°
- Lineární vztah mezi m_R a počátečním smykovým modulem $G_0 = p_*(m_r/(r*\lambda^*))$
- Počáteční smykový modul lze určit vhodnou metodou šíření smykových vln, viz Obrázek 6.
- Běžně se pohybuje v rozmezí $4,0 - 20,0$

Parametr m_T

- Udává velikost smykového modulu při změně dráhy zatěžovacího napětí v meridiální rovině ($\sigma_m - J$) o 90°
- Platí $m_R/m_T = G_0/G_{90}$
- Poměr počátečních modulů lze odhadnout z poměru modulů při větších deformacích. Hodnota poměru m_R/m_T se obvykle pohybuje v mezích $1,0 - 2,0$
- Hodnota m_T se běžně pohybuje v rozmezí $2,0 - 20,0$

Parametry β_r a χ

- Určují rychlost degradace tuhosti při narůstající deformaci
- Lze určit parametrickou studii křivky degradace tuhosti $G = G(\varepsilon_s)$
- Parametr β_r se běžně pohybuje v rozmezí $0,05 - 0,5$
- Parametr χ se běžně pohybuje v rozmezí $0,5 - 6$

K parametrickým studiím lze užít příklady.

Literatura:

[1] D. Mašín, A hypoplastic constitutive model for clays, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics., 29:311-336, 2005.

Proměnná tuhost

Tuhost zemin lze zadat rostoucí s hloubkou. Tato vlastnost se definuje v dialogovém okně "**Úprava vlastností zeminy**", kde se zvolí "**Tuhost rostoucí s hloubkou**". Zadáním parametru k_d se zajistí, že modul pružnosti bude v jednotlivých prvcích definován podle jejich hloubky (vzdálenosti od terénu v první výpočetní fázi podle vzorce) podle vzorce

$$E(h) = E_0 + k_d h$$

kde: E_0 - modul pružnosti na terénu [MPa]
 h - hloubka [m]

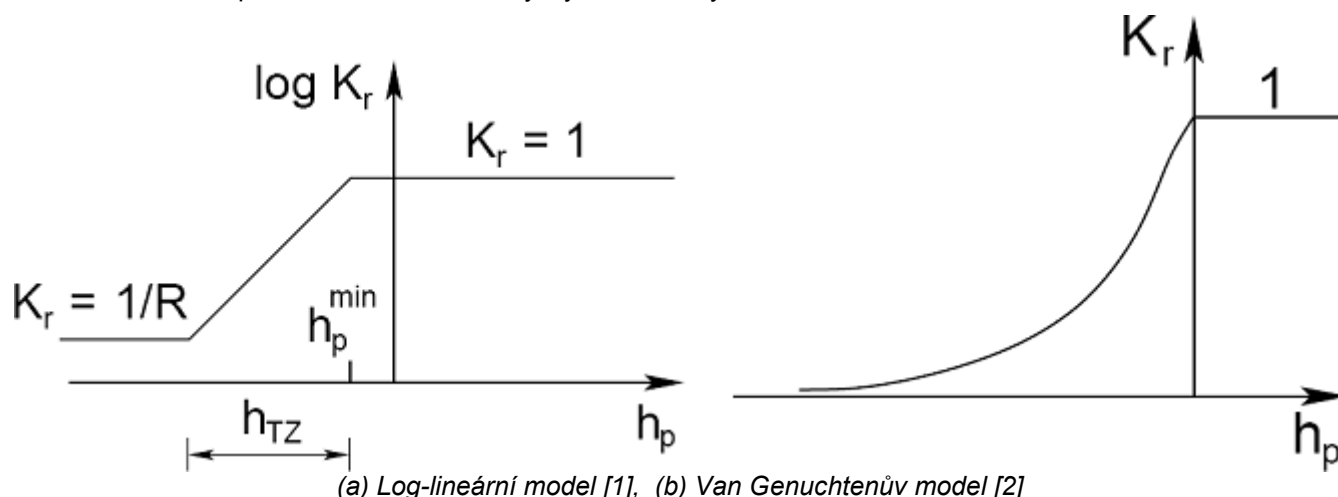
Materiálové modely proudění

Vztah mezi rychlostí proudící kapaliny a změnou hydraulické výšky (pórového tlaku) je řízen Darcyho zákonem. Současná verze programu předpokládá konstantní hodnoty **koeficientů filtrace**. Závislost mezi součiniteli permeability a pórovým tlakem se neuvažuje.

Dále se zadává počáteční **číslo pórovitosti** zeminy e_0 umožňující stanovit aktuální pórovitost zeminy n a následně skutečnou rychlost kapaliny proudící pouze póry $v_s = v/n$, kde v je průměrná rychlost proudění celou průsakovou plochou. Obecně platí, že číslo pórovitosti $e_0 = 1$ odpovídá pórovitost zeminy $n = 50\%$.

Zavedením součinitele relativní permeability K_r umožňuje program sledovat přechod mezi plně nasyceným ($S = 1, K_r = 1$) a nenasyčeným ($K_r \Rightarrow 0$) prostředím. Příkladem je řešení problému ustáleného proudění s volnou hladinou. Přechod

mezi plně nasyceným a nenasyceným prostředím lze řídit jedním ze tří modelů vývoje součinitele relativní permeability K_r v závislosti na hodnotě pórového tlaku/tlakové výšky, viz obrázky.



Log-lineární model

Log-lineární model přechodové vrstvy je popsán např. v [1,3] a je definován následujícími parametry:

- h_p^{min} - minimální hodnota tlakové výšky v plně nasyceném prostředí [kPa]
- h_{TZ} - šířka přechodové zóny [m]
- R - parametr redukce, obecně velké číslo $R = 100$ až 1000 [-], defaultní nastavení předpokládá $R = 1000$ [-]

Součinitel relativní permeability K_r je dán výrazem:

$$K_r(h_p) = 10^{\frac{(h_p - h_p^{min}) \log R}{h_{TZ}}}$$

Gardnerův model

Jedná se o ekvivalentní model závislý pouze na jednom parametru α [1/m]. Součinitel relativní permeability K_r je v tomto případě dán výrazem [4]:

$$K_r(h_p) = e^{\alpha h_p}$$

Van Genuchtenův model

V tomto případě je hodnota součinitele relativní permeability K_r dána výrazem:

$$K_r(h_p) = \frac{\{1 - (-\alpha h_p)^{n-1} [1 + (-\alpha h_p)^n]^{-m}\}^2}{[1 + (-\alpha h_p)^n]^{m/2}}$$

kde α [1/m], $n > 1$, $m = 1 - 1/n$ jsou parametry modelu, jejichž hodnoty lze určit z laboratorních měření retenčních křivek aproximované vztahem:

$$S = S_r + (S_{sat} - S_r) \Theta$$

$$\Theta = \left[\frac{1}{1 + (-\alpha h_p)^n} \right]^m$$

- kde:
- S_{sat} - stupeň nasycení při plné saturaci, standardní nastavené $S_{sat} = 1$
 - S_r - reziduální stupeň nasycení
 - Θ - normalizovaný obsah vody

Parametr Θ je obecně dán výrazem:

$$\Theta = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r}$$

- kde:
- θ_r - reziduální obsah vody [m³/m³]
 - θ_s - obsah vody při plném nasycení [m³/m³]

Aktuální stupeň nasycení S lze vyjádřit v závislosti na obsahu vody θ a pórovitosti zeminy n následovně (je nutné

rozlišovat n vyjadřující pórovitost a n , které vystupuje ve van Genuchtenově modelu, jedná se o dvě různé veličiny):

$$S_w = \frac{\theta}{n}$$

V případě Log-lineárního a Gardnerova modelu je použita zjednodušená forma van Genuchtenova modelu podle [5]:

$$\Theta = K_r^b$$

kde parametr $b > 0$ [-] zavádíme pro lepší zachycení retenčních vlastností dané zeminy.

Doporučuji následující tabulky parametrů, které skutečně zadáváme. Parametry jsou přepočítány na základě hodnot uvedených v originálních tabulkách.

Orientační hodnoty parametrů van Genuchtenova modelu pro různé způsoby zařazení podle zrnitostní třídy USDA a FAO uvádějí následující tabulky.

Tabulka s regresními koeficienty pro zrnitostní třídy USDA podle Van Genuchtena (1991)

Zemina (zrnitostní třída)	K_{sat} [m/den]	RETC				Rosetta			
		e [-]	S_r [-]	α [1/m]	n [-]	e [-]	S_r [-]	α [1/m]	n [-]
Písek	7,13	0,75	0,11	14,5	2,68	0,60	0,14	3,5	3,18
Hlinitopísčítá	3,50	0,70	0,14	12,4	2,28	0,64	0,13	3,5	1,747
Písčitohlinitá	1,06	0,70	0,16	7,5	1,89	0,63	0,10	2,7	1,448
Hlinitá	0,25	0,75	0,18	3,6	1,56	0,66	0,15	1,1	1,474
Jemný písek	0,06	0,85	0,07	1,6	1,37	0,96	0,10	0,7	1,677
Prachovitá hlína	0,11	0,82	0,15	2,0	1,41	0,78	0,15	0,5	1,663
Písčítá jílovitohlinitá	0,314	0,64	0,26	5,9	1,48	0,62	0,16	2,1	1,33
Jílovitohlinitá	0,062	0,70	0,23	1,9	1,31	0,79	0,18	1,6	1,415
Prachovitá jílovitohlinitá	0,017	0,75	0,21	1,0	1,23	0,93	0,19	0,8	1,52
Písčitý jíl	0,029	0,61	0,26	2,7	1,23	0,63	0,30	3,3	1,207
Prachovitý jíl	0,0048	0,56	0,19	0,5	1,09	0,93	0,23	1,6	1,321
Jíl	0,048	0,61	0,18	0,8	1,09	0,85	0,21	1,5	1,253

Tabulka s regresními koeficienty pro 11 zrnitostních tříd FAO podle Van Genuchtena (1998)

Zemina (zrnitostní třída)	K_{sat} [m/den]	e [-]	S_r [-]	α [1/m]	n [-]
Povrchová zemina (do hloubky 1 m)					
Hrubozrnná (C)	0,600	0,68	0,062	3,83	1,3774
Střednězrnná (M)	0,121	0,78	0,023	3,14	1,1804
Středně jemnozrnná (MF)	0,023	0,75	0,023	0,83	1,2539
Jemnozrnná (F)	0,248	1,08	0,019	3,67	1,0120
Velmi jemnozrnná (VF)	0,150	0,78	0,016	2,65	1,1033
Zemina v hloubce (> 1 m)					
Hrubozrnná (C)	0,700	0,58	0,068	4,30	1,5206
Střednězrnná (M)	0,108	0,65	0,026	2,49	1,1689
Středně jemnozrnná (MF)	0,040	0,70	0,024	0,82	1,2179
Jemnozrnná (F)	0,085	0,93	0,021	1,98	1,0861
Velmi jemnozrnná (VF)	0,082	1,17	0,019	1,68	1,0730

Tabulka : Klasifikační systém textury zemin FAO

Zemina	Definice
Hrubozrnná (C)	jíl < 18% a písek > 65%
Střednězrnná (M)	18% < jíl < 35% a 15% < písek nebo: jíl < 18% a 15% < písek < 65%
Středně jemnozrnná (MF)	jíl < 35% a písek < 15%
Jemnozrnná (F)	35% < jíl < 60%
Velmi jemnozrnná (VF)	60% < jíl

Literatura:

Podrobné informace jsou dostupné v [2].

[1] D.M. Potts, L. Zdravkovič, *Finite element analysis in geotechnical engineering - theory*, Thomas Telford, London, 1999.

[2] M. Th. Van Genuchten, *A closed formulation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils*, Journal Soil Science Society of America **44**, 239-259, 1988..

[3] M. Šejnoha, *Finite element analysis in geotechnical design*, to appear (2015)

[4] W. R. Gardner, *Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation to evaporation from a water table*, Soil Science **85**(4), 228-232, 1958.

[5] M. Šejnoha, T. Janda, H. Pruška, M. Brouček, *Metoda konečných prvků v geomechanice: Teoretické základy a inženýrské aplikace, předpokládaný rok vydání* (2015)

[6] USDA 1951. *Soil Survey Manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook No. 18. US Government Printing Office. Washington DC.*

[7] Wösten, J.H.M., et. al. 1998. *Using existing soil data to derive hydraulic parameters for simulation models in environmental studies and in land use planning. Final Report on the European Union Funded project. DLO Winand Staring Centre. Report 156, Wageningen, NL. p. 106. ISSN 0927-04537.*

Koeficient filtrace

Schopnost pórovitého prostředí (tj. zemin a hornin) propouštět kapalinu o určitých vlastnostech (např. podzemní vodu) se nazývá propustnost. Pokud propustnost vztáhneme k proudění, můžeme její míru vyjádřit pomocí **koeficientu**. Koeficient filtrace **k** představuje směrnici lineární závislosti rychlosti proudění na hydraulickém gradientu v Darcyho zákoně:

$$\mathbf{v} = n \mathbf{v}_s = -K_r \mathbf{K}_{sat} \nabla h$$

kde: \mathbf{v}_s - rychlost proudění kapaliny porézní složkou skeletu
 n - pórovitost
 K_r - relativní koeficient filtrace
 \mathbf{K}_{sat} - matice hydraulické vodivosti, jejímiž prvky jsou koeficienty filtrace plně nasyceného prostředí k_x , k_y , které mohou být obecně různé ve směru jednotlivých os
 ∇h - gradient celkové výšky

Celková výška v daném bodu oblasti proudění je dána součtem svislé souřadnice a tlakové výšky a udává tak polohu hladiny v tenké trubici (piezometru) v daném bodě:

$$h = \frac{p}{\gamma_w} + z$$

kde: γ_w - tíha kapaliny

Příklady hodnot koeficientu filtrace pro různé zeminy (podle Myslivce).

Typ zeminy	Koeficient filtrace [m/den]	Pohyb vodní částice o 1 cm při hydraulickém gradientu $i=1$ za čas
Jemný písek	$10^2 - 10$	6 s - 10 min
Jílnatý písek	$10^{-1} - 10^{-2}$	100 min - 18 hod.
Sprašová hlína	$10^{-2} - 10^{-4}$	18 hod. - 70 dní
Hlína	$10^{-4} - 10^{-5}$	70 dní - 2 roky
Jílovitá zemina	$10^{-5} - 10^{-6}$	2 roky - 20 roků
Jíl	$10^{-6} - 10^{-7}$	20 roků - 200 roků

Způsobů jak určit hodnotu koeficientu filtrace **k** je mnoho a lze je obecně rozdělit do 4 skupin:

a) Laboratorní měření

Používají se různé typy pro rozsah k $10^4 - 10^{-6}$ m/den.

b) Polní zkoušky

Čerpací či vsakovací zkoušky, měření filtračních rychlostí proudění, pro rozsah k $10^6 - 1$ m/den.

c) Stanovení pomocí empirických vzorců

$$k = 100 d_{10}^2 e^2$$

vhodné pro nesoudržné zeminy v rozsahu k $10^6 - 10$ m/den, dávají jen orientační hodnoty např. podle Terzaghiho:

kde: k - koeficient filtrace [cm/s]

- d_{10} - průměr efektivního zrna [cm]
 e - číslo pórovitosti [-]

d) Stanovení výpočtem z časového průběhu konsolidace

Nutná znalost součinitele konsolidace c_v a konsolidační křivky (semilogaritmická závislost mezi časem a deformací). Jedná se o nepřímé určení pomocí vztahu:

$$k = \frac{c_v \rho_w g a_v}{1 + e_0}$$

- kde:
- e - počáteční číslo pórovitosti
 - c_v - součinitel konsolidace
 - ρ_w - hustota vody
 - g - gravitace
 - a_v - koeficient stlačitelnosti

Základní data

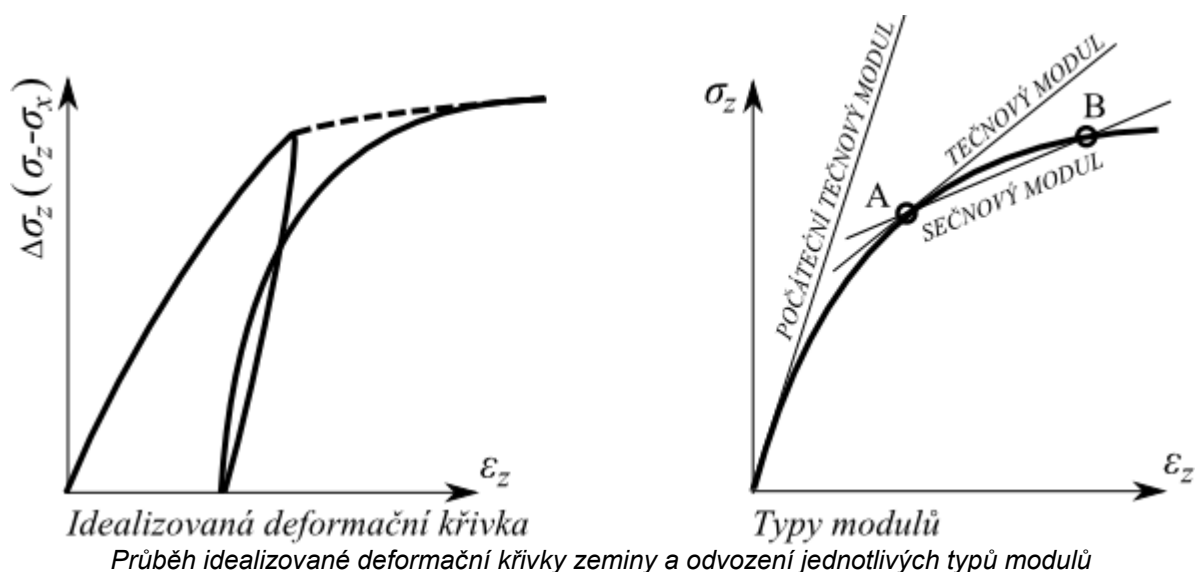
Pro všechny **materiálové modely** se zadávají základní parametry zeminy.

Objemová tíha γ - zadává se objemová tíha zeminy nad hladinou podzemní vody, objemová tíha zeminy pod HPV je pak programem dopočítána z dalších parametrů. Zadávaných v sekci "**Vztlak**".

Modul pružnosti E

Modul pružnosti popisuje tuhost materiálu, která je v celém oboru zatěžování konstantní. V případě zemin však tento předpoklad platí jen v oboru malých deformací (pružných přetvoření). U **nelineárních modelů** po splnění podmínky plasticity (zplastizování zeminy) nemá na chování zeminy modul pružnosti E podstatný vliv.

Na otázku, který modul je vhodný pro daný materiálový model (počáteční, tečnový, sečnový) a jaká je jeho hodnota, neexistuje jednoznačná odpověď. Pro zvolení typu modulu musíme znát **chování zeminy** v dané geomechanické úloze a pro určení velikosti modulu pak výsledky z **triaxiálové zkoušky** pro odpovídající dráhy napětí. Nicméně hrubá doporučení lze stanovit.



Za modul pružnosti E můžeme v materiálových modelech dosadit:

- **okamžitý modul E_0** v případě výpočtu malých zatížení (předpoklad lineární závislosti přetvoření/napětí) nebo v případě výpočtu okamžitého sedání
- **sečnový modul E_{50}** je určen pro referenční napětí rovnému 50 % napětí při porušení (používá se např. pro výpočet plošných základů a sedání pilotových základů)
- **deformační modul E_{def}** je určen ze zatěžovací křivky zatěžovací zkoušky. Tento modul je vyžadován u modifikovaného lineárního modelu, který rozlišuje jiné chování zeminy při zatížení a odlehčení. Pokud tento modul použijeme v případě výpočtu odlehčení zeminy (např. podzemní stavby, zvednutí dna stavební jámy), obdržíme následně větší deformace, než při použití modulu pružnosti E_{ur} získaného z odlehčovací křivky r . Pro určení deformačního modulu platí přibližný vztah:

$$E_{ur} = 3E_{def}$$

- **edometrický modul E_{oed}** , který je závislý na napětí v zemině by se měl dosazovat podle očekávaného rozsahu napětí v zemině. Převod mezi modulem deformace E_{def} a modulem edometrickým E_{oed} je dán podle následujícího vztahu:

$$E_{oed} = \frac{E_{def}}{\beta}$$

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}$$

kde: ν - Poissonovo číslo
 E_{def} - modul přetvárnosti

- **modul pružnosti E_{ur}** získaný z odlehčovací větve deformační křivky je určen pro výpočet při odlehčení zeminy (výkopy) - musí se zadat v případě **modifikovaného elastického modelu**

Hodnoty modulů pružnosti lze nejlépe stanovit pomocí triaxiální smykové zkoušky. Pokud se použijí jiné metody (penetrační zkoušky, presiometrické zkoušky atp.), pak je nutné použít korelační koeficienty popsané v odborné literatuře.

Při vlastním modelování je doporučujeme provést výpočet nejprve pomocí **elastického materiálového modelu** a ověřit velikost deformací - deformace jsou zde podle Hookeova zákona přímo úměrné zatížení a zadanému modulu pružnosti. Pokud deformace vycházejí **nereálně velké**, doporučujeme **přehodnotit velikost zadaného modulu pružnosti**.

Poissonovo číslo ν - resp. koeficient příčné kontrakce je v případě pružné homogenní látky namáhané normálovým zatížením v jednom směru dáno vztahem:

$$\nu = \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x}$$

kde: ε_y - vertikální poměrné přetvoření
 ε_x - horizontální poměrné přetvoření

Poissonovo číslo je poměrně přesně zjistitelné. Pro zadání lze rovněž využít i zabudovanou databázi zemin v programu. Pokud počítáme malá zatížení a do výpočtu budeme dosazovat počáteční modul pružnosti E_0 , pak je nutné také uvažovat Poissonovo číslo ν_0 zjištěné pro počáteční zatížení.

Geostatické napětí, výpočet vztlaku

Výpočet napětí v zemině je založen na existenci vrstev zemin zadaných uživatelem. Program vloží fiktivní vrstvy do míst, kde dochází ke změně napětí resp. bočních tlaků (HPV, body konstrukce aj.). Normálové napětí v i-té vrstvě se počítá podle vztahu:

$$\sigma_i = \sum h_i \gamma_i$$

kde: h_i - mocnost i-té vrstvy
 γ_i - objemová tíha zeminy v i-té vrstvě

Je-li vrstva pod hladinou **podzemní vody**, pak se objemová tíha zeminy pod vodou stanoví v závislosti na zadaných parametrech zeminy takto:

- pro volbu "**Standardně**" podle vzorce:

$$\gamma_{su} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

kde: γ_{sat} - objemová tíha plně nasycené zeminy
 γ_w - objemová tíha vody

- pro volbu "**Počítat z pórovitosti**" podle vzorce:

$$\gamma_{su} = (1 - n)(\gamma_s - \gamma_w)$$

kde: n - pórovitost
 γ_s - měrná tíha pevných částic (skeletu) zeminy
 γ_w - objemová tíha vody

$$\gamma_s = \frac{G_d}{V - V_p}$$

kde:

- V - objem zeminy
- V_p - objem pórů
- G_d - tíha vysušené zeminy

Objemová tíha vody je v programu uvažována hodnotou 10 kN/m^3 respektive $0,0625 \text{ kcf}$.

Při výpočtu zemních tlaků v případě **skloněného terénu** za konstrukcí ($\beta \neq 0$) a vrstevnatého prostředí je úhel β při výpočtu součinitele zemního tlaku K v i -té vrstvě redukován dle vztahu:

$$\text{tg}\beta_i = \frac{\gamma}{\gamma_i} \text{tg}\beta$$

kde:

- γ - objemová tíha zeminy první vrstvy od povrchu terénu
- γ_i - objemová tíha zeminy i -té vrstvy od povrchu terénu
- β - sklon povrchu terénu za konstrukcí

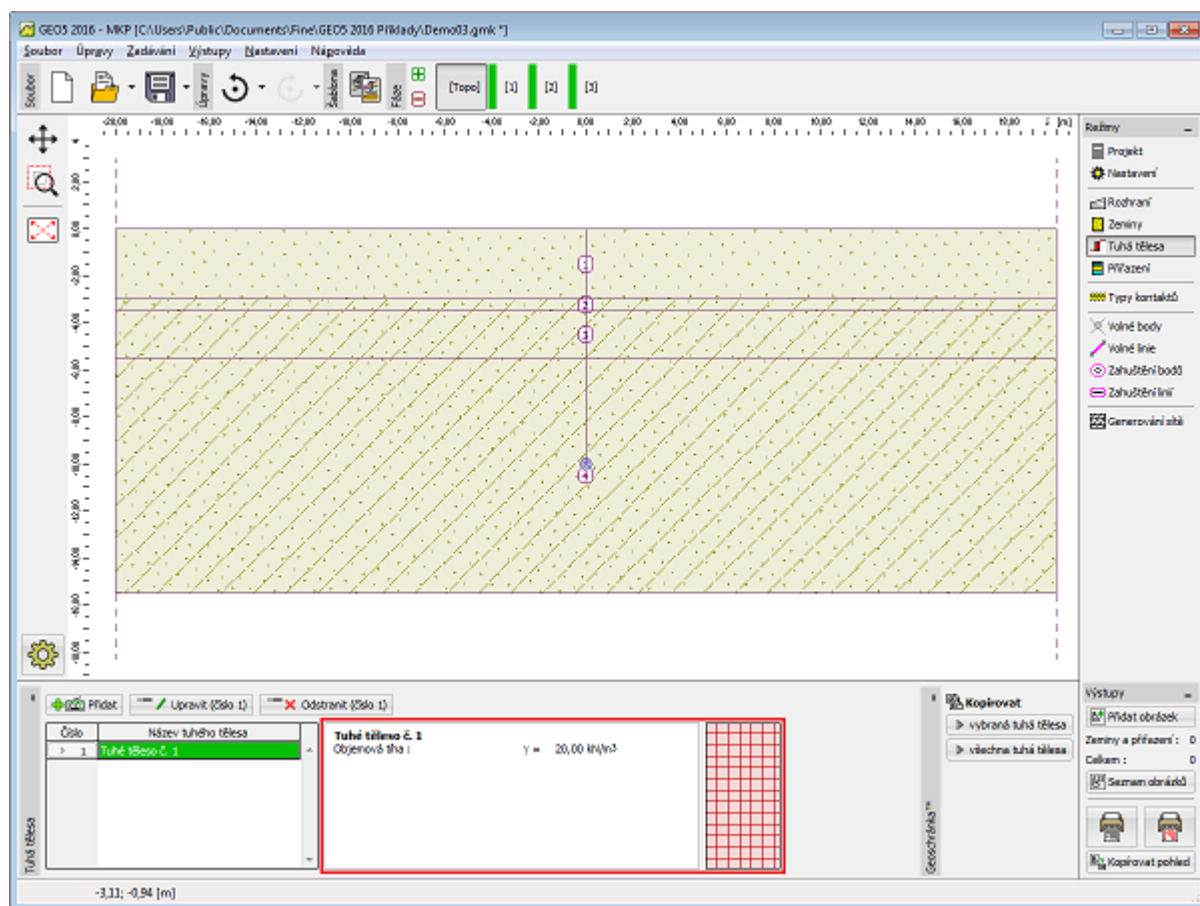
Tuhá tělesa

Rám "Tuhá tělesa" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných tuhých těles.

Program umožňuje zadávání tuhých těles, u kterých je vstupním parametrem pouze objemová tíha tuhého tělesa. Materiál tělesa je považován za **nekonečně tuhý**. Tato tělesa slouží především k modelování masivních betonových konstrukcí a zdí, a to jak pro klasické, tak stabilitní problémy.

Přidání tuhých těles se provádí v **dialogovém okně "Přidání nových tuhých těles"**.

Zadaná tuhá tělesa lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Rám "Tuhá tělesa"

Přiřazení

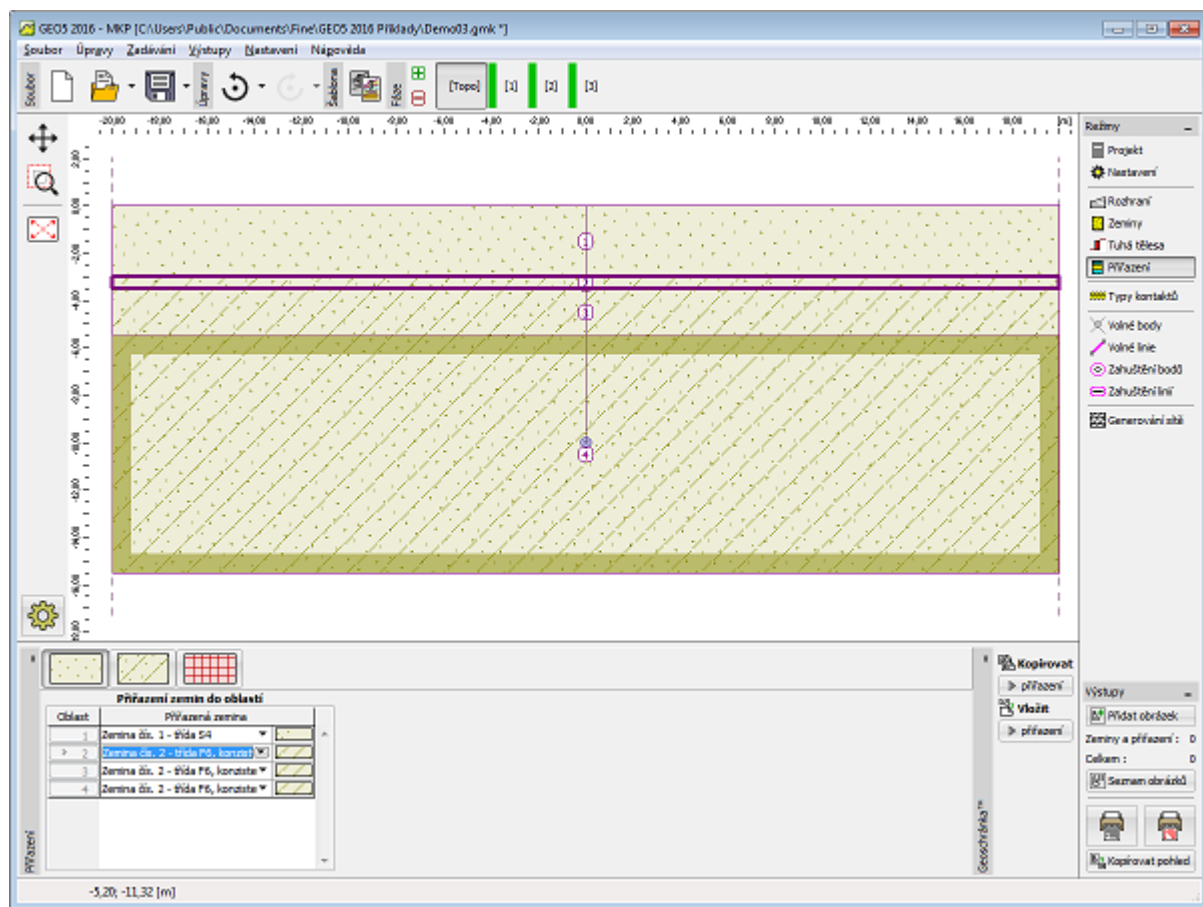
Rám "**Přiřazení**" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Seznam zemin je graficky znázorněn pomocí tlačítek v liště nad tabulkou, nebo je přístupný z rozbalitelného seznamu u každé vrstvy profilu.

Postup přiřazení zemin je podrobně popsán [zde](#).

Jediný rozdíl v přiřazování zemin oproti ostatním programům se projevuje ve fázích výpočtu. Zde se již zeminy nepřijazují k jednotlivým rozhraním, ale do oblastí, které automaticky vzniknou po [korekci geometrie](#).

Při změně přiřazení zeminy v topologii se nové přiřazení automaticky přenesou do všech oblastí, které leží v dané geologické vrstvě.

Přiřazení zemin lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "[Geoschránky](#)".

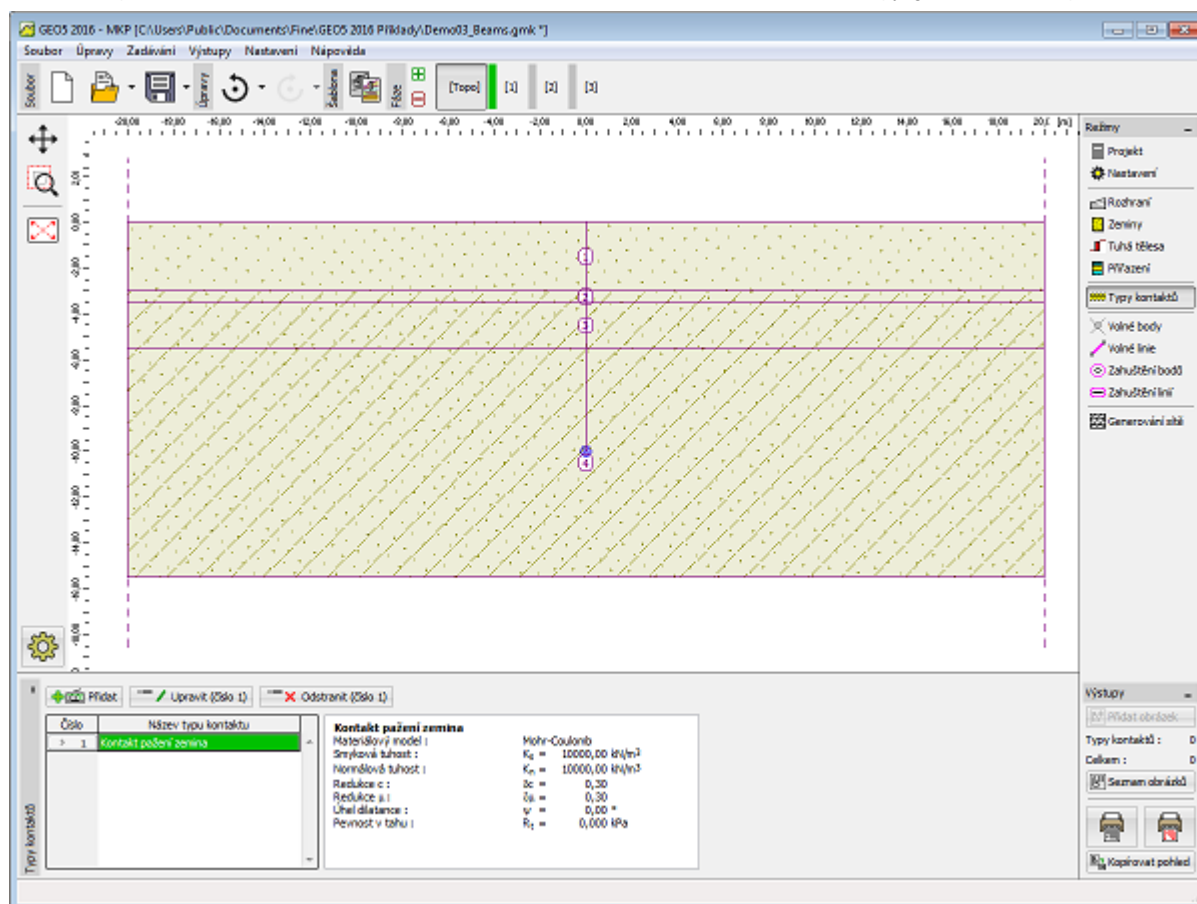


Rám "Přiřazení"

Typy kontaktů

Rám "[Typy kontaktů](#)" obsahuje [tabulku](#) se seznamem zadáných typů kontaktů. [Přidání](#) kontaktů se provádí v [dialogovém okně "Nové typy kontaktů"](#).

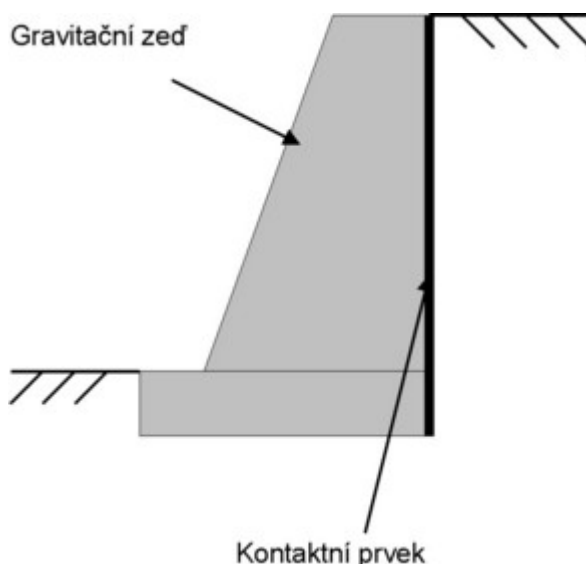
Na tomto místě programu se definují typy [kontaktních prvků](#), které se začleňují do modelu v rámcích "[Nosníky](#)" a "[Kontakty](#)". Typ kontaktu může být buď pružný, nebo nelineární.



Rám "Typy kontaktů"

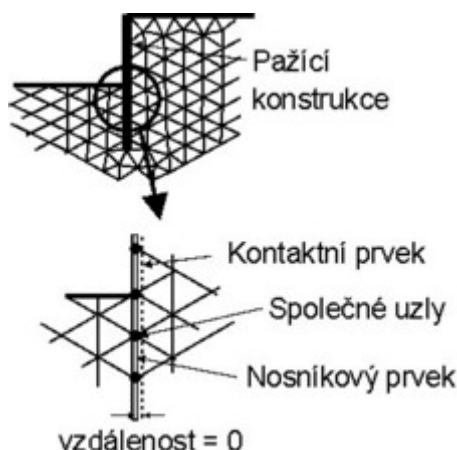
Kontaktní prvky se používají při výpočtech, kde je nutno zohlednit vzájemné působení konstrukce a okolního prostředí - jsou též vhodným prostředkem pro modelování diskontinuit či rozhraní dvou zcela odlišných materiálů (zemina - horninový masív). Typickým příkladem použití kontaktních prvků je modelování **pažících konstrukcí, opěrných zdí či tunelových ostění**, kde kontaktním prvkem simulujeme tenkou oblast zeminy či horniny, ve které dochází k intenzivnímu namáhání převážně smykem.

Kontakty lze zadávat i samostatně mezi **jednotlivými rozhraními zemin**.



Umístění kontaktních prvků při modelování gravitační zdi

Kontaktní prvek je prvek s nulovou tloušťkou vyjadřující vztah mezi kontaktními napětími a relativní změnou posunů podél kontaktu.



Generování pažící konstrukce modelované nosníkovým a kontaktním prvkem

Kontaktní prvky

Kontaktní prvky mohou mít **elastický materiálový model** (možnost zobrazení kontaktních napětí za předpokladu elastického chování kontaktu), nebo **plastický materiálový model** vycházející z Mohr-Coulombovy podmínky plasticity s vyloučením tahové pevnosti.

Plastický model je vhodný pro modelování separace konstrukce v případě tahového namáhání. Pro výpočty **pažících konstrukcí** je nutné počítat vždy s plastickým modelem kontaktu.

Základními parametry plastického modelu jsou koheze c , koeficient tření μ , a úhel dilatance ψ . Parametry c a μ lze zadat také nepřímo, redukcí parametrů c a $\tan(\varphi)$ zeminy na kontaktu. Pokud se jedná o kontakt mezi dvěma zeminami, rozhodující pro redukcí jsou menší z hodnot c a φ obou zemin (hornin).

Parametry kontaktu jsou pak definovány vztahy:

$$c = \sigma_z \cdot c_{zem}$$

$$\mu = \sigma_\mu \cdot \tan(\varphi_{zem})$$

Pokud nemáme přesné informace umožňující přesně určit redukční parametry, můžeme v případě ocelových konstrukcí v písčitých zeminách uvažovat $2/3$, u ocelových konstrukcí v jílovitých zeminách $1/3$. Pro betonové konstrukce se obvykle zadávají hodnoty vyšší. Redukční součinitel by měl být v obvyklých případech menší než 1 . Úhel dilatance má obdobný význam jako v případě standardních **modelů zemin**. Zavedením $\psi = 0$ předpokládáme elastické chování kontaktu v tahu/tlaku. Plastická deformace se tak omezuje pouze na smyk.

Dalšími parametry modelu kontaktu jsou **normálová tuhost** k_s a **smyková tuhost** k_n kontaktního prvku vtažené na jednotku délky. Tyto veličiny si můžeme představit jako tuhost pružin v daném rozhraní. Vhodná volba těchto parametrů není jednoduchá a je patrná závislost této volby na řešeném problému. Určitým vodítkem při volbě hodnot veličin k_s a k_n může být vazba těchto parametrů na materiálové charakteristiky zeminy na kontaktu. Pokud je po obou stranách kontaktu tentýž materiál, lze použít následující vztahy:

$$K_n = \frac{E}{t}$$

$$K_s = \frac{G}{t}$$

kde:

- t - předpokládaná (fiktivní) tloušťka kontaktní vrstvy
- G - modul pružnosti zeminy ve smyku
- E - modul pružnosti

V případě rozdílných materiálů (E_1, E_2, G_1, G_2) se uvažuje menší hodnota k_s a k_n .

Přestože v případě zcela plastického chování kontaktu není volba parametrů k_s a k_n podstatná, je velikost těchto veličin rozhodující pro úspěšné řešení uvažovaného nelineárního problému. Příliš vysoké hodnoty tuhostí (nad 100000 kN/m^3) mohou vést k oscilaci numerického řešení. Naopak příliš nízké hodnoty parametrů k_s a k_n (pod 10000 kN/m^3) zase

vedou k nereálným deformacím konstrukcí.

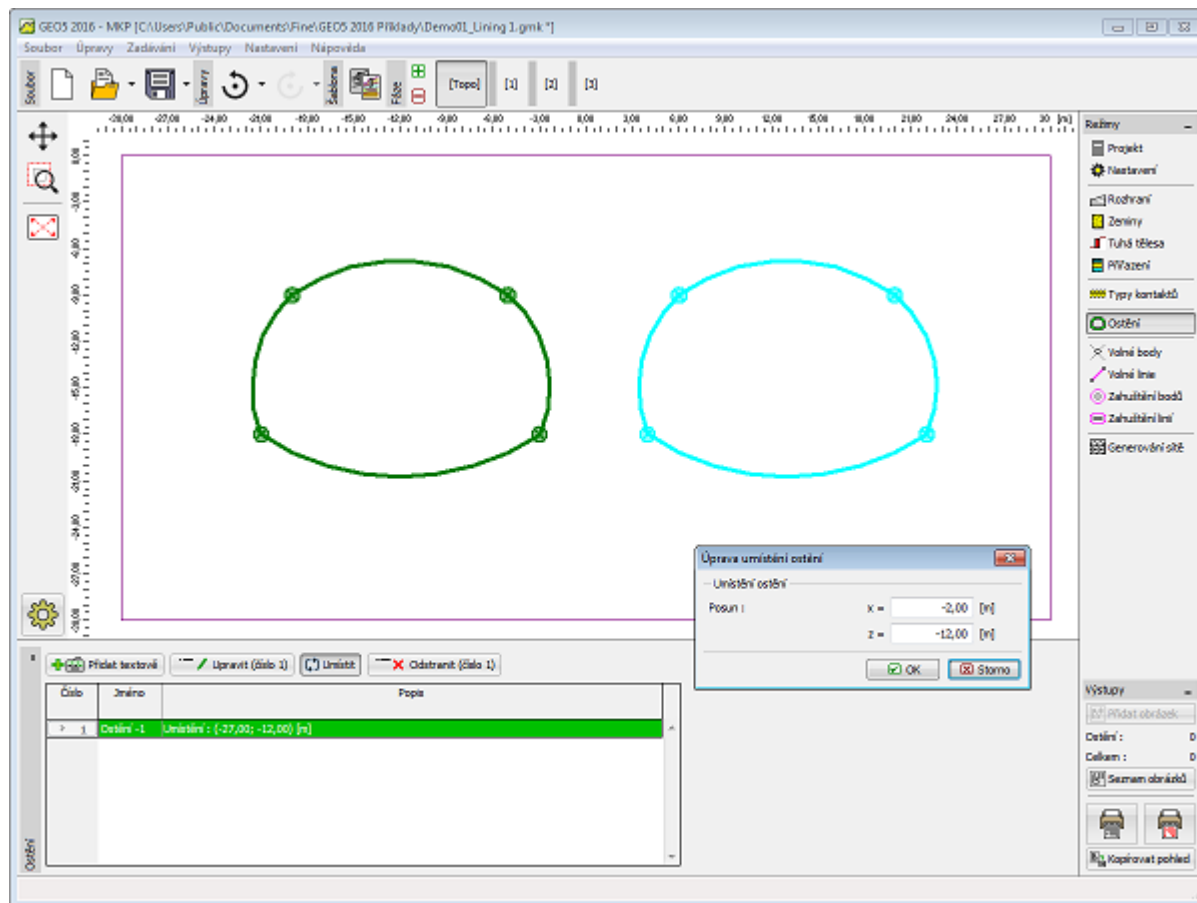
Standardní nastavení tuhostí v programu je **10000 kN/m³**.

Ostění

Rám "Ostění" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných ostění. Tento rám je v programu dostupný, jestliže je v rámu "Nastavení" zapnut režim "Tunely". Modul "Ostění - MKP" zjednodušuje práci s modelováním a umísťováním jednotlivých ostění tunelů.

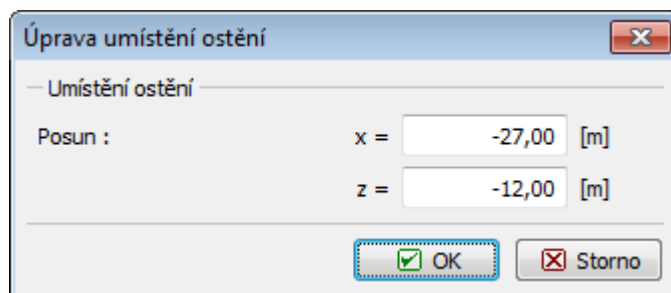
Pro práci s ostěními se spouští samostatný modul (aplikace) "Ostění - MKP". Volné body, volné linie, zahuštění linií, kotvy, nosníky a zatížení nosníků, které se vytvoří v tomto modulu, se přenášejí do programu MKP. V programu "MKP" se tyto prvky chovají standardně, pouze s tím rozdílem, že je není možné editovat. Editaci je nutné provádět pouze v modulu "Ostění - MKP".

Přidání ostění se provádí v modulu "Ostění - MKP". Zadaná ostění lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.



Rám "Ostění"

Stisknutím tlačítka "Umístit" se otevře dialogové okno "Úprava umístění ostění" a v něm lze upravit souřadnice umístění ostění. Měnit umístění ostění lze v programu MKP, bez nutnosti spouštět modul "Ostění - MKP".



Dialogové okno "Úprava umístění ostění"

Modul Ostění - MKP

Modul "Ostění - MKP" zjednodušuje práci s modelováním a umísťováním jednotlivých ostění tunelů. Modul má charakteristiky hlavního programu MKP. Modul disponuje režimem "Topologie" a **fázemi budování**. V režimu "Topologie" obsahuje modul rámy "Vlné body", "Vlné linie", "Zahuštění linií" a "Nastavení". Rámy dostupné ve fázích budování jsou

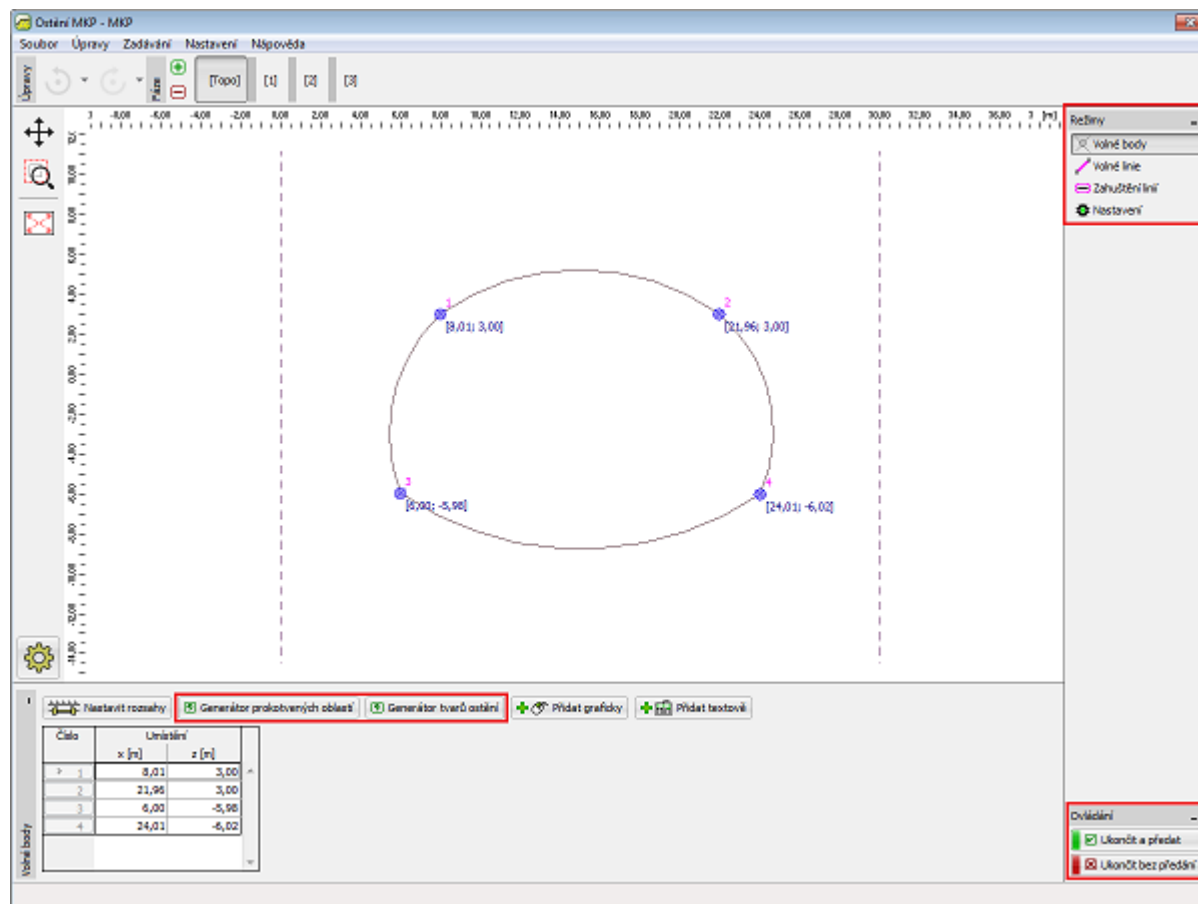
popsané v rámci režimu fází budování programu "MKP".

Práci v modulu lze ukončit pomocí tlačítka "**Uložit a předat**", s tím že vytvořená data budou přenesena do programu MKP, nebo pomocí tlačítka "**Ukončit bez předání**", bez přenesení dat.

Program umožňuje **import** dat ve formátu *.DXF.

Data modulu ostění lze samostatně ukládat a načítat v rámci tohoto dialogu přes standardní operace "**Otevři**" a "**Ulož**". Tímto lze jednoduše přenášet ostění mezi více řešenými úlohami, případně i v rámci úlohy jedné.

Jestliže je načteno ostění s menším počtem fází než je aktuální stav, zbylé fáze se doplní. V případě načtení souboru ostění s větším počtem fází se příslušné doplní do dialogu a posléze do hlavního okna. Data dialogu ostění nelze načítat přímo v hlavním okně.

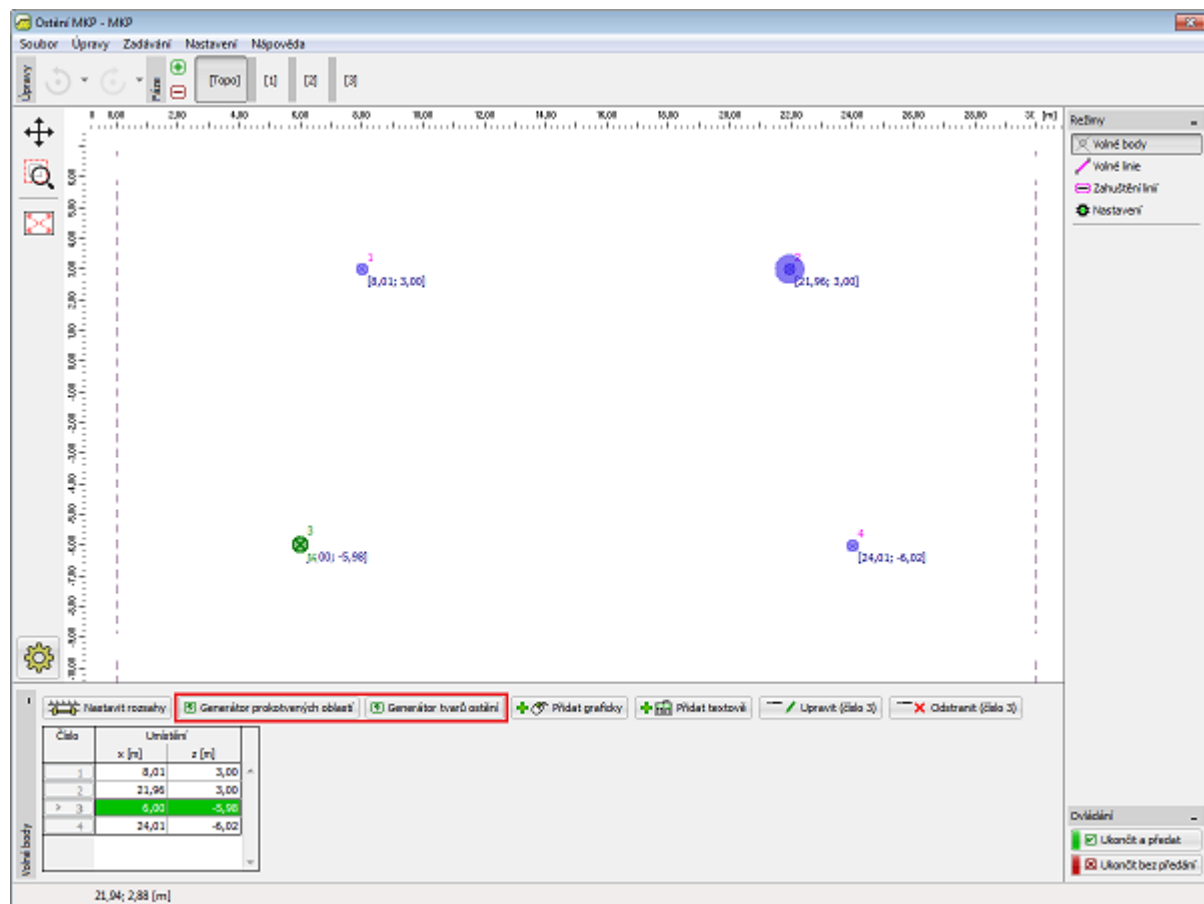


Modul "Ostění"

Volné body

Rám "Volné body" obsahuje **tabulku** se seznamem zadanych volných bodů. Operace s volnými body jsou shodné jako v programu "MKP" v rámu "Volné body".

Rám se liší funkcemi na vodorovné liště, na které jsou umístěna tlačítka "**Generátor tvarů ostění**" a "**Generátor prokrotených oblastí**". Funkce tlačítka "**Rozsahy**" je shodná jako v programu "MKP", v rámu "Rozhraní".

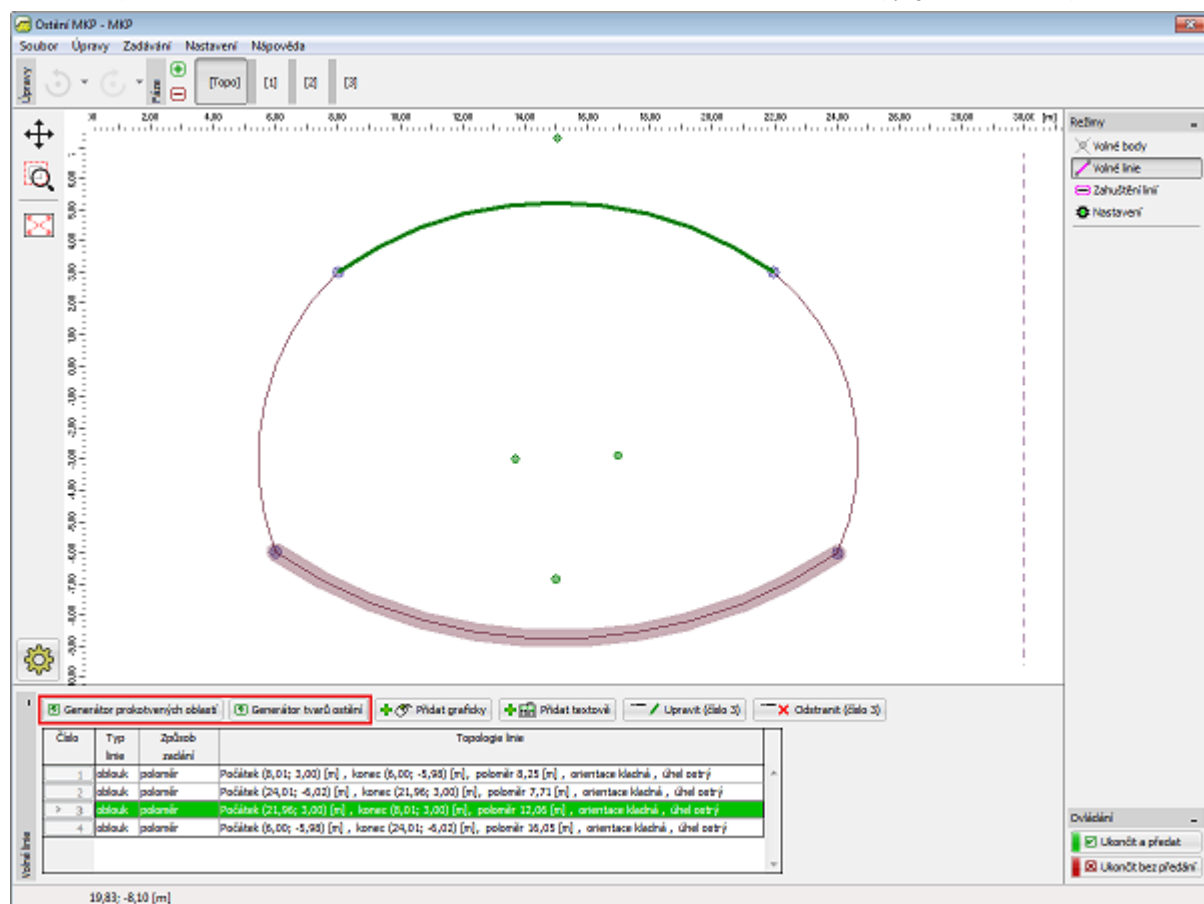


Rám "Volné body"

Volné linie

Rám "Volné linie" obsahuje tabulku se seznamem zadaných volných linií. Operace s volnými liniemi jsou shodné jako v programu "MKP" v rámu "Volné linie".

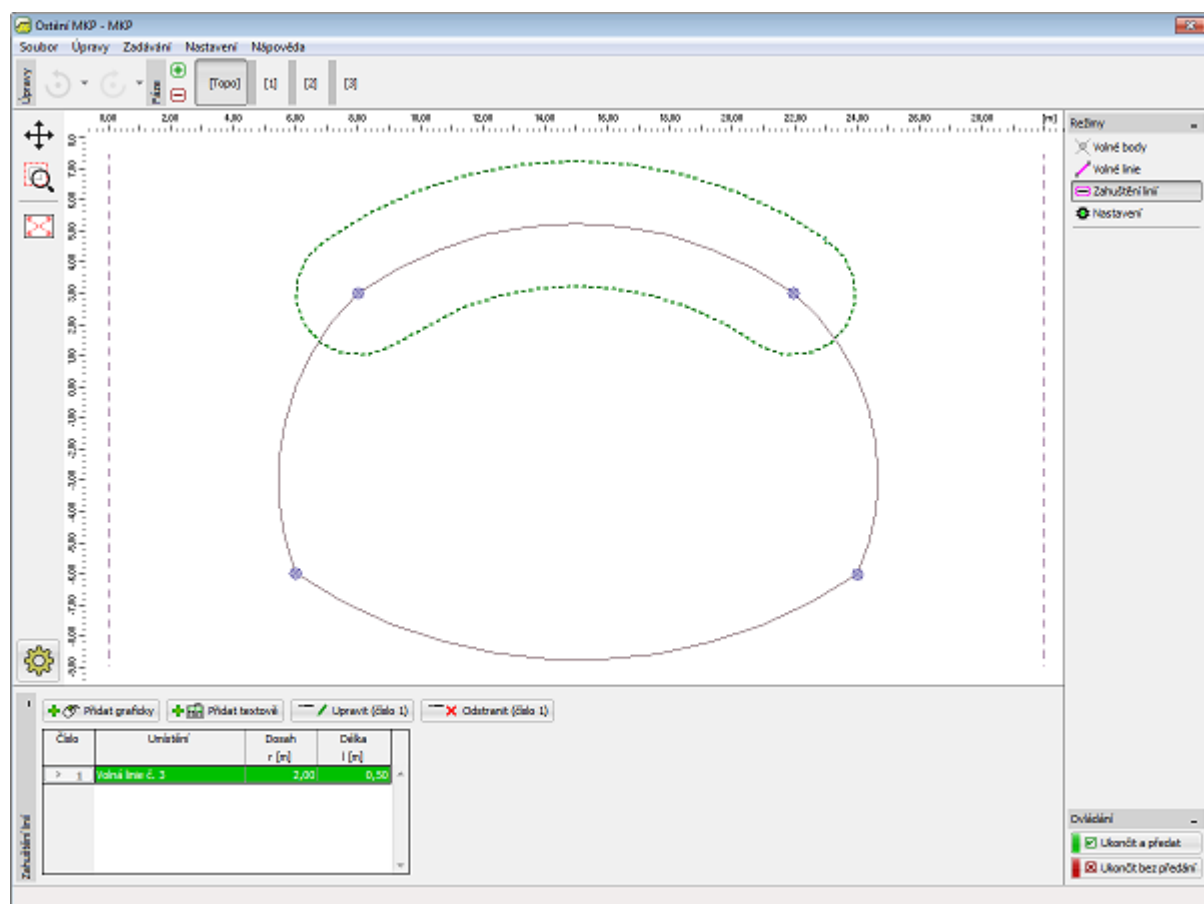
Rám se liší funkcemi na vodorovné liště, na které jsou umístěna tlačítka "Generátor tvarů ostění" a "Generátor prokotvených oblastí".



Rám "Volné linie"

Zahuštění linií

Rám "Zahuštění linií" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zahuštění volných linií. Operace se zahuštěními volných linií jsou shodné jako v programu "MKP" v rámu "Zahuštění linií".

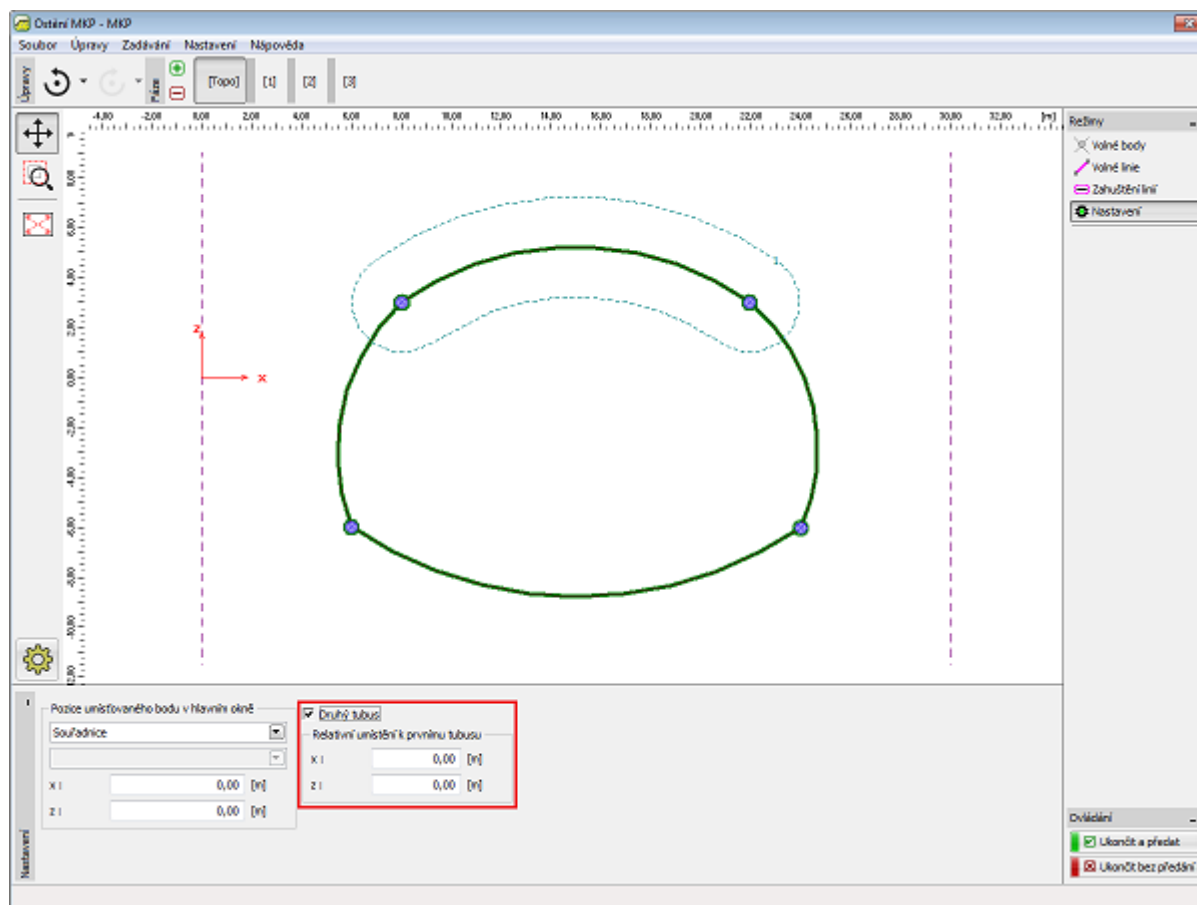


Rám "Zahuštění linií"

Nastavení

V rámu "Nastavení" lze předefinovat pozici bodu, který se pak umísťuje v hlavním okně programu MKP. Poloha bodu se může určit na vybraný volný bod, počátek souřadného systému nebo na libovolné souřadnice. Tímto způsobem lze přesně umístit daný bod konstrukce ostění v hlavním okně programu "MKP".

V pravé části rámu lze zapnout použití druhého tubusu. Druhý tubus se v rámu "Nastavení" zobrazí jako náhled, a pak až po přenesení dat do programu "MKP". Druhý tubus je klon zadaného ostění, liší se pouze svým umístěním vůči původně zadané konstrukci.

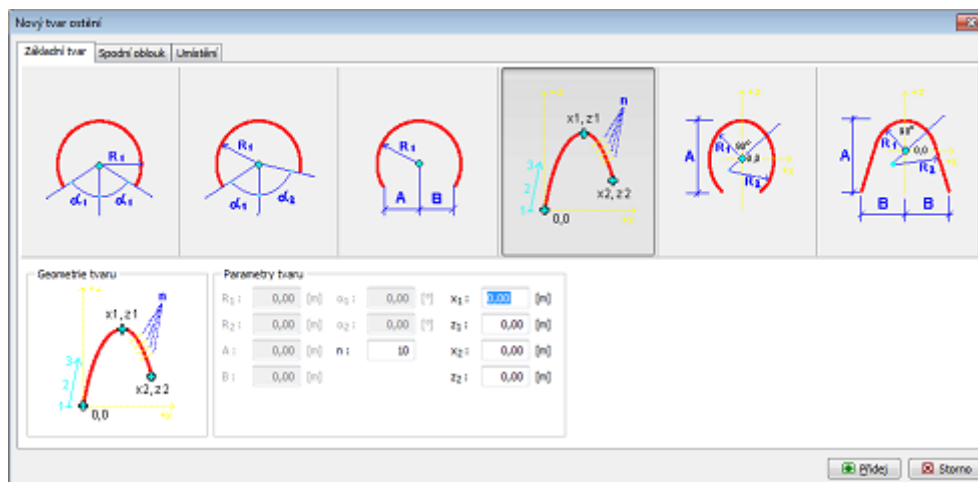


Rám "Nastavení"

Generátor tvarů ostění

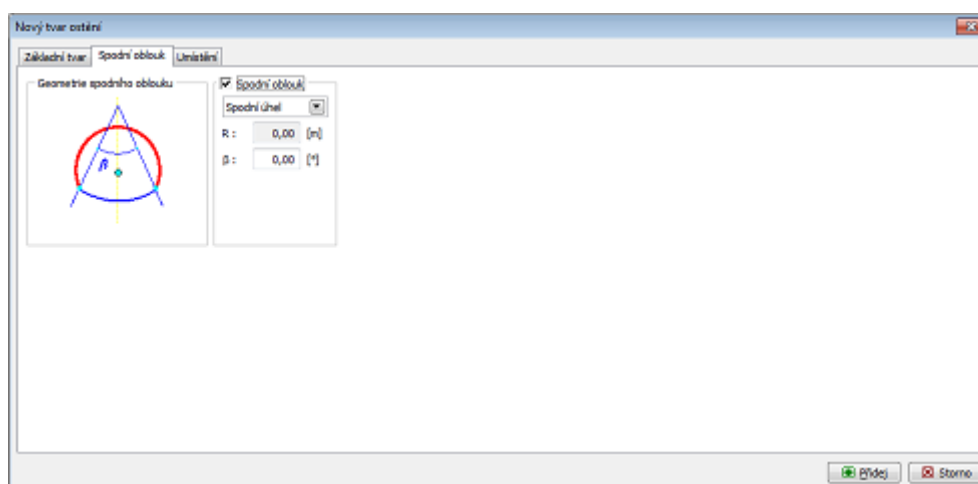
Generátory vytvářejí podle parametrů příslušné prvky, se kterými se pak pracuje samostatně, bez možnosti je zpětně parametricky měnit. Jestliže jsou parametry generace korektní, zobrazuje se během jejich úprav aktuální grafická podoba vygenerovaných prvků.

V dialogovém okně "Nový tvar ostění" se generují volné body a volné linie ze šesti základních tvarů ostění. Každý tvar je definován několika parametry (poloměry, úhly, výška, rozteč, počet dělení, kontrolní body).



Dialogové okno "Nový tvar ostění" - záložka "Základní tvar"

V záložce "**Spodní oblouk**" lze určit, zda dno ostění bude rovné nebo obloukové, určené parametricky poloměrem či úhlem.



Dialogové okno "Nový tvar ostění" - záložka "Spodní oblouk"

V záložce "**Umístění**" lze pomocí souřadnic změnit polohu ostění.



Dialogové okno "Nový tvar ostění" - záložka "Umístění"

Generátor prokotvených oblastí

Generátory vytvářejí podle parametrů příslušné prvky, se kterými se pak pracuje samostatně, bez možnosti je zpětně parametricky měnit. Jestliže jsou parametry generace korektní, zobrazuje se během jejich úprav aktuální grafická podoba vygenerovaných prvků.

V dialogovém okně "**Nová prokotvená oblast**" se generují volné body a volné linie, avšak na základě již zadaných linií. Výsledkem je uzavřená oblast, které se pak v programu "**MKP**" přiřadí speciální zemina, charakterizující hustě prokotvenou oblast. V dialogovém okně se zadává číslo linie a parametry dle typu prokotvení (pře celou linii, úhlová výseč,

Nová prokotvená oblast

— Parametry prokotvené oblasti —

Volná linie : Č. 3 (oblouk)

Typ : Přes celou linii

Délka kotev : 2,00 [m]

Počáteční úhel : 0,00 [°]

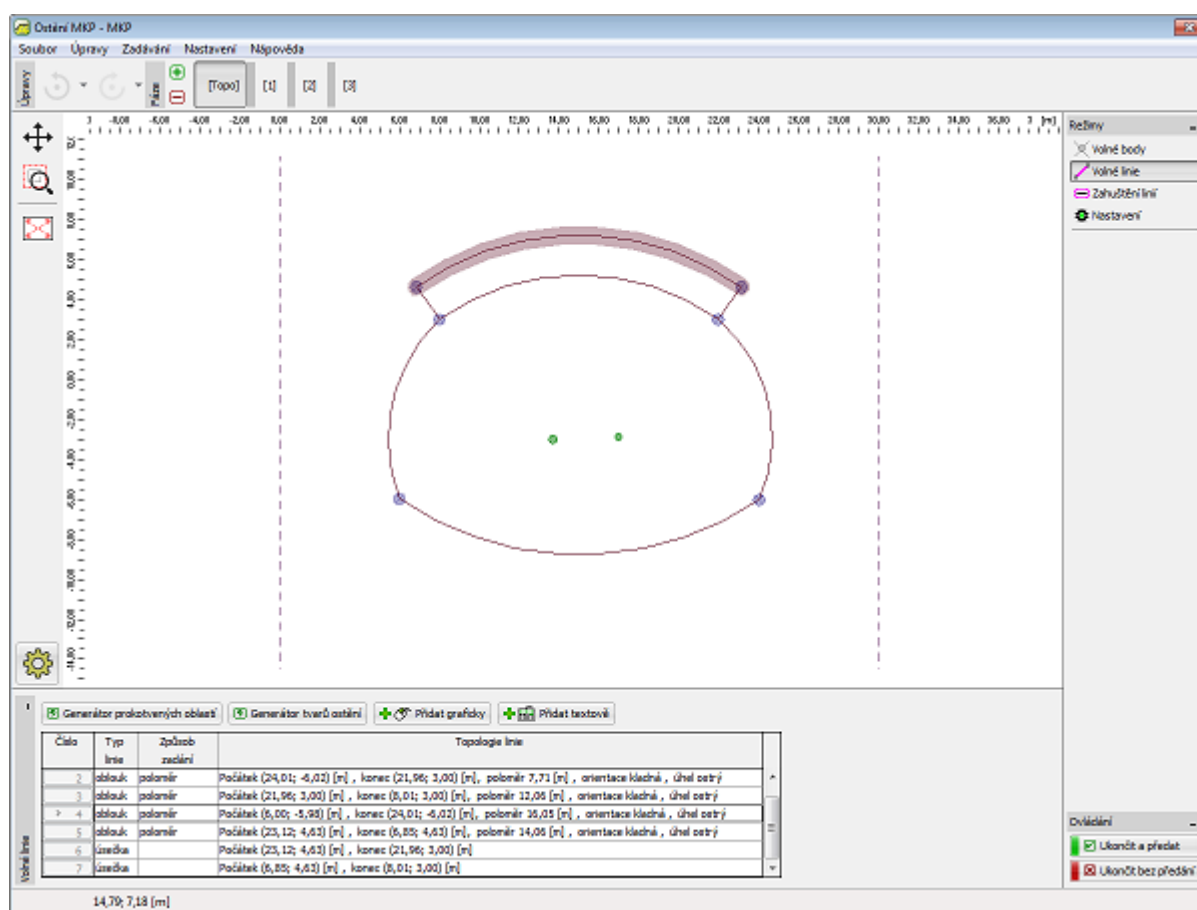
Úhel výseku : 0,00 [°]

Vzdálenost od počátku : 0,00 [m]

Délka výseku : 0,00 [m]

☐ Obrácená orientace

Dialogové okno "Nová prokotvená oblast"



Zadání prokotvené oblasti

Fáze budování

Fáze budování v modulu "Ostění - MKP" a v programu MKP si odpovídají, práce s nimi se však v několika bodech liší.

Rozdílné chování fází v modulu "Ostění - MKP":

- Lze se přepínat do fází budování z režimu "Topologie" bez vygenerování sítě.
- Fáze budování, které se přidají v modulu "Ostění - MKP" se po potvrzení změn předají i do programu "MKP".
- Fáze budování, které jsou předešlé fázi, ze které byl modul "Ostění - MKP" spuštěn, nelze používat.
- Fáze budování definované před spuštěním modulu "Ostění - MKP", nelze smazat.

Volné body

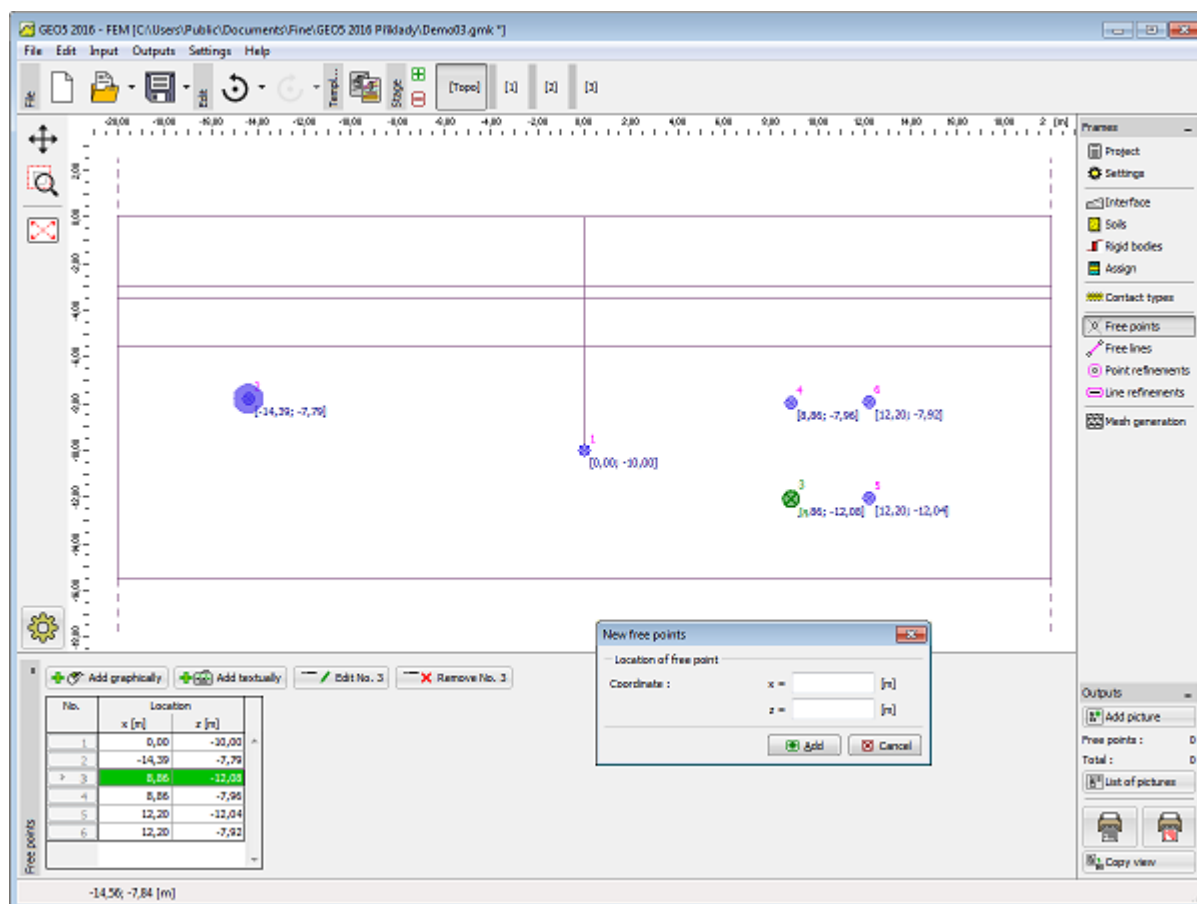
Rám "Volné body" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných volných bodů. **Přidání** volných bodů se provádí v **dialogovém okně "Nové volné body"**.

Zadané volné body lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

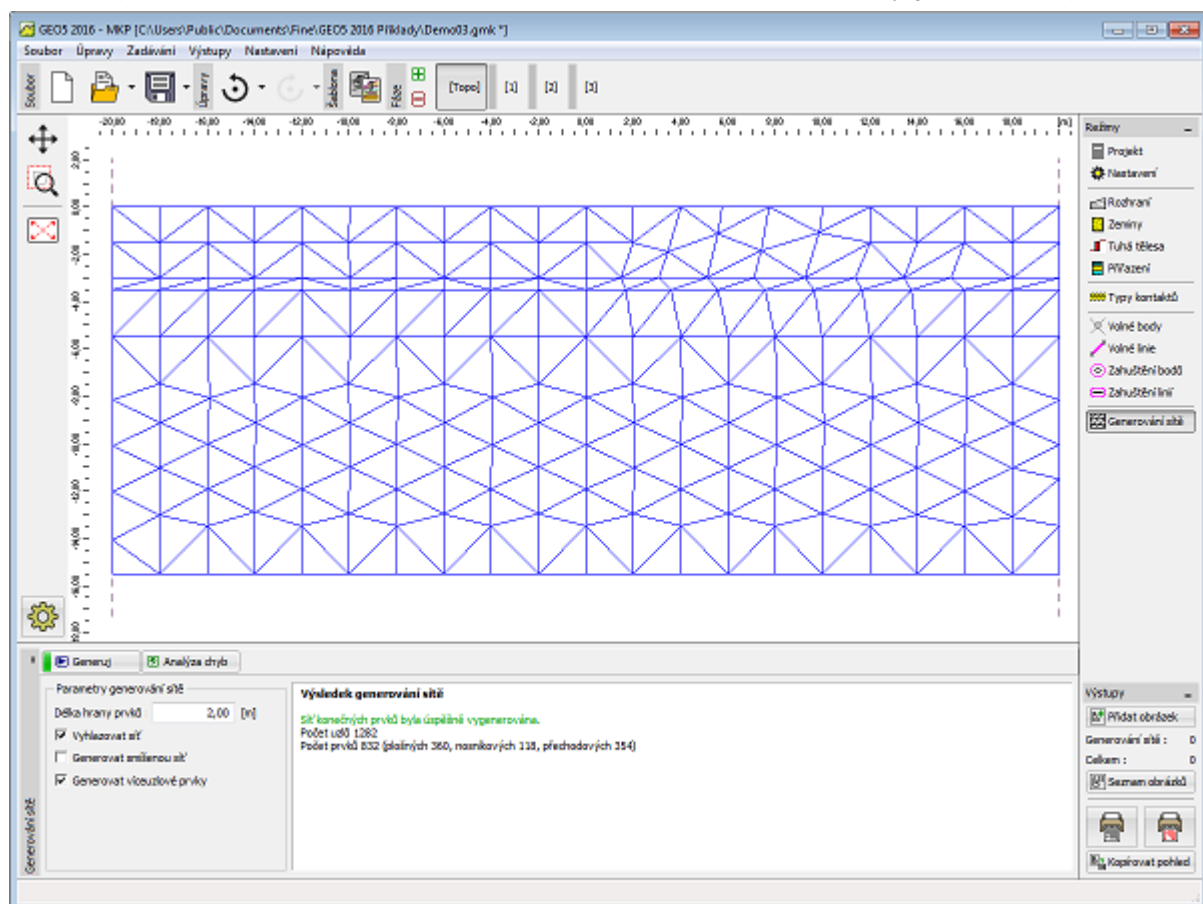
Program umožňuje zadání libovolného množství volných uzlů kdekoli v konstrukci i mimo ni. Volné uzly mají několik hlavních funkcí:

- **uzly pro definování konstrukce** (výrubu, ostění, pažení, nosníku)
- **pomocné body**, kolem kterých bude **zahuštěna síť**
- body ve kterých bude **definována okrajová podmínka**, síly apod.

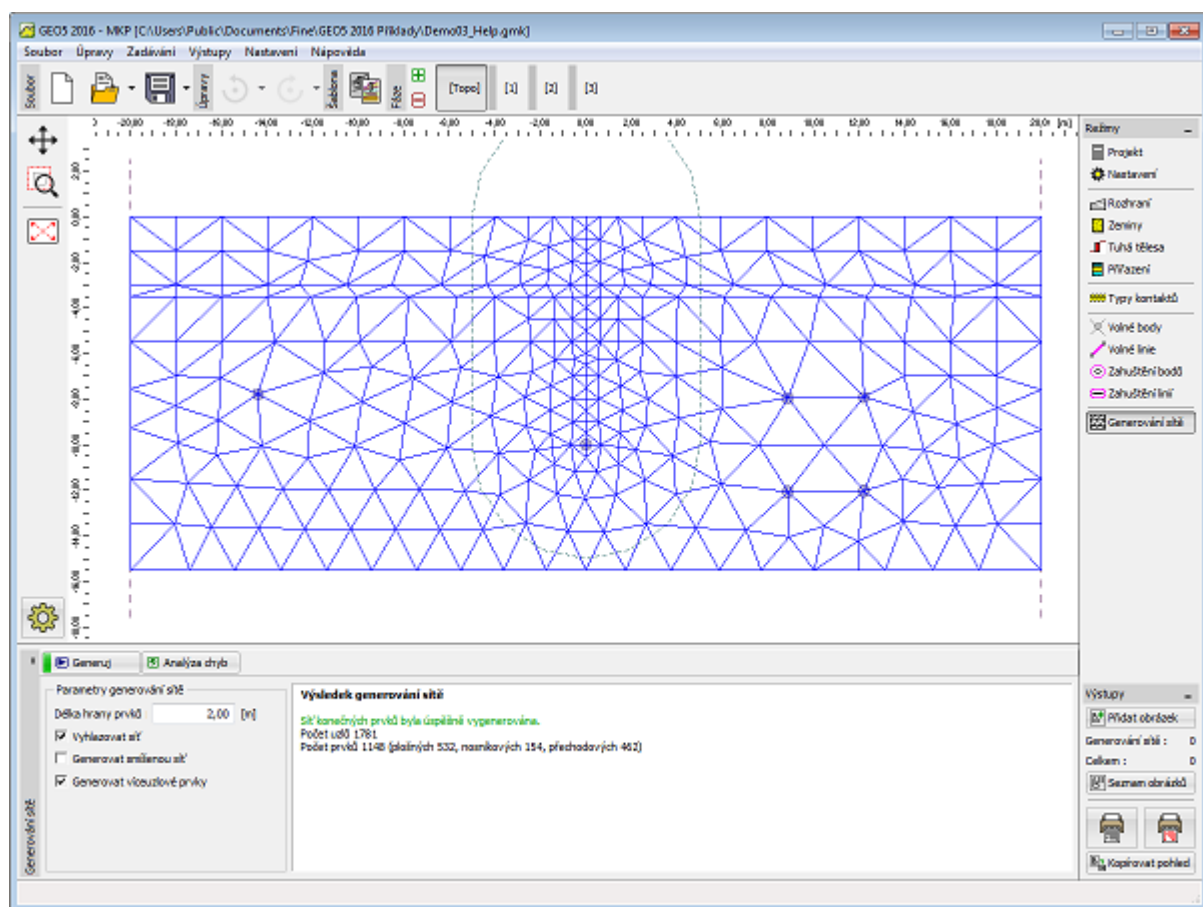
Je-li volný uzel uvnitř či na kraji definované konstrukce, umístí **generátor sítě automaticky uzel sítě** do tohoto volného uzlu. Tímto způsobem lze ručně upravovat síť, popřípadě pomocí tohoto triku i namodelovat síť vlastní.



Rám "Volné body"



Síť vygenerovaná bez volných bodů



Síť s volnými body

Volné linie

Rám "Volné linie" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných volných linií. **Přidání** linií se provádí v **dialogovém okně** "Nové volné linie".

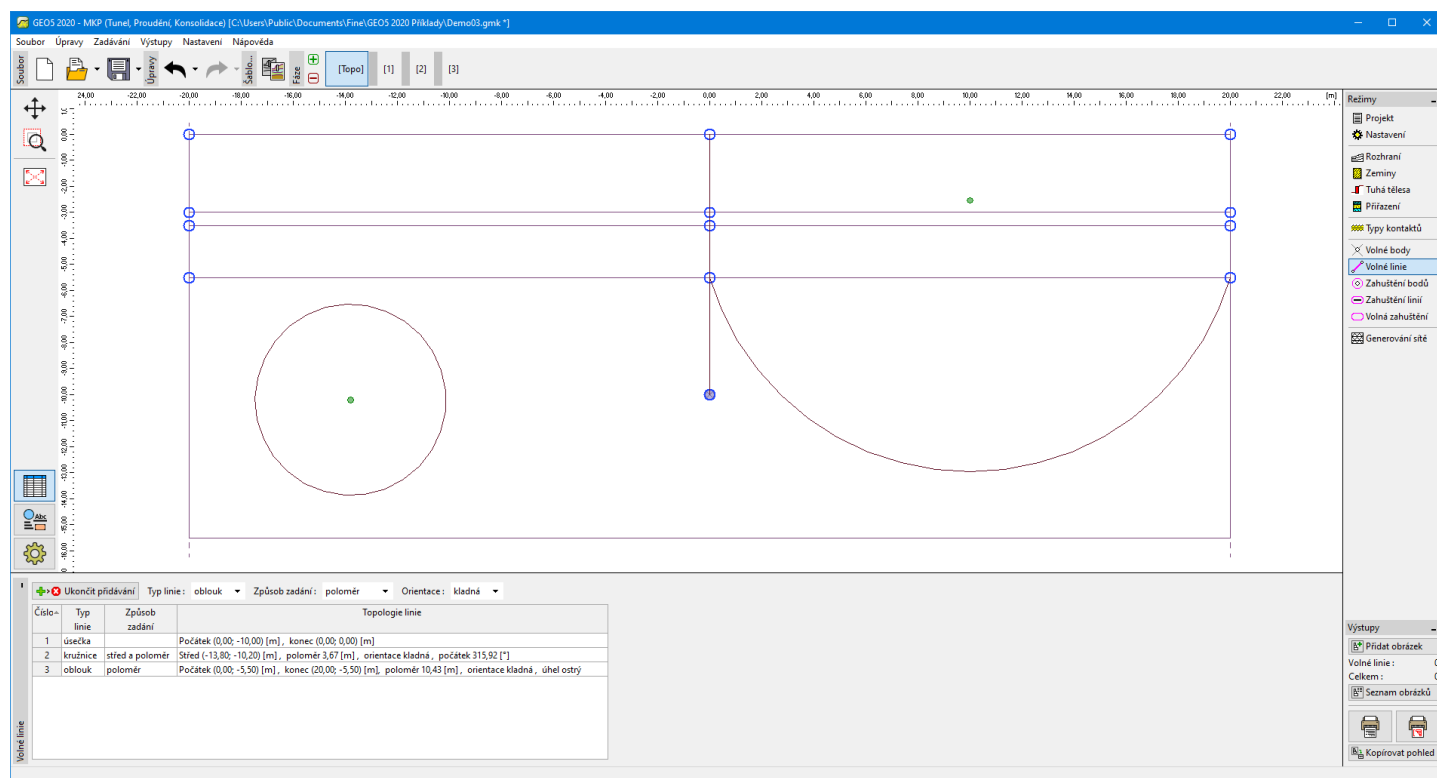
Linie jsou definovány **mezi jednotlivými body** (úsečky, oblouky, kružnice) resp. kolem jednotlivých bodů (kružnice). Linie lze zadávat jak mezi volnými body tak mezi body rozhraní resp. terénu.

Linie se mohou **libovolně dotýkat resp. protínat** - průsečíky zadaných linií najde program automaticky při **korekci zadané geometrie**. Na volné linie lze **definovat nosníkové prvky**.

Při zadávání je nutné definovat typ linie. K dispozici jsou tyto módy:

- **Typ linie** V rozbalitelném seznamu se vybere typ požadované linie (úsečka, oblouk, kružnice).
 - **úsečka** Kliknutím levého tlačítka myši na body zadáme umístění linie.
 - **oblouk** V rozbalitelném seznamu se vybere způsob zadání oblouku (třetí bod, střed, poloměr, výška, sevřený úhel) a kliknutím levého tlačítka myši na desktop určíme body, které zadávají oblouk. V případě zadání oblouku pomocí středu, poloměru a sevřeného úhlu se v rozbalitelném seznamu volí orientace (kladná, záporná).
 - **kružnice** V rozbalitelném seznamu se vybere způsob zadání kružnice (střed a poloměr, tři body) a kliknutím levého tlačítka myši na desktop určíme body, které zadávají kružnici. V rozbalitelném seznamu se volí orientace (kladná, záporná).

Zadané volné linie lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.



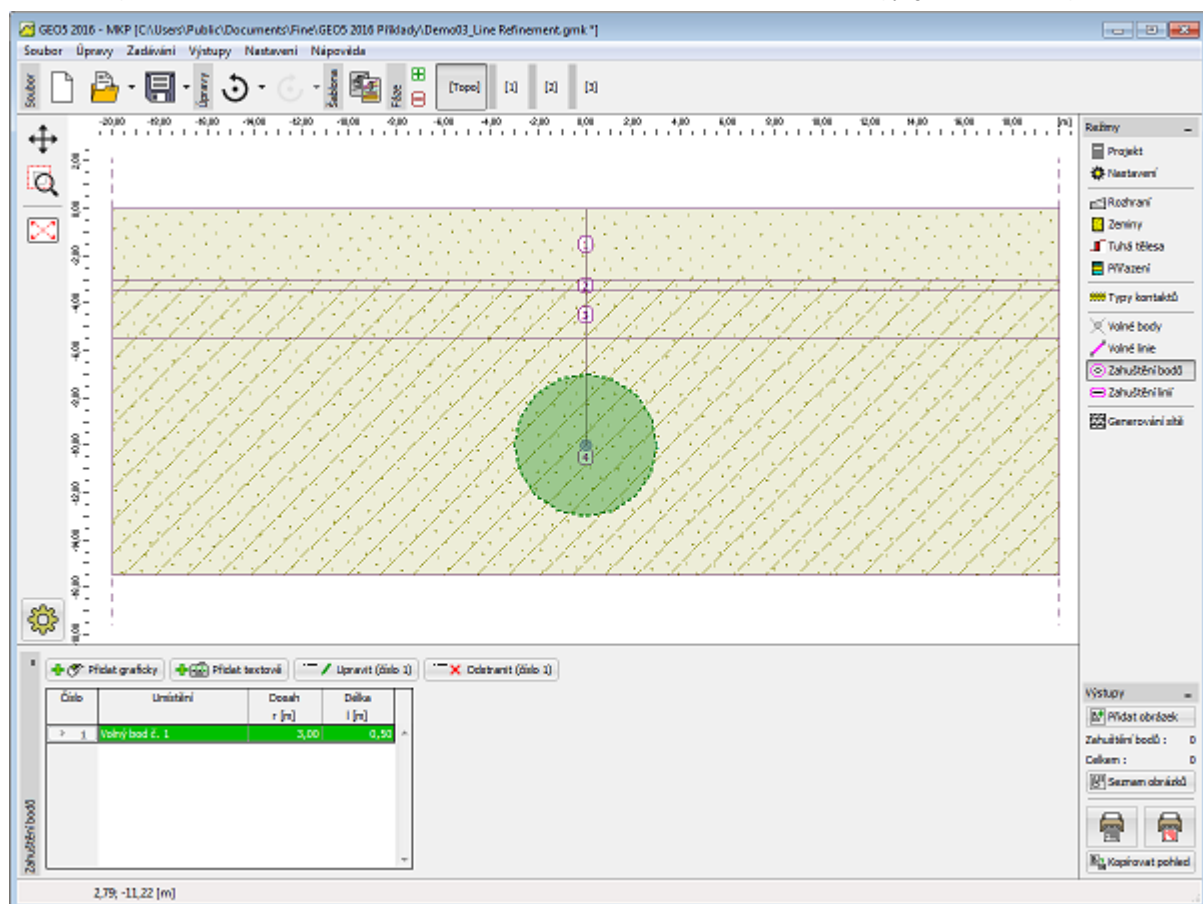
Rám "Volné linie" - různé typy volných linií

Zahuštění bodů

Rám "Zahuštění bodů" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných zahuštění bodů. **Přidání** zahuštění bodů se provádí v **dialogovém okně** "Nová zahuštění bodů".

Zahuštění sítě konečných prvků okolo bodů je důležitou pomůckou pro vytvoření vhodné **sítě konečných prvků**. Zahuštit lze okolí jak volných bodů, tak bodů rozhraní resp. terénu.

Zadané zahuštění bodů lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.



Rám "Zahuštění bodů"

Nová zahuštění bodů

Bod

Zdroj bodů : volné body

Volný bod : č. 1 (0,00; -10,00)

Zahuštění

Dosah : r = 3,00 [m]

Délka : l = 0,50 [m]

Přidej

Storno

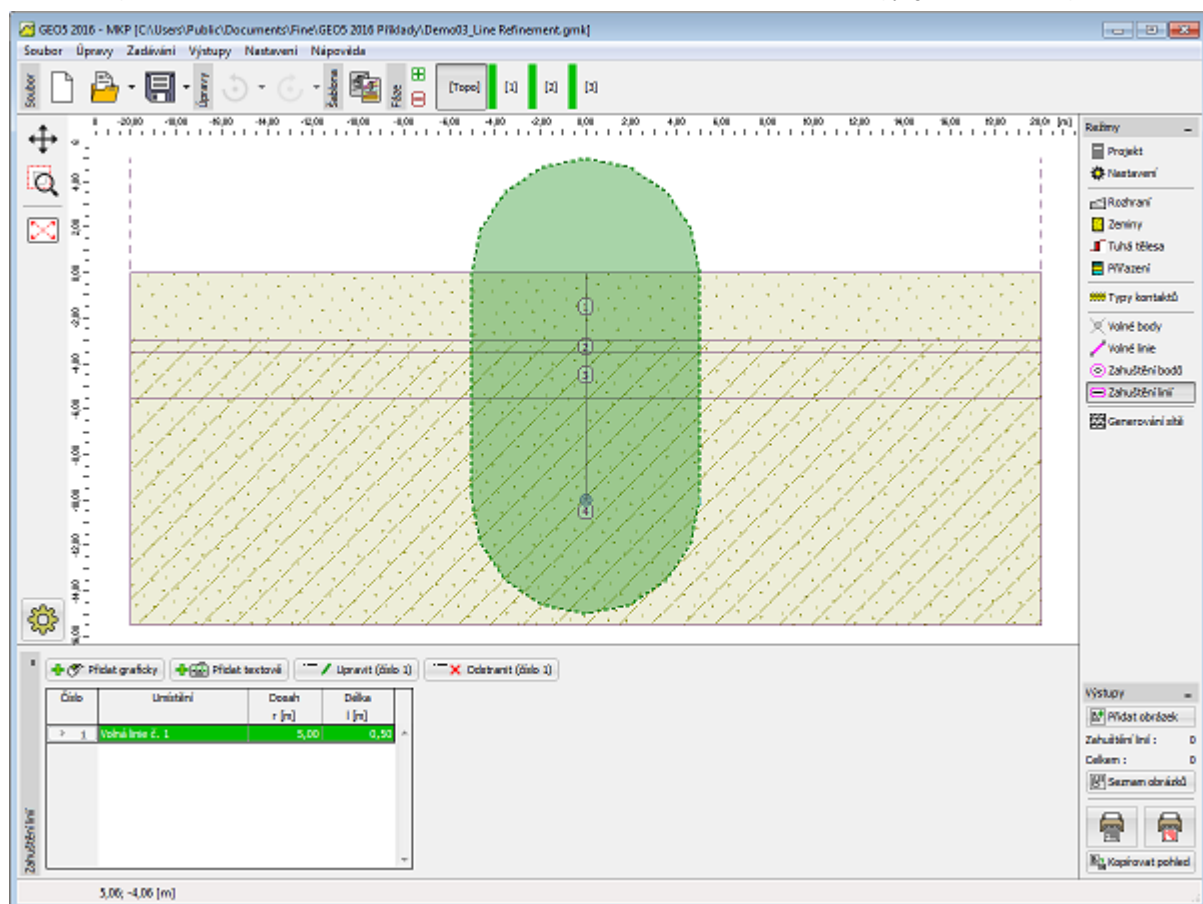
Dialogové okno "Nová zahuštění bodů"

Zahuštění linií

Rám "Zahuštění linií" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zahuštění linií. Přidání zahuštění linií se provádí v dialogovém okně "Nová zahuštění linií".

Zahuštění sítě konečných prvků okolo linií je důležitou pomůckou pro vytvoření vhodné sítě konečných prvků. Zahustit lze jak okolí volných linií, tak i okolí linií rozhraní resp. terénu.

Zadané zahuštění linií lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.



Rám "Zahuštění linií"

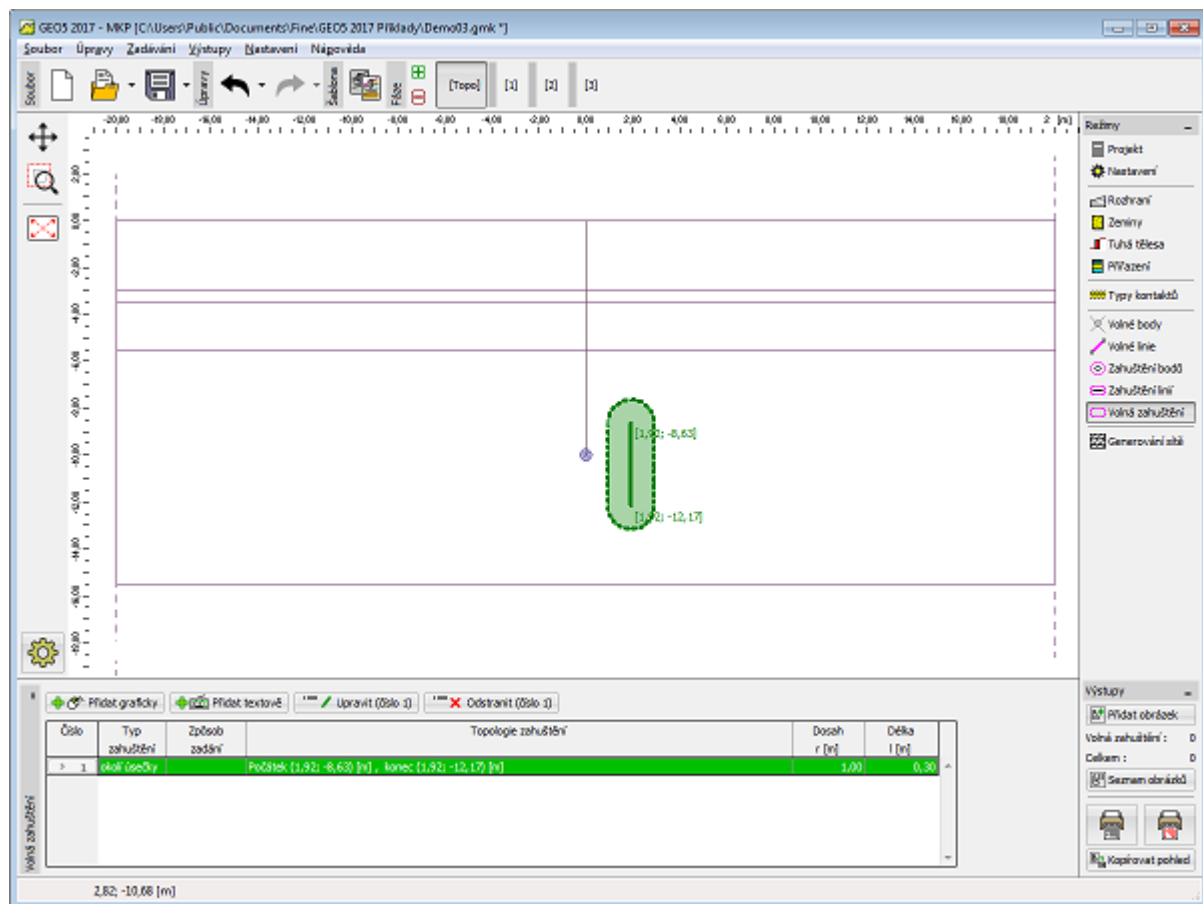
Dialogové okno "Nová zahuštění linií"

Volná zahuštění

Rám "Volná zahuštění" obsahuje tabulku se seznamem zadaných volných zahuštění. Přidání volných zahuštění se provádí v dialogovém okně "Nová volná zahuštění".

Zahuštění sítě konečných prvků je důležitou pomůckou pro vytvoření vhodné sítě konečných prvků.

Zadaná volná zahuštění lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.



Rám "Volná zahuštění"

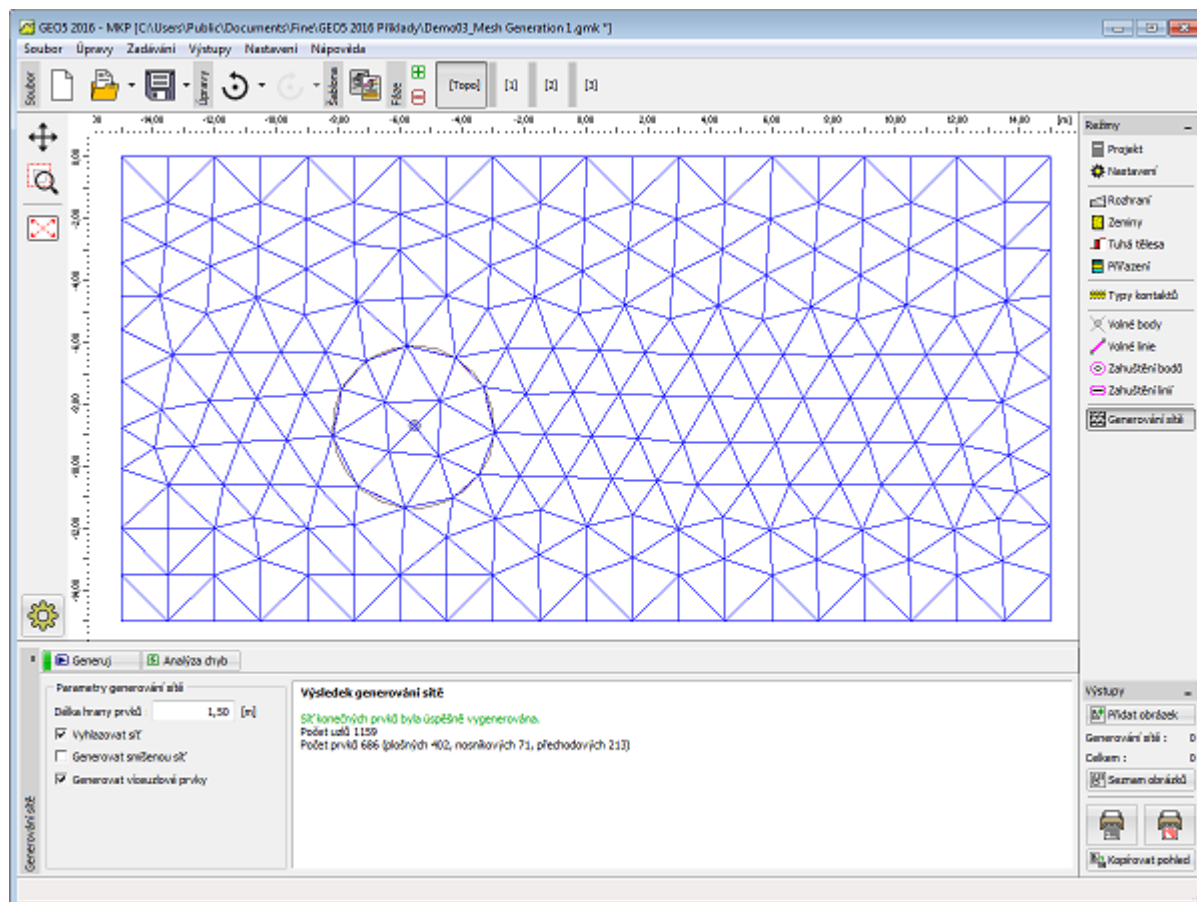
Generování sítě

Rám "Generátor sítě" obsahuje v levé části základní nastavení pro generování sítě a v pravé části pole pro zobrazení informací o vygenerované síti.

Úspěšnou generaci sítě končí zadávání topologie konstrukce - dále se modelují a počítají jednotlivé fáze budování. Při generování sítě program automaticky vygeneruje i standardní okrajové podmínky. Informace o vygenerované síti jsou zobrazeny v pravém dolním okně s varováním o problémových místech.

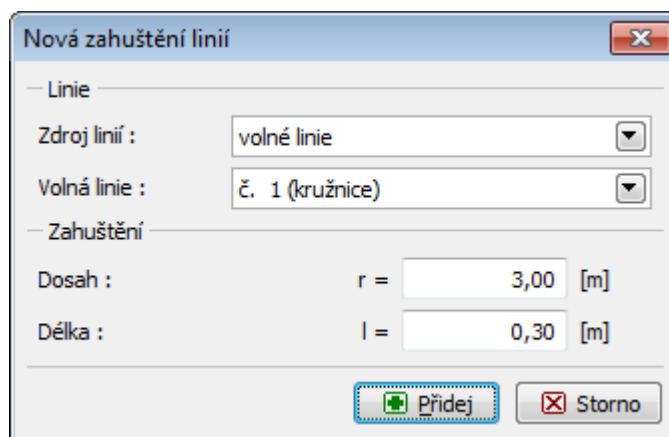
Správně vygenerovaná síť konečných prvků je základním předpokladem dosažení správných výsledků. Program GEO MKP má zabudovaný automatický generátor sítě, který značně usnadňuje tuto úlohu. Přesto je nutné dodržet určitá pravidla:

- Základní hustota sítě se zadává v okně "Generátor sítě". Čím je hustší síť, tím jsou přesnější výsledky. Výpočet a vykreslování úlohy se ale značně zpomaluje. Cílem je tedy najít optimální hustotu sítě - závisí to především na zkušenosti uživatele. Určitým počátečním vodítkem mohou být sítě vygenerované v jednotlivých řešených příkladech.

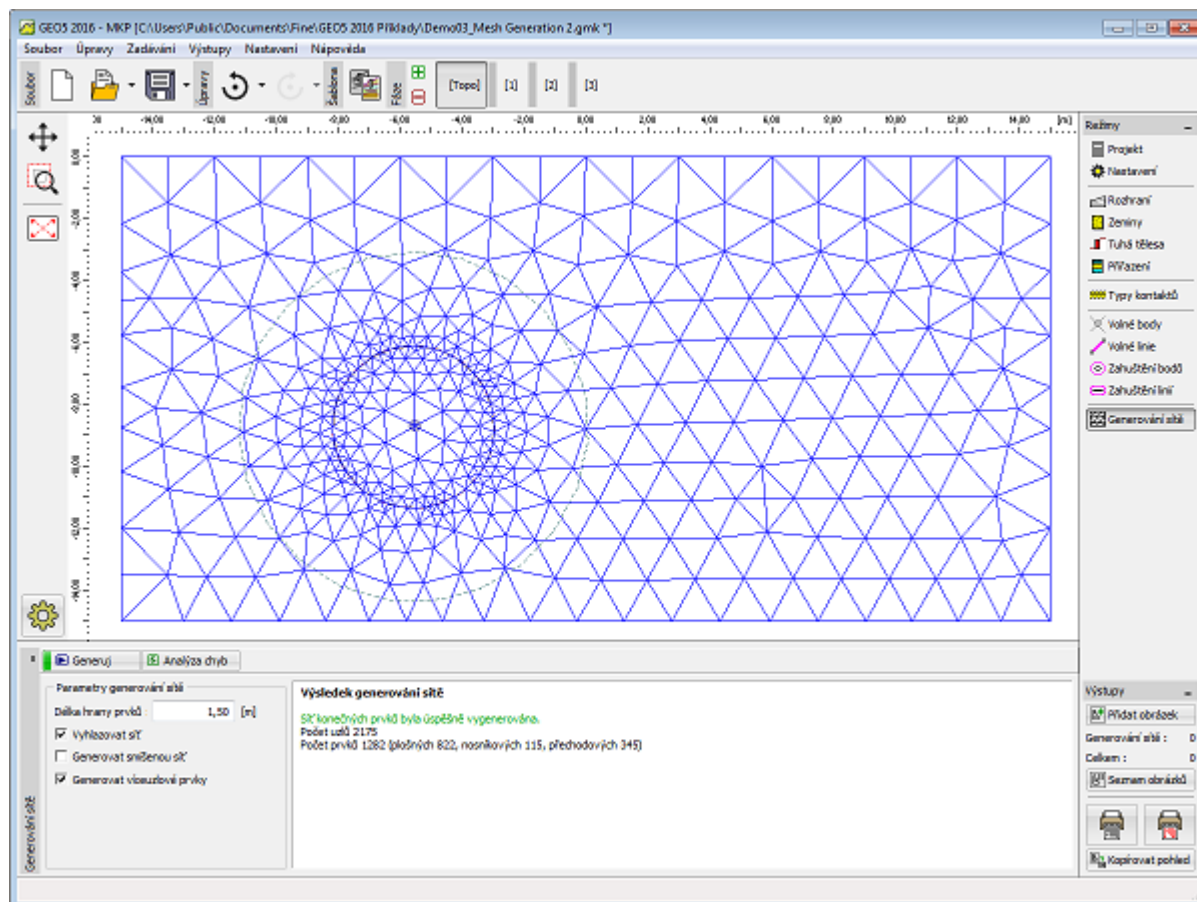


Rám "Generování sítě" - síť bez lokálního zahuštění

- Síť prvků by měla být dostatečně hustá hlavně v těch místech řešené oblasti, kde lze očekávat velké gradienty napětí (bodové podepření, ostré rohy, výruby apod.). Zahuštění sítě je možné zadat kolem jednotlivých bodů nebo linií. Je nutné, aby tento dosah zahuštění byl alespoň 3-5 násobek hustoty ve středu zahuštění a aby obě hodnoty v bodech (hustota, dosah) byly v rozumném poměru k hustotě sítě předepsané pro okolní oblast. Tím se zaručí hladký přechod mezi oblastmi s rozdílnou hustotou. Obdobně je nutné zacházet se singulárními liniemi. Je dobré u složitějších úloh nejprve provést předběžný výpočet pro hrubou síť konečných prvků a na základě analýzy výsledků provést lokální zahuštění sítě.



Zadání zahuštění sítě kolem kruhové linie



Nová síť po zahuštění kolem kruhové linie

Program používá standardně **šestiuzlových trojúhelníkových prvků** s automatickým vyhlazováním sítě. To zaručuje přesnost výsledků odpovídající přibližně jednou tak husté síti složené z **klasických tříuzlových trojúhelníků**. Pro studijní a ladící účely je v programu ponechána možnost počítat s klasickým tříuzlovým trojúhelníkem. (spínací tlačítko **"Víceuzlové prvky"**), které je k dispozici pouze v módu **"Rozšířené možnosti programu"**. Stabilitní výpočty lze ale provádět pouze s šestiuzlovým trojúhelníkem. Pro výpočty nelineárních problémů by se měly tyto prvky používat zcela výhradně.

V módu **"Rozšířené možnosti programu"** program také umožňuje generovat smíšenou síť (trojúhelníky a čtyřúhelníky).

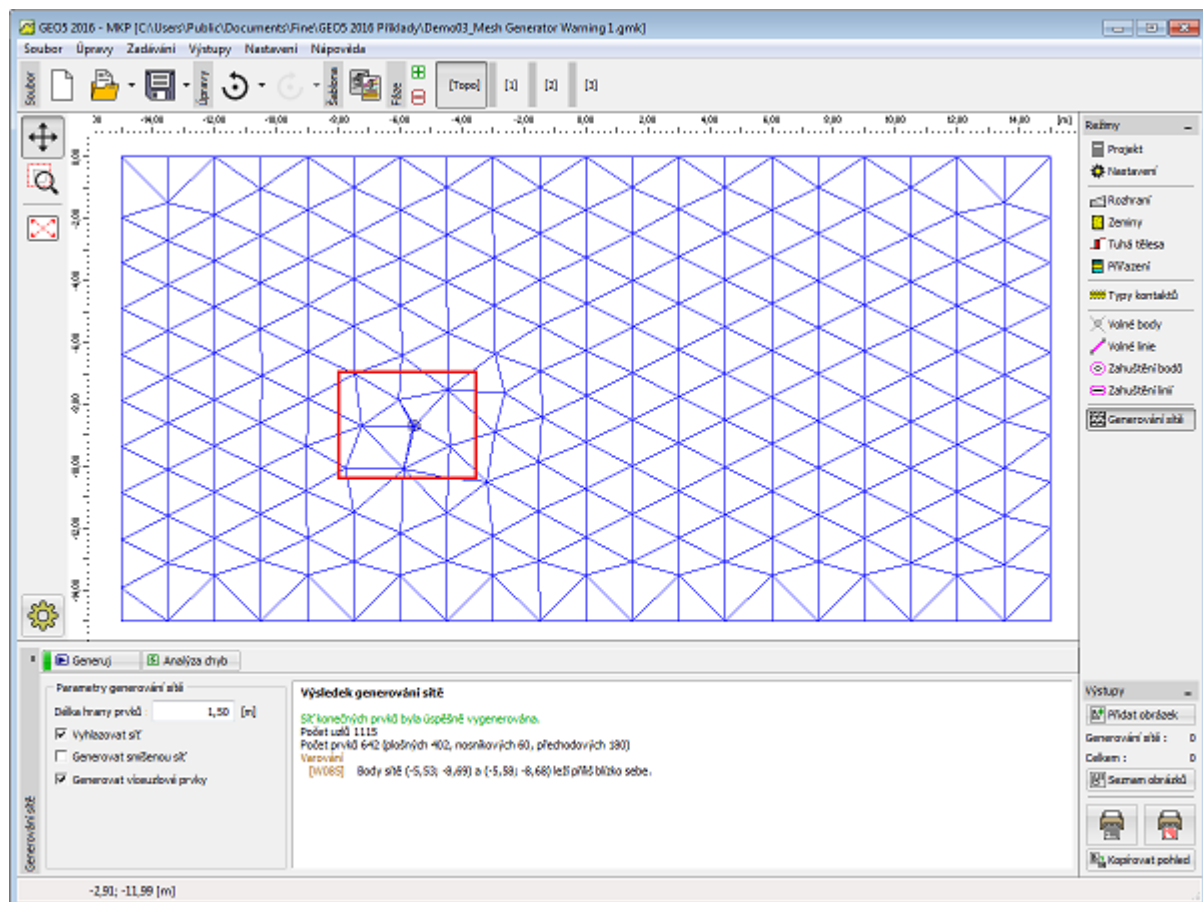
Varování generátoru sítě

V okénku **"Varování - možná problematická místa na konstrukci"** je uživatel upozorněn na kritická místa pro generátor sítě. Při nastavení kursoru na jednotlivá varování se příslušné místo na konstrukci zobrazí červeně. Kontroluje se:

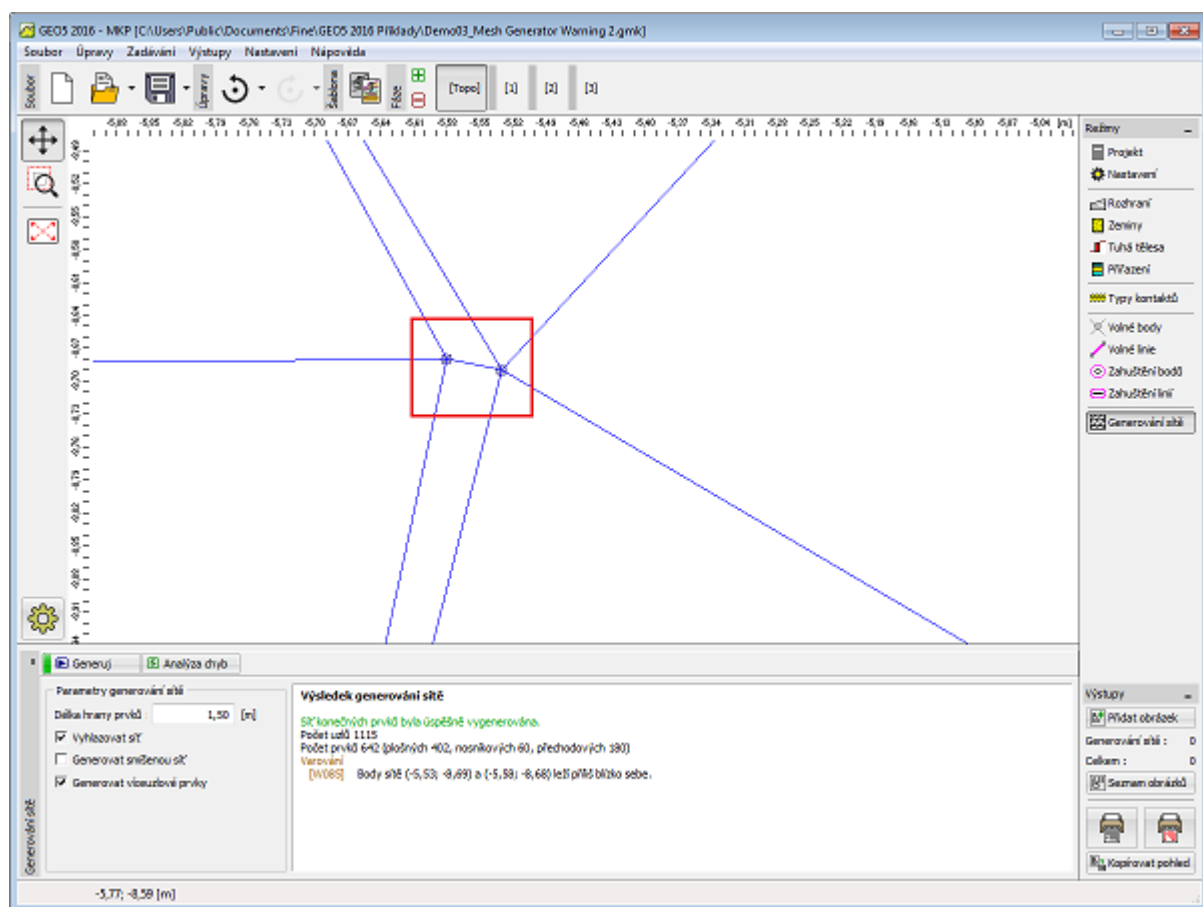
- zda vzdálenost dvou uzlů je větší než desetina délky hrany sítě,
- zda vzdálenost uzlu od linie je větší než desetina délky hrany sítě,
- zda plocha oblasti je větší než kvadrát délky sítě,
- zda uzly resp. linie leží v konstrukci (zemině).

Tato varování upozorňují na místa, kde může mít generátor sítě problémy. Při generaci sítě pak může dojít k těmto variantám:

- síť se nevygeneruje => v tomto případě je nutné opravit zadání,
- síť se vygeneruje => v tomto případě je na uživateli, aby posoudil, zda je vygenerovaná síť uspokojivá - v každém případě lze dále varování ignorovat a postupovat ve výpočtu.



Varování o kritických místech sítě KP



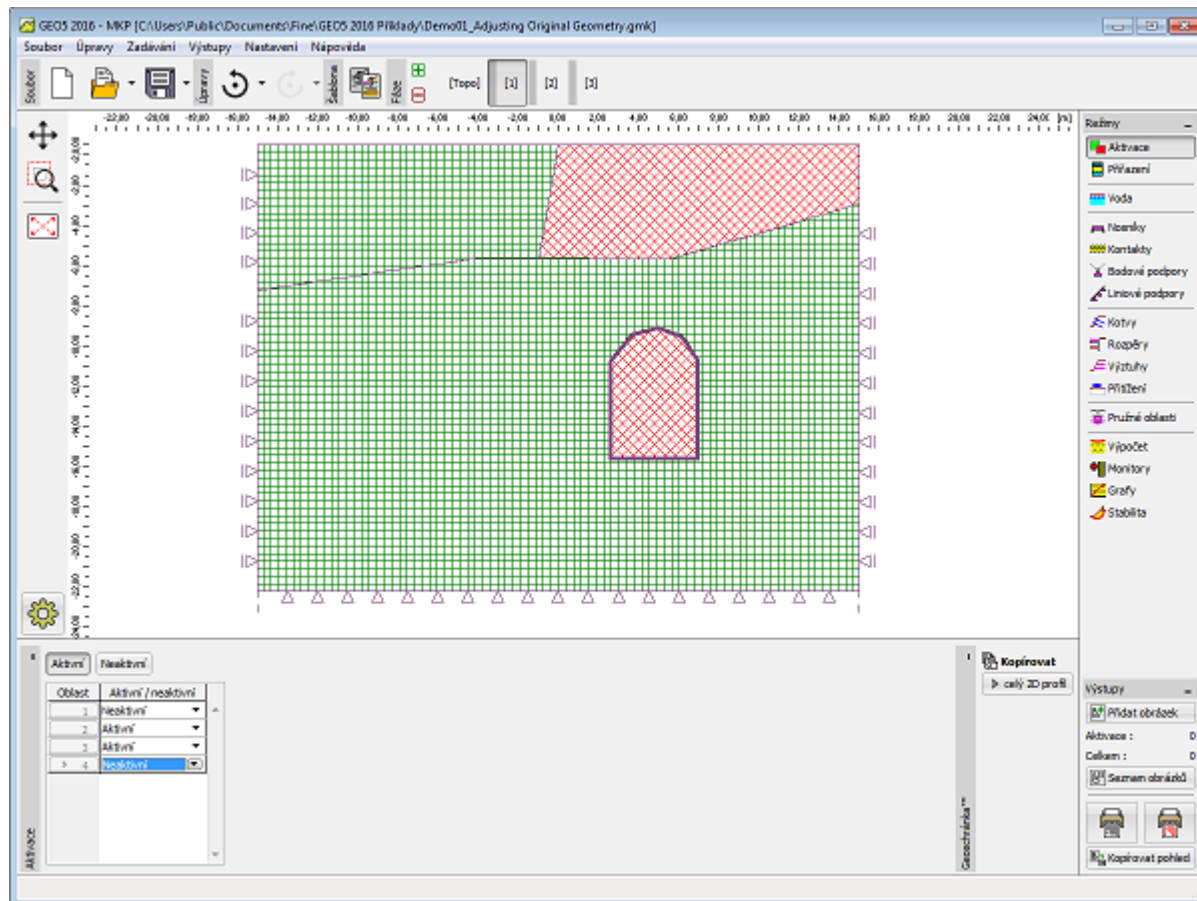
Kritické místo po zvětšení - dva body jsou příliš blízko sebe

Korektor zadané geometrie

Program má zabudovaný **automatický korektor zadané geometrie**. To znamená, že před generací sítě konečných prvků program sám najde průniky linií, najde veškeré uzavřené oblasti a vytvoří adekvátní model.

Nově vytvořené oblasti pak můžeme vyřadit z výpočtu, nebo můžeme do nich přiřadit novou zeminu. Hlavní výhody tohoto systému si uživatel uvědomí především při výpočtu tunelů a pažených konstrukcí. Zadání i velmi složité konstrukce se stává velmi jednoduchou a rychlou záležitostí.

Po automatické korekci mohou být některé body sítě příliš blízko sebe, respektive mohou vzniknout příliš malé oblasti. Program na tato místa upozorní **varováním** v pravém dolním okně.



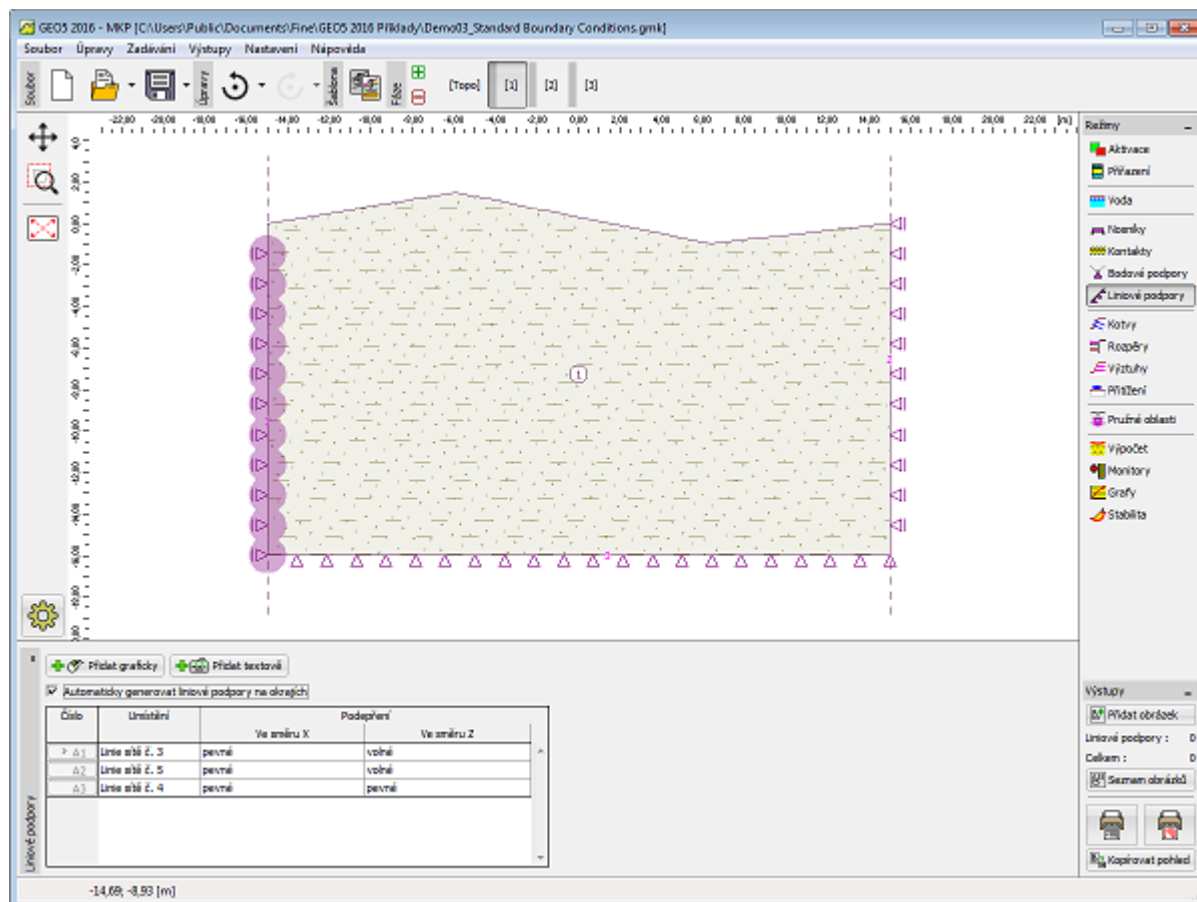
Oblasti po provedení automatické korekce

Standardní okrajové podmínky

Program obsahuje automatický generátor okrajových podmínek, **takže u běžných úloh se uživatel o okrajové podmínky nemusí vůbec starat.**

Standardní nastavení okrajových podmínek je:

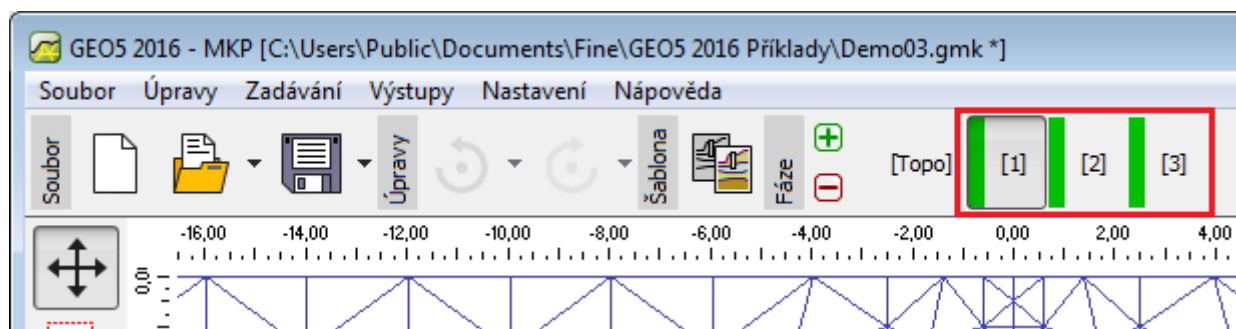
- neposuvný kloub v uzlech sítě na spodním vodorovném okraji,
- posuvný kloub v uzlech sítě na svislém levém a pravém okraji.



Standardní okrajové podmínky

Fáze budování

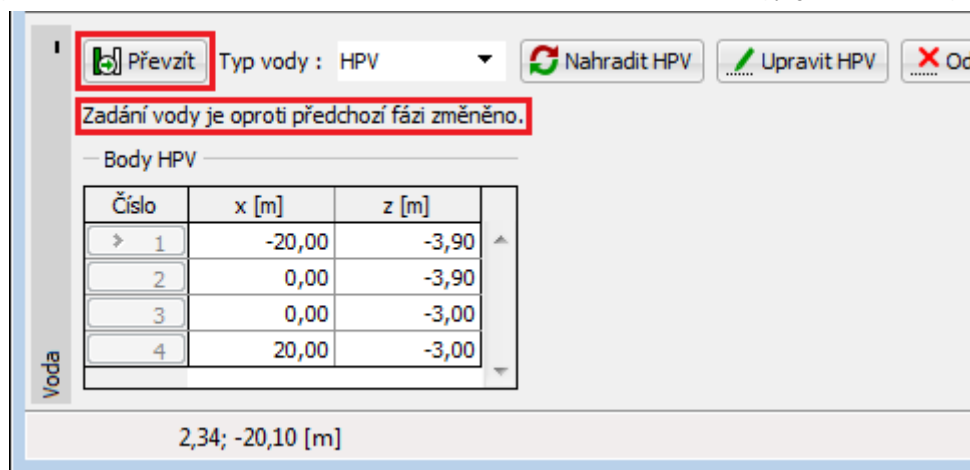
Po zadání **topologie konstrukce** a **vygenerování sítě konečných prvků** se vlastní výpočty provádějí ve fázích budování. Mezi jednotlivými fázemi a režimem "**Topologie**" lze přepínat tlačítka na vodorovné ovládací liště.



Lišta "Fáze budování" - přepínání mezi režimem "Topologie" a fázemi budování

Fáze budování konstrukce odpovídají postupnému budování stavby a jejich správné zadání a návaznost jsou velice důležité. Výpočet každé fáze vychází (kromě stabilitních výpočtů) **z výsledků fáze předchozí**. Mezi fázemi budování se udržují informace o jednotlivých objektech a jejich vlastnostech - při editaci resp. zadání fáze se pak aplikuje pravidlo **dědičnosti vlastností**.

V některých rámech ("**Voda**", "**Aktivace**", "**Přivazení**") je v pravé části lišty tlačítko "**Převzít**". Tlačítko je aktivní v okamžiku, kdy jsou zadána data v rámu odlišná od dat v předchozí fázi. Po stisknutí tohoto tlačítka se převezme zadání příslušných dat ("**Voda**", "**Aktivace**") z minulé fáze.



Změna zadanych dat - převzetí dat z předchozí fáze budování

První fáze budování (**výpočet geostatické napjatosti**) představuje počáteční stav masivu před zahájením stavby - výsledkem výpočtu je tedy napjatost v masivu, nikoliv deformace.

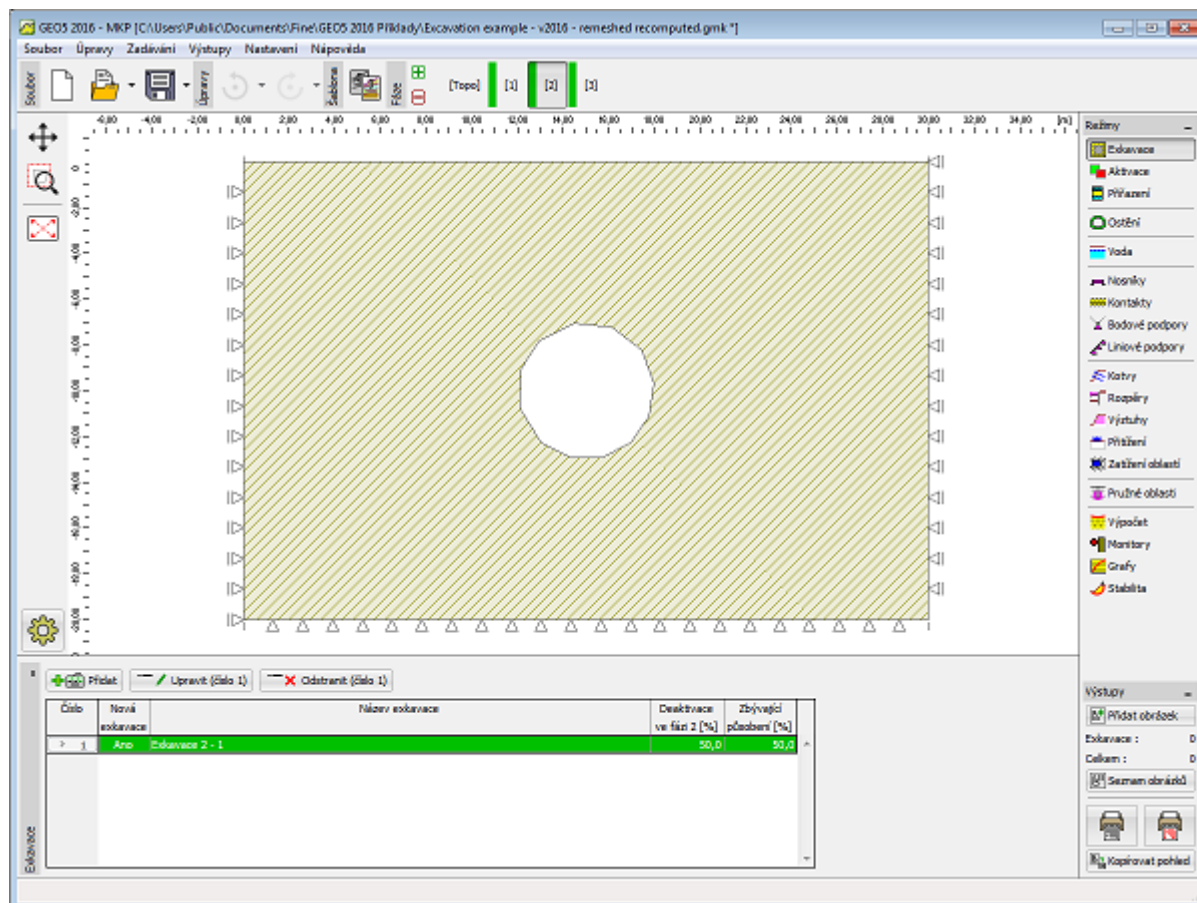
Velkým problémem výpočtu pomocí metody konečných prvků bývá nekonvergence některé fáze budování. Nemáme-li výsledky některé fáze, nelze počítat ani fáze následující. Pro správné modelování doporučujeme dodržet **doporučený postup modelování** stavby.

Exkavace

Rám "Exkavace" obsahuje **tabulku** se seznamem zadanych exkavací. **Přidání** exkavací se provádí v **dialogovém okně "Nové exkavace"**.

Exkavaci lze zadat až od druhé **fáze budování**.

Stupeň deaktivace [%] se zadává v dialogovém okně **"Nová exkavace"**.



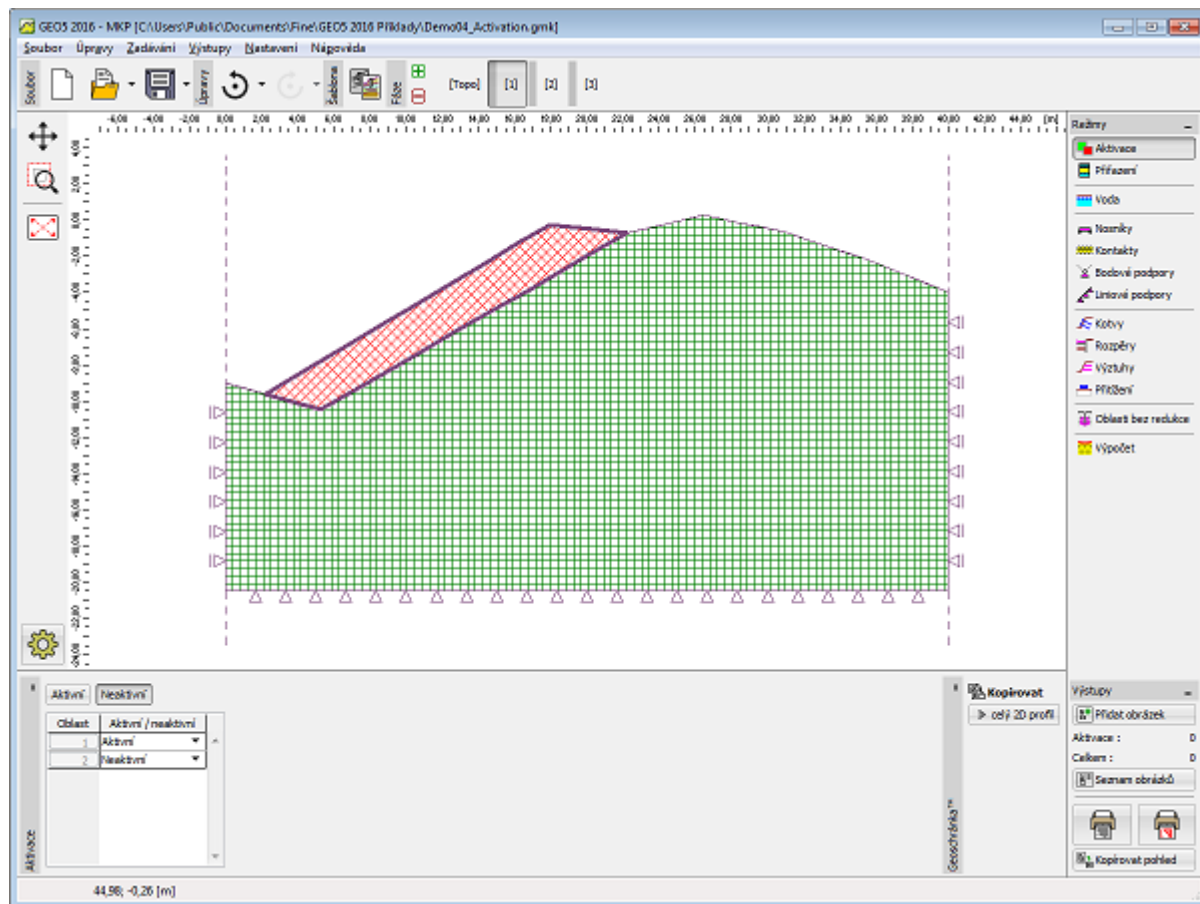
Rám "Exkavace"

Funkce exkavace slouží k částečné deaktivaci sil, kterými zemina uvnitř výrubu působí na okolní zeminu. Tento postup dovoluje modelovat postupnou ražbu tunelu a instalaci ostění v rámci 2D výpočtu (za předpokladu rovinné deformace). Standardní použití spočívá v částečné deaktivaci exkavované zeminy v jedné fázi a instalaci a deaktivaci zbývajících opěrných napětí v následující fázi.

V literatuře je tento posut označován za Metodu opěrných napětí, či Metodu redukce napětí.

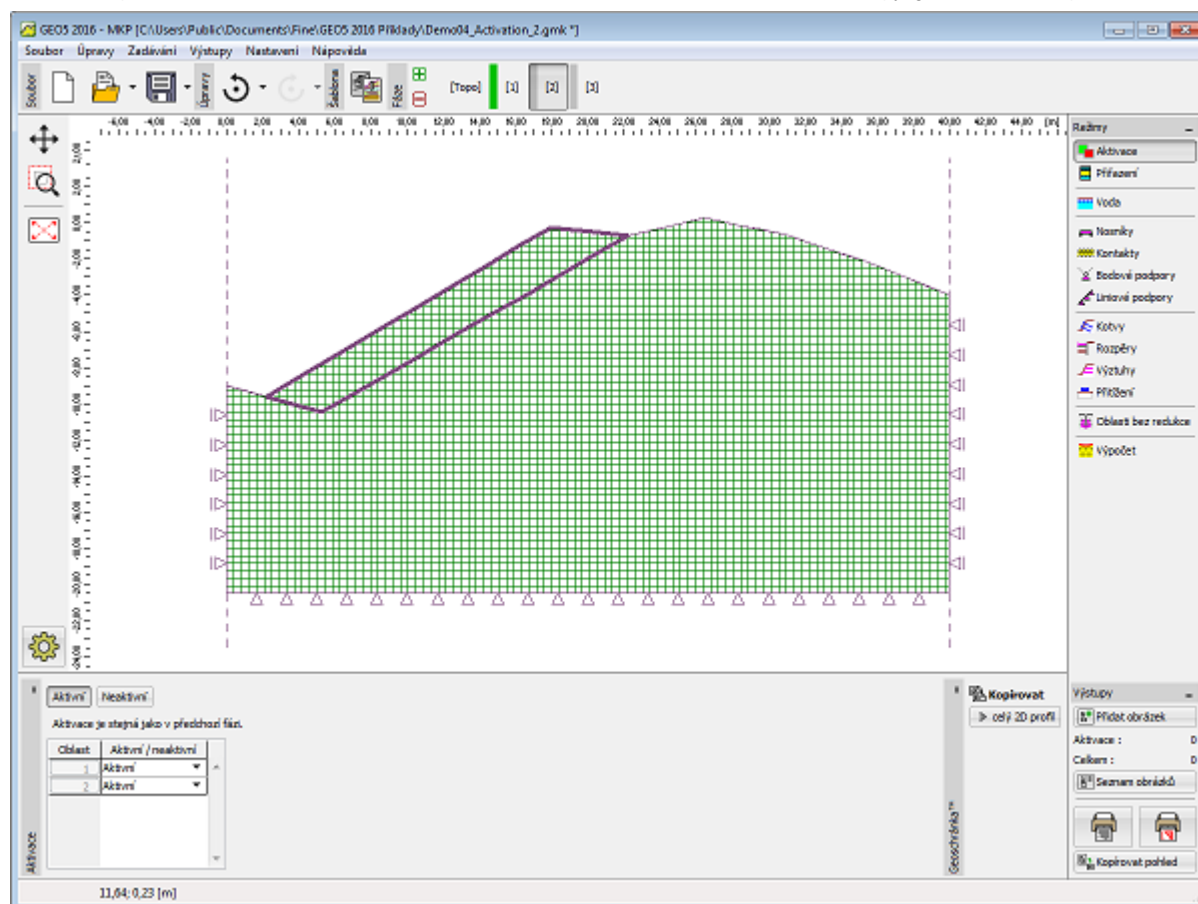
Aktivace

Program umožňuje **odebírat (deaktivovat) zeminu** z jednotlivých oblastí. Počítáme-li například násep, musíme ho v topologii zadat, ale v první fázi ho označíme za neaktivní. Podobný postup je u pobírání tunelu nebo pažicích konstrukcí. V případě neaktivní oblasti **pod hladinou spodní vody** je třeba dát pozor na správné zadání dané oblasti resp. modelování jejího okraje.



Modelování náspu - 1. fáze budování

Násep zaktivujeme až v dalších fázích budování.



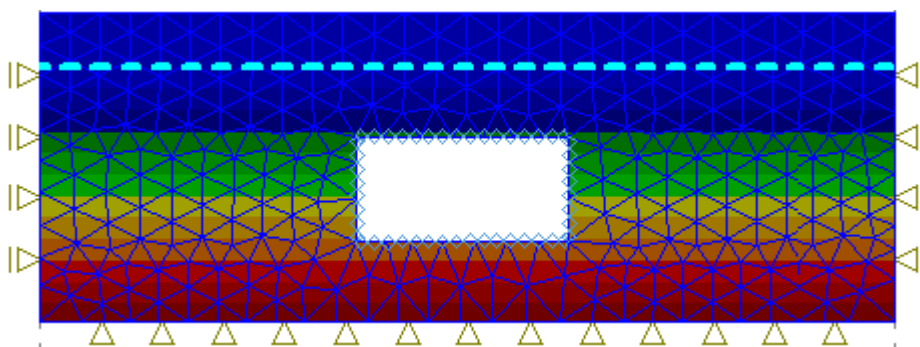
Modelování náspu - aktivace tělesa náspu

Pomocí **Geoschránky** je možno zkopírovat rozhraní aktuálního profilu a pak je vložit do jiného programu. Program automaticky upraví kopírovaná rozhraní tak, aby odpovídala požadavkům na 2D profil zadávaný shora dolů.

Aktivita oblastí pod HPV

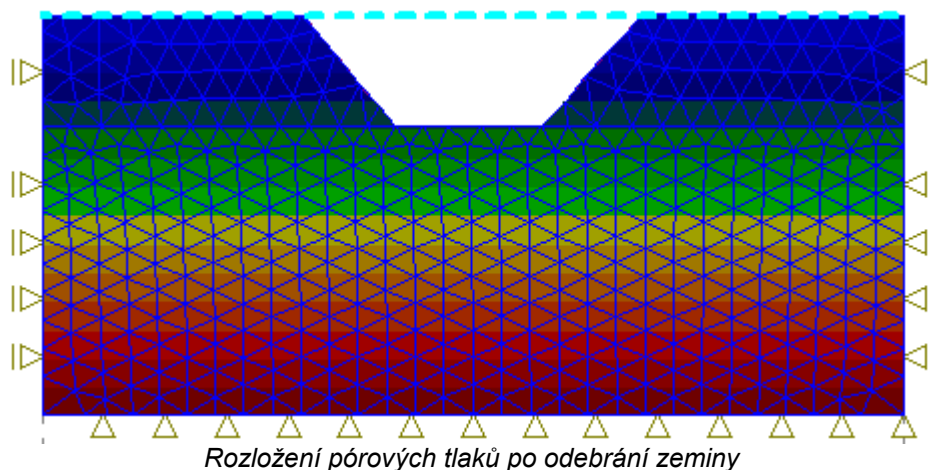
Je-li deaktivovaná oblast pod HPV, mohou nastat dva případy.

1) Odebraná oblast je **zcela uzavřena nosníky**. V takovém případě předpokládáme, že nosník je nepropustný a zemina je odebrána společně s vodou (odebíráme totální napětí - neaktivní **oblast není zaplavena vodou**). Vzhledem k **nepropustnosti nosníkových prvků** se rozložení pórových tlaků nezmění, viz obrázek.

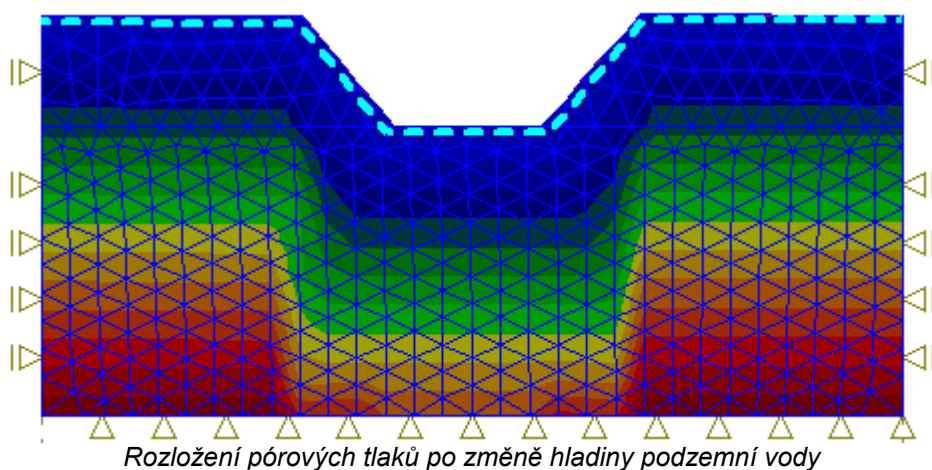


Rozložení pórových tlaků po odebrání zeminy z oblasti ohraničené aktivními nosníky

2) Odebraná oblast **není uzavřena nosníky**. V tomto případě předpokládáme, že voda v dané oblasti i po odebrání zeminy **nadále působí**. Tento stav je patrný z rozložení pórových tlaků na obrázku.



Její účinek lze odstranit **změnou hladiny podzemní vody**.

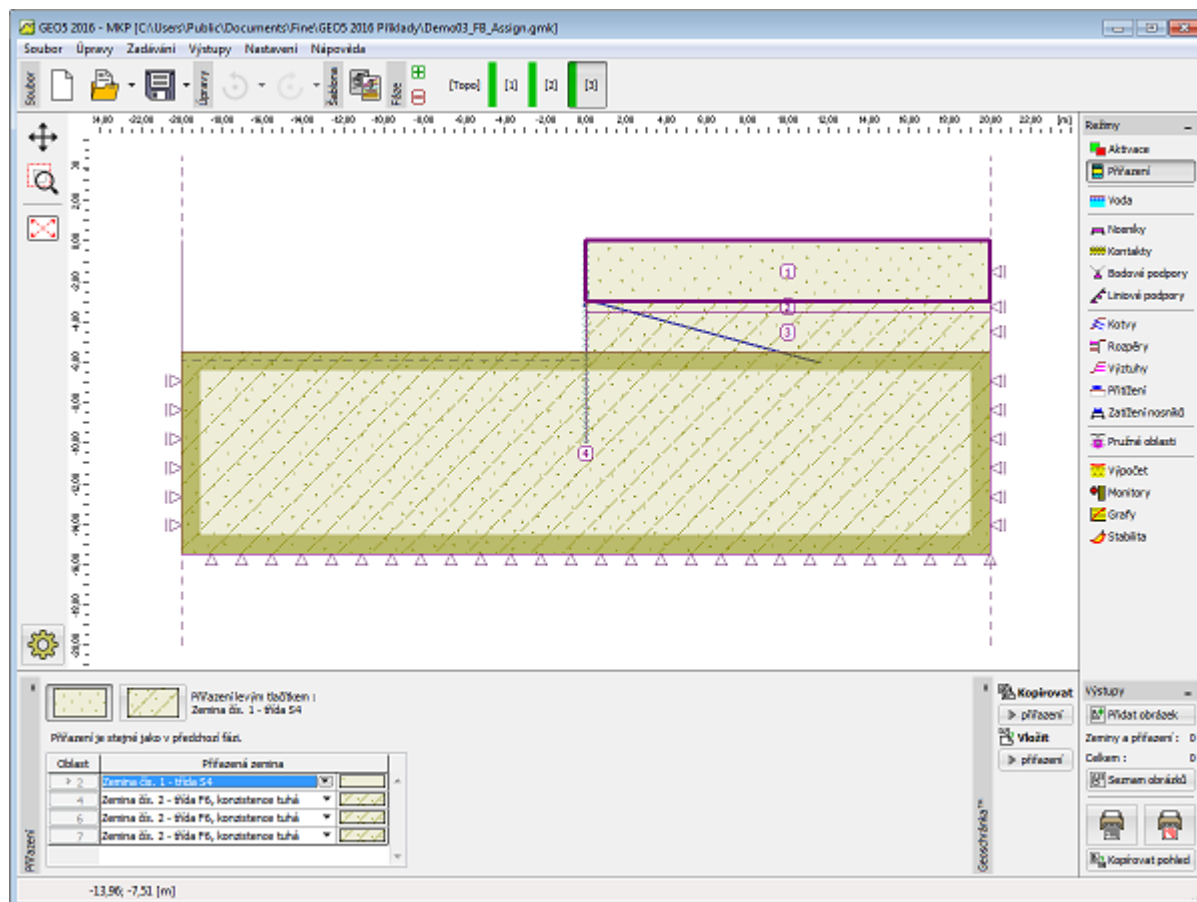


Přiřazení

Rám "Přiřazení" obsahuje seznam vrstev profilu a k nim přiřazených zemin. Jeho funkce je podobná jako v případě přiřazování zemin při zadávání topologie konstrukce.

Ve fázích budování se již zemin nepřiřazují k jednotlivým rozhraním, ale do oblastí, které automaticky vzniknou po korekci geometrie při generování sítě konečných prvků.

Přiřazení zemin lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "Geoschránky".

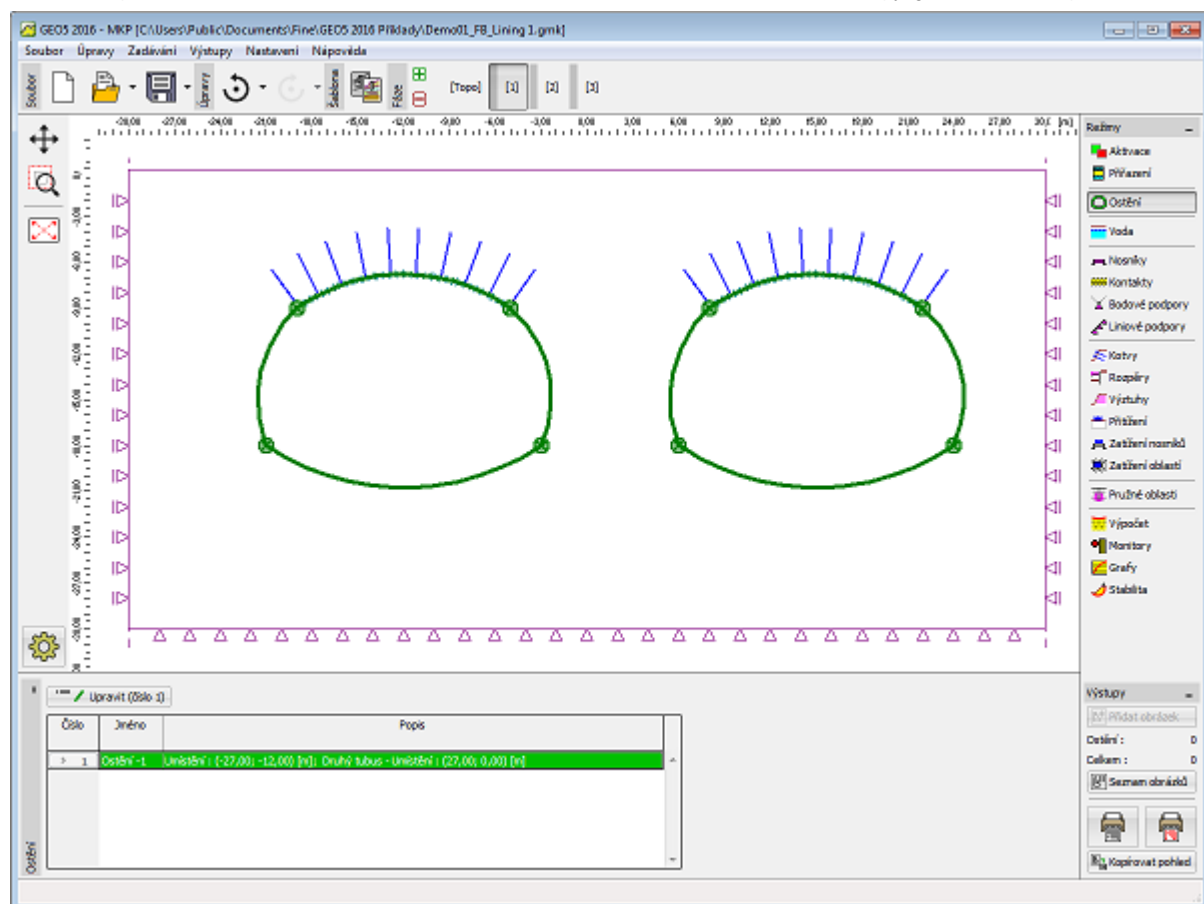


Rám "Přirazení"

Ostění

Rám "Ostění" obsahuje tabulku se seznamem zadaných ostění. Tento rám je v programu dostupný, jestliže je v rámu "Nastavení" zapnut režim "Tunely". Ve fázích budování lze ostění pouze editovat.

Pro úpravu ostění se spouští modul "Ostění - MKP", jehož funkce je podrobně popsána v režimu "Topologie" v rámu "Ostění". Ve fázích budování obsahuje modul "Ostění - MKP" rámy "Nosníky", "Kotvy" a "Zatížení nosníků".

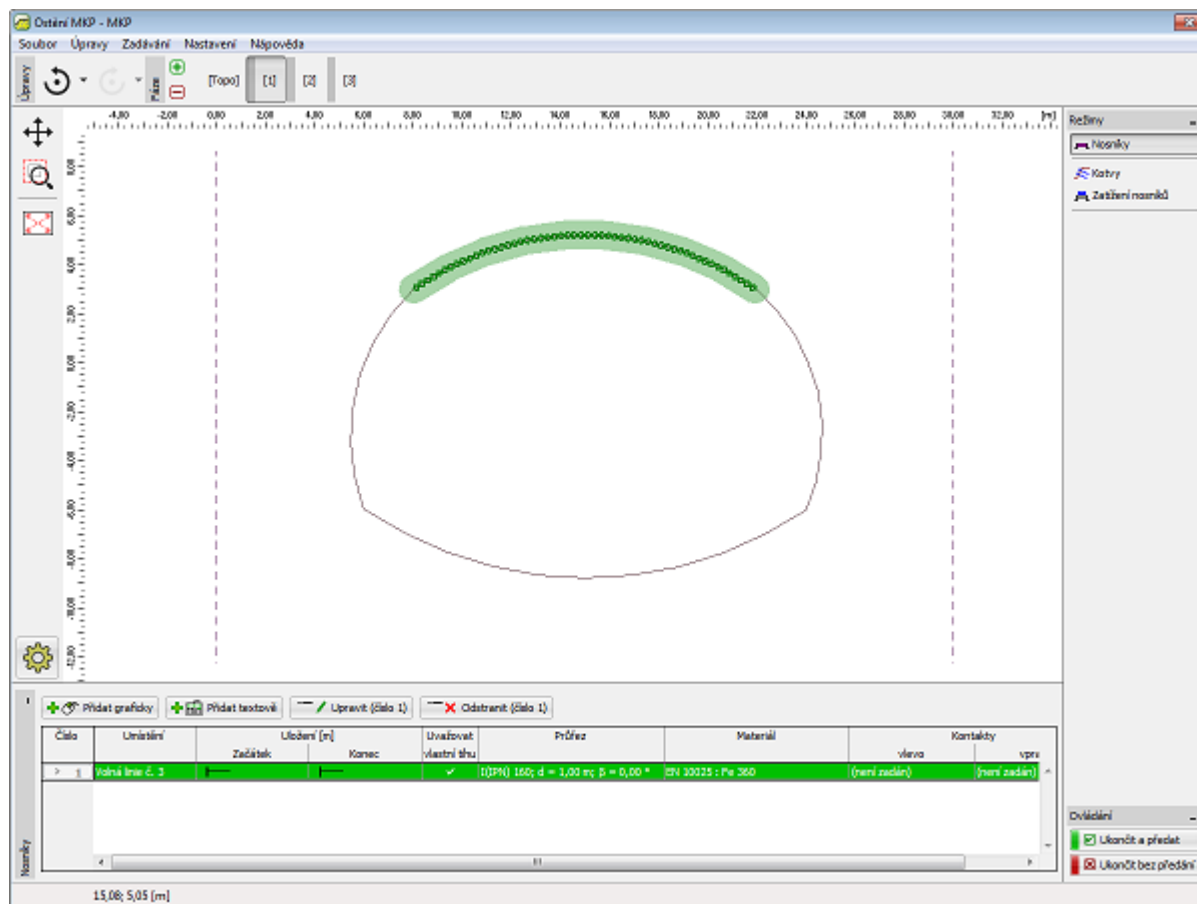


Rám "Ostění"

Nosníky

Rám "Nosníky" obsahuje tabulku se seznamem zadaných nosníků. Operace s nosníky jsou shodné jako ve fázích budování programu MKP, v rámu "Nosníky".

Typy kontaktů pro definování kontaktů na nosnících se přebírají z programu MKP.

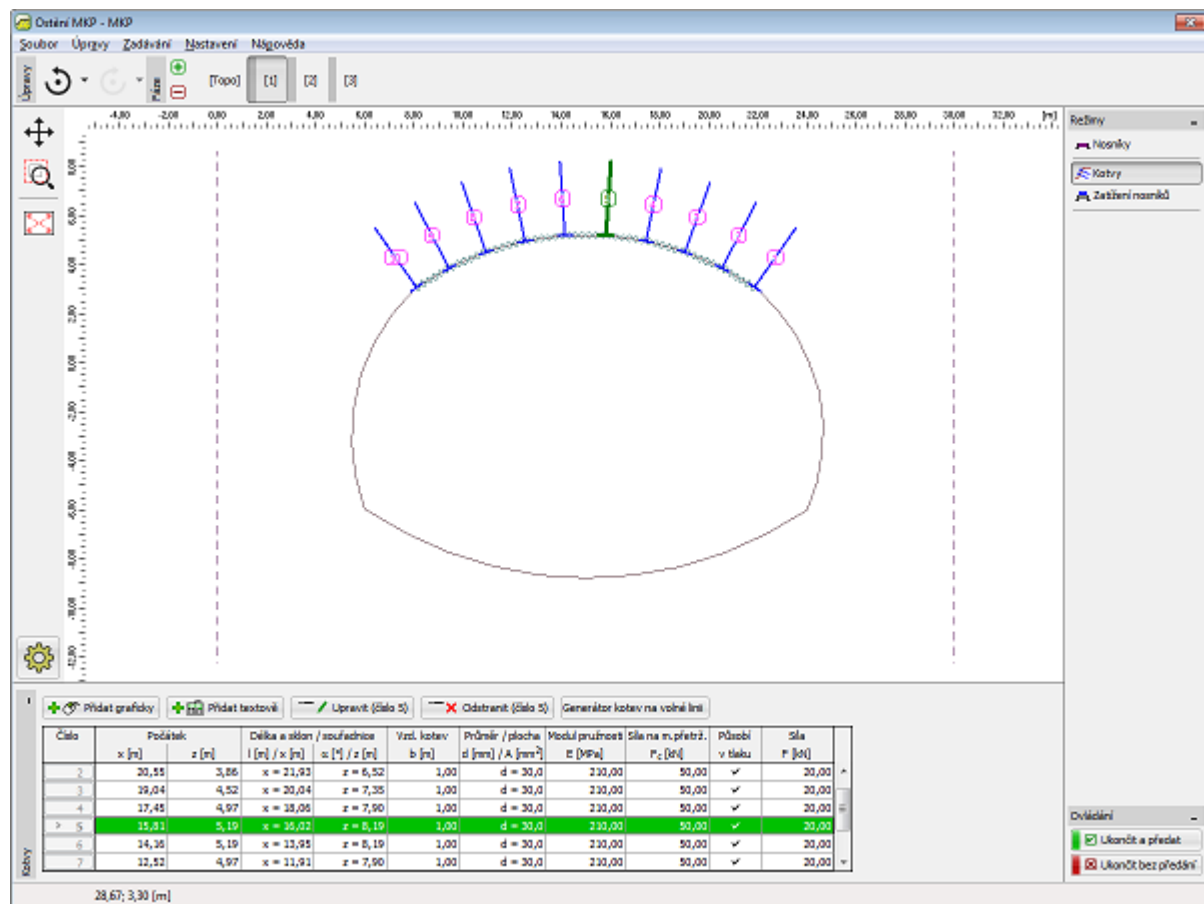


Rám "Nosníky"

Kotvy

Rám "Kotvy" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kotev. Operace s kotvami jsou shodné jako ve fázích budování programu MKP, v rámu "Kotvy".

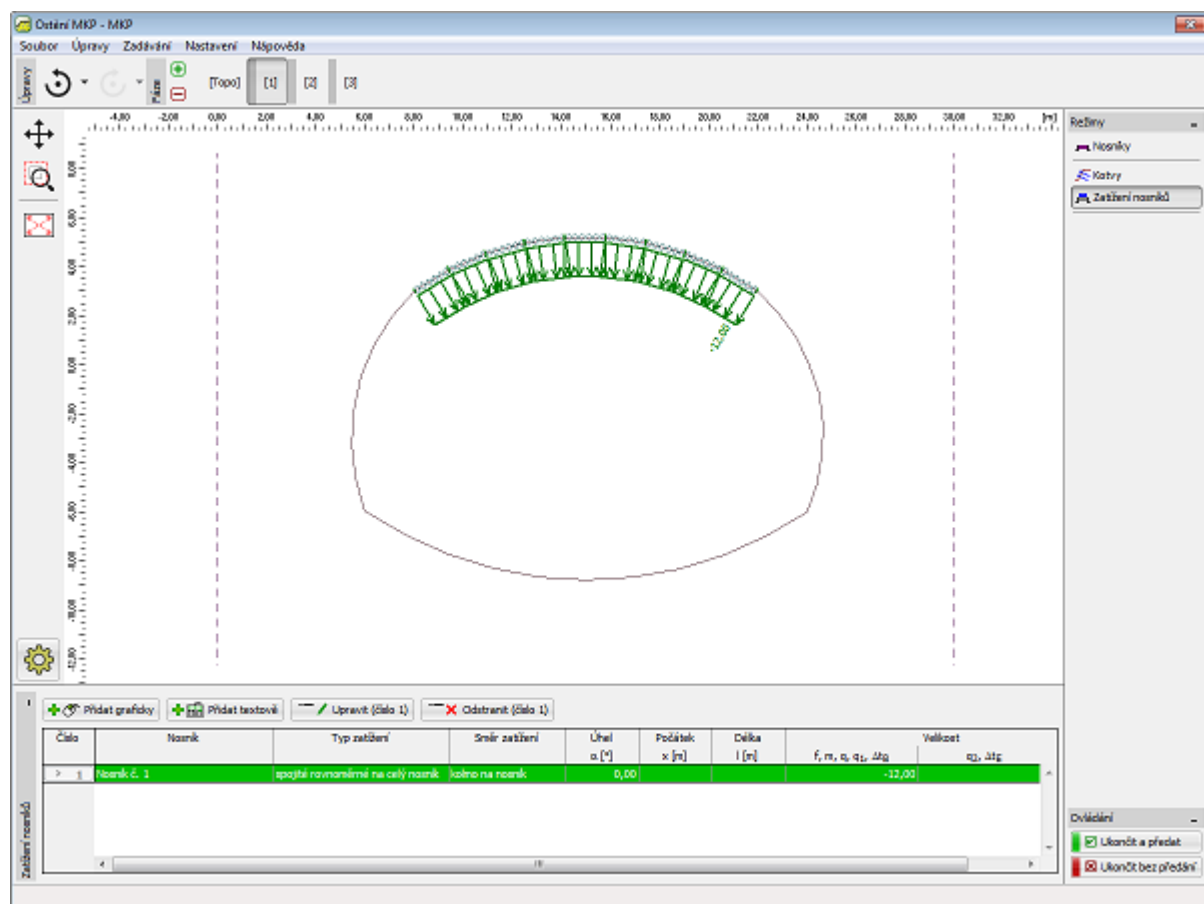
Rám se liší funkcí na vodorovné liště, na které je umístěno tlačítko "Generátor kotev na volné linii".



Rám "Kotvy"

Zatížení nosníků

Rám "Zatížení nosníků" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zatížení nosníků. Operace se zatíženími nosníků jsou shodné jako ve fázích budování programu MKP, v rámu "Zatížení nosníků".



Rám "Zatížení nosníků"

Generátor kotev na volné linii

Generátory vytvářejí podle parametrů příslušné prvky, se kterými se pak pracuje samostatně, bez možnosti je zpětně parametricky měnit. Jestliže jsou parametry generace korektní, zobrazuje se během jejich úprav aktuální grafická podoba vygenerovaných prvků.

Dialogové okno "**Nové kotvy**" je rozšíření standardního dialogového okna o určení pravidelného rozmístění více stejných kotev na linii. Rozsah umístění kotev se generuje shodně jako u **generátoru prokotvených oblastí** (přes celou linii, úhlem nebo délkou definovaná část). Množství kotev se definuje třemi způsoby: počtem na rozsah, úhlem nebo rozestupem mezi jednotlivými kotvami.

Vygenerované kotvy se i v programu MKP přichytávají na zde definovanou volnou linii.

Dialogové okno "Nové kotvy"

Nosníky

Rám "**Nosníky**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných nosníkových prvků. **Přidání** nosníků se provádí v **dialogovém okně "Nové nosníky"**.

Při zadávání je nutné definovat umístění nosníku (volná linie, linie sítě, úsek terénu).

Zadané nosníky lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**. Program používá následný **souřadný systém**.

Nosníkové prvky slouží k **modelování ostění** resp. **pažicích konstrukcí**. Na těchto prvcích můžeme získat **průběhy vnitřních sil** (moment, normálová síla a posouvající síla).

Nosníkové prvky se zadávají na již zadané linie (**volné linie, úseky terénu**) - linie představuje **střednici nosníku**. Program nabízí několik základních **typů tvaru průřezu**, ale uživatel má možnost si zadat i vlastní průřezové charakteristiky.

Při modelování nosníků je důležité **zadání kontaktních prvků**, které charakterizují chování kontaktu mezi nosníkem a okolní zeminou. **Kontakty** lze zadat po **obou stranách nosníku**. Správná definice kontaktů je velice důležitá při

modelování pažících konstrukcí.

Na koncích nosníku lze definovat **uložení konců nosníků**.

V následujících **fázích budování** lze již zadaný nosník **zesílit resp. degradovat**.

Program automaticky počítá se zatížením **vlastní tíhou nosníku** - automatickou generaci vlastní tíhy lze ale při zadání nosníku vypnout.

Nosníky jsou modelovány pomocí **nosníkových prvků** se třemi stupni volnosti v každém uzlu prvku.

Nosníkové prvky zabudované v programu jsou postaveny na Mindlinově teorii, která předpokládá, že průřez zůstává po deformaci rovinný, není však kolmý k deformované střednici prutu. Ohybové momenty a osově síly se počítají v uzlech sítě.

Nové nosníky

— Topologie

Umístění : volná linie

Volná linie : Volná linie č. 1

— Parametry

☒ Uvažovat vlastní tíhu

— Průřez a materiál

Typ průřezu : obdélníková stěna

Typ materiálu : beton

Výška průřezu : h = 0,50 [m]

Šířka průřezu : b = 1,00 [m]

Název : B 20

[Katalog](#) [Vlastní](#)

$I_y = 1,04E-02 \text{ m}^4/\text{m}$; $A = 5,00E-01 \text{ m}^2/\text{m}$; $E = 27000,00 \text{ MPa}$; $G = 11340,00 \text{ MPa}$

— Kontakty

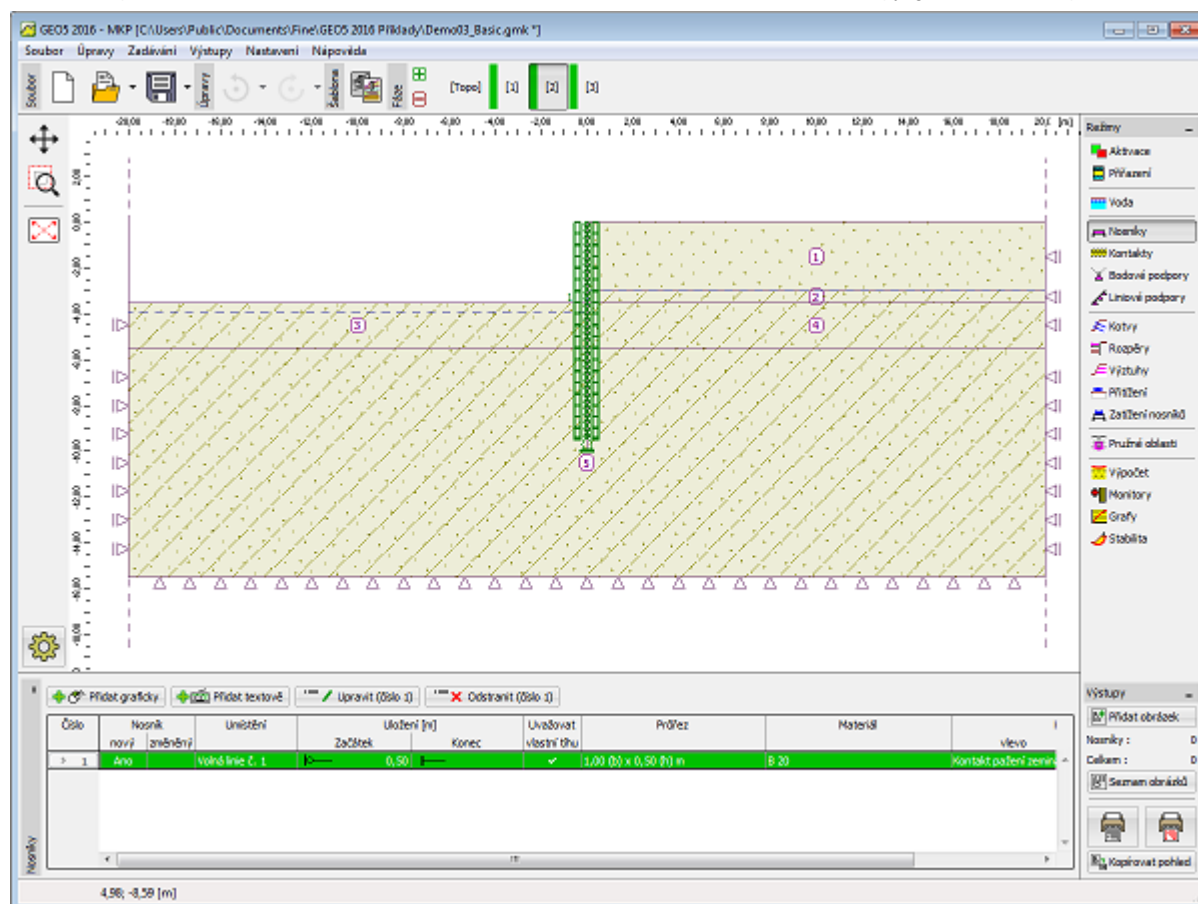
☒ Uvažovat kontakt vlevo ☒ Uvažovat kontakt vpravo

Typ kontaktu : Kontakt pažení zemina

Typ kontaktu : Kontakt pažení zemina

[Přidej](#) [Storno](#)

Dialogové okno "Nové nosníky"



Rám "Nosníky"

Typy průřezů

Program umožňuje zadat **průřezové charakteristiky číselně**, nebo využít některého z předdefinovaných typů. Typ materiálu průřezu se zadává v **katalogu materiálů**, nebo číselně v **editoru materiálů**. V programu jsou zabudovány následující typy průřezů:

- **obdélníková betonová stěna** - zadává se tloušťka stěny-
- **pilotová stěna** - zadává se průměr pilot a jejich osová vzdálenost)
- **ocelové štětovnice** - vybírá se typ z databáze
- **ocelový I průřez** - vybírá se typ z databáze a zadává se jejich osová vzdálenost (tvar průřezu se zadává v "Katalogu průřezů", nebo "Editoru průřezu", typ materiálu průřezu se zadává v "Katalogu materiálů", nebo číselně v "Editoru materiálů")

Všechny zadané průřezy program **automaticky přepočte na 1 běžný metr (feet)**. Výsledky vnitřních sil na nosnících jsou pak také prezentovány na běžný metr (feet) konstrukce, nikoliv na pilotu resp. I průřez.

V případě, že máte **databázi štětovnic**, která není v programu zabudována, kontaktujte nás na hotline@fine.cz - rádi ji do programu zapojíme.

Nové nosníky

— Topologie —
 Umístění : volná linie
 Volná linie : Volná linie č. 1

— Parametry —
☒ Uvažovat vlastní tíhu

— Průřez a materiál —
 Typ průřezu : obdélníková stěna
 Výška průřezu :
 Šířka průřezu :
 Typ materiálu : beton
 Název : B 20
 Katalog Vlastní

— Uložení —
 Začátek : Konec : Velikost : podle průřezu 0,50 [m]

$I_y = 1,04E-02 \text{ m}^4/\text{m}$; $A = 5,00E-01 \text{ m}^2/\text{m}$; $E = 27000,00 \text{ MPa}$; $G = 11340,00 \text{ MPa}$

— Kontakty —
☒ Uvažovat kontakt vlevo ☒ Uvažovat kontakt vpravo
 Typ kontaktu : Kontakt pažení zemina

Přidej Storno

Dialogové okno "Nové nosníky" - volba typu průřezu

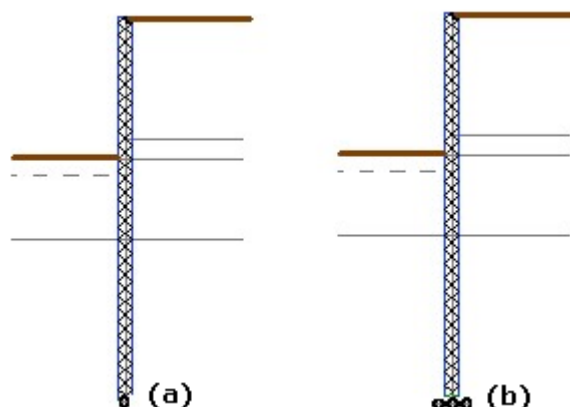
Uložení konců nosníků

Program umožňuje zadat tři typy zakončení nosníků:

-  **vetknutí** (standardní typ)
-  **kloubové** (používá se pro zadání **vnitřního kloubu** mezi nosíky - místa s nulovým ohybovým momentem)
-  **patička**

Patička je speciální typ uložení konce nosníku v zemině. Používá se v místech, kde je **nosník zakončen v zemině**. Při standardním uložení je kontakt nosníku a zeminy realizován v jednom bodě, což vede k zplastizování okolí a nekonvergenci výpočtu. **Patka roznáší zatížení** do okolní zeminy, čímž zajišťuje, že se konstrukce do zeminy "nezapíchne" a výpočet je stabilní.

Standardní šířka patičky odpovídá šířce nosníku - lze ji ale libovolně měnit (například pro rozšířené paty pilot).



Model bez patičky (a), s patičkou (b)

Degradace a zesílení nosníků

Zadané nosníky nelze v dalších fázích budování editovat klasickým způsobem, ale lze je upravit několika způsoby:

- odstranit nosník z výpočtu
- degradovat nosník (lze pouze v režimu "Tunely")
- zesílit průřez nosníku
- změnit parametry kontaktu

Typ změny nosníku se zadává v dialogovém okně **"Editace nosníku"**.

Při **degradaci nosníku** se zadává procento degradace, sto procent odpovídá úplnému odstranění nosníku.

Při **zesilování nosníku** lze u obdélníkového betonového průřezu zvětšovat jeho šířku (odpovídá nastříkání betonu). U ostatních typů průřezů je nutné dozadat nové průřezové charakteristiky, které musí být větší než předchozí.

Úprava vlastností nosníku

— Topologie

Umístění : volná linie

Volná linie : Volná linie č. 1

— Parametry

☒ Uvažovat vlastní tíhu

— Průřez a materiál

Parametry nosníku ve fázi zadání 2
obdélníková stěna 1,00 (b) x 0,50 (h) m
beton B 20

Parametry nosníku v předchozí fázi 2
h = 0,50 m
E = 27000,00 MPa
G = 11340,00 MPa

Název : Nosník čís. 1

Uložení

Začátek : Velikost : podle průřezu 0,50 [m]

Konec :

Typ změny : zesílení

Výška průřezu : h = ... [m]

Modul pružnosti : E = ... [MPa]

Modul pružnosti ve smyku : G = ... [MPa]

$I_y = \text{m}^4/\text{m}$; $A = \text{m}^2/\text{m}$; $E = \text{MPa}$; $G = \text{MPa}$

— Kontakty

☐ Změna parametrů

☒ Uvažovat kontakt vlevo ☒ Uvažovat kontakt vpravo

Typ kontaktu : Kontakt pažení zemina

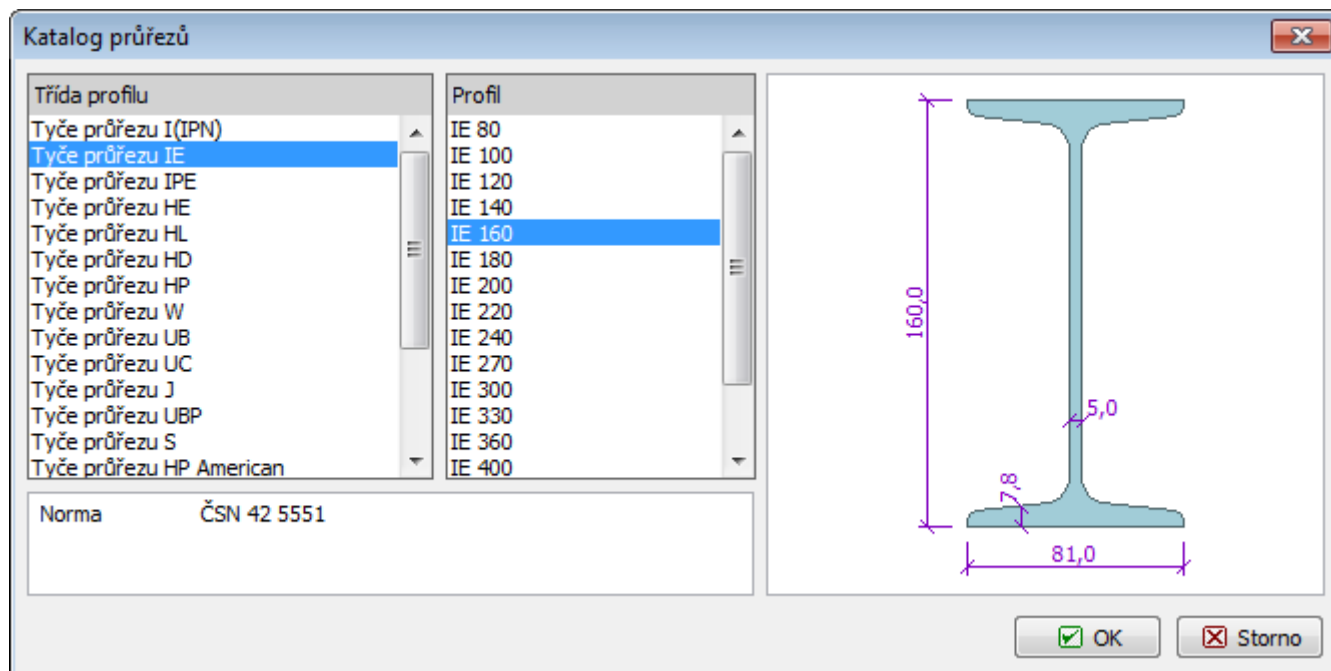
Typ kontaktu : Kontakt pažení zemina

OK Storno

Dialogové okno "Úprava vlastností nosníku" - zesílení nosníku

Katalog průřezů

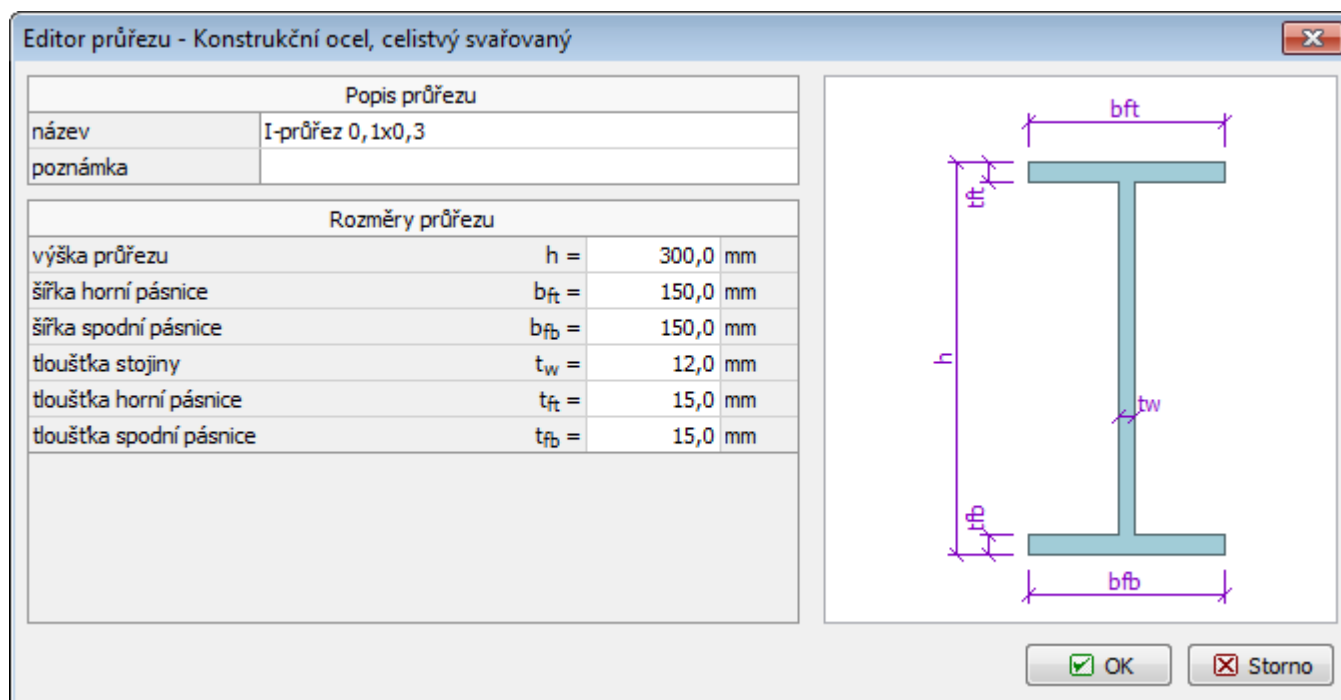
Program umožňuje v případě ocelového průřezu výběr z katalogu průřezů. V dialogovém okně se zadává pouze typ průřezu. Typ materiálu průřezu se stejně jako u ostatních průřezů (obdélníková stěna, pilotová stěna, štetovnice...) zadává v "Katalogu materiálů", nebo číselně v "Editoru materiálů". Typ průřezu (nosníku) se volí v dialogovém okně "Nové nosníky".



Dialogové okno "Katalog průřezů"

Editor průřezů

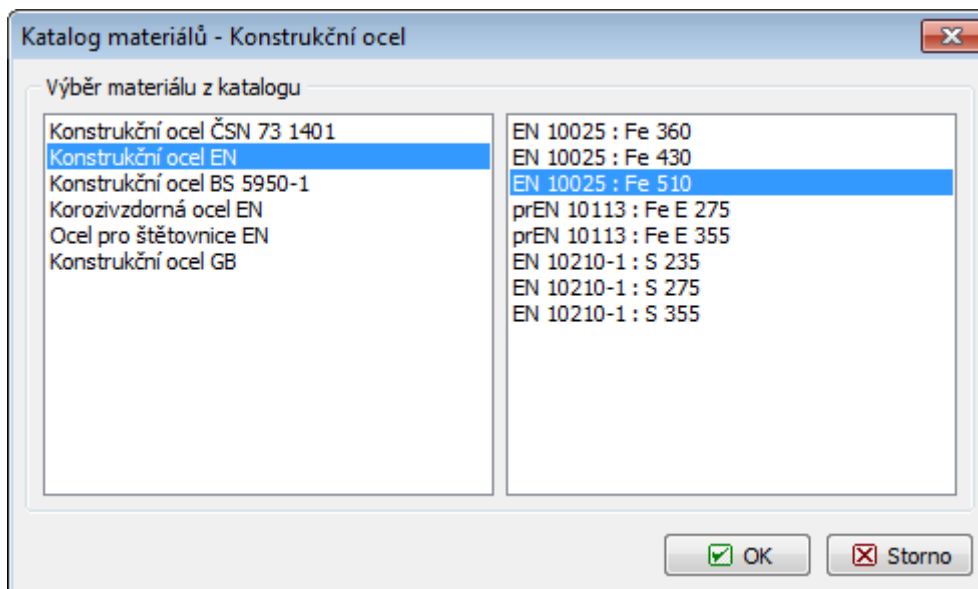
Program umožňuje v případě ocelového průřezu uživatelské zadání tvaru průřezu. V dialogovém okně se zadává pouze tvar průřezu. Typ materiálu průřezu se stejně jako u ostatních průřezů (obdélníková stěna, pilotová stěna, štětovnice...) zadává v **katalogu materiálů**, nebo číselně v **editoru materiálů**. Typ průřezu (nosníku) se volí v dialogovém okně "**Nové nosníky**".



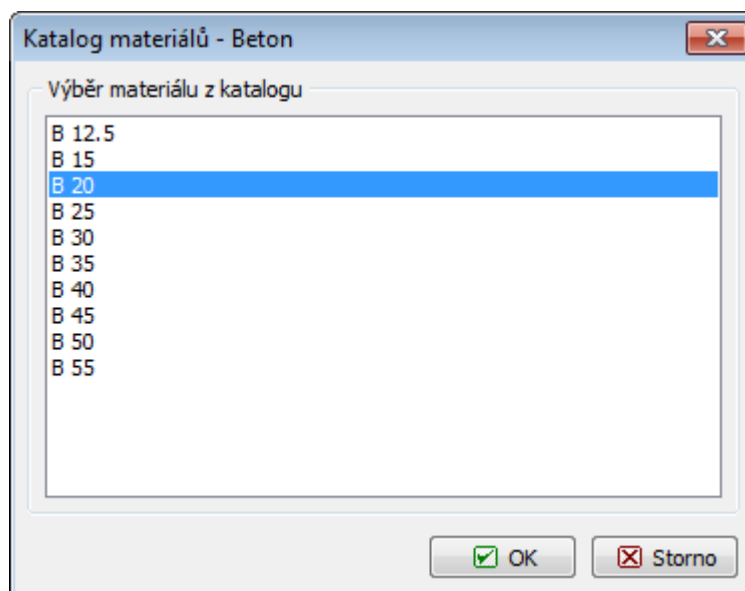
Dialogové okno "Editor průřezu - celistvý svařovaný"

Katalog materiálů

Program obsahuje katalog materiálů pro ocel a beton. V dialogovém okně se zadává pouze typ materiálu. Tvar průřezu se zadává v "**Katalogu průřezů**", nebo "**Editoru průřezu**". U ostatních průřezů (obdélníková stěna, pilotová stěna, štětovnice...) se typ průřezu zadává v dialogovém okně "**Nové nosníky**".



Dialogové okno "Katalog materiálů - Konstrukční ocel"



Dialogové okno "Katalog materiálů - Beton"

Editor materiálů

Program umožňuje kromě výběru z "Katalogu materiálů" zadat pro ocel a beton materiálové charakteristiky ručně. V dialogovém okně se zadává pouze typ materiálu (charakteristiky materiálu). Tvar průřezu se zadává v "Katalogu průřezů", nebo "Editoru průřezu". U ostatních průřezů (obdélníková stěna, pilotová stěna, štetovnice...) se typ průřezu zadává v dialogovém okně "Nové nosníky".

Editor materiálu - Konstrukční ocel

Popis materiálu

Název:

Charakteristiky materiálu

Základní materiálové charakteristiky		
Modul pružnosti	$E =$	MPa
Modul pružnosti ve smyku	$G =$	MPa
Součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha_t =$	1/K
Měrná tíha	$\gamma =$	kN/m ³

Speciální materiálové charakteristiky		
Mez kluzu	$f_y =$	MPa
Mez pevnosti v tahu	$f_u =$	MPa

☒ OK ☐ Storno

Dialogové okno "Editor materiálu - Konstrukční ocel"

Editor materiálu - Beton

Popis materiálu

Název:

Charakteristiky materiálu

Základní materiálové charakteristiky		
Modul pružnosti	$E_b =$	27000,00 MPa
Modul pružnosti ve smyku	$G =$	11340,00 MPa
Součinitel teplotní roztažnosti	$\alpha_t =$	0,000010 1/K
Měrná tíha	$\gamma =$	25,00 kN/m ³

Speciální materiálové charakteristiky		
Pevnost v tlaku	$R_{bd} =$	11,50 MPa
Pevnost v tahu	$R_{btd} =$	0,90 MPa

☒ OK ☐ Storno

Dialogové okno "Editor materiálu - Beton"

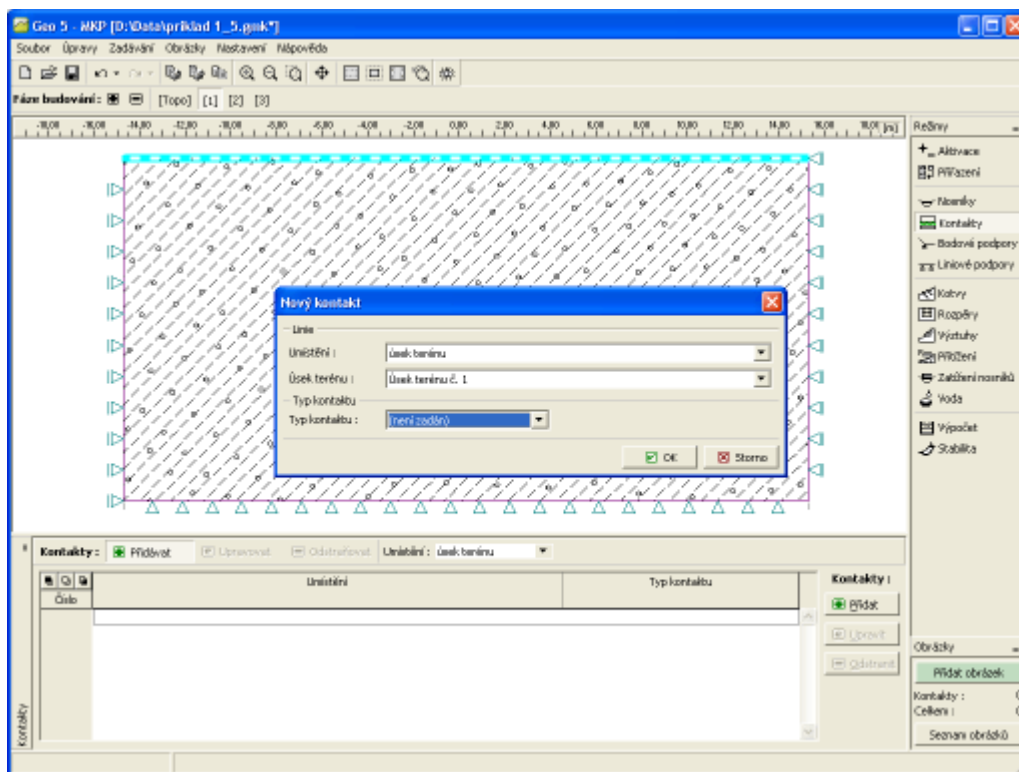
Kontakty

Rám "Kontakty" obsahuje tabulku se seznamem zadaných kontaktů. Přidání kontaktů se provádí v dialogovém okně "Nové kontakty".

Kontaktní prvky se používají při výpočtech, kde je nutno zohlednit vzájemné působení konstrukce a okolního prostředí - jsou též vhodným prostředkem pro modelování diskontinuit či rozhraní dvou zcela odlišných materiálů. Kontaktní prvky lze zadávat na volné linie nebo na linie sítě (rozhraní vrstev). Kontakt se definuje **typem kontaktu**.

Při zadávání je nutné definovat umístění kontaktu (volná linie, linie sítě, úsek terénu).

Zadané kontakty lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.



Rám "Kontakty"

Kontakty a nosníky (proudění)

Rám "Kontakty" ("Nosníky") v režimu "Proudění" obsahuje tabulku se seznamem zadanych kontaktů (nosníků). Přidání kontaktů (nosníků) se provádí v dialogovém okně "Nové kontakty" ("Nové nosníky").

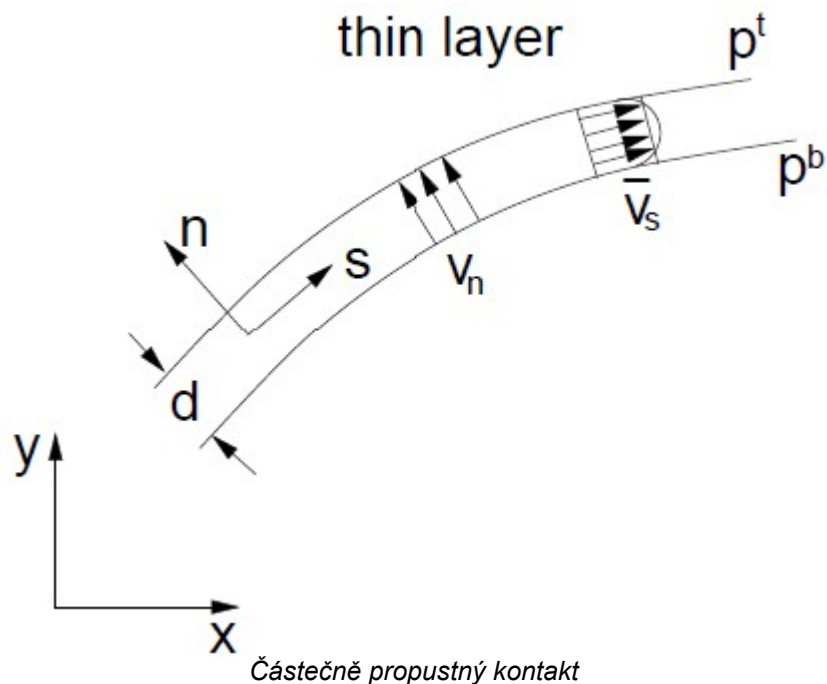
Při zadávání je nutné definovat umístění kontaktu nebo nosníku (volná linie, linie sítě, úsek terénu).

Zadané kontakty lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Nosník resp. kontaktní prvek lze zadat jako:

- **propustný**
- **nepropustný**
- **částečně propustný**

Kontaktní prvky umožňují simulovat určitou bariéru pro proudění vody v daném prostředí. Uvažujme například pažení modelované při řešení problému napjatosti nosníkovým prvkem. Pažení kotvené do vnitřní oblasti může být uvnitř oblasti chápáno buď jako zcela propustné, zcela nepropustné, anebo částečně propustné. Přestože první dva případy lze také modelovat zavedením kontaktního prvku podél příslušné linie, jsou tyto příklady řešeny programem automaticky bez užití těchto prvků. Třetí případ pak představuje řešení problému v úzké zóně s danou tloušťkou d , viz obrázek:



Příslušné hodnoty toků ve směru tečny (směr s) q_s ve směru normály (směr n) q_n jsou dány výrazy:

$$q_s = -k_s \frac{1}{2} \frac{\partial (h^t + h^b)}{\partial_s}$$

$$q_n = -k_n \frac{h^t + h^b}{d}$$

Z těchto rovnic je patrné, že užití kontaktních prvků vyžaduje zadat následující parametry:

- k_s - permeabilita ve směru tečny (permeabilita podélně), [m/den]
- k_n - permeabilita ve směru normály (permeabilita příčně), [m/den]

Bodové podpory

Rám "Bodové podpory" obsahuje **tabulku** se seznamem bodových podpor. Přidání bodových podpor se provádí v **dialogovém okně "Nové bodové podpory"**.

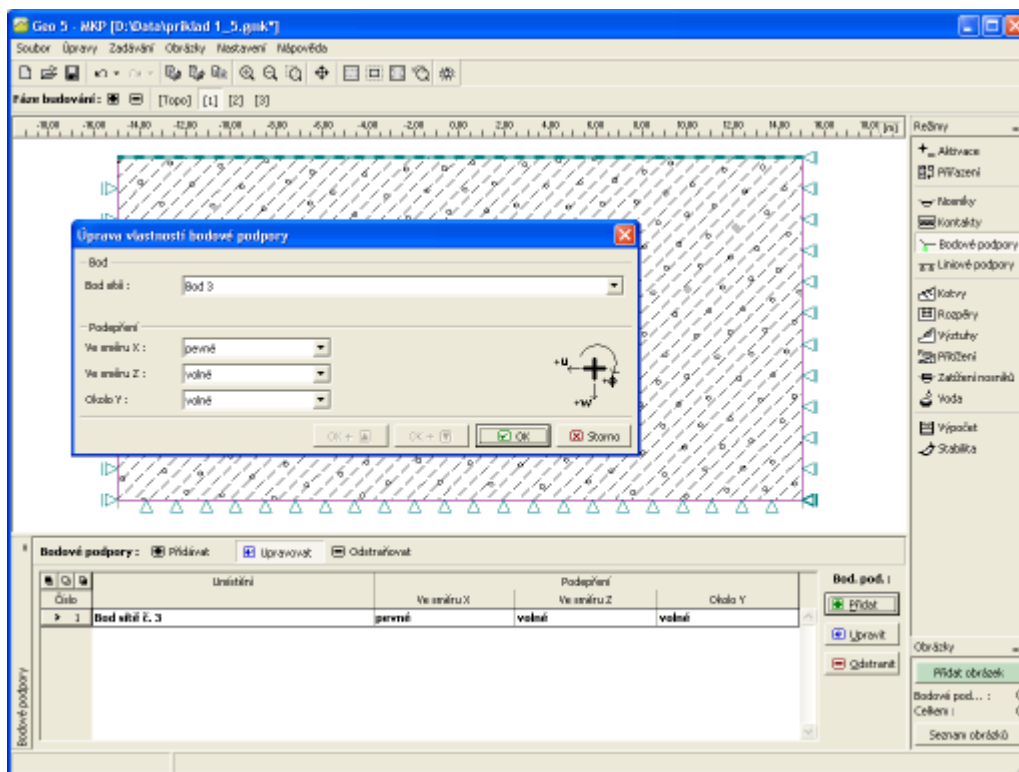
Zadané bodové podpory lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**. Program používá následný **souřadný systém**.

Program obsahuje automatický generátor **standardních okrajových podmínek**, takže ve většině úloh **není nutné okrajové podmínky zadávat**.

Okrajová podmínka v bodě může být:

- volná
- pevná
- pružná
- vynucená deformace

Okrajové podmínky se zadávají v **globálním souřadném systému**.



Rám "Bodové podpory"

Bodové proudění

Rám "Bodové proudění" obsahuje **tabulku** se seznamem bodových proudění. Přidání bodových proudění se provádí v **dialogovém okně "Nová bodová proudění"**.

Zadané bodové proudění lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

Okrajové podmínky mohou být:

a) Pórový tlak v bodě

- číselně - zadává se hodnota pórového tlaku [kPa , ksf]
- výškou hladiny podzemní vody (hydraulickou výškou) - zadává se souřadnice **HPV**

b) Bodový vtok/výtok

- předepisuje se rychlost čerpání/sycení v jednotkách [$m^3/den/m$, $ft^3/den/ft$]

Liniové podpory

Rám "Liniové podpory" obsahuje **tabulku** se seznamem liniových podpor. Přidání liniových podpor se provádí v **dialogovém okně "Nové liniové podpory"**.

Při zadávání je nutné definovat umístění liniové podpory (volná linie, linie sítě, úsek terénu).

Zadané liniové podpory lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**. Program používá následný **souřadný systém**.

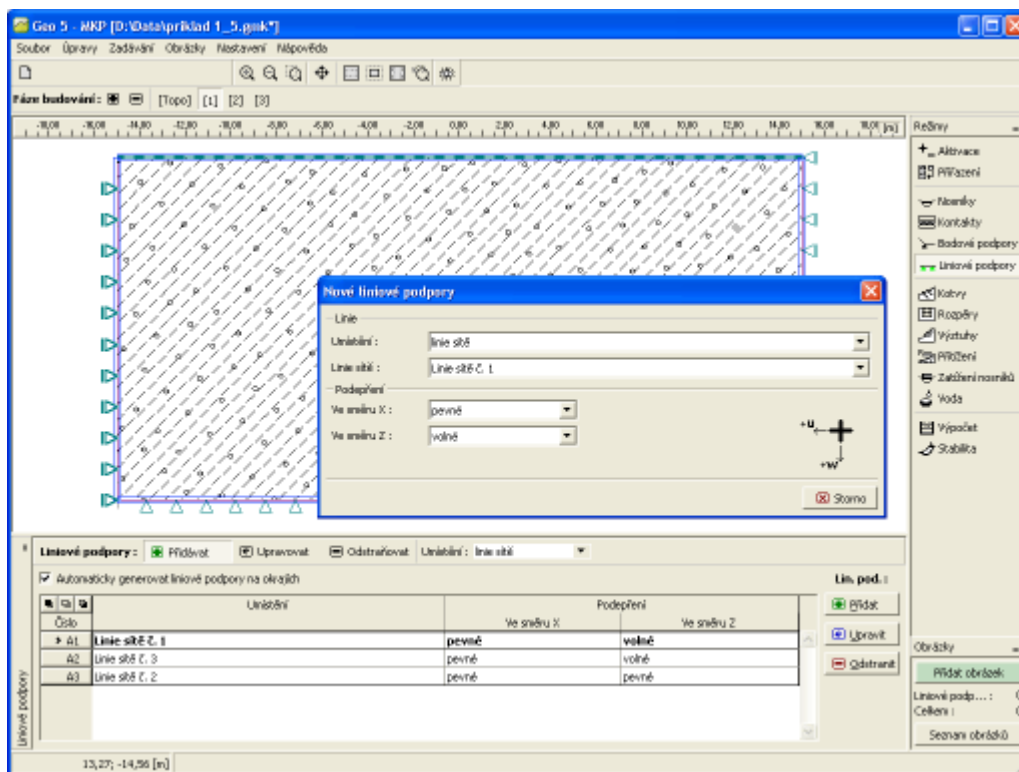
Program obsahuje automatický generátor **standardních okrajových podmínek**, takže ve většině úloh **není nutné okrajové podmínky zadávat**.

Při zadávání okrajových podmínek na linii je nejprve nutné zvolit typ linie (**volná linie**, **rozhraní**, **linie sítě**).

Okrajová podmínka na linii může být:

- volná
- pevná
- vynucená deformace

Okrajové podmínky se zadávají v **globálním souřadném systému**.



Rám "Liniové podpory"

Liniové proudění

Rám "Liniové proudění" obsahuje tabulku se seznamem liniových proudění. Editace liniových proudění se provádí v dialogovém okně "Úprava vlastností liniového proudění".

Zadaná liniová proudění lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů.

Okrajové podmínky pro proudění je nutné definovat na všech liniích ohraničujících zadaný masív.

Okrajové podmínky mohou být:

a) Nepropustná

b) Propustná pórový tlak na linii je roven nule

c) Pórový tlak

- lze zadat rozložení pórového tlaku p číselně
- lze definovat rozložení pórového tlaku zadáním výšky hladiny podzemní vody (předepsat hydraulickou výšku h)

d) Vtok/výtok na linii q - zadává se v jednotkách rychlosti např. v $[m/den, ft/den]$ - předepisuje se rychlost proudění kapaliny do/z oblasti. Defaultní nastavení odpovídá nepropustné hranici, což odpovídá podmínce $q = 0$.

e) Průsaková hranice (seepage surface) - tato okrajová podmínka se zavádí v případě, kdy nelze hranici jednoznačně rozdělit hranici na část s předepsaným pórovým tlakem a na část s předepsaným vtokem/výtokem. Výpočet v takovém případě probíhá ve dvou krocích. V prvním kroku se nejdříve stanoví příslušné rozhraní, v druhém kroku pak proběhne vlastní analýza problému při známých okrajových podmínkách. V některých případech je nutné oba kroky několikrát zopakovat. V případě rozšířeného zadávání se definuje fiktivní permeabilita k_v v jednotkách $[m/den]$. Jedná se penalizační parametr, tedy obecně dostatečně velké číslo, které zajistí, že podél propustné části hranice bude hodnota hydraulické výšky h rovna y -nové pořadnici příslušného bodu. Pro část hranice, která odpovídá nulové hodnotě vtoku/výtoku ($q = 0$), je hodnota $k_v = 0$. Veličiny q a h jsou pak vázány vztahem:

$$\bar{q}_n = k_v (h - y) \quad \text{pokud } h > 0 (S = 1) \text{ uvnitř oblasti}$$

$$\bar{q}_n = 0 \quad \text{pokud } h < 0 (S < 1) \text{ uvnitř oblasti}$$

Poznámka: Pokud v případě neustáleného proudění přímo zadáme v první fázi výpočtu polohu hladiny podzemní vody jako počáteční podmínku, tak pod touto hranicí v oblasti s nasycenou zeminou bychom měli v následné fázi definovat hranici s předepsaným pórovým tlakem s odpovídající hodnotou a nikoliv průsakovou hranici. V případě průsakové hranice by totiž program v této oblasti automaticky předpokládal hranici s nulovým pórovým tlakem a nikoliv s tlakem daným výškou HPV na této hranici. Výpočet v takovém případě nebude konvergovat, neboť místo toho, aby voda na průsakové hranici pod HPV měla tendenci vytékat při $p = 0$, bude mít tendenci se do masivu vsakovat, což je nereálné.

Kotvy

Rám "Kotvy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných kotev. **Přidání** kotev se provádí v **dialogovém okně "Nová kotva"**.

Zadané kotvy lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**. Program používá následný **souřadný systém**.

Při zadání lze hlavu kotvy **automaticky chytat** na terén, libovolné rozhraní nebo na otvor (ostění tunelu). Hlava kotvy se v tomto případě automaticky umístí do průsečíku přímky, která je určena zadanými body kotvy a zvolenou linií. Kotvu lze také zadat absolutními souřadnicemi.

Kotvy jsou modelovány pomocí **elastického tyčového prvku** s konstantní normálovou tuhostí. Porušení kotevního prvku je dáno zadáním maximální síly. Kotva je uchycena do zeminy ve dvou bodech - na počátku a na konci. Po délce kotvy není působení mezi zeminou a výztužným prvkem uvažováno.

Kotevní prvky jsou definovány **počátkem a koncem prvku a jeho tuhostí**. Zachycení koncových bodů do sítě konečných prvků provádí program automaticky, takže kotva může být zadána **kamkoliv do konstrukce**.

Pro snadné zadání lze kotvu **"chytat"** na terén, jednotlivá rozhraní, nosníky, nebo lze zadat souřadnice počátku kotvy numericky.

Tuhost kotvy je definována modulem pružnosti a plochou kotvy. Program umožňuje zadat také průměr kotvy - plocha se pak dopočítává automaticky. Při **výpočtu stability svahu** se s tuhostí kotvy nepočítá.

Dalším důležitým vstupním údajem u kotvy jsou **předpínací síla** a **síla na mezi přetržení kotvy**. U nepředpjatých kotev se zadá předpínací síla rovna nule. Nechceme-li uvažovat možnost přetržení výztužného prvku, zadáme dostatečně velkou velikost síly na mezi přetržení.

Kotva standardně **nepůsobí v tlaku** - při tlakovém namáhání je z výpočtu dočasně vyřazena. Pokud během výpočtu přejde do tahu (vlivem změny zatížení, geometrie, apod.) je opět aktivována. Program umožňuje kotvu v tlaku uvažovat, ale pro **prvky namáhané tlakem** doporučujeme zadávat prvek jako **rozpěru**.

Kotva se ve výpočtu deformuje. V důsledku deformace kotvy a okolního masivu pak může dojít k **poklesu zadané předpínací síly** v kotvě. Chceme-li tedy dosáhnout konkrétní předpínací síly je nutné buď kotvu v další fázi na tuto sílu dopnout, nebo zadat dostatečně větší předpínací sílu (výsledná síla v kotvě po provedení výpočtu se zobrazuje u hlavy kotvy pod zadanou předpínací silou).

V dalších **fázích budování** nelze parametry kotvy měnit, lze ji pouze **dopnout** na novou předpínací sílu, popřípadě úplně **odstranit** z konstrukce.

Při výpočtu s předpjatými kótami může dojít k zplastizování zeminy v okolí hlavy, resp. kořene kotvy - v tomto případě je nutné provést **úpravy modelu** v okolí kotvy.

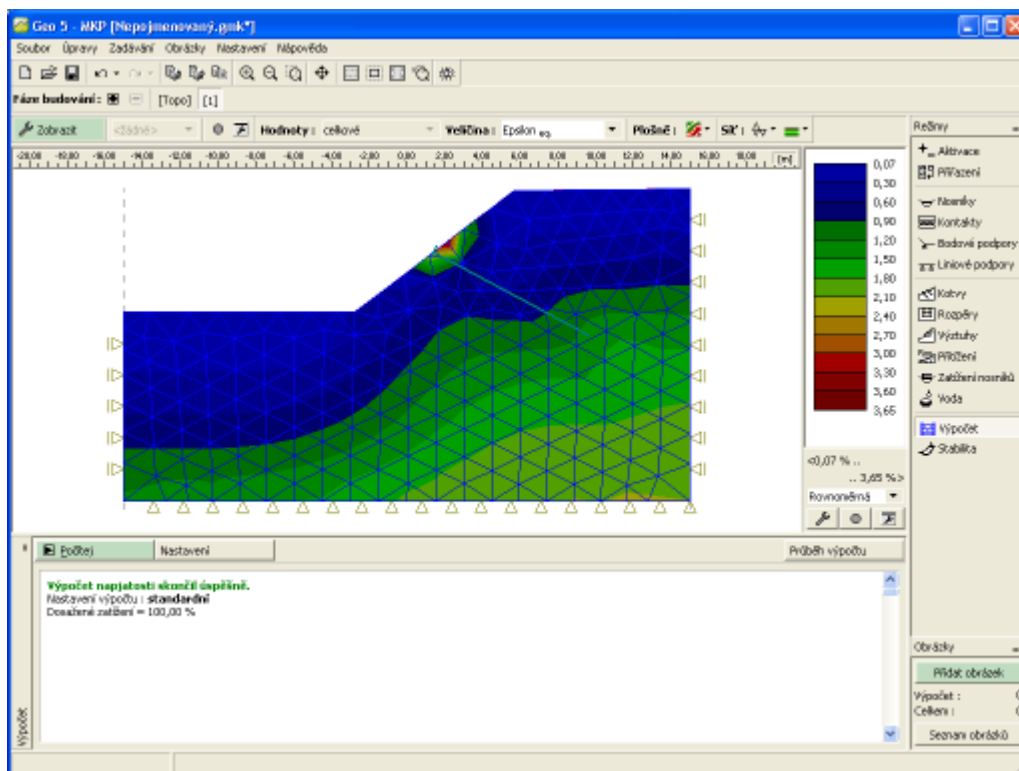
Zadání kotvy

Úpravy okolí kotvy

Při výpočtu s předpjatými kotvami může dojít k **zplastizování zeminy** v okolí hlavy resp. kořene kotvy - výpočet pak často nekonverguje k řešení.

V tomto případě doporučujeme provést některé úpravy v zadání:

- pod hlavu kotvy umístit **nosníkový prvek** (dojde k lepšímu roznosu zatížení do zeminy)
- kořen kotvy umístit do **dostatečně pevné zeminy** resp. danou vrstvu zeminy modelovat jako elastickou resp. modifikovanou elastickou

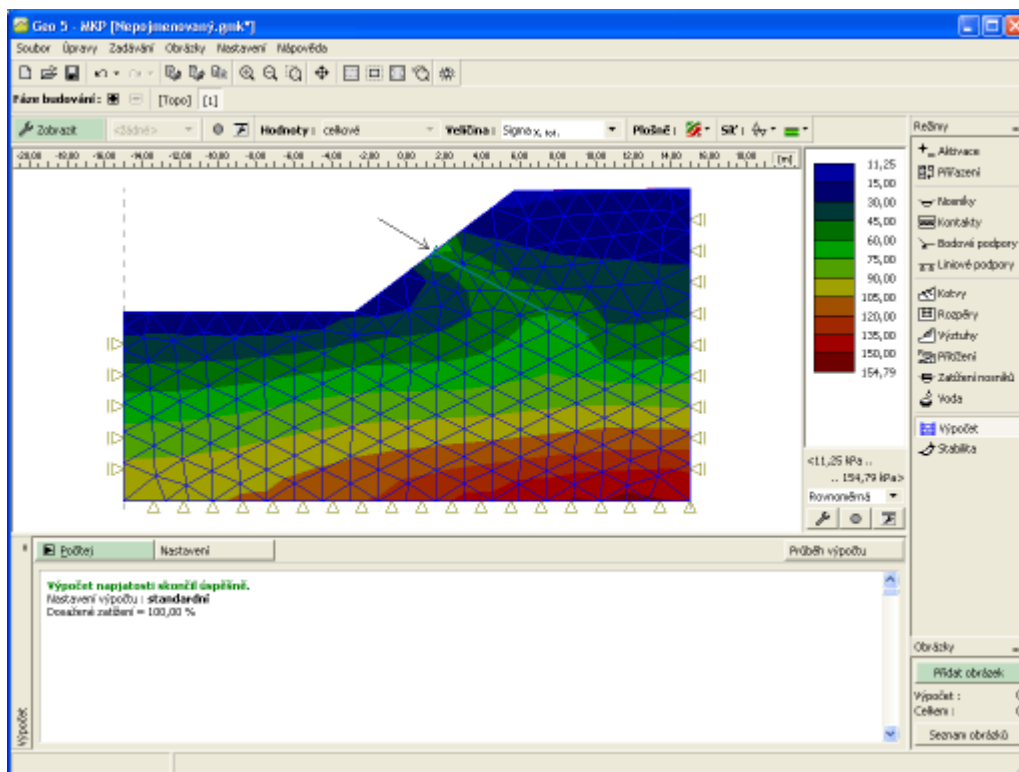


Plastické oblasti u hlavy a kořene kotvy

Kotvy ve výpočtu stability

U výpočtu **stability svahu** vstupují předepnuté kotvy do vlastního výpočtu jako **přítížení silou**, která působí v hlavě kotvy - tuhost kotvy tedy nemá na stabilitu vliv.

V hlavě kotvy však může dojít k zplastizování zeminy. Po výpočtu je tedy nutné prověřit umístění a reálnost plastických deformací, které představují smykovou plochu. V případě zplastizování zeminy pod hlavou kotvy je nutné provést **úpravy modelu**.



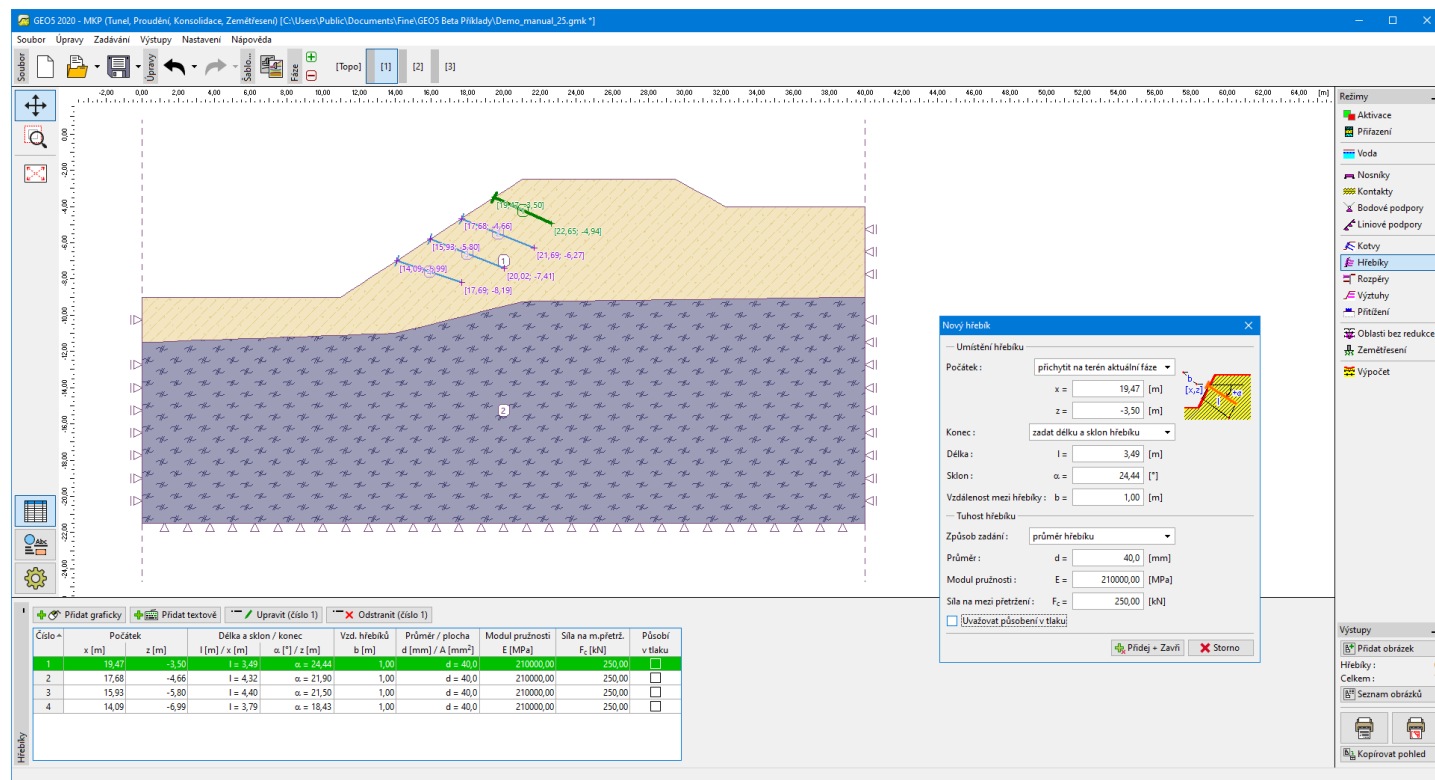
Modelování kotvy při výpočtu stability svahu

Hřebíky

Rám "Hřebíky" obsahuje tabulku se seznamem zadaných hřebíků. Přidání hřebíků se provádí v dialogovém okně "Nový hřebík". Při zadávání je možné využít funkce mřížky (gridu).

Zadané hřebíky lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů. Program používá následný souřadný systém.

Při zadání lze hlavu hřebíku automaticky chytat na terén, libovolné rozhraní nebo na otvor (ostění tunelu). Hřebík lze také zadat absolutními souřadnicemi.



Rám "Hřebíky"

Rozpěry

Rám "Rozpěry" obsahuje tabulku se seznamem zadaných rozpěr. Přidání rozpěr se provádí v dialogovém okně "Nová rozpěry". Při zadávání je možné využít funkce mřížky (gridu).

Zadaná rozpěry lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů. Program používá následný souřadný systém.

Při zadání lze konce rozpěr **automaticky chytat** na terén, libovolné rozhraní nebo na otvor (ostění tunelu). Konce rozpěr se v tomto případě automaticky umístí do průsečíku přímk, která je určena zadanými body rozpěr a zvolenou linií.

Rozpěru lze také zadat absolutními souřadnicemi.

Rozpěry jsou modelovány pomocí **elastického tyčového prvku** s konstantní normálovou tuhostí. U rozpěr se předpokládá namáhání tlakem - **v tahu rozpěra nepůsobí**. Dojde-li k tahovému namáhání, je rozpěra z výpočtu vyřazena.

Rozpěra je uchycena do zeminy ve dvou bodech na počátku a na konci. Je-li rozpěra v zemině, pak po její délce není působení mezi zeminou a výztužným prvkem uvažováno.

Rozpěry jsou definovány počátkem a koncem prvku a jeho tuhostí. **Zachycení koncových bodů** do sítě konečných prvků **provádí program automaticky**, takže rozpěra může být zadána kamkoliv do konstrukce.

Pro snadné zadání lze rozpěru "**chyťat**" na terén, jednotlivá rozhraní, nosníky, nebo lze zadat souřadnice počátku rozpěry numericky.

Tuhost rozpěry je definována modulem pružnosti a plochou rozpěry. Program umožňuje zadat také průměr kruhové rozpěry - plocha se pak dopočítává automaticky.

V dalších **fázích výpočtu** nelze rozpěry editovat - lze je pouze odstranit nebo zadat znovu.

Nová rozpěra

— Umístění rozpěry —

Bod 1 : přichytit na rozhraní č. 4

x = -4,51 [m]

z = 5,38 [m]

Bod 2 : absolutní pozice

x = 4,34 [m]

z = 5,72 [m]

Vzdálenost mezi rozpěrami : b = 1,00 [m]

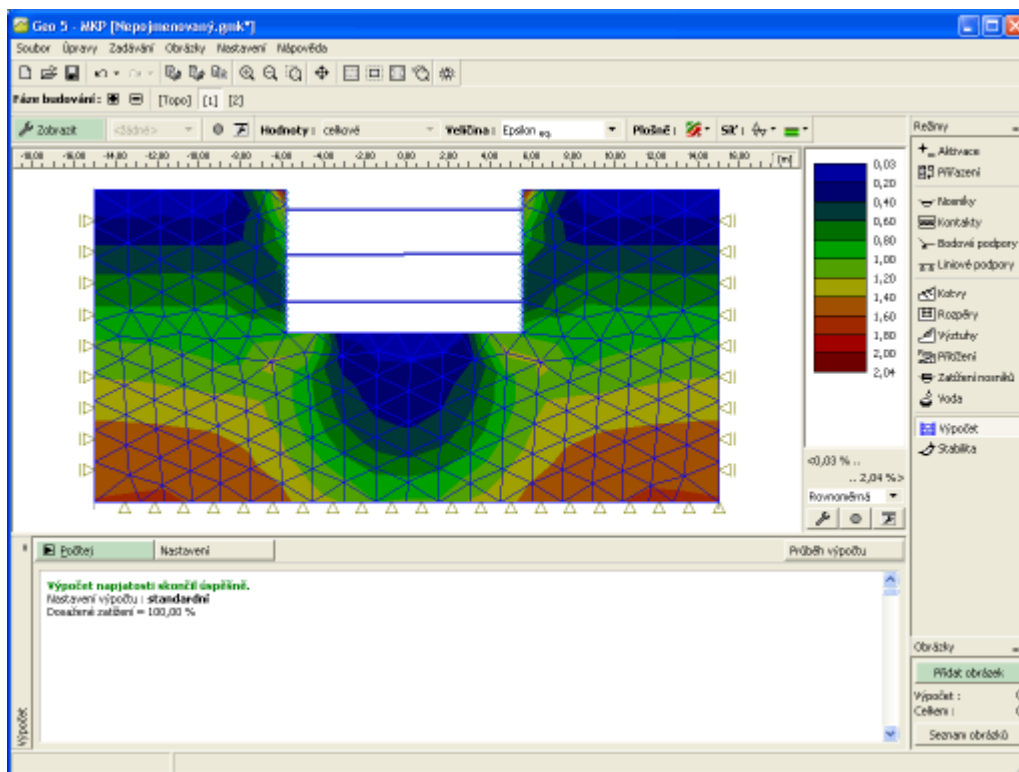
— Tuhost rozpěry —

Plocha : A = 200,0 [mm²]

Modul pružnosti : E = [MPa]

☒ OK ☐ Storno

Zadání rozpěry



Rozpěry - výpočet

Geovýztuhy

Rám "Geovýztuhy" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných geovýztuh. **Přidání** geovýztuh se provádí v **dialogovém okně "Nová geovýztuha"**. Při zadávání je možné využít funkce **mřížky (gridu)**.

Zadané výztuhy lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**. Program používá následný **souřadný systém**.

Při zadání lze konce výztuh **automaticky chytat** na terén, libovolné rozhraní nebo na otvor (ostění tunelu). Konce výztuh se v tomto případě automaticky umístí do průsečíku přímky, která je určena zadanými body výztuhy a zvolenou linií. Rozpěru lze také zadat absolutními souřadnicemi.

Geovýztuhy jsou **tahové výztužné prvky** (geotextilie, geomříže), které jsou definovány počátkem a koncem prvku a jeho tuhostí.

Na rozdíl od kotev resp. rozpěr **jsou svázány** se sítí konečných prvků **po celé jejich délce** - nikoliv pouze na okrajích. Zachycení koncových bodů do sítě konečných prvků provádí program automaticky, takže geovýztuha může být zadána kamkoliv do konstrukce. Podobně jako kotvy nebo rozpěry je modelována tyčovým prvkem s možností **přenosu pouze normálové síly**. Vzhledem k jejím geometrickým charakteristikám vyžaduje zadání, na rozdíl od kotev, specifikovat **tuhost průřezu geovýztuhy vztaženou na 1 metr (stopu) šířky**. Tato informace by měla být poskytnuta výrobcem.

Geovýztuhy nelze v dalších **fázích budování** editovat, lze je pouze odstranit.

Nová výztuha

— Umístění výztuhy —

Bod vlevo : absolutní pozice

x = -4,03 [m]

z = 6,91 [m]

Bod vpravo : absolutní pozice

x = 3,15 [m]

z = 3,78 [m]

Délka : L = 7,83 [m]

— Výpočtová pevnost výztuhy —

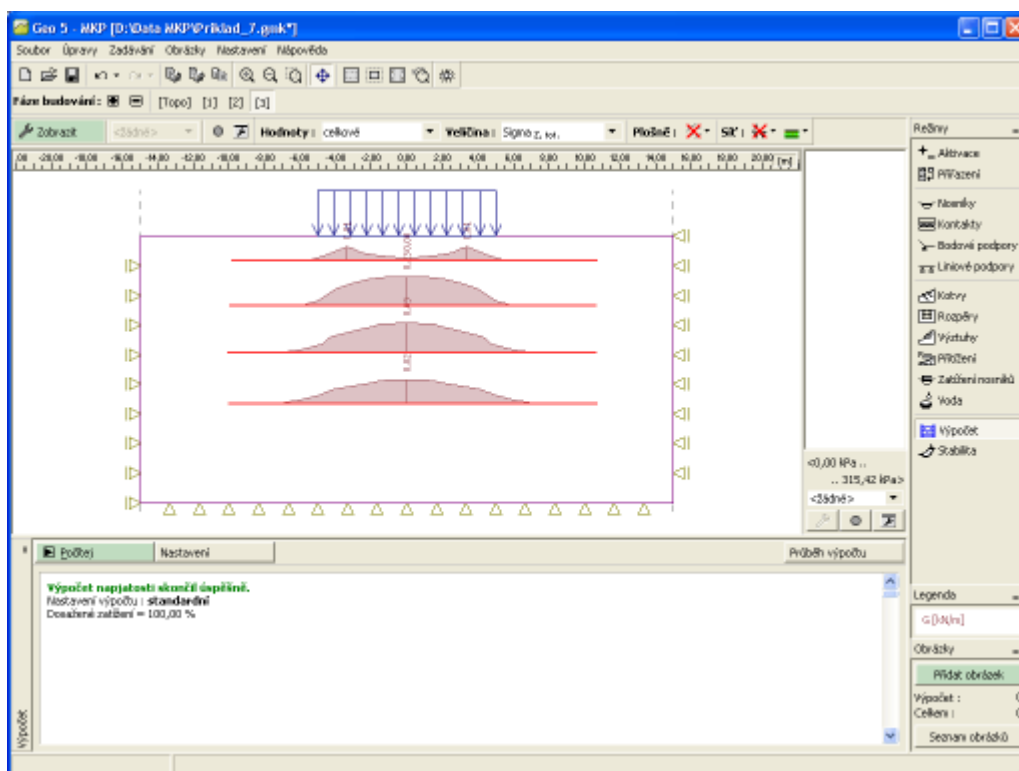
Pevnost výztuhy : $R_t =$ 20,00 [kN/m]

Tuhost : $E_h =$ 20,00 [kN/m]

☐ Uvažovat působení v tlaku

Zadání geovýztuhy

Program umožňuje uvažovat působení geovýztuhy i v tlaku - standardně je ale **tlačená část výztuhy neuvažována**. Tento stav je zachycen na následujícím obrázku, kde jsou zobrazeny tahové normálové síly v aktivní oblasti jednotlivých geovýztuh. Část geovýztuhy, která je namáhaná tlakem, je z výpočtu **dočasně vyloučena**. Podobně jako u kotev však může být opět automaticky aktivována.

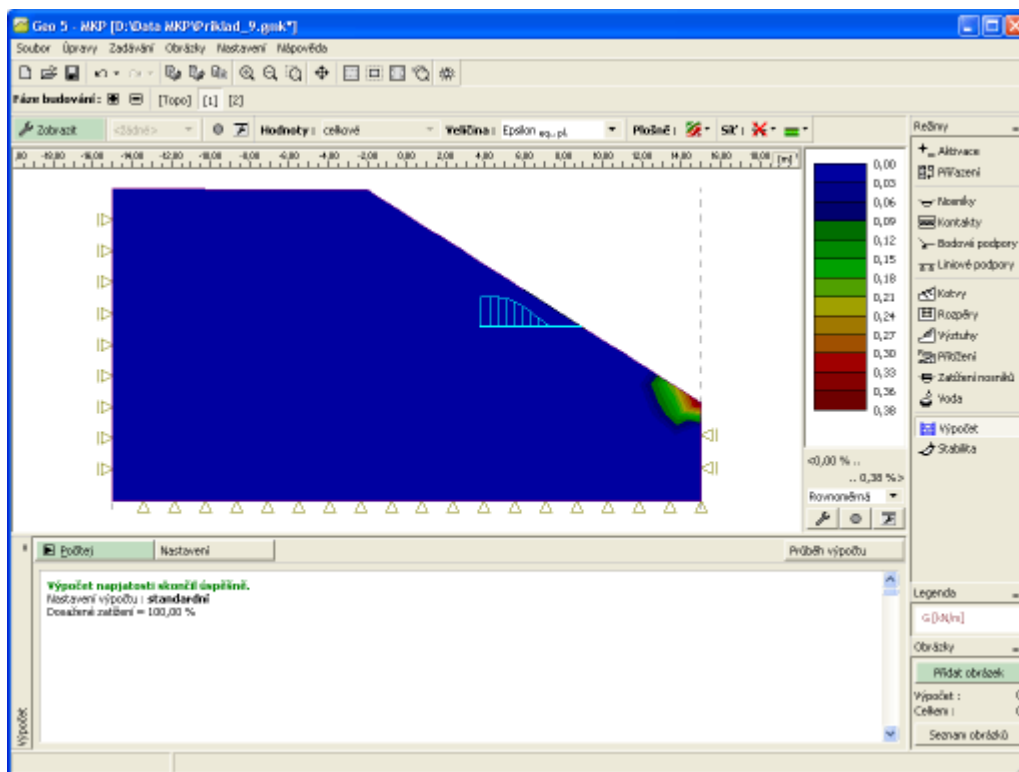


Tahové napětí v geovýztuhách

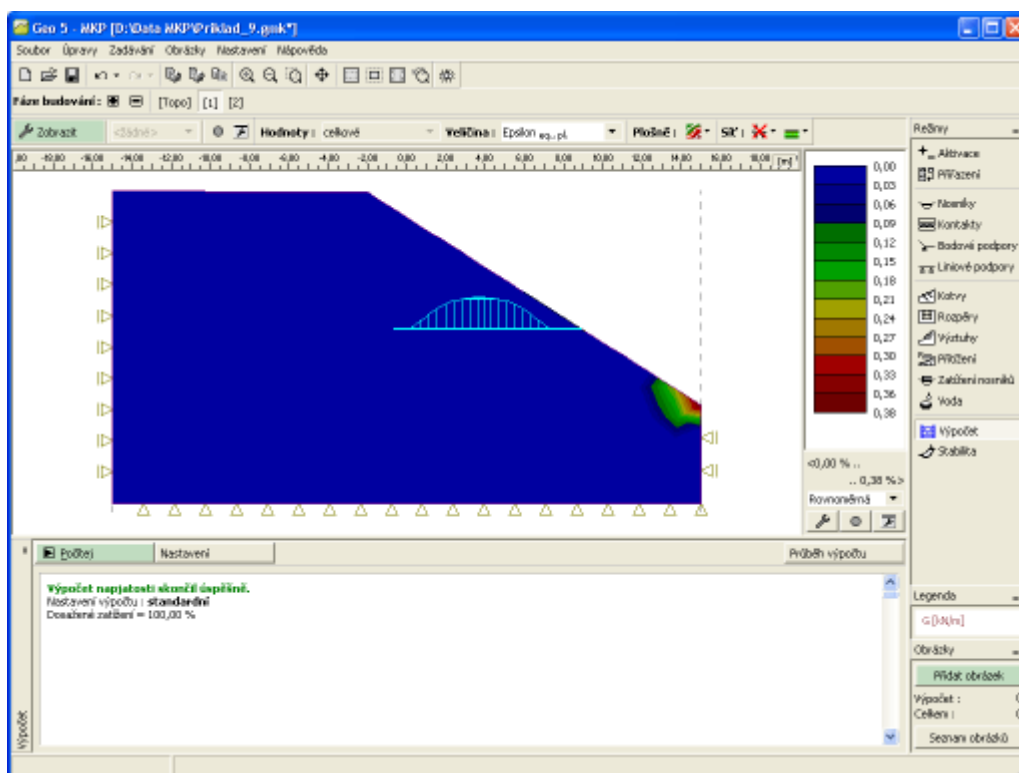
Kotvení geovýztuh

Při zadávání geovýztuh je nutné dát pozor na **dostatečné zakotvení v konstrukci**, neboť program **neumožňuje posouzení geovýztuhy na vytržení**. Prudký nárůst normálové síly (viz obrázek) signalizuje singularitu v kontaktních smykových napětích a pravděpodobné vytržení geovýztuhy. Z tohoto pohledu je výsledek zavádějící a v podstatě nereálný.

V takovém případě by se měla geovýztuha z výpočtu buď zcela vypustit, nebo provést její **dostatečné zakotvení** jak je tomu na spodním obrázku.



Nedostatečně kotvená geovýztuha



Správně kotvená geovýztuha

Osová tuhost geosyntetik

Geosyntetika jsou **tahové výztužné prvky** (geotextilie, geomříže), které jsou definovány počátkem, respektive koncem prvku a osovou (normálovou) tuhostí J_z [kN/m].

U **netkaných geotextilií** se osová tuhost obvykle neuvažuje, protože tyto prvky slouží především jako separační vrstva. **Tkané geotextilie** při nízkých přetvořeních vykazují velmi malou počáteční tuhost - v oblastech nízkých protažení (do 5%) dochází k výraznějšímu nárůstu deformací při konstantním zatížení.

Při návrhu geovýztuh se tato skutečnost musí zohlednit a definuje se jak **dlouhodobá tahová pevnost** v závislosti na dílčích redukčních faktorech (zohledňující poškození prvků vlivem instalace, creepové chování geosyntetik, biologické a chemické vlivy), tak i **počáteční normálová tuhost** výrobku v oblastech nízkých protažení v rozmezí 0,5% až 2%.

Pro určení **minimální osově tuhosti** geovýtuh lze použít následující vzorec, kdy se pro pevnost odpovídající zvolené deformaci připouští maximálně 10%-ní odklon od lineárního průběhu tahové zkoušky:

$$T_{z-x} \geq \frac{0,9 \cdot \varepsilon \cdot T_{max}}{\varepsilon_{max}}$$

kde:

T_z	-	tahová pevnost při $x\%$ -ním protažení [kN/m]
ε	-	$x\%$ -ní přetvoření (relativní protažení) podle ČSN EN ISO 10 319 [%]
T_{max}	-	maximální tahová pevnost podle ČSN EN ISO 10 319 [kN/m]
ε_{max}	-	maximální přetvoření, resp. protažení podle ČSN EN ISO 10 319 [%]

Dodavatelé a výrobci geotextilií zpravidla udávají hodnotu pevnosti v tahu při protažení **2%**, vzorec pak má následující tvar:

$$T_{z-2\%} \geq \frac{1,8 \cdot T_{max}}{\varepsilon_{max}}$$

Minimální (počáteční) **osová tuhost** geovýtuhy z krátkodobé zkoušky (rychlost zatěžování podle ČSN EN ISO 10 319) pro $x\%$ -ní protažení se stanoví takto:

$$J_{\varepsilon=x} \approx E \cdot A = \frac{T_{\varepsilon=x}}{\varepsilon}$$

kde: ε - $x\%$ -ní přetvoření (protahování) podle ČSN EN ISO 10 319 [-]

Maximální (teoreticky dosažitelná) **osová tuhost** geovýtuhy pro krátkodobou tahovou pevnost se určí následujícím způsobem:

$$J_{\varepsilon_{max}} \approx E \cdot A = \frac{T_{max}}{\varepsilon_{max}}$$

kde: ε_{max} - $x\%$ -ní maximální přetvoření (protahování) podle ČSN EN ISO 10 319 [-]

Orientační rozsahy doporučených hodnot osových (normálových) tuhostí geosyntetik J_z [kN/m] udává následující tabulka:

<i>Popis veličiny</i>	Počáteční osová tuhost geovýztuhy pro $\varepsilon = 2\%$	Teoretická (maximální) osová tuhost geovýztuhy
Označení (jednotka)	$J_{z-x} [kN/m]$	$J_{z-max} [kN/m]$
Kategorie geovýztuhy	----	---
Netkané geotextilie	–	–
Tkané geotextilie	250 ÷ 500	1000
Jednoosé geomříže	500 ÷ 1000	1500
Dvouosé geomříže	100 ÷ 500 pro $\varepsilon = 0,5\%$	2500
Trojosé geomříže	250 ÷ 500 pro $\varepsilon = 0,5\%$	5000
Georohože	100 ÷ 500	1000
Drenážní geokompozity	–	–
Kompozity	100 ÷ 500	1500
Geosítě	–	–
Geobuňky	–	–

Literatura:

GEOMAT spol. s r.o. (www.geomat.cz): *Typy geotextilií a jejich funkce ve stavebních konstrukcích*. Autor: Martin Kašpar (kaspar@geomat.cz).

HOLÝ, O., MIČA, L.: *Stanovení osově tuhosti geosyntetik pro numerické modelování - část 1*. VUT Brno (článek ve sborníku ke konferenci "Stavební konstrukce z pohledu geotechniky").

EN ISO 10 319 (80 6125): *Geotextilie - Tahová zkouška na širokém proužku*. Český normalizační institut, 2009.

Přetížení

Rám "Přetížení" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných přetížení. **Přidání** přetížení se provádí v **dialogovém okně "Nové přetížení"**. Zadaná přetížení lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**. Program používá následný **souřadný systém**.

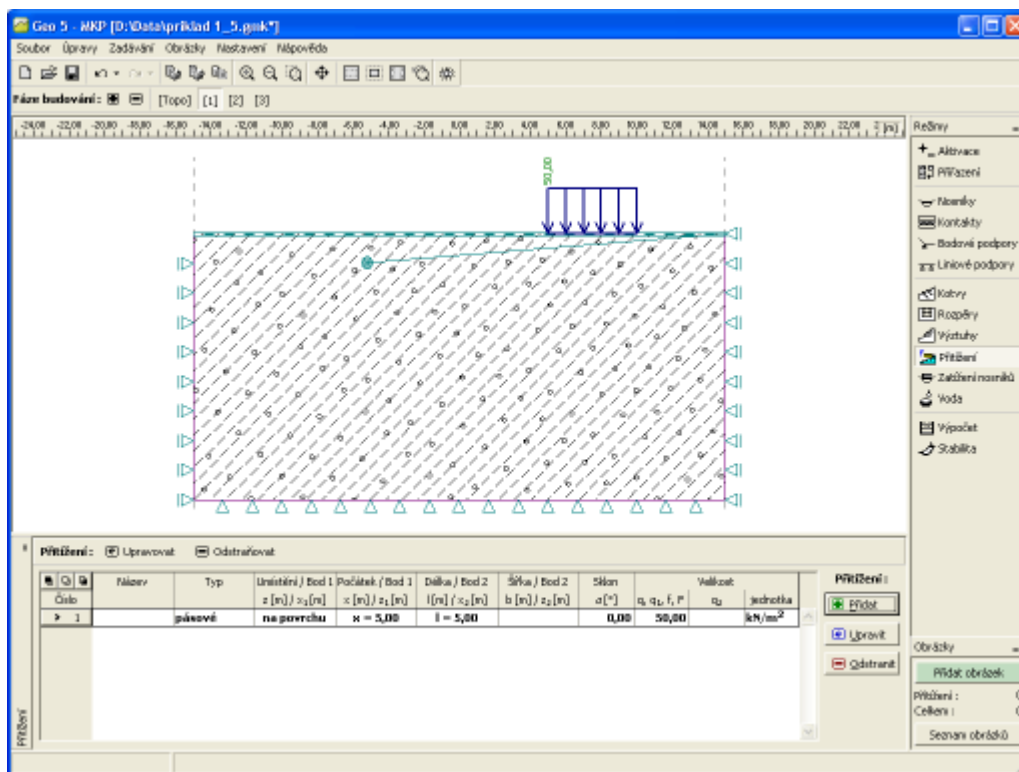
Všechny zadané parametry přetížení lze měnit ve **fázi budování**, kde bylo zadáno. V dalších fázích budování lze měnit pouze velikost přetížení (volbou "**Změna velikosti**").

Přetížení je uvažováno jako **přetížení masívu** - zatížení nosníků se zadává v rámu **zatížení nosníků**. Standardní typy přetížení jsou vodorovné, ale lze zadat i obecně natočené přetížení kamkoliv do masívu (typ přetížení obecné).

Program umožňuje zadat ve fázích libovolné množství přetížení. Přetížení může působit buď **na zadané rozhraní**, nebo **kdekoliv v masívu**.

Zadané přetížení můžeme v dalších **fázích budování** buď odstranit, nebo **změnit jeho velikost**.

Je-li přetížení zadáno přímo na povrchu zeminy, může dojít v rozích přetížení k **zplastizování zeminy** a výpočet neiteruje. V tomto případě je nutné buď zadat pod přetížení **nosníkový prvek**, nebo zadat vrstvu zeminy pod přetížením jako **elastický** resp. modifikovaný elastický model.



Rám "Přítěžení"

Nová přítěžení

Název přítěžení

Název :

Charakteristiky přítěžení

Typ :

pásové

Umístění :

na povrchu

Počátek :

$x =$ 5,00 [m]

Délka :

$l =$ 5,00 [m]

Sklon :

$\alpha =$ 0,00 [°]

Velikost přítěžení

Velikost :

$q =$ 50,00 [kN/m²]

+

Přidej

×

Storno

Dialogové okno "Nová přítěžení"

Pružné oblasti

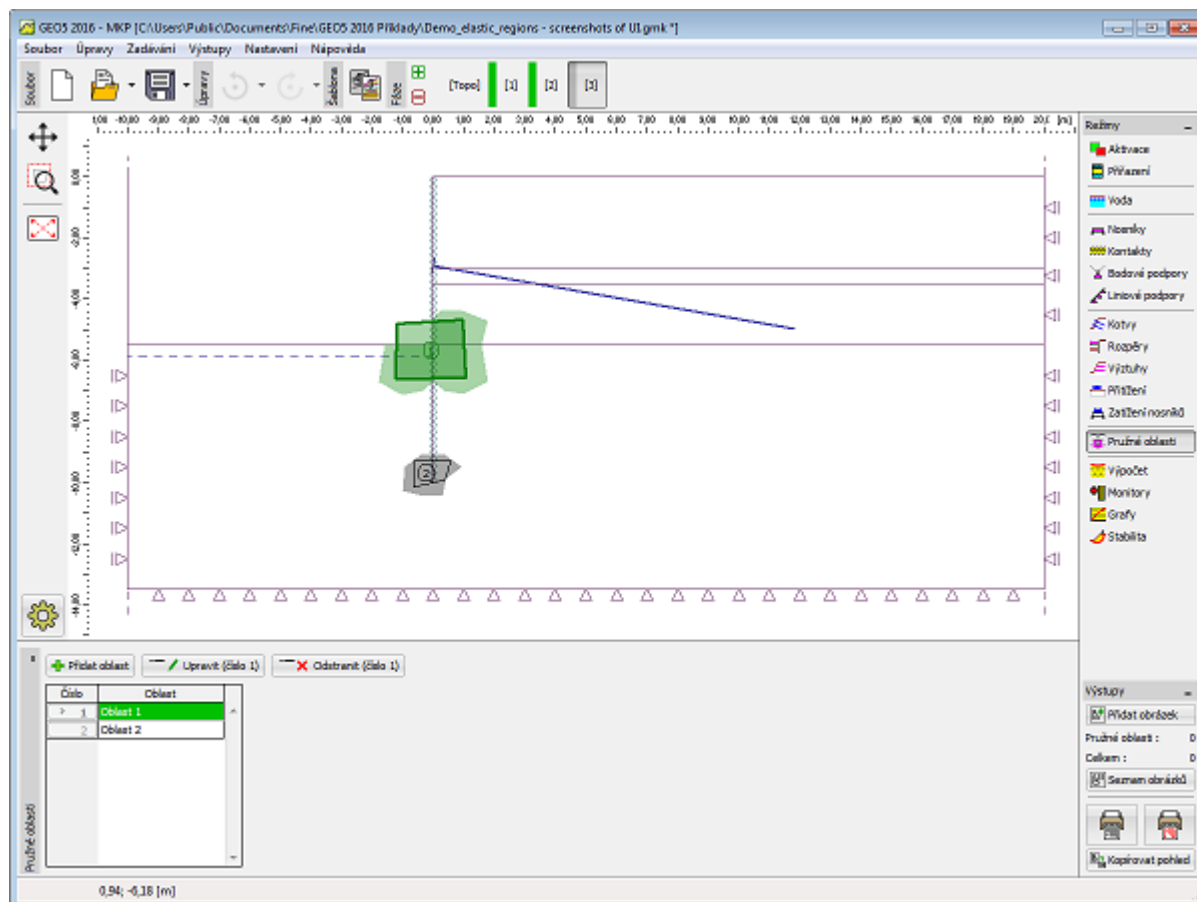
Rám "Pružné oblasti" obsahuje tabulku se seznamem zadanych pružných oblastí.

Zadávání pružných oblastí je zcela shodné se standardním zadáváním rozhraní.

Při zatížení zeminy napětím, jehož hodnota dosáhne meze plasticity, dojde v zemině k vzniku deformací, které v materiálu přetrvávají i po odtížení. Tuto trvalou deformaci nazýváme plastickým přetvořením materiálu a lze ji modelovat pomocí standardních modelů typu Mohr-Coulomb, Drucker-Prager či pokročilých modelů typu Cam clay.

Pokud při modelování metodou konečných prvků chceme vývoj plastických deformací v určitém místě a určité výpočetní fázi potlačit, můžeme použít funkce "Pružné oblasti". Pružné oblasti se zadávají v dané fázi polygonem bodů. Elasticky se chová každý prvek, který alespoň částečně zasahuje do oblasti.

- 812 / 1317 -



Rám "Pružné oblasti"

Pružné oblasti ovlivňují chování modelů:

- Mohr-Coulomb
- Modifikovaný Mohr-Coulomb
- Drucker-Prager

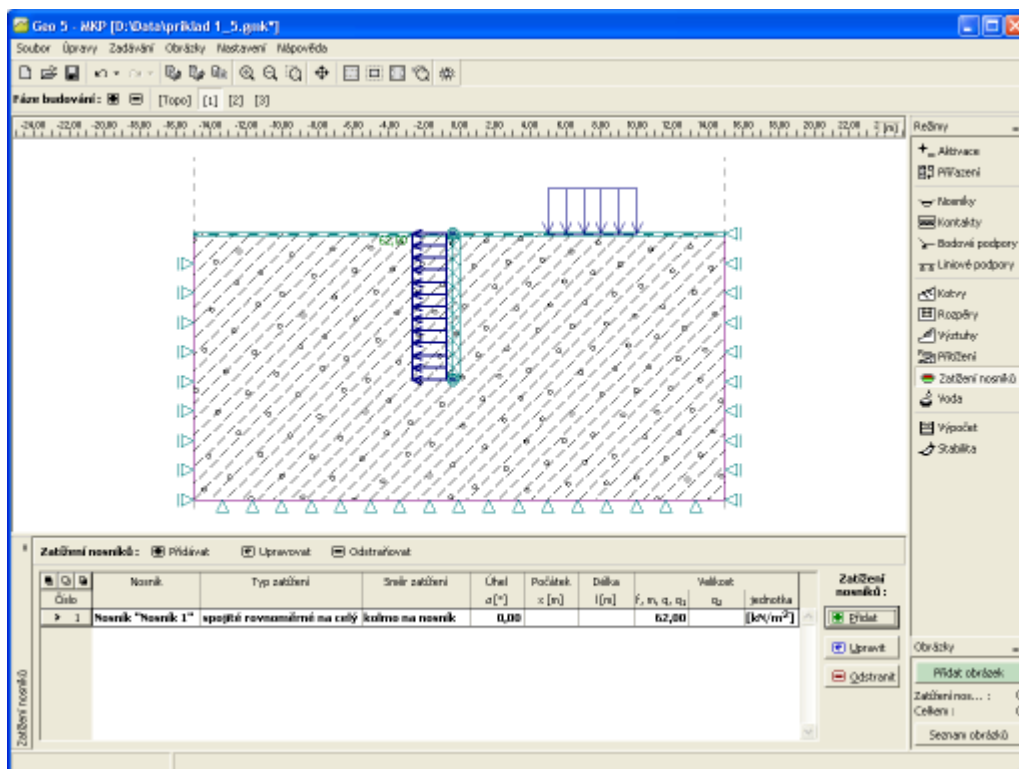
Chování ostatních modelů zadání pružné oblasti neovlivňuje.

Zatížení nosníků

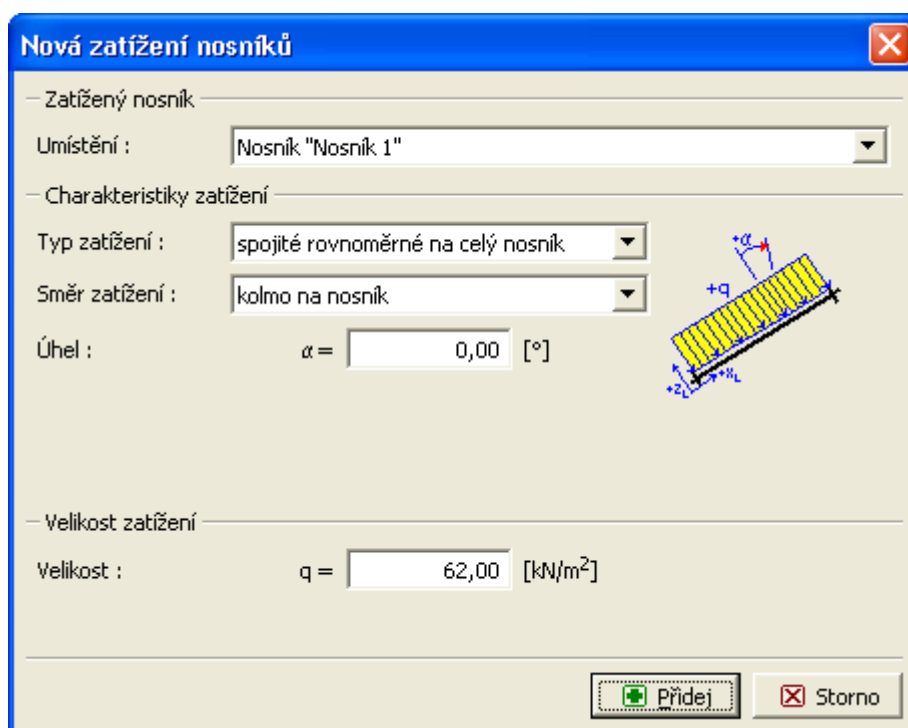
Rám "Zatížení nosníků" obsahuje tabulku se seznamem zadaných zatížení nosníků. Přidání zatížení se provádí v dialogovém okně "Nová zatížení nosníků".

Zadaná zatížení lze také editovat na desktopu pomocí aktivních objektů. Program používá následný souřadný systém.

Všechny zadané parametry zatížení lze měnit ve fázi budování, kde bylo zadáno. V dalších fázích budování lze měnit pouze velikost zatížení (volbou "Změna velikosti").



Rám "Zatížení nosníků"



Dialogové okno "Nová přitížení"

Voda

V programu jsou tři možnosti zadání podzemní vody:

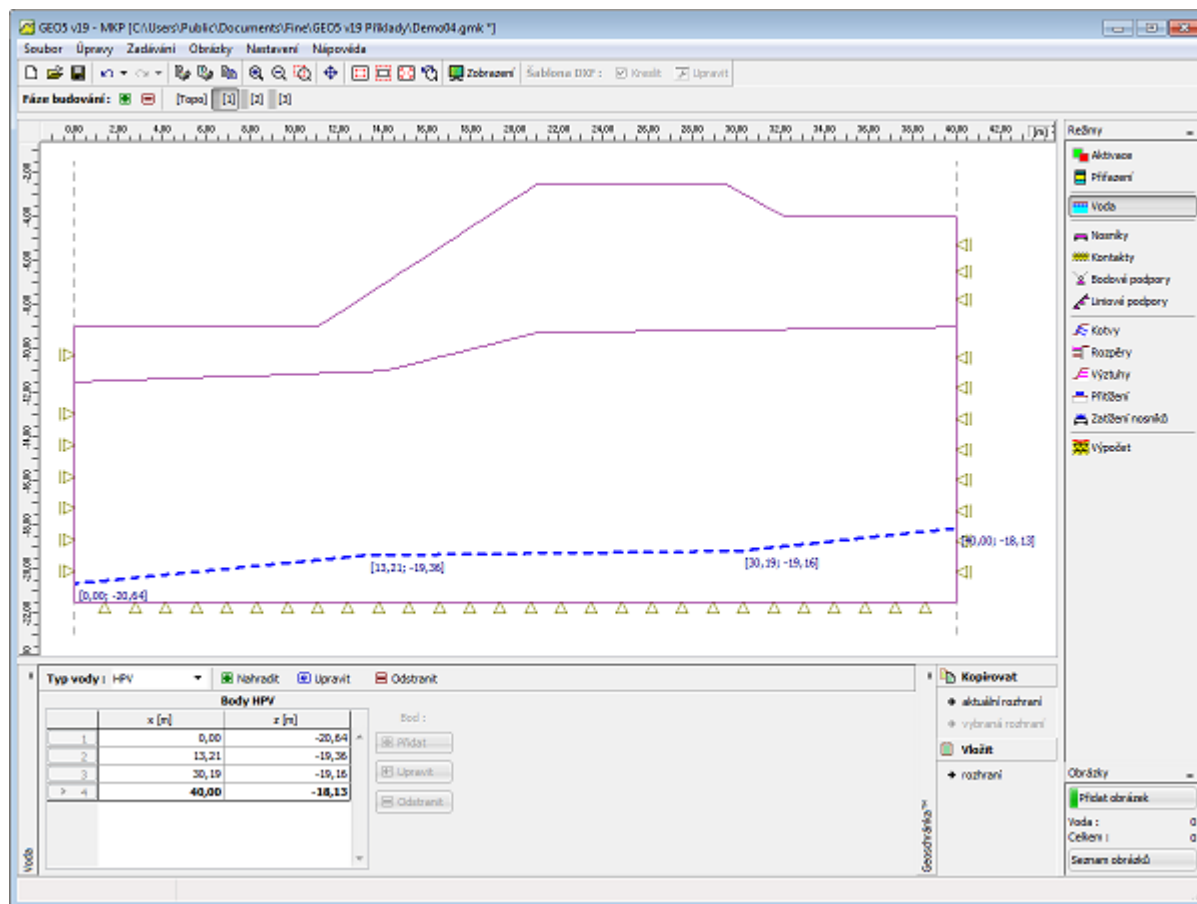
- Zadáva se **hladina podzemní vody** jako průběžné rozhraní pod i nad terén. V tomto případě se automaticky dopočítává objemová tíha zeminy **pod hladinou vody**.
- Hodnoty **pórového napětí** se zadávají v izolínách. Zadávání je shodné jako **zadávání rozhraní**. Hodnoty pórového napětí se zadávají v tabulce "Seznam rozhraní" v levé dolní části obrazovky. Hodnoty mezi izoliniemi se ve výpočtu lineárně interpolují.

- Koeficient pórového tlaku r_u** udává **poměr mezi pórovým napětím a geostatickým napětím** v zemině. Hodnoty **koeficientu r_u** se zadávají v izoliniích. První izolinie je vždy totožná s terénem. Ostatní izolinie se zadávají stejně jako rozhraní terénu. Hodnoty se zadávají v tabulce „Seznam rozhraní“ v levé dolní části obrazovky. Hodnoty mezi izoliniemi se ve výpočtu lineárně interpolují.

Při zadání hodnot pórových napětí resp. koeficientů r_u se **objemová tíha v celém masivu** uvažuje zadanou hodnotou objemové tíhy γ bez ohledu na velikost zadaných r_u , nebo pórového napětí.

Nejjednodušší kontrolou správnosti zadání vlivu vody, je zobrazení **pórových napětí** ve výstupním okně.

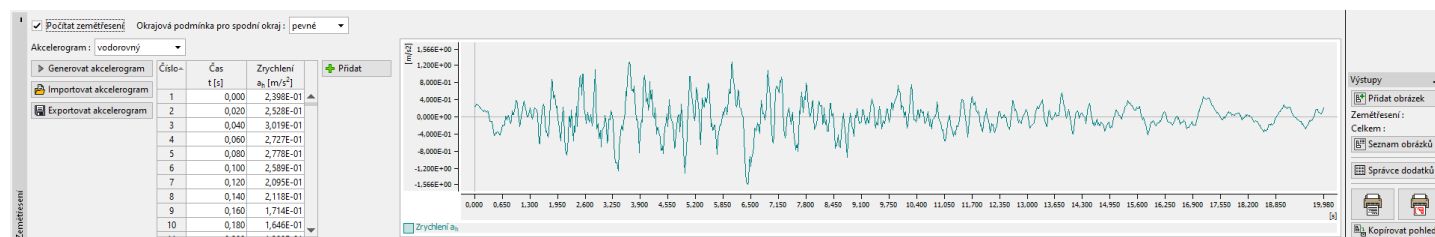
Zadaná rozhraní vody lze kopírovat v rámci všech 2D programů GEO5 pomocí "**Geoschránky**".



Zobrazení pórových napětí

Zemětřesení

V rámu "**Zemětřesení**" se zadávají parametry výpočtu zemětřesení pro danou fázi budování.

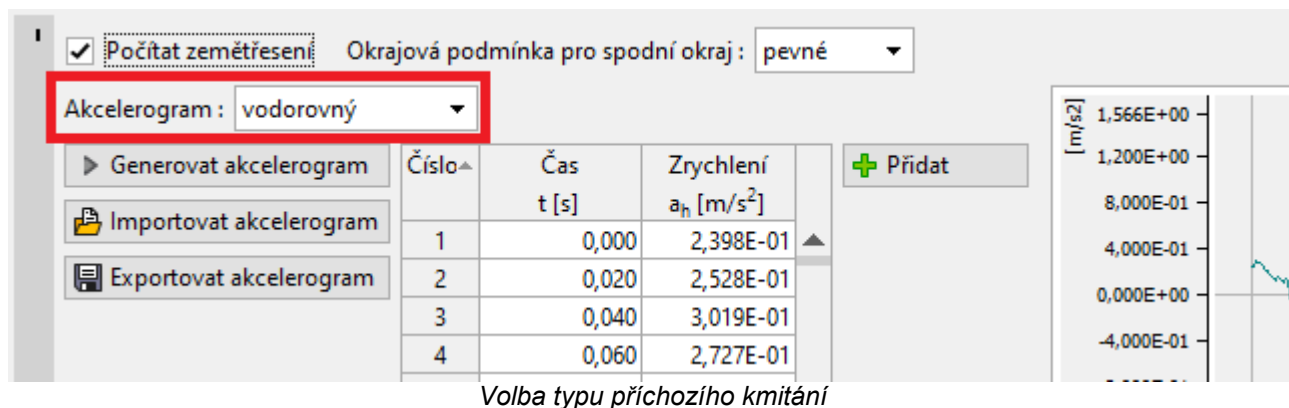


Vstupy pro výpočet účinků zemětřesení

Pro výpočet zemětřesení je nutné:

- Zvolit typ přichozího kmitání: pouze vodorovné kmitání (smyková vlna), pouze svislé kmitání (tlaková vlna), kombinace vodorovného a svislého kmitání;
- Zvolit **okrajové podmínky**;
- Specifikovat **akcelerogram** (časový vývoj zrychlení) přichozí vlny .

Zatížení (předepsané zrychlení - akcelerogram) **je vždy** aplikováno **na spodní hranici modelu**. Uživatel by měl věnovat této skutečnosti zvýšenou pozornost.



Volba typu přichozího kmitání

Podrobnější informace lze nalézt v [teoretickém manuálu](#) na našich webových stránkách.

Okrajové podmínky pro výpočet zemětřesení

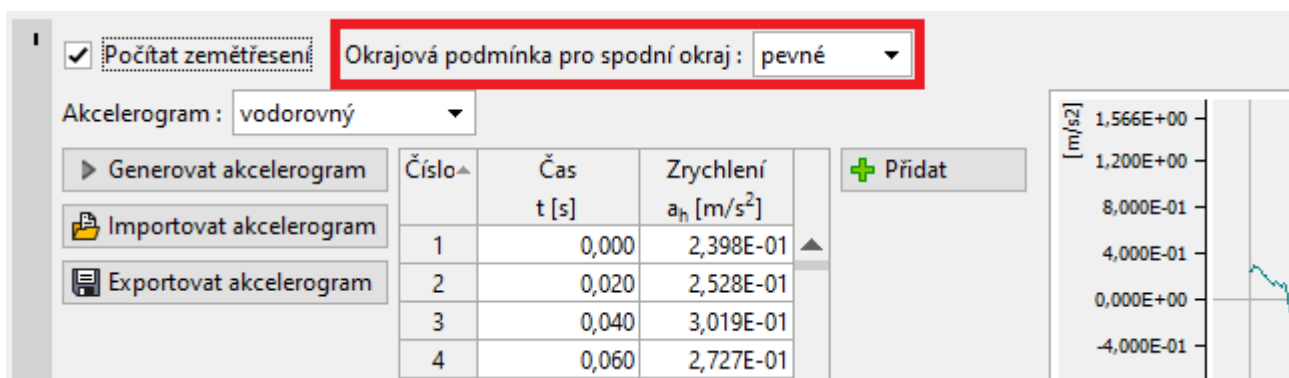
V rámu "Zemětřesení" lze nastavit pro výpočet zemětřesení **pevnou** nebo **absorpční okrajovou podmínku**. Tato volba bude uvažována pro **spodní hranici modelu**.

Pevná okrajová podmínka:

Odráží odchozí vlny zpět do oblasti modelu. Tím odpovídá situaci, kdy je relativně poddajná vrstva zeminy uložena na relativně tuhém skalním podloží. Poloha dolní hranice modelu musí v tomto případě odpovídat poloze rozhraní mezi skalním podložím a vrstvou zeminy.

Absorpční okrajová podmínka:

Propouští vlnění odražené od terénu či jiných částí modelu a šířící se směrem dolů skrz spodní hranici modelu. Tato podmínka je vhodná v situaci, kdy zemina/hornina u spodního okraje modelu pokračuje i pod oblastí modelu bez větších změn mechanických vlastností. Je doporučeno, aby vrstva s tímto podepřením byla modelována lineárně pružným materiálovým modelem.



Volba okrajové podmínky pro spodní hranici modelu

Podrobnější informace lze nalézt v [teoretickém manuálu](#) na našich webových stránkách.

Akcelrogram

Modelování účinku zemětřesení v MKP vyžaduje znalost vývoje zrychlení v čase, který se zadává formou **akcelrogramu** - záznamu časových bodů a souvisejících hodnot okamžitého zrychlení na spodní hranici numerického modelu.

V rámu "Zemětřesení" je možné zadat akcelrogram třemi způsoby:

1. **Vygenerovat syntetický akcelrogram** s odpovídajícím spektrem odezvy;
2. **Načíst (importovat) záznam** reálného zemětřesení z externího datového souboru;
3. **Vytvořit vlastní akcelrogram** bod po bodu.

Akcelrogram je interpretován jako po částech lineární průběh zrychlení. Uživatel by měl zajistit (ověřit), že načtený či jednotlivými body definovaný akcelrogram vyústí v nulovou rychlost podloží na konci záznamu.

U generovaných akcelrogramů tuto podmínku program zajišťuje automaticky.

Generování akcelrogramu

GEO5 MKP - Zemětřesení umožňuje vygenerovat akcelrogram, jehož spektrum pružné odezvy odpovídá požadovanému spektru odezvy definovanému v Eurokódu 8.

Volba "**Generovat akcelrogram**" v rámu "**Zemětřesení**" zobrazí následující dialog "**Generování akcelrogramu**". Zde se zadávají parametry generovaného záznamu zrychlení.

Generování akcelrogramu

Generovaný akcelrogram respektuje typický průběh zemětřesení: fáze náběhu, fáze silných otřesů a fáze doznívání. Pokud je zaškrtnuta volba "**Stacionární**" nejsou uvedené fáze náběhu a doznívání zohledněny a amplituda kmitů je v čase přibližně konstantní.

Doba trvání zemětřesení t_s určuje celkovou délku vygenerovaného záznamu.

Součinitel poměrného útlumu ξ udává poměrný útlum. Tato hodnota je použita při výpočtu spektra odezvy generovaného akcelrogramu.

Korekční součinitel útlumu η vystupuje v parametrickém popisu spektra odezvy uvedeném v EN 1998-1. Jeho hodnota je: $\eta = 1$ pro útlum $\xi = 0,05$.

Pro jiné hodnoty útlumu platí:

$$\eta = \max \left(\sqrt{\frac{0,1}{\xi + 0,05}}; 0,55 \right)$$

Při použití generovaných akcelerometrů je v EN 1998-1 vyžadováno použít alespoň třech různých průběhů. Změnou parametru "**Varianta**" získáme jiný záznam zrychlení s obdobným (normovým) spektrem odezvy.

Dále je nutné zadat parametry požadovaného **vodorovného či svislého spektra pružné odezvy**.

Po zadání parametrů a zvolení "**Generovat**" jsou vygenerovány body akcelrogramu. Po následném zvolení "**OK**" je průběh akcelrogramu zobrazen ve rámu "**Zemětřesení**".

Literatura:

EN 1998-1: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení - Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby, (2006).

Typy podloží - EN 1998-1

Typy podloží zohledňují vliv lokálních vlastností základových poměrů na seizmické zatížení. Podle EN 1998-1 rozlišujeme typy podloží A - E, S1 a S2 s vlastnosti uvedenými v tabulce níže.

Typy podloží z hlediska seizmického zatížení dle EN 1998-1:

Typ	Popis stratigrafického profilu	Parametry		
		$V_s, 30$	N_{SPT} [počet úderů/30 cm]	c_u [kPa]
A	Skalní horninový masiv nebo geologická formace typu skalních hornin při nadloží z měkčího materiálu v maximální mocnosti 5 m	> 800	-	-

B	Sedimenty velmi ulehleho písku, štěrk nebo velmi tuhý jíl v tloušťce alespoň několika desítek metrů, s mechanickými vlastnostmi rostoucími s hloubkou	360 - 800	> 50	> 250
C	Mocné sedimenty středně ulehleho nebo ulehleho písku, štěrk nebo tuhý jíl v tloušťce od několika desítek do stovek metrů	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Sedimenty z kyprých až středně ulehlejších nesoudržných zemín (případně s nebo bez vrstev soudržných zemín) nebo převážně měkkých až pevných soudržných zemín	< 180	< 15	< 70
E	Profil sestávající z povrchových aluviálních vrstev s hodnotami V_s podle typu C nebo D, o mocnosti 5 až 20 m, na tužším podkladě s $V_s > 800$ m/s			
S ₁	Sedimenty sestávající z jílu nebo siltů s číslem plasticity $PI > 40$ s velkým obsahem vody, nebo sedimenty, obsahující uvedené zeminy, o mocnosti nejméně 10 m	< 100 (informativně)	-	10 - 20
S ₂	Sedimenty ze zemín náchylných ke ztekucení, z citlivých jílu, jiné zeminy nezahrnuté v typech A-E, případně S ₁			

Literatura:

EN 1998-1: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení - Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby, (2006).

Spektrum pružné odezvy - EN 1998-1

EN 1998-1 uvažuje **spektrum pružné odezvy** jako základní způsob reprezentace seizmického zatížení. Tvar spektra pružné odezvy je v normě definován na základě parametrů a_g , T_B , T_C , T_D , S a ξ . Návrhové zrychlení a_g lze odvodit z map seizmických oblastí. Součinitel poměrného útlumu ξ určuje tlumení kmitání v zemině či hornině. Jeho hodnota je typicky uvažována 5%. Hodnoty zbývajících čtyřech parametrů norma udává na základě **typu podloží** a typu požadovaného spektra (1 nebo 2).

Hodnoty parametrů popisujících spektrum vodorovné pružné odezvy typu 1 dle EN 1998-1

Typ základové půdy:	S	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
A	1,00	0,15	0,40	2,00
B	1,20	0,15	0,50	2,00
C	1,15	0,20	0,60	2,00
D	1,35	0,20	0,80	2,00
E	1,40	0,15	0,50	2,00

Hodnoty parametrů popisujících spektrum vodorovné pružné odezvy typu 2 dle EN 1998-1

Typ základové půdy:	S	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
A	1,00	0,05	0,25	1,20
B	1,35	0,05	0,25	1,20
C	1,50	0,10	0,25	1,20
D	1,80	0,10	0,30	1,20
E	1,60	0,05	0,25	1,20

Hodnoty parametrů popisujících spektrum svislé pružné odezvy dle EN 1998-1

Spektrum	a_{vg}/a_g	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
Typ 1	0,90	0,05	0,15	1,00
Typ 2	0,45	0,05	0,15	1,00

Literatura:

EN 1998-1: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení - Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby, (2006).

Materiálové parametry pro dynamickou analýzu

Materiálové parametry zemín použité v dynamické analýze účinku zemětřesení se zadávají v režimu Topologie v rámu "Zeminy" v dialogovém okně "Úprava vlastností zeminy".

Dynamický modul pružnosti odpovídá elastickému modulu při malých deformacích. Jeho hodnota je obvykle stanovena

na základě polních nebo laboratorních zkoušek. Poznamenejme, že materiálové modely kritického stavu neuvažují dynamický modul pružnosti pro sestavení matice tuhosti.

Další parametry souvisí s materiálovým tlumením. Materiálový útlum je v GEO5 MKP - Zemětřesení implementován jako **Rayleighův útlum**, který uvažuje matici útlumu jako lineární kombinaci matice hmotnosti a matice tuhosti konstrukce.

$$\mathbf{C}^M = \alpha \mathbf{M} + \beta \mathbf{K}$$

kde:

\mathbf{C}	- matice útlumu
\mathbf{M}	- matice hmotnosti
\mathbf{K}	- matice tuhosti
α	- Rayleighův parametr
β	- Rayleighův parametr

Uživatel má možnost:

- **zadat součinitel poměrného útlumu** - v tomto případě jsou parametry **alfa a beta vypočteny**;
- **zadat parametry alfa a beta přímo**.

Materiálové parametry zemin pro dynamickou analýzu

Podrobnější informace lze nalézt v **teoretickém manuálu** na našich webových stránkách.

Parametry Rayleighova útlumu

Pro **materiály u kterých uživatel zadal součinitel poměrného útlumu ξ** (v rámu "**Zeminy**") program GEO5 MKP - Zemětřesení vypočte parametry Rayleighova útlumu α a β jedním ze dvou způsobů.

- Je zadána nejméně tlumená frekvence ω_a , která má být tlumena zadaným poměrným útlumem ξ .

$$\alpha = \xi \omega_a$$

$$\beta = \frac{\xi}{\omega_a}$$

- Jsou zadány dvě frekvence ω_a a ω_b ($\omega_b > \omega_a$). Obě tyto frekvence jsou tlumeny poměrným útlumem ξ .

$$\alpha = \frac{2\xi\omega_a\omega_b}{\omega_a + \omega_b}$$

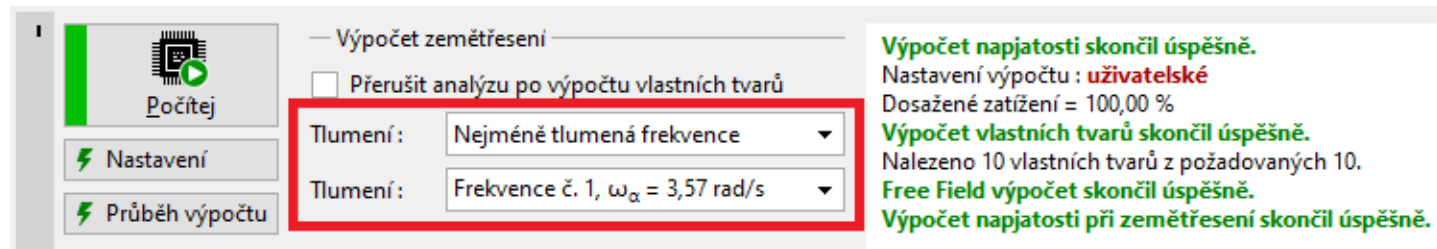
$$\beta = \frac{2\xi}{\omega_a + \omega_b}$$

Poměrný útlum obecné frekvence omega je pak:

$$\xi(\omega) = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha}{\omega} + \beta\omega \right)$$

Tento vztah zaručuje, že frekvence v intervalu ω_a a ω_b jsou tlumeny méně, nežli je zadaný poměrný útlum ξ , zatímco frekvence mimo tento interval jsou tlumeny více.

Která z dvou výše zmíněných variant bude použita nastavuje uživatel v rámu "**Výpočet**".



Volba frekvencí pro tlumení

Podrobnější informace lze nalézt v **teoretickém manuálu** na našich webových stránkách.

Výpočet

Výpočet se provádí ve **fázích budování** v rámu "**Výpočet**" stisknutím tlačítka "**Počítej**". Pro rozsáhlejší úlohy doporučujeme použití **výkonnější 64 bit verze**.

V **průběhu výpočtu** se program snaží najít (doiterovat) takové řešení, aby pro zadané okrajové podmínky byly v masívu **splněny podmínky rovnováhy**. **Postup iterace** a konvergenci výpočtu lze sledovat na obrazovce.

Výpočet můžeme kdykoliv přerušit stisknutím tlačítka "**Přeruš**" - výsledky jsou v takovém případě k dispozici pro poslední úspěšnou konvergenci přírůstku zatížení.

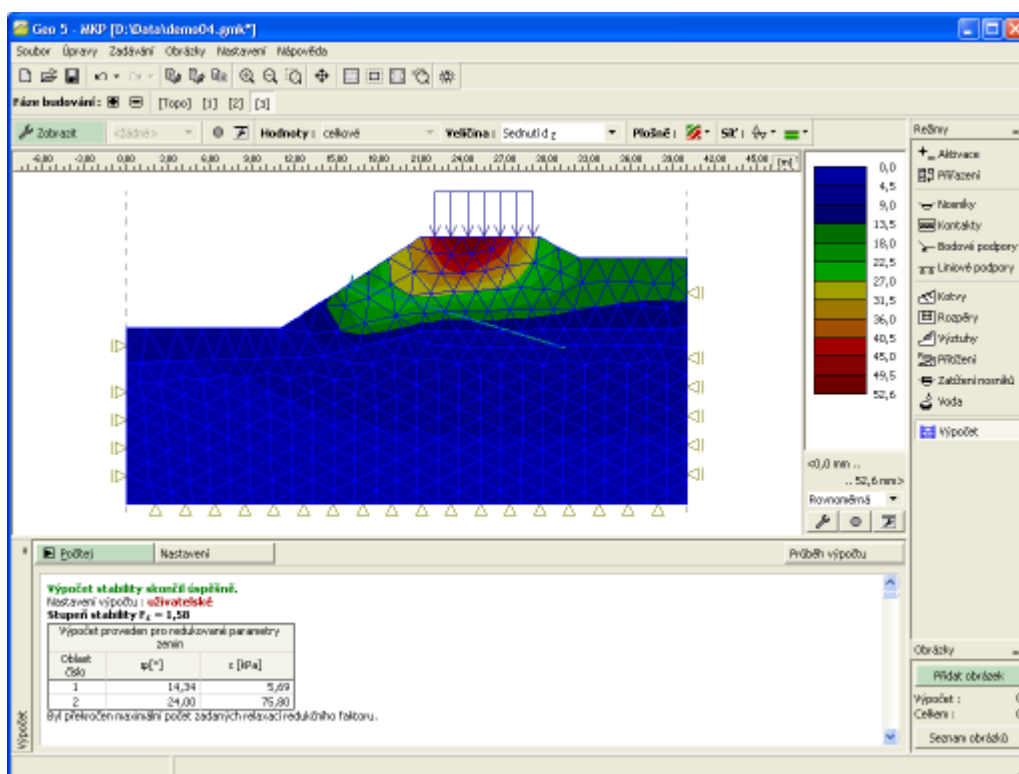
Správné výsledky dostaneme, je-li **dosaženo 100 % zatížení**. Může se ale také stát, že výpočet proběhne jen do **určitého procenta zatížení** - programu se nepodařilo najít správné řešení, **výpočet nekonverguje**. V tomto případě je možné změnit standardní nastavení **parametrů výpočtu**. Při modelování složitějších úloh doporučujeme dodržet **doporučený postup modelování**.

Výpočet neustáleného proudění se volí v rámu "**Nastavení**".

Po skončení výpočtu se zobrazí **výsledky** a informace o skončeném výpočtu.

Podrobné informace o vlastním modelování jsou v části "**Nastavení a popis výpočtu**". Zobrazení kresby lze měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".

Pokud byla při výpočtu uvažována voda, program umožňuje ve většině případů zkopírovat spočtenou HPV do **Geoschránky** a vložit ji do jiného programu.



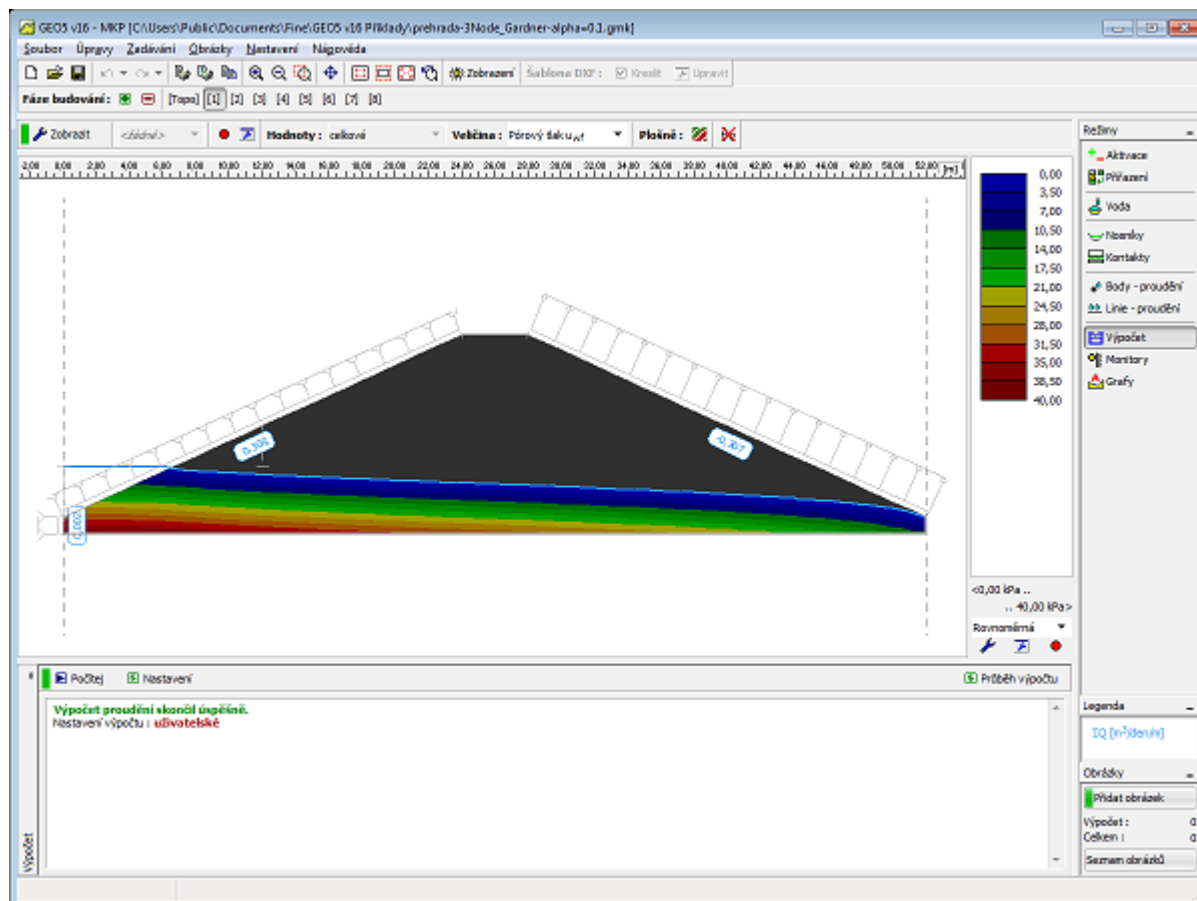
Obrazovka po skončení výpočtu

Výpočet neustáleného proudění

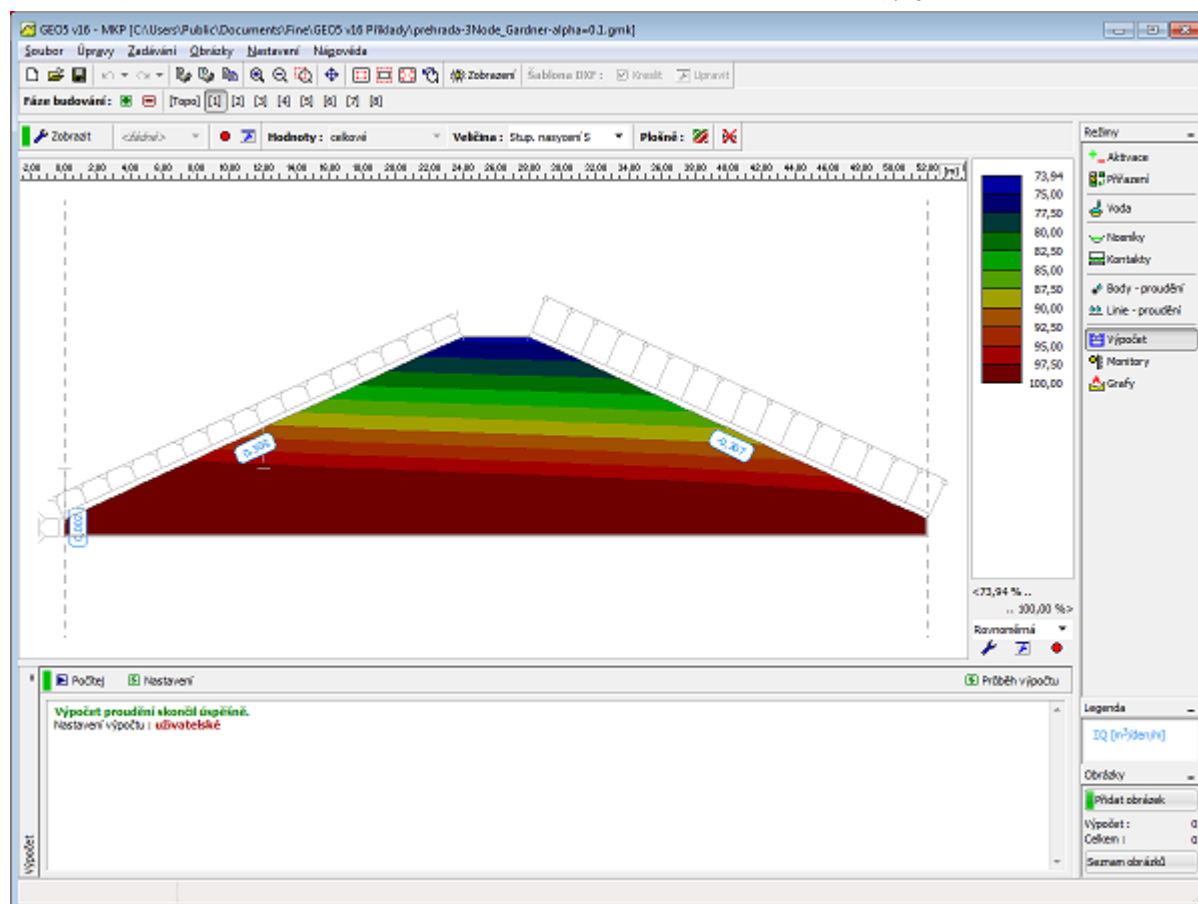
Vlastní výpočet probíhá ve dvou a více fázích ("**Proudění**"), přičemž první fáze slouží k nastavení počátečních podmínek, tj. rozdělení pórových tlaků, tlačné výšky, stupně nasycení a relativního součinitele permeability na počátku výpočtu. Počáteční hodnoty pórových tlaků lze nastavit několika způsoby:

- Hladinou podzemní vody (HPV)
- Přímou zadat pomocí rozhraní pórového tlaku
- Výpočtem úlohy ustáleného proudění

V prvním případě se předpokládá hydrostatické (lineární) rozdělení pórového tlaku po výšce. Zatímco pod HPV se generují kladné pórové tlaky, tak nad úrovní HPV se generují záporné pórové tlaky (sání). Druhý případ umožňuje definovat suchou zeminu např. zadáním záporných pórových tlaků v celé infiltrované oblasti. Třetí možnost vyžaduje řešení úlohy **ustáleného proudění**. Podle volby **materiálového modelu** se příslušným pórovým tlakům přiřadí počáteční hodnoty stupně nasycení a relativního součinitele permeability. Rozložení pórových tlaků v první fázi výpočtu odpovídající řešení úlohy ustáleného proudění s odpovídajícími okrajovými podmínkami je patrný z Obr. 1. Jak je zřejmé z tohoto obrázku, tak hodnoty záporných pórových tlaků nad HPV se nezobrazují. Počáteční stav v oblasti nenasyčené anebo částečně nasycené zeminy lze posoudit např. na základě rozdělení počátečního stupně nasycení, viz Obr. 2. V případě volby **"Voda není"** jsou hodnoty počátečních pórových tlaků nastaveny na nulu.

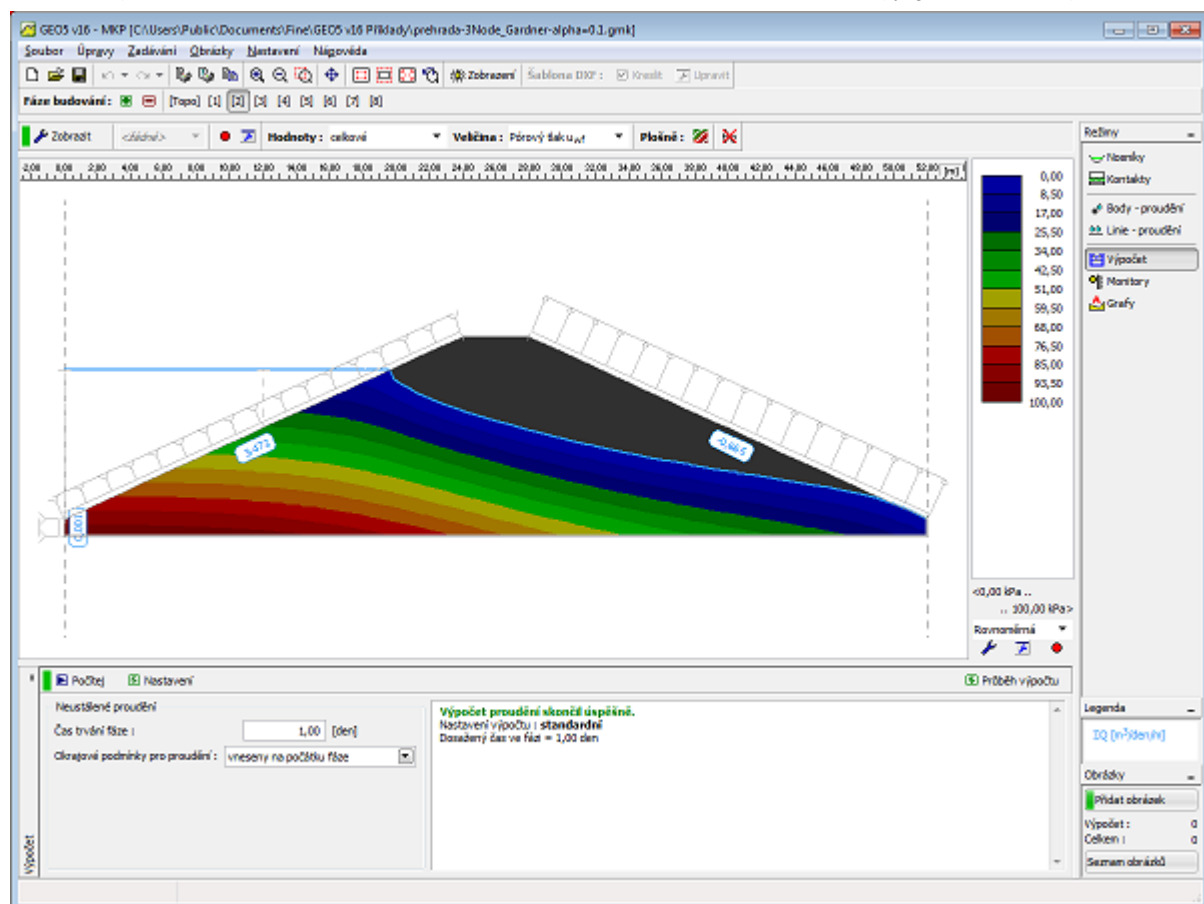


Obr 1. - První fáze výpočtu: Rozdělení počátečních pórových tlaků

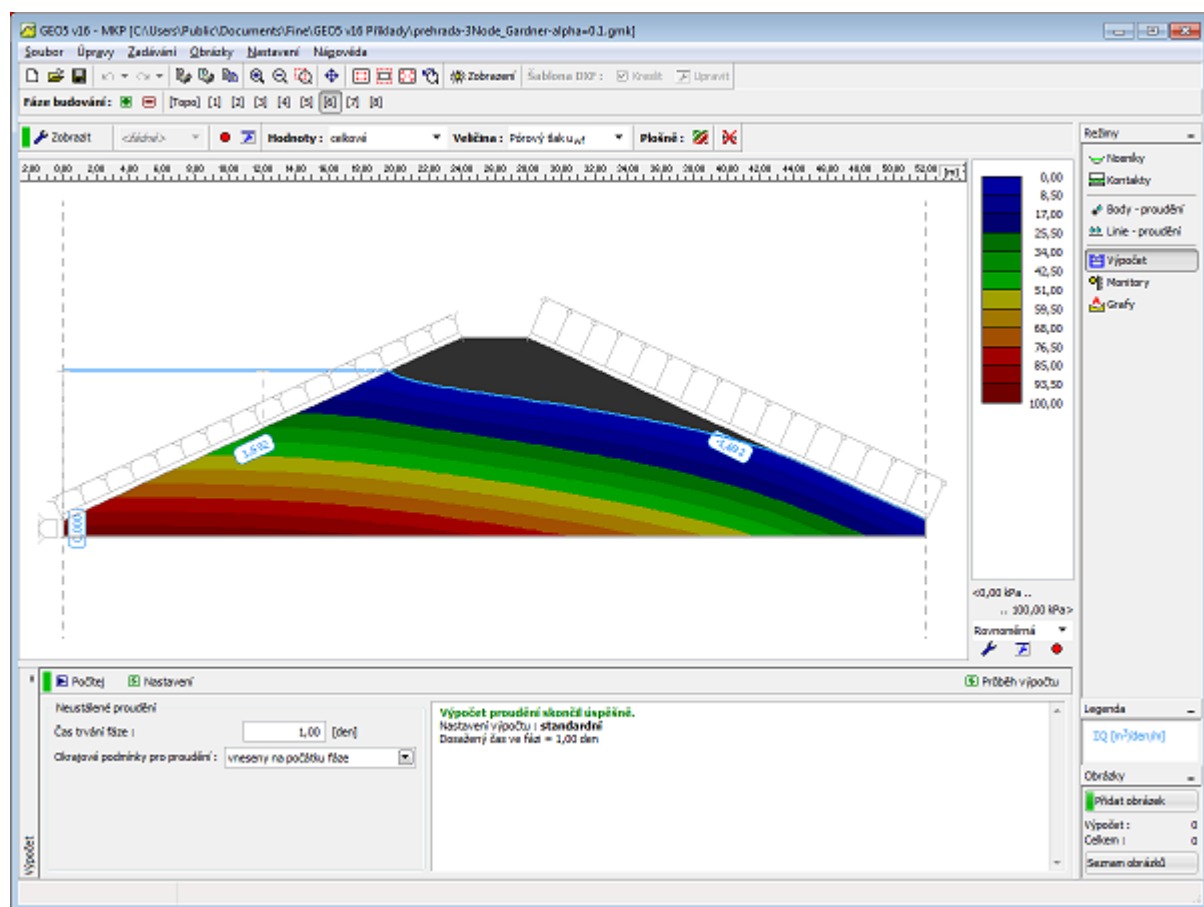


Obr 2. - První fáze výpočtu: Rozdělení počátečních hodnot stupně nasycení

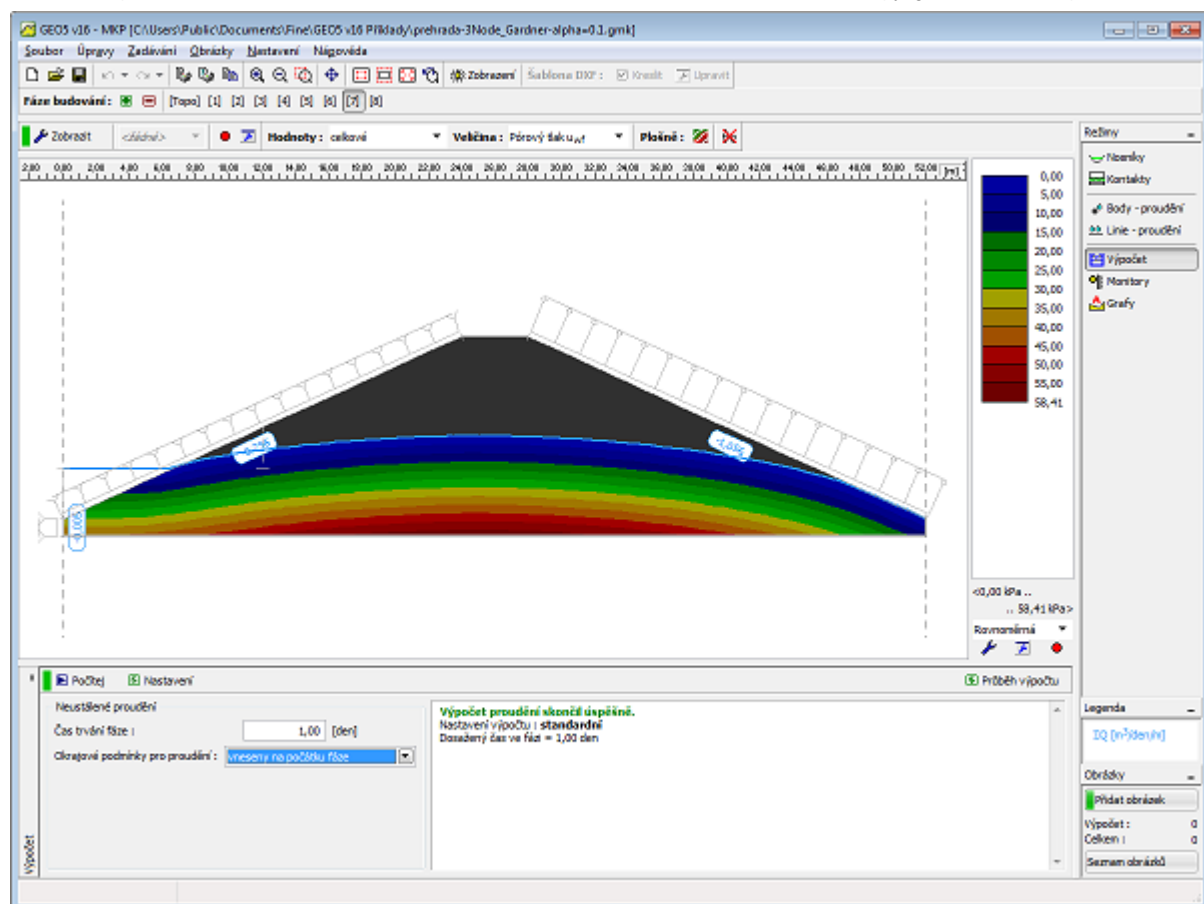
Výpočet neustáleného proudění probíhá od druhé fáze, přičemž jednotlivé fáze na sebe navazují. V každé fázi se volí doba výpočtu, časový průběh okrajových (hydraulických) podmínek a délka časového kroku. Současná verze programu předpokládá, že buď celé zatížení je vneseno na počátku fáze, anebo lineárně narůstá po dobu fáze ("Proudění"). V prvním případě se počáteční časový krok volí jako 1/10 zadaného kroku. Následně pak výpočet probíhá s již zadaným časovým krokem. Délku časového kroku je vhodné během analýzy upravovat. Na počátku řešení se doporučuje kratší časový krok. S přibývajícím časem, kdy řešení se již blíží ustálenému stavu lze časový krok i několikanásobně zvětšit (např. z 1/10 dne až na několik dní). Obr. 3 a 4 zobrazují mezilehlý a ustálený stav odpovídající náhlému zvýšení HPV v druhé fázi výpočtu. Obr. 5 a 6 pak zobrazují obdobné stavy při opětovném snížení HPV na původní úroveň v šesté výpočetní fázi.



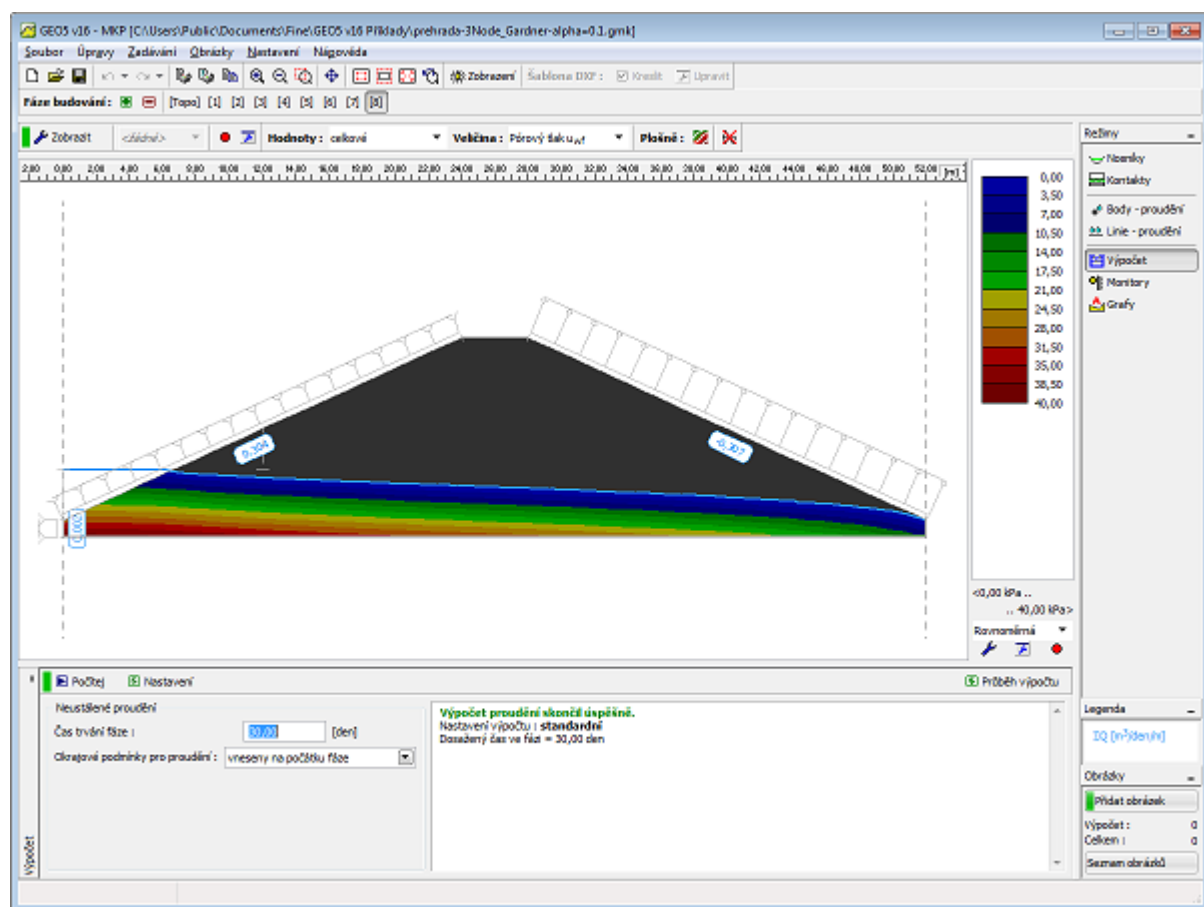
Obr 3. - Druhá fáze výpočtu: Rozdělení pórových tlaků v určitém čase výpočtu



Obr 4. - Šestá fáze výpočtu: Rozdělení ustálených pórových tlaků



Obr 5. - Sedmá fáze výpočtu: Rozdělení pórových tlaků v určitém čase výpočtu



Obr 6. - Osmá fáze výpočtu: Rozdělení ustálených pórových tlaků

Doporučený postup modelování

Modelování konstrukce metodou konečných prvků je poměrně složitý proces. Většina uživatelů má snahu zadat celou komplikovanou úlohu na první pokus - v případě kdy pak úloha nekonverguje je těžké najít příčinu. Doporučujeme tedy následující postup:

1) Kompletně namodelovat topologii konstrukce

2) Zeminy a kontaktní prvky zadat jako pružné (lineární modely)

3) Vygenerovat hrubou síť

4) Namodelovat všechny fáze budování

5) Provést výpočet všech fází (stačí spustit výpočet v poslední fázi budování - všechny ostatní fáze se dopočtou automaticky).

6) Provedeme vyhodnocení

Pokud výpočet neproběhne, je konstrukce špatně zadaná - např. nosníky mají příliš mnoho vnitřních kloubů a tvoří mechanismus, rozpěry nejsou uchyceny do konstrukce ap. Program obsahuje řadu kontrolních procedur, které uživatele na toto upozorní, ale některé chyby vstupního modelu nelze předem odchytil.

Pokud se podařilo provést výpočet poslední fáze, doporučujeme provést kontrolu deformace konstrukce a tím i reálnosti zadaných parametrů zemín a tuhostí konstrukce. Při plastickém modelu zeminy bude deformace vždy větší než při elastickém modelu - vychází-li již nyní příliš velké deformace, je nutné provést úpravu modelu a k výpočtu s nelineárními modely nemusíme přistupovat.

Pokud je výpočet proveden a deformace odpovídají našim představám, můžeme pokračovat v modelování.

7) Změníme materiálový model zemín na nelineární (Mohr-Coulomb, Drucker-Prager)

8) Provedeme výpočet a vyhodnotíme podle bodu 6.

9) Zadáme nelineární kontaktní prvky

10) Provedeme výpočet a vyhodnotíme podle bodu 6

11) Zjermníme a upravíme síť konečných prvků a provedeme konečný výpočet.

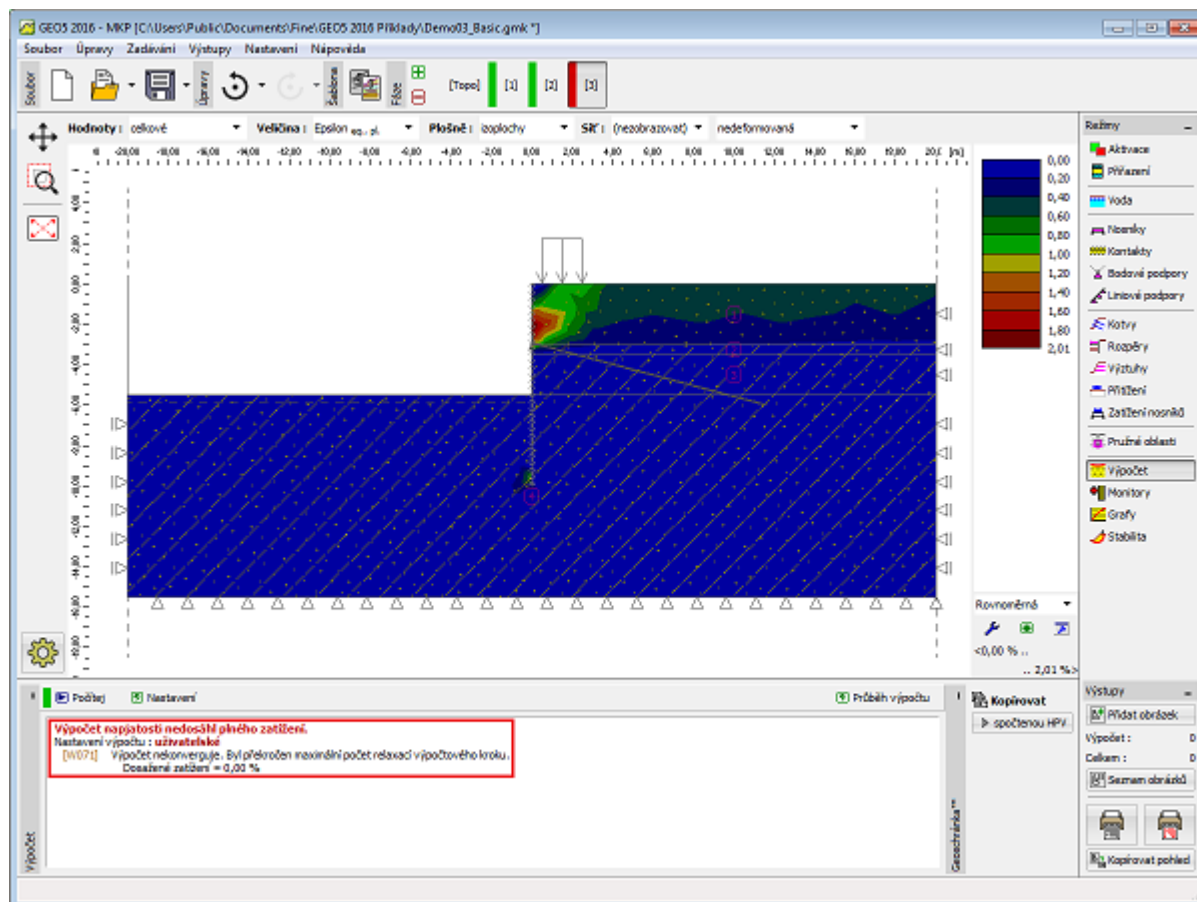
Přestože tento postup vypadá složitý a poněkud krkolomný, ušetří u složitých úloh velké množství času a zkoumání proč program nekonverguje k řešení.

Nekonvergence výpočtu

Pokud výpočet nekonverguje, je nutné provést úpravy modelu - může se například:

- zvětšit tuhost konstrukce
- zmenšit zadaná zatížení
- zmenšit oblast odebrané zeminy
- zlepšit charakteristiky zemín
- změnit materiálový model zemín v místech plasticity
- přidat ztužující nosníkové nebo tahové prvky
- přidat okrajové podmínky
- změnit průběh iterace v nastavení výpočtu (např. zvětšit počet iterací)

Nápovědou, proč výpočet nekonverguje, může být zobrazení plastických deformací, která ukazují na kritická místa s předpokládaným vývojem plochy porušení.



Nekonzvergující výpočet - zobrazení plastických přetvoření

Nastavení a popis výpočtu

Program má **standardně nastaveny parametry výpočtu** zajišťující dostatečnou přesnost a rychlost výpočtu. Přesto zkušený uživatel může chtít určité parametry změnit, popřípadě otestovat jejich vliv na přesnost výpočtu. Jednotlivé parametry nastavení výpočtu lze měnit v dialogovém okně **"Nastavení výpočtu"**.

Doporučujeme k jakýmkoliv změnám v nastavení parametrů výpočtu přistupovat **velmi opatrně** a po důkladném nastudování problematiky. Špatně zvolené nastavení může způsobit nejen špatnou iteraci řešení, zpomalení výpočtu ale i **nepřesné výsledky**.

V okně **"Nastavení"** lze především měnit tyto parametry:

- Metoda řešení
- Změna matice tuhosti
- Počáteční výpočtový krok
- Maximální počet iterací
- Kritérium konvergence
- Nastavení Newton-Raphsonovy metody
- Nastavení Arc-length metody
- Line search metoda
- Plasticita

Pro návrat do původního (standardního) nastavení parametrů je určeno tlačítko **"Standard"**.

Metoda řešení

Program GEO MKP je určen k řešení geotechnických úloh spojených s nelineárním přetvářením zemního a horninového masivu. Úspěšná analýza většiny těchto úloh vyžaduje přírůstkové řešení daného okrajového problému. Užití metody konečných prvků pak vede na přírůstkové vyjádření podmínek rovnováhy na konstrukci ve tvaru:

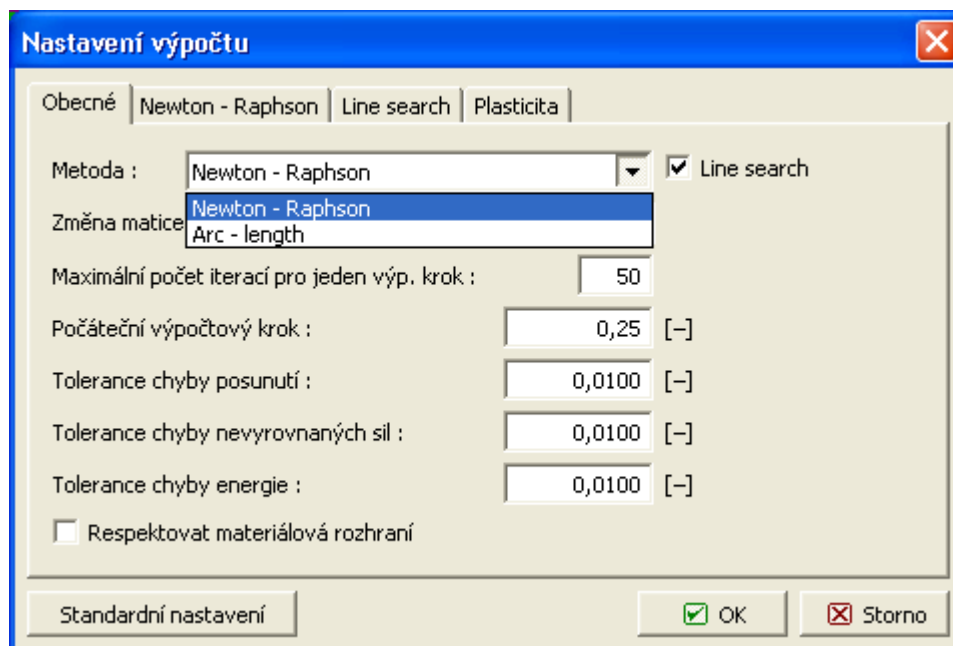
$$K_T \cdot \Delta u = \Delta f$$

kde: K_T - okamžitá (tečná) matice tuhosti konstrukce
 Δu - vektor přírůstku posunutí

Δf - přírůstek vektoru nevyrovnaných sil

Rovnici lze řešit pouze přibližně užitím vhodné numerické metody. Cílem této metody je dosáhnout, v rámci procesu iterace rovnováhy, takového stavu napětí a deformace, pro který platí $\Delta f = 0$. V programu jsou zabudovány dvě základní metody:

1. Metoda **Newton-Raphson** - NRM,
2. Metoda **Arc-length** (metoda délky oblouku) - ALM.



Nastavení výpočtu - výběr metody řešení

Změna matice tuhosti

Newton-Raphsonova metoda předpokládá sestavování aktuální tečné matice tuhosti v rámci každé iterace.

Pokud provádíme změnu matice tuhosti pouze na začátku nového výpočtového kroku, přejdeme k tak zvané **modifikované Newton-Raphsonově metodě**.

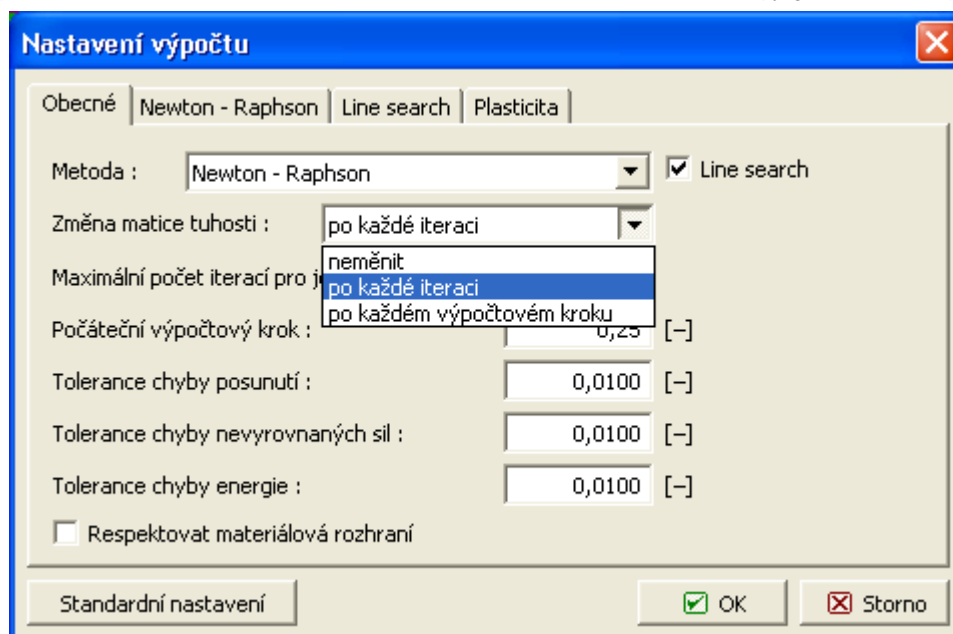
Pokud sestavíme matici tuhosti konstrukce pouze na počátku prvního výpočtového kroku a v dalším běhu výpočtu ji neměníme, získáme **metodu počátečních napětí**.

Jednotlivé postupy lze zvolit v základním okně "**Nastavení výpočtu**" v sekci "**Změna matice tuhosti**". Příslušná nastavení odpovídají:

1. **neměnit** - metoda počátečních napětí,
2. **po každé iteraci** - plná Newton-Raphsonova metoda,
3. **po každém výpočtovém kroku** - modifikovaná Newton-Raphsonova metoda.

Standardní nastavení je **měnit matici tuhosti po každé iteraci** (plná Newton-Raphsonova metoda). Formulace tečné matice tuhosti je konzistentní s algoritmem pro výpočet napětí. Tato formulace pak zajišťuje kvadratickou konvergenci Newton-Raphsonovy metody (NRM) na rozdíl od modifikované NRM a metody počátečních napětí, které v porovnání s plnou NRM vyžadují mnohem více iterací pro dosažení rovnováhy.

Na druhé straně nejvíce strojového času zabere sestavení a faktorizace tečné matice tuhosti. V každém případě volba metody do jisté míry záleží na typu řešené úlohy. V případě elastické odezvy konstrukce je zcela zbytečné sestavovat matici tuhosti více než jednou (volba neměnit). Se zvyšujícím se stupněm nelinearity by se měla nová matice tečné tuhosti sestavovat častěji (měnit po každé iteraci).



Newton-Raphsonova metoda - volba změny matice tuhosti

Počáteční výpočtový krok

Výpočet úlohy je proveden přírůstkově v rámci několika zatěžovacích kroků až do dosažení celkového předepsaného zatížení.

Program přitom vyžaduje pouze nastavení **počátečního výpočtového kroku**.

Tento parametr představuje **poměr zatížení v daném zatěžovacím kroku k celkovému předepsanému zatížení**. V závislosti na průběhu výpočtu je tento parametr adaptivně upravován.

Standardní nastavení je 25 % celkového předepsaného zatížení. Podobně jako v předchozím případě i zde platí, že se vzrůstající náročností výpočtu z pohledu nelineární odezvy by se hodnota tohoto parametru měla snižovat. V případě **elastického řešení** se tomuto parametru automaticky přiřadí hodnota 1, což představuje řešení dané úlohy v rámci jednoho zatěžovacího kroku.

Maximální počet iterací

Tento parametr představuje **maximální povolený počet iterací** pro dosažení rovnováhy v rámci daného přírůstku zatížení.

Pokud je tato hodnota překročena, program automaticky **sniží hodnotu aktuálního výpočtového kroku** a výpočet je restartován z poslední úrovně zatížení, která odpovídá rovnovážnému stavu napětí a deformace. Podobně je řešen i případ, kdy výpočet během iterace začne divergovat nebo oscilovat.

Kritérium konvergence

Aby přírůstkové řešení vycházející z iterační metody bylo efektivní, je třeba zvolit vhodná kritéria pro **ukončení iteračního procesu**.

Příliš volná konvergenční kritéria mohou vést k nepřesným výsledkům, a naopak příliš těsná kritéria mohou vést k neopodstatněnému zvýšení výpočtové náročnosti nutné k dosažení zbytečně přesných výsledků.

V programu se test konvergence provádí jednak na změnu přírůstku vektoru posunutí, dále pak na hodnotu přírůstku vektoru nevyrovnaných sil a také na hodnotu změny vnitřní energie. Poslední kritérium dává určitou představu o tom, kdy se jak posuny, tak i nevyrovnané síly blíží svým rovnovážným hodnotám. Příslušná nastavení odpovídají:

1. **Tolerance chyby posunutí** - tolerance změny přírůstku normy vektoru posunutí
2. **Tolerance chyby nevyrovnaných sil** - tolerance změny normy vektoru nevyrovnaných sil
3. **Tolerance chyby energie** - tolerance změny vnitřní energie

Standardní nastavení tolerance je 0,01 pro **všechny typy konvergenčních kritérií**.

Nastavení Newton-Raphsonovy metody

V případě použití Newton-Raphsonovy metody lze proces iterace řídit nastavením parametrů:

1) Relaxační faktor - tento parametr představuje hodnotu redukce aktuálního výpočtového kroku pro restart v případě, že řešení pro danou hodnotu přírůstku zatížení nekonverguje. Nová hodnota výpočtového kroku se určí ze vztahu:

- **nový výp. krok = starý výp. krok / relaxační faktor**

2) Maximální počet relaxací pro jeden výp. krok - tímto parametrem určujeme, kolikrát lze během celého výpočtu redukovat příslušný výpočtový krok. V případě, že je tato hodnota překročena, je výpočet ukončen. Výsledky jsou pak k dispozici pro úroveň zatížení, pro kterou výpočet úspěšně zkonvergoval.

3) Minimální počet iterací pro jeden výp. krok - nastavení tohoto parametru umožňuje akceleraci výpočtu. V případě, že počet iterací rovnováhy pro aktuální krok zatížení je menší než minimální zadaný, zvětší se výpočtový krok pro výpočet nového přírůstku zatížení v závislosti na hodnotě relaxačního faktoru následovně:

- **nový výp. krok = starý výp. krok * relaxační faktor**

Standardní nastavení jednotlivých parametrů odpovídá hodnotám uvedeným na obrázku:

Parametry řízení procesu iterace

Nastavení metody Arc-length (metoda oblouku)

Metoda Arc-length je poměrně robustní metoda vhodná při řešení problémů spojených s vyhledáváním limitního zatížení. Na rozdíl od NRM, u které je řešení řízeno přírůstkem zatížení, zavádí metoda oblouku dodatečný parametr představující určité omezení hodnoty přírůstku zatížení v daném výpočtovém kroku. Hodnota délky výpočtového kroku tedy záleží na průběhu iterace a je přímo závislá na zvolené délce oblouku.

Základem této metody je předpoklad proporcionálního zatěžování. To znamená, že příslušnou úroveň celkového zatížení působící na konstrukci lze vyjádřit vztahem:

$$\bar{F} = \lambda \cdot F$$

kde: F - stávající úroveň dosaženého zatížení

λ - koeficient proporcionality

F - celkové předepsané zatížení

V případě ALM představuje F pouze jakousi referenční hodnotu zatížení, která je konstantní v průběhu celého výpočtu odezvy konstrukce. Skutečná hodnota zatížení na konci výpočtu je rovna λ násobku F ; $\lambda < 1$ představuje stav, kdy skutečná únosnost konstrukce je menší než předpokládaná hodnota referenčního zatížení; pokud λ na konci výpočtu přesáhne hodnotu 1, program automaticky upraví délku kroku tak, aby řešení zkonvergovalo k hodnotě $\lambda = 1$ v rámci zvolené tolerance, která je dána hodnotou 0,01 (1% zadaného maximálního zatížení). Tuto hodnotu nelze měnit.

Literatura nabízí řadu formulací původní metody Arc-length. V programu je implementována metoda navrženou Crisfieldem a konzistentě linearizovanou metodu pocházející od Ramma. Formulace druhé jmenované metody je sice podstatně jednodušší než metoda Crisfieldova, není však zdaleka tak robustní. Standardní nastavení je metoda Crisfieldova.

Dalšími důležitými parametry jsou **Nastavení délky oblouku** a **Automatická kontrola délky oblouku**.

Arc-length - nastavení verze metody

Nastavení délky oblouku

Délka oblouku (arc length) je základním parametrem ovlivňující průběh výpočtu. Určujícím indikátorem pro volbu délky oblouku může být průběh iterace v předchozí fázi. V každém případě GEO MKP umožňuje následující nastavení:

1. **Určit z výp. kroku** - délka oblouku se určí automaticky z hodnoty počátečního výpočtového kroku.
2. **Přiřadit z předchozí fáze** - jak název napovídá, hodnota délky oblouku se převezme z hodnoty dosažené na konci předchozí fáze. Tato volba je pochopitelně aktivní až od druhé fáze.
3. **Zadat** - hodnotu délky oblouku je možné zadat přímo.

V případě, že chování konstrukce nelze předem odhadnout doporučujeme použít první možnost. Na základě průběhu výpočtu lze délku oblouku upravit a výpočet opakovat. V žádném případě však nelze zaručit konvergenci pro libovolnou hodnotu zvolené délky oblouku. Podobně jako u NRM, vyskytnou-li se problémy s konvergencí, umožňuje program zmenšit stávající délku oblouku a výpočet restartovat.

Dalším parametrem majícím charakter parametru řízení průběhu výpočtu je "**Maximální počet výpočtových kroků**". Výpočet provede vždy zadaný počet výpočtových kroků pokud:

- parametr λ dosáhne hodnoty 1,
- je překročen maximální počet relaxací délky oblouku.

V okamžiku, kdy výpočet je ukončen z důvodu překročení maximálního zadaného počtu výpočtových kroků a parametr λ je menší než 1, je třeba počet kroků zvětšit a výpočet opakovat.

*Arc-length - nastavení délky oblouku***Automatická kontrola délky oblouku**

Automatická kontrola délky oblouku během výpočtu představuje důležitou část implementace jakékoliv numerické metody. Program umožňuje adaptivně měnit aktuální délku oblouku pro nový výpočtový krok v závislosti na průběhu iterace v předchozím kroku aktivací volby "**Optimalizovat**". Výsledkem bude snaha programu volit délku oblouku tak, aby počet iterací v jednotlivých výpočtových krocích byl přibližně shodný s předem zvolenou hodnotou - **Optimální počet iterací v 1. výp. kroku**. Standardní nastavení je neoptimalizovat. Další podrobnosti najdete v **teoretické příručce** programu.

Dalším parametrem kontroly průběhu výpočtu je "**Poměr zatížení/posun**". Tento parametr představuje poměr zvolených měřítek pro zatížení reprezentované parametrem λ a vektorem posunutí u . V případě, že tento parametr je dostatečně velký je výpočet v podstatě řízen přírůstkem zatížení. Pokud položíme tento parametr roven 0 (Standardní nastavení) přejdeme k tak zvané cylindrické ALM a výpočet bude řízen přírůstkem deformace. Tento přístup je stabilnější a je autory programu doporučován. Program GEO MKP ovšem umožňuje optimalizaci tohoto parametru aktivací volby "**Optimalizovat**". V takovém případě je aktuální hodnota tohoto parametru rovna Berganově parametru okamžité tuhosti vyjadřující skalární míru stupně nelinearity. S rostoucím stupněm nelinearity tento parametr klesá. V oblasti limitního zatížení se tento parametr blíží nule a výpočet je řízen přírůstkem deformace. Tento přístup tedy podporuje předchozí volbu s hodnotou parametru "**Poměr zatížení/posun**" rovnou nule. Standardní nastavení je neoptimalizovat.

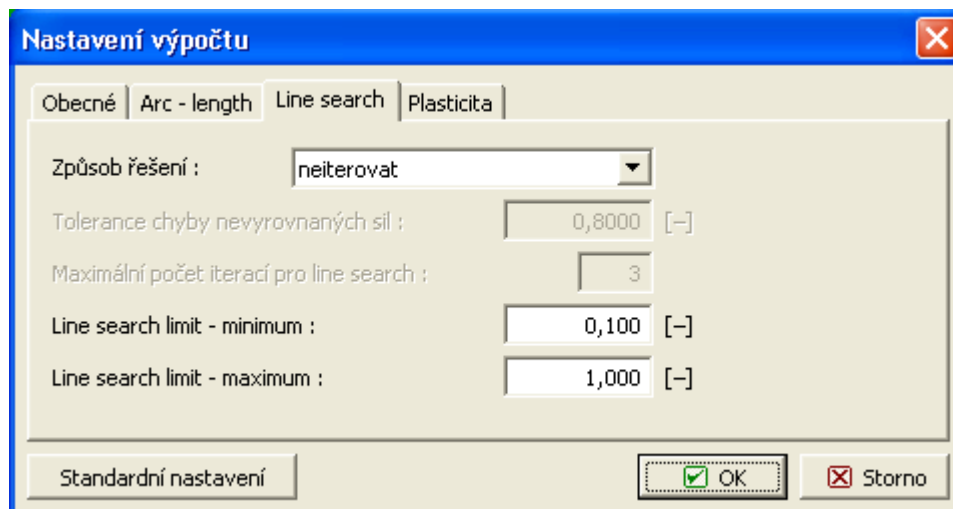
*Arc-length - automatická kontrola délky oblouku***Line search metoda**

Podstatou metody Line search je určit váhový koeficient η , kterým násobíme stávající hodnotu přírůstku vektoru posunutí tak, aby v daném směru byla splněna podmínka rovnováhy. Skutečný posun na konci i -té iterace tak bude mít hodnotu:

$$u_i = u_{i-1} + \eta \Delta u$$

Důsledkem užití této metody je buď akcelerace, $\eta > 1$, nebo utlumení, $\eta < 1$, výpočtového procesu. Poznamenejme, že užití metody Line search v rámci každé iterace zvyšuje časovou náročnost výpočtu. Na druhé straně je tento nedostatek kompenzován menším počtem iterací a možnost zamezení nepříznivých vlivů jako je divergence nebo oscilace během iteračního procesu. Standardně je metoda Line search zapnuta.

Doporučujeme použít standardní nastavení patrné z obrázku.



Nastavení metody Line search

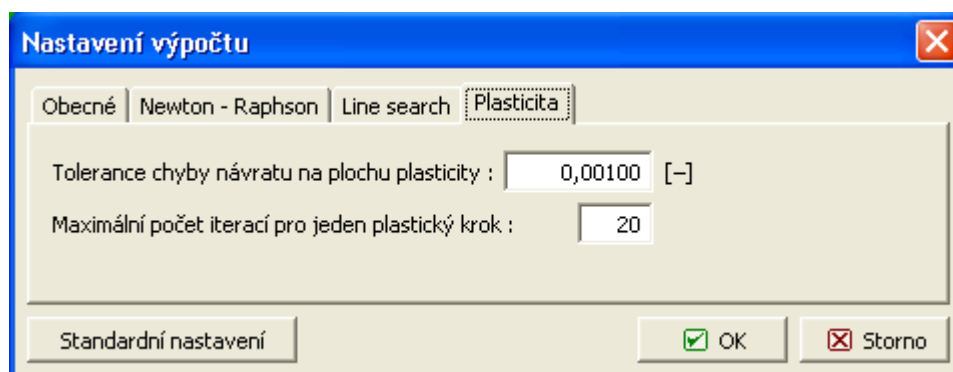
Plasticita

V sekci "**Plasticita**" se nastavují parametry procedury návratu na plochu plasticity.

Parametr "**Tolerance chyby návratu na plochu plasticity**" vyjadřuje, s jakou přesností má být splněna podmínka plasticity. V případě nelineárního zpevnění/změkčení jako případ podmínky plasticity modifikovaného cam clay modelu, vyžaduje návrat na plochu plasticity iterační proces.

Maximální počet povolených iterací je v takovém případě dán parametrem "**Maximální počet iterací pro jeden plastický krok**". V případě tuhoplastických modelů Drucker-Prager a modifikovaný Mohr-Coulomb se tyto parametry neuplatní.

Doporučujeme ponechat standardní nastavení patrné z obrázku.



Parametry návratu na plochu plasticity (stress return mapping)

Nastavení výpočtu zemětřesení

Při řešení úlohy zemětřesení lze v dialogovém okně "**Nastavení výpočtu**" volit mezi nastavením výpočtu "**Napjatosti**" a "**Zemětřesení**". Výpočet napjatosti v dané fázi vždy předchází výpočtu zemětřesení.

V případě "**Zemětřesení**" se na rozdíl od výpočtu napjatosti se místo výpočtového kroku nastavuje počáteční časový krok Δt .

Výpočet zemětřesení navíc vyžaduje nastavení parametrů **Newmarkovy integrační metody** nebo **Alfa metody**.

Dále je nutné určit parametry pro **výpočet vlastních frekvencí a vlastních tvarů kmitání**.

Nastavení výpočtu zemětřesení

Vlastní výpočet **zemětřesení** má vždy následující sekvenci výpočtů:

1. Výpočet napjatosti
2. Výpočet vlastních tvarů a vlastních frekvencí kmitání
3. 1D Free field column analýza
4. 2D analýza účinků zemětřesení

Pro každý výpočet je možné zobrazit patřičné výsledky s výjimkou Free field column analýzy. Tato analýza slouží k nastavení okrajových podmínek na svislých hranicích modelu pro vlastní analýzu účinků zemětřesení (bod č. 4).

Podrobnější informace lze nalézt v **teoretickém manuálu** na našich webových stránkách.

Newmarkova metoda

Časová integrace základní pohybové rovnice je řešena užitím implicitní **Newmarkovy metody**. Nastavují se dva základní parametry, a to parametr integrace rychlosti γ a parametr integrace posunu β .

Při volbě $\gamma = 0,5$ a $\beta = 0,25$ dostaneme metodu průměrného konstantního zrychlení. Tato volba je doporučena a vyhovuje podmínce:

$$2\beta \leq \gamma \leq \frac{1}{2}$$

Při splnění této podmínky je metoda nepodmíněně stabilní - stabilita řešení není závislá na velikosti časového integračního kroku.

Při $\gamma = 0,5$ je přesnost metody druhého řádu - chyba řešení klesá s kvadrátem při zjemňování časového integračního kroku. A materiálový útlum nemá vliv na stabilitu.

Nastavení Newmarkovy metody

Podrobnější informace lze nalézt v **teoretickém manuálu** na našich webových stránkách.

Alfa metoda

Newmarkově metoda při volbě $\gamma = 0,5$ negeneruje numerický **útlum**. Není tudíž možné utlumit vyšší módy kmitání, které jsou jen určitým artefaktem daným diskretizací metodou konečných prvků. Za tímto účelem vyvinuli Hilber, Hughes a Taylor **Alfa metodu**, která zavedením algoritmického útlumu umožňuje vyšší módy kmitání odfiltrovat. Při odpovídajícím nastavení je metoda nepodmíněně stabilní s přesností druhého řádu.

Parametr metody α se volí:

$$\alpha \in \left[-\frac{1}{3}, 0 \right]$$

Parametry β a γ se automaticky dopočítávají dle:

$$\beta = \frac{1 - \alpha^2}{4}, \quad \gamma = \frac{1 - 2\alpha}{2}$$

Metoda časové integrace

Metoda : alfa metoda

Parametr metody : $\alpha =$ 0,00 [-]

Vlastní tvary

Metoda : Gram Schmidt

Požadovaný počet vlastních tvarů : 10

Max. počet iterací metody iterace podprostoru : 300

Tolerance chyby metody iterace podprostoru : 1,000E-05 [-]

Podepření svislé hranice pro vlastní frekvence : svislé

OK Storno

Nastavení Alfa metody

Podrobnější informace lze nalézt v [teoretickém manuálu](#) na našich webových stránkách.

Výpočet vlastních frekvencí a vlastních tvarů kmitání

Výpočet vlastních frekvencí umožňuje primárně nastavit parametry **materiálového útlumu**. Uživatel si volí počet požadovaných nejnižších vlastních tvarů.

Výpočet je pro požadovaný počet vlastních frekvencí proveden inverzní metodou iterace podprostoru. Lze zvolit buď **metodu Gram Schmidtovy ortogonalizace** nebo **Jacobiho metodu** rotací pro řešení redukováného problému vlastních čísel.

Jacobiho metoda vyžaduje zpravidla **menší počet iterací** a počet nalezených vlastních frekvencí je obecně vyšší než požadovaný. **Může se však stát, že některé frekvence nejsou při výpočtu nalezeny.** Ke kontrole je použita Sturmova posloupnost.

Gram Schmidtova metoda vyžaduje sice **větší počet iterací**, ale z pohledu **možného vynechání některých vlastních frekvencí je spolehlivější.**

— Metoda časové integrace —

Metoda : Newmark ▼

Parametr integrace rychlosti : γ = 0,50 [-]

Parametr integrace posunu : β = 0,25 [-]

— Vlastní tvary —

Metoda : Gram Schmidt ▼

Požadovaný počet vlastních tvarů : 300

Max. počet iterací metody iterace podprostoru : 300

Tolerance chyby metody iterace podprostoru : 1,000E-05 [-]

Podpěření svislé hranice pro vlastní frekvence : svislé ▼

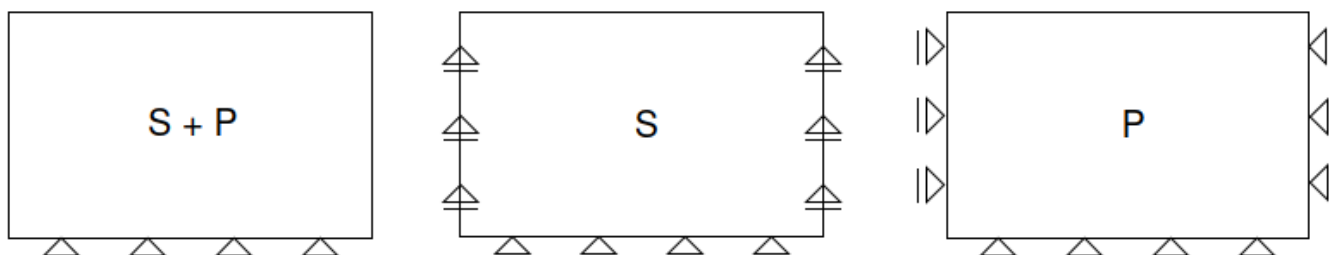
OK Storno

Metody pro výpočet vlastních frekvencí

Při výpočtu vlastních frekvencí pro výpočet parametrů **materiálového útlumu** je často nutné zvolit správný mód kmitání odpovídající předepsanému zatížení - kmitání pouze v horizontálním směru (zadáva se pouze horizontální složka zrychlení), nebo ve vertikálním směru (zadáva se pouze vertikální složka zrychlení), případně kombinace obou směrů kmitání (předepisují se obě složky zrychlení). Eliminaci některých módů kmitání lze zajistit zavedením vhodných okrajových podmínek na svislé hranici.

Nastavení okrajových podmínek na svislé hranice pro výpočet vlastních tvarů

Program umožňuje následující varianty podepření (pro výpočet vlastních frekvencí a tvarů):



Varianty podepření při výpočtu vlastních frekvencí a tvarů

Dalším vodítkem pro výběr vlastního tvaru kmitání pro výpočet parametrů materiálového útlumu jsou parametry "Modální faktor podílu vlastního kmitání" $\Gamma_{a,i}$ a "Efektivní modální hmotnost vlastního tvaru" $m_{a,i}$, které udávají míru příspěvku vlastního tvaru kmitání do horizontálního nebo vertikálního směru.

Podrobnější informace lze nalézt v **teoretickém manuálu** na našich webových stránkách.

Průběh výpočtu

Průběh výpočtu lze sledovat v okně v dolní části obrazovky.

Elastický výpočet má **jeden výpočtový krok** - po jednom výpočtu obdržíme výsledky. **Nelineární výpočet** se modeluje postupně - zatížení se postupně přidává v jednotlivých **zatěžovacích (výpočtových) krocích**. Výpočet proběhne úspěšně, pokud všechny výpočtové kroky zkonvergují a dosáhneme 100% požadovaného zatížení.

Program má **standardně nastaveny parametry výpočtu** zajišťující dostatečnou přesnost a rychlost výpočtu. Přesto zkušený uživatel může chtít určité parametry změnit, popřípadě otestovat jejich vliv na přesnost výpočtu. Jednotlivé parametry nastavení výpočtu lze měnit v dialogovém okně **"Nastavení výpočtu"**:

- Parametr **Procento dosaženého zatížení** vyjadřuje procentuální hodnotu (očekávanou hodnotu) celkového zatížení na konci aktuálního výpočtového kroku v případě úspěšné konvergence.
- **Délka kroku** udává aktuální váhový faktor pro stanovení přírůstku zatížení v aktuálním výpočtovém kroku.
- Parametr **Stupeň stability** udává očekávanou hodnotu stupně stability v případě úspěšné konvergence pro dané parametry c , ϕ .

Průběh iterace v rámci daného výpočtového kroku je dán charakterem změny parametrů konvergence. Program postupně zobrazuje tyto parametry:

- eta - parametr metody Line search
- chyba normy vektoru posunutí
- chyba normy vektoru nevyrovnaných sil
- chyba přírůstku vnitřní energie

Pokud všechny tři chyby jsou menší než požadované **tolerance chyb** (lze je editovat v okně "**Nastavení**"), je výpočet pro daný výpočtový krok ukončen.

Tlačítko "**Přeruš**" umožňuje přerušit výpočet. Výsledky jsou v takovém případě k dispozici pro úroveň zatížení, pro kterou byly jako poslední splněny podmínky konvergence.

Výpočet

Fáze :	3
Výpočtový krok :	3
Délka výpočtového kroku :	0,25000 [-]
Počet iterací :	2
Procento dosaženého zatížení :	75,0 [%]
Počet relaxací výpočtového kroku :	0

Iterace

Iterace	Eta	Chyba posunů	Chyba nev
1	1,0000	0,08189	
2	1,0000	0,00053	
3	1,0000	0,00003	
Výpočet pro daný výpočtový krok zkonvergoval.			
Výpočtový krok 3			
1	1,0000	0,08307	
2	1,0000	0,01088	

Průběh výpočtu

Výsledky

Zobrazení a interpretace výsledků je jednou z nejdůležitějších částí programu. Program umožňuje několik základních typů grafických výstupů, které se definují v rámci "**Nastavení kreslení : Výpočet**":

- vykreslovat **deformovanou konstrukci**
- plošné zobrazení **veličin v masívu** (lze zobrazovat hodnoty absolutní nebo oproti jiné fázi budování)
- **vnitřní síly** na nosnících, kontaktech
- **síly v kotvách a reakce**
- **poklesovou kotlinu**
- **sklopené řezy** veličin
- **vektory a směry** veličin

Program pro zobrazení výsledků používá následné **souřadné systémy**.

Pro snadné přepínání zobrazovaných veličin, způsobu vykreslování a práci s výstupy je určena nástrojová lišta "**Výsledky**" v horní části obrazovky. V pravé části desktopu je umístěna stupnice škály barev, a pod ní je umístěna nástrojová lišta "**Škála barev**", která slouží k jejímu nastavení.

Protože nastavení výstupů je někdy velice časově náročné, obsahuje program komfortní systém **ukládání a správy nastavení**.

Veškeré výstupy a zvolené výsledky lze tisknout v **protokolu o výpočtu**.

Ovládací lišta - Výsledky

Ovládací lišta obsahuje následující ovládací prvky:

Hodnoty: celkové ▾ Veličina: Posunutí d_z ▾ ☒ Podrobné výsledky Plošně: izoplochy ▾ Sít: pouze hrany ▾ deformovaná velikostí ▾ 1,00 ▾ [m]

Ovládací lišta "Nastavení zobrazení grafických výsledků"

Funkce jednotlivých prvků jsou následující:

Hodnoty : celkové ▾	Hodnoty ve fázích výpočtu	• zobrazí spočtené hodnoty, a to buď celkové, nebo oproti vybrané fázi budování
Veličina : Posunutí d_z ▾	Typ veličiny	• zobrazí vybranou veličinu výpočtu
<input checked="" type="checkbox"/> Podrobné výsledky	Podrobné výsledky	• v seznamu " Veličina " zobrazí podrobné výsledky
Plošně : izoplochy ▾	Plošné zobrazení	• umožňuje zapnout/vypnout zobrazení izolinií a izoploch v kresbě na desktopu
Sít' : pouze hrany ▾	Sít'	• umožňuje zapnout/vypnout typ zobrazení sítě (pouze hrany, nebo dle nastavení v dialogovém okně " MKP - nastavení zobrazení výsledků ")
nedeformovaná ▾	Zobrazení deformací	• umožňuje zobrazení typu deformace - konstrukce nedeformovaná /deformovaná (deformace velikostí, nebo pomocí koeficientu)

Nástrojová lišta obsahuje **nejčastěji používané ovládací prvky**, potřebné ke zobrazení výsledků na desktopu. Detailní nastavení zobrazení výsledků obsahuje rám "**Nastavení kreslení : Výpočet**", ve kterém lze upřesnit zobrazení výsledků na desktopu.

Výsledky lze stejně jako u ostatních programů GEO5 ukládat a tisknout. Zobrazení kresby lze také měnit v rámu "**Nastavení kreslení**".

Nastavení kreslení : Výpočet

V rámu "**Nastavení kreslení : Výpočet**" se nastavuje jaké hodnoty a jakým způsobem se budou vykreslovat. Jednotlivá zadaná nastavení lze později **ukládat** pomocí ovládací lišty "**Uložené pohledy**".

V záložce "**Hodnoty na ploše**" se nastavují základní parametry zobrazení plošných veličin a sítě - v dalších záložkách pak definujeme další typy výstupů.

Rám "Nastavení kreslení : Výpočet" - záložka "Hodnoty na ploše"

Některé výsledky z důvodů přehlednosti a srozumitelnosti **nelze vykreslovat současně**. Nelze například vykreslit deformovanou konstrukci a současně průběhy vnitřních sil na nosníku - je nutné zvolit pouze jednu variantu. V případě, kdy jsou zadány nepřipustné kombinace výstupů, program na to upozorní v spodní části dialogového okna. V následujícím příkladě je zadána nepřipustná kombinace deformovaná síť/ hodnoty v bodech rastru. Chceme-li zobrazit hodnoty v bodech rastru, je nutné vypnout kresbu deformované sítě na ovládací liště "**Výsledky**".

Výpočet

plná barva ▼

☒ Hodnoty na ploše
☒ Sklopené řezy
☒ Vektory
☒ Směry
☒ Poklesová kotlina

☐ Veličiny na nosnících
☐ Napětí na kontaktech
☐ Síly v kotvách (A)

☐ Nedeformovanou konstrukci
☒ Deformované nosníky
☐ Deformované kotvy

Deformovaná síť : nevykresluje se hodnoty v bodech rastru, sklopené řezy

Hodnoty na ploše Sklopené řezy Vektory S

Hodnoty na ploše : v bodech rastru ▼

Počátek : x = 0,00 [m]
 z = 0,00 [m]

Krok : δx = 1,00 [m]
 δz = 1,00 [m]

Natočení : α = 0,0 [°]

Upozornění na konflikt vykreslování

Seznam veličin

V programu lze zobrazovat tyto plošné veličiny (hodnoty v masívu):

Seznam veličin zobrazovaných programem - základní veličiny:

Označení	Popis	Symbol	Jednotka GEO 5
Posunutí d_z	Posunutí ve směru osy Z	d_z	[mm]
Posunutí d_x	Posunutí ve směru osy X	d_x	[mm]
Výslednice posunutí $ d $	Výslednice posunutí	$ d $	[mm]
Efektivní napětí $\sigma_{x, eff}$	Efektivní normálové napětí ve směru osy X	$\sigma_{x, eff}$	[kPa]
Efektivní napětí $\sigma_{z, eff}$	Efektivní normálové napětí ve směru osy Z	$\sigma_{z, eff}$	[kPa]
Obvodové napětí $\sigma_{\theta, eff}$	Efektivní obvodové napětí ve směru θ	$\sigma_{\theta, eff}$	[kPa]
Totální napětí $\sigma_{x, tot}$	Totální normálové napětí ve směru osy X	$\sigma_{x, tot}$	[kPa]
Totální napětí $\sigma_{z, tot}$	Totální normálové napětí ve směru osy Z	$\sigma_{z, tot}$	[kPa]
Obvodové napětí $\sigma_{\theta, tot}$	Totální obvodové napětí ve směru θ	$\sigma_{\theta, tot}$	[kPa]
Smykové napětí τ_{xz}	Smykové napětí v rovině XZ	τ_{xz}	[kPa]
Ekvivalentní deviatorické napětí J	Ekvivalentní deviatorické napětí	J	[kPa]
Celkový pórový tlak u_{tot}	Celkový pórový tlak	u_{tot}	[kPa]
Ekvivalentní deviatorické přetvoření E_d	Ekvivalentní deviatorické přetvoření	E_d	[%]
Plastické ekvivalentní deviatorické přetvoření $E_{d, pl}$	Plastické ekvivalentní deviatorické přetvoření	$E_{d, pl}$	[%]
Pórový tlak u	Pórový tlak	u	[kPa]
Rychlost proudění $v_{w, x}$	Rychlost proudění ve směru osy X	$v_{w, x}$	[m/den]
Rychlost proudění $v_{w, z}$	Rychlost proudění ve směru osy Z	$v_{w, z}$	[m/den]
Výslednice rychlosti proudění $ v_w $	Výslednice rychlosti proudění	$ v_w $	[m/den]
Stupeň nasycení S	Stupeň nasycení	S	[%]

Seznam veličin zobrazovaných programem - podrobné veličiny (zaškrťovací pole

☒ Podrobné výsledky

Označení	Popis	Symbol	Jednotka GEO 5
Střední efektivní napětí $\sigma_{m, eff}$	Střední efektivní napětí	$\sigma_{m, eff}$	[kPa]
Střední totální napětí $\sigma_{m, tot}$	Střední totální napětí	$\sigma_{m, tot}$	[kPa]

Ustálený pórový tlak u_{ss}	Ustálený pórový tlak	u_{ss}	[kPa]
Nedisipovaný pórový tlak u_{exc}	Nedisipovaný pórový tlak	u_{exc}	[kPa]
Objemové přetvoření ε_v	Objemové přetvoření	ε_v	[%]
Plastické objemové přetvoření $\varepsilon_{v, pl}$	Plastické objemové přetvoření	$\varepsilon_{v, pl}$	[%]
Celková hydraulická výška h	Celková hydraulická výška	h	[m]
Gradient celkové hydraulické výšky ∇_{xh}	Gradient celkové hydraulické výšky ve směru osy X	∇_{xh}	[-]
Gradient celkové hydraulické výšky ∇_{zh}	Gradient celkové hydraulické výšky ve směru osy Z	∇_{zh}	[-]
Výslednice gradientu celkové hydraulické výšky $ \nabla $	Výslednice gradientu celkové hydraulické výšky	$ \nabla $	[-]
Proudový tlak $p_{w, x}$	Proudový tlak ve směru osy X	$p_{w, x}$	[kN/m ³]
Proudový tlak $p_{w, z}$	Proudový tlak ve směru osy Z	$p_{w, z}$	[kN/m ³]
Výslednice proudového tlaku $ p_w $	Výslednice proudového tlaku	$ p_w $	[kN/m ³]
Relativní permeabilita K_r	Relativní permeabilita	K_r	[%]
Sání u_{succ}	Sání	u_{succ}	[kPa]
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{1, eff}$	Efektivní hlavní napětí ve směru osy 1	$\sigma_{1, eff}$	[kPa]
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{2, eff}$	Efektivní hlavní napětí ve směru osy 2	$\sigma_{2, eff}$	[kPa]
Efektivní hlavní napětí $\sigma_{3, eff}$	Efektivní hlavní napětí ve směru osy 3	$\sigma_{3, eff}$	[kPa]
Totální hlavní napětí $\sigma_{1, tot}$	Totální hlavní napětí ve směru osy 1	$\sigma_{1, tot}$	[kPa]
Totální hlavní napětí $\sigma_{2, tot}$	Totální hlavní napětí ve směru osy 2	$\sigma_{2, tot}$	[kPa]
Totální hlavní napětí $\sigma_{3, tot}$	Totální hlavní napětí ve směru osy 3	$\sigma_{3, tot}$	[kPa]
Přetvoření ε_x	Přetvoření ve směru osy X	ε_x	[%]
Přetvoření ε_z	Přetvoření ve směru osy Z	ε_z	[%]
Obvodové přetvoření ε_θ	Obvodové přetvoření	ε_θ	[%]
Smykové přetvoření γ_{xz}	Smykové přetvoření v rovině XZ	γ_{xz}	[%]
Plastické přetvoření $\varepsilon_{x, pl}$	Plastické přetvoření ve směru osy X	$\varepsilon_{x, pl}$	[%]
Plastické přetvoření $\varepsilon_{z, pl}$	Plastické přetvoření ve směru osy Z	$\varepsilon_{z, pl}$	[%]
Plastické obvodové přetvoření $\varepsilon_{\theta, pl}$	Plastické obvodové přetvoření	$\varepsilon_{\theta, pl}$	[%]
Plastické smykové přetvoření $\gamma_{xz, pl}$	Plastické smykové přetvoření v rovině XZ	$\gamma_{xz, pl}$	[%]
Hlavní přetvoření ε_1	Hlavní přetvoření ve směru osy 1	ε_1	[%]
Hlavní přetvoření ε_2	Hlavní přetvoření ve směru osy 2	ε_2	[%]
Hlavní přetvoření ε_2	Hlavní přetvoření ve směru osy 3	ε_2	[%]
Hlavní plastické přetvoření $\varepsilon_{1, pl}$	Hlavní plastické přetvoření ve směru osy 1	$\varepsilon_{1, pl}$	[%]
Hlavní plastické přetvoření $\varepsilon_{2, pl}$	Hlavní plastické přetvoření ve směru osy 2	$\varepsilon_{2, pl}$	[%]
Hlavní plastické přetvoření $\varepsilon_{3, pl}$	Hlavní plastické přetvoření ve směru osy 3	$\varepsilon_{3, pl}$	[%]
Číslo pórovitosti e	Číslo pórovitosti	e	[-]
Mobilizovaná pevnost R_{mob}	Mobilizovaná pevnost	R_{mob}	[%]

Mobilizovaná pevnost

Veličina "**Mobilizovaná pevnost**" udává (v procentech) míru "vyčerpání" pevnosti zeminy/horniny. Je-li $R_{mob} = 100\%$, materiál dosáhl plastického stavu – smyková pevnost je plně vyčerpána/mobilizovaná.

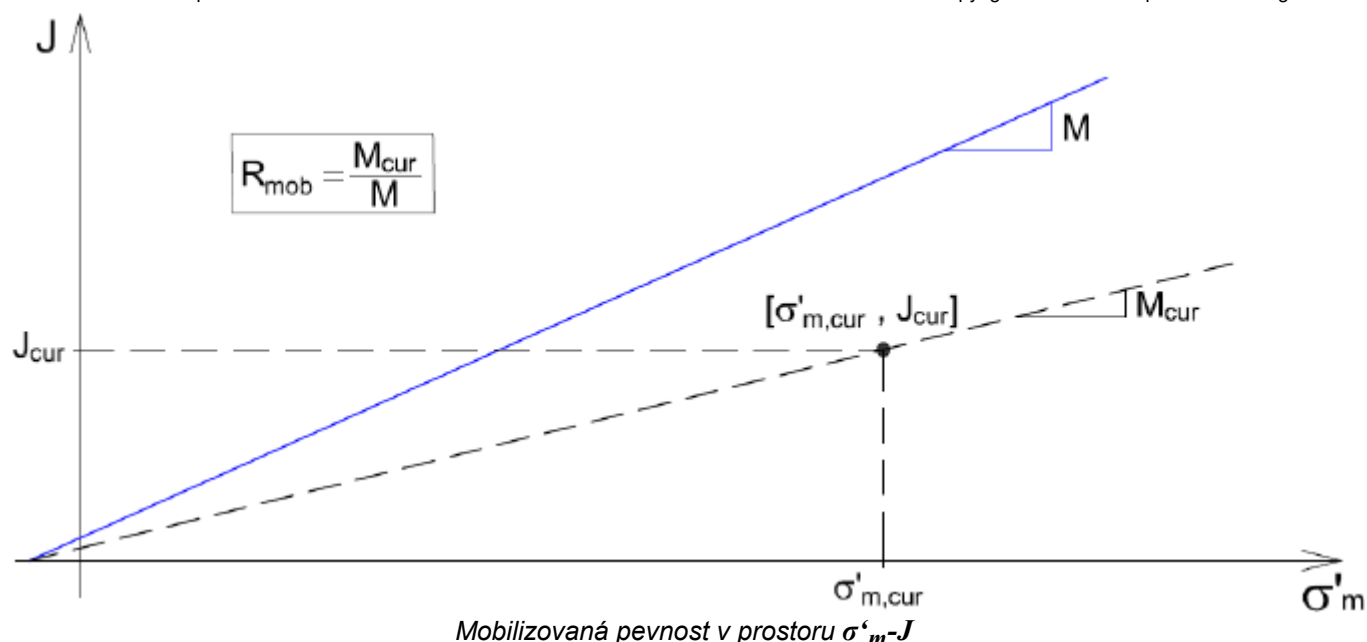
Obecný vzorec pro výpočet R_{mob} je:

$$R_{mob} = \frac{M_{cur}}{M} \times 100 \text{ [%]}$$

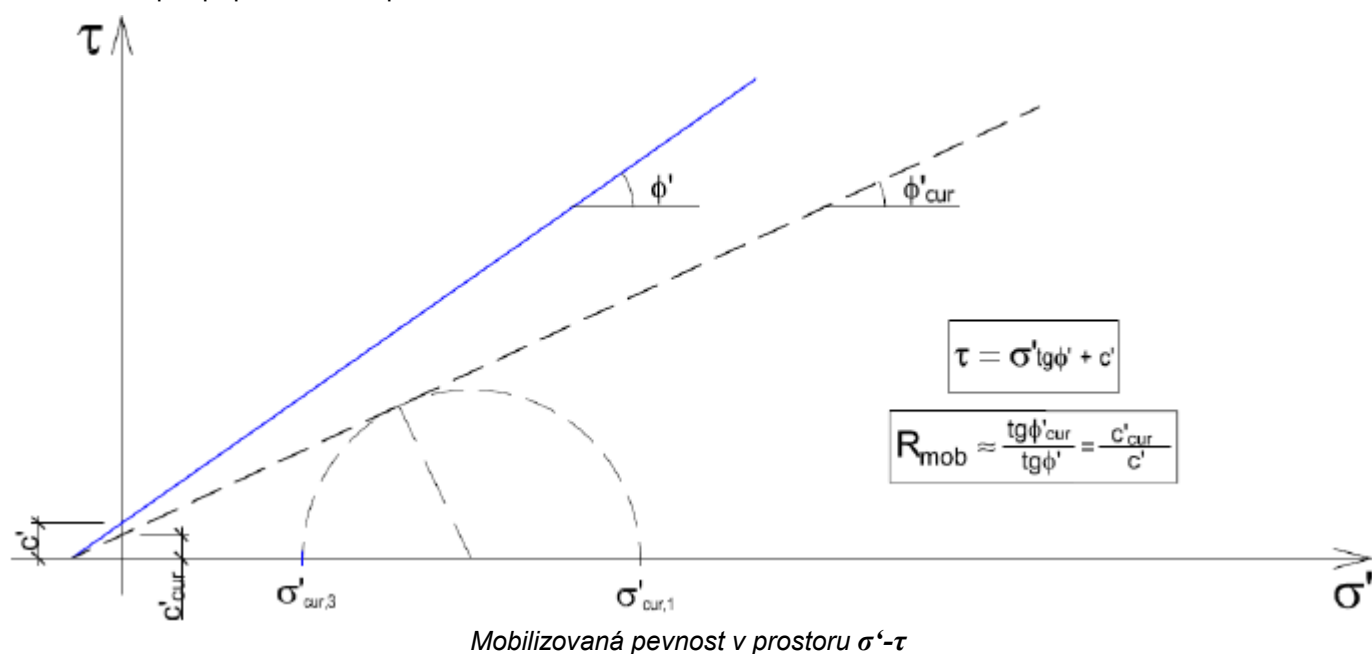
kde: M_{cur} - aktuálně mobilizovaná zobečněná pevnost [-]

M - zobečněná pevnost (směrnice plochy porušení/plasticity [-])

Stanovení (výpočet) M_{cur} a M závisí na zvoleném materiálovém modelu. O "zobečněné pevnosti" mluvíme, neboť obě veličiny (M_{cur} a M) se stanovují v prostoru σ'_m - J (viz obrázek níže).



Zjednodušeně, pro případ 3ax komprese:



Monitory

Rám "Monitory" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných monitorů. Přidání monitorů se provádí v **dialogovém okně "Nové monitory"**. Monitor lze zadat bodový, nebo spojnicový. V dialogové okně se zadávají souřadnice bodu monitoru a aktivita monitoru.

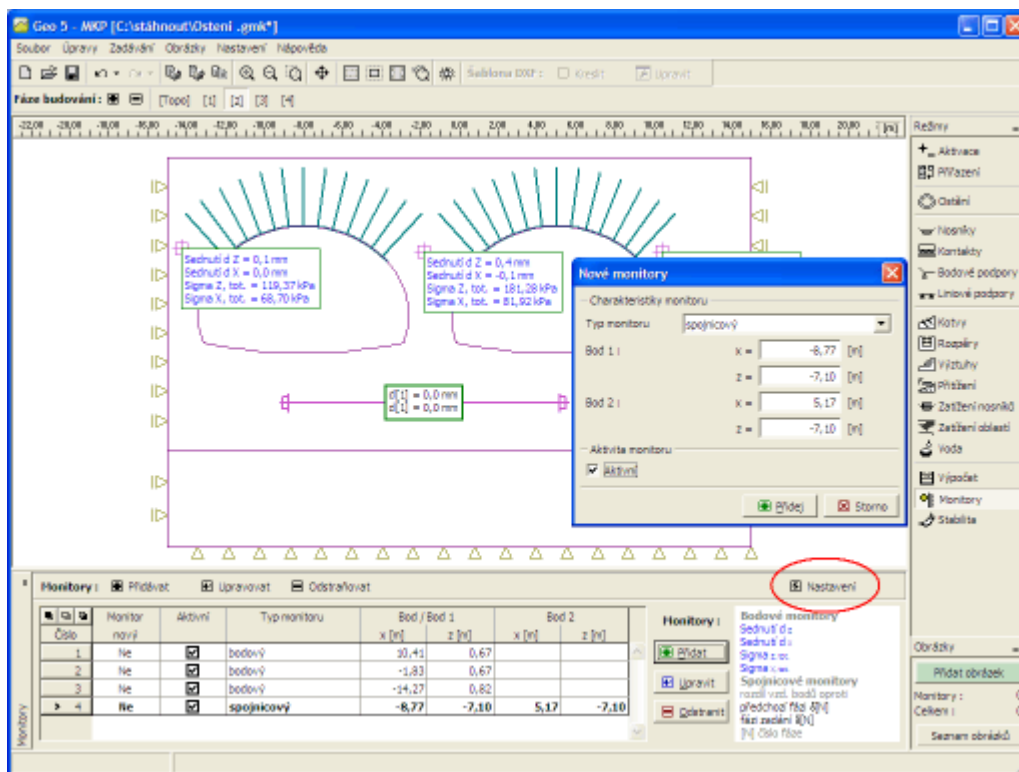
Zadané monitory lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

Program umožňuje zadání libovolného množství bodových a spojnicových monitorů kdekoliv v konstrukci i mimo ni. Monitory mají několik funkcí:

- zobrazení hodnot **veličin** v určitém bodě (bodový monitor)
- zobrazení hodnot rozdílu vzdálenosti dvou bodů oproti předchozí **fázi budování** $d[N]$, nebo oproti fázi zadání, kde N je číslo fáze budování (spojnicový monitor)

V bodových monitorech se také zaznamenávají hodnoty veličin v průběhu výpočtu jednotlivých fází. Ty lze pak vypsát do výstupního protokolu nebo použít pro **vytvoření grafů**.

Seznam veličin, které se zobrazují u jednotlivých monitorů se nastavuje v dialogovém okně **"Nastavení monitorů"**. Okno se otevírá pomocí tlačítka **"Nastavení"** na vodorovné liště **"Monitory"**.



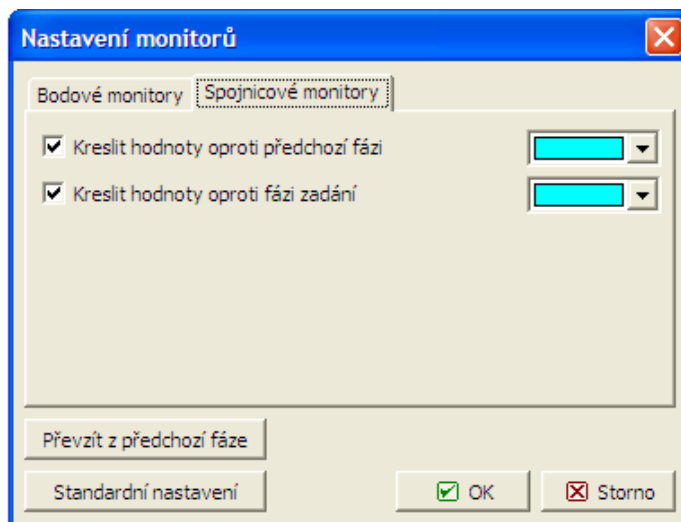
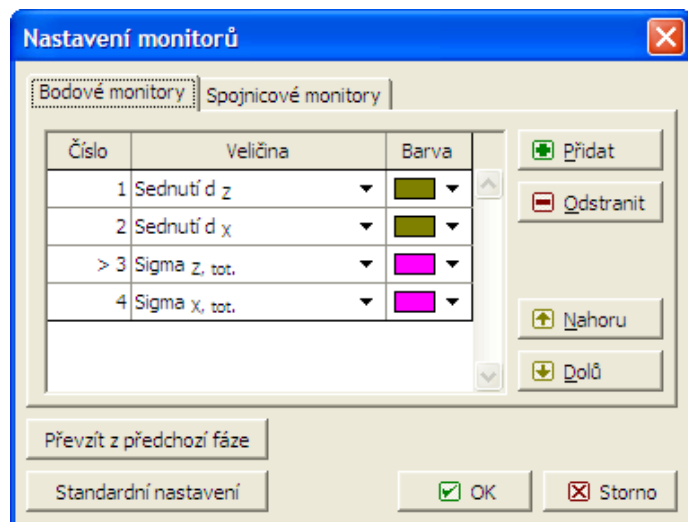
Rám "Monitor"

Nastavení monitorů

V dialogovém okně "**Nastavení monitorů**" lze nastavit **veličiny**, jejichž hodnoty se budou u daného monitoru zobrazovat (bodové monitor). Nastavení seznamu veličin, lze převzít z předchozí fáze budování pomocí tlačítka "**Převzít z předchozí fáze**". Standardně se zobrazují čtyři veličiny. Další veličinu lze do seznamu vložit pomocí tlačítka "**Přidat**". Pomocí tlačítka "**Odstranit**" lze veličinu ze seznamu smazat.

Pro spojnivé monitor se v dialogové okně zapíná zobrazení hodnot oproti předchozí, případně fázi zadání.

Pro bodové i spojnivé monitor lze nastavit barevnou škálu zobrazených hodnot.



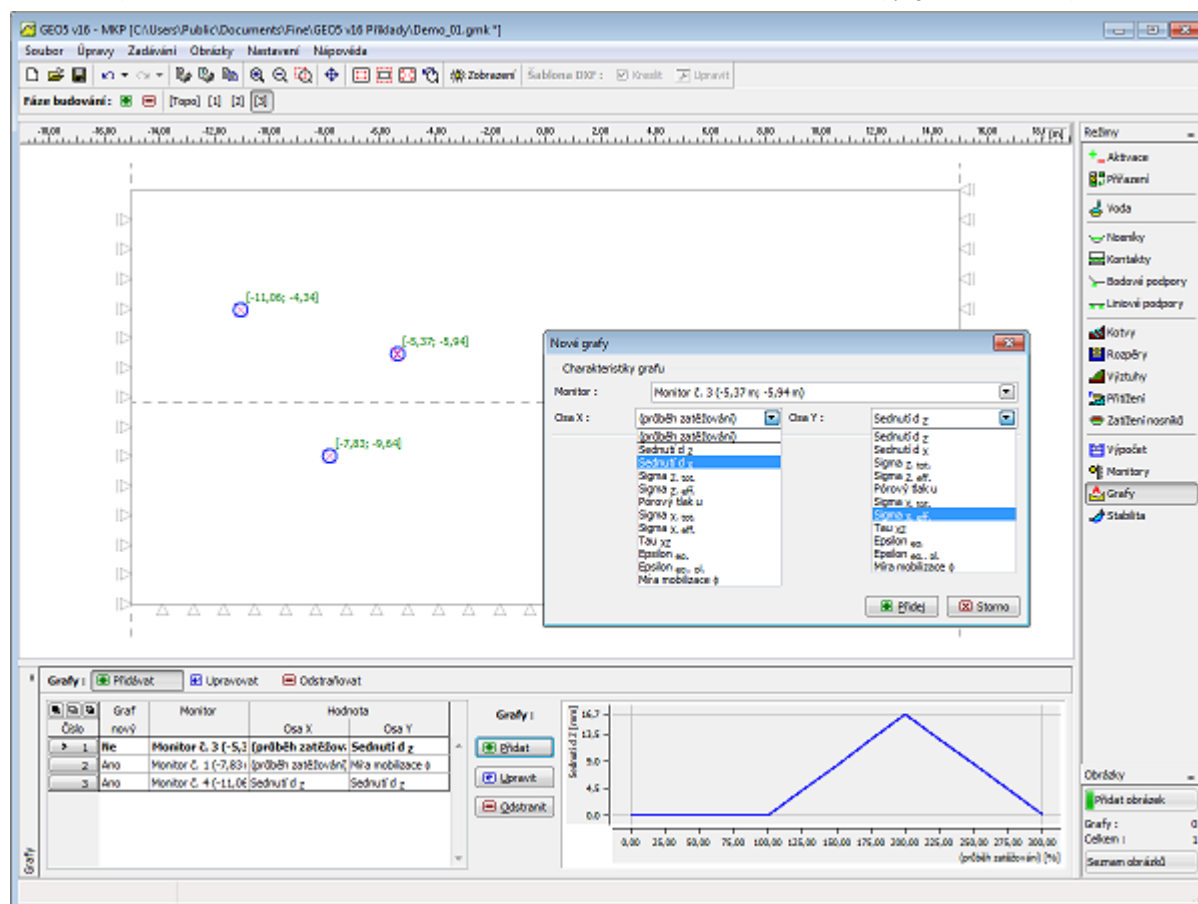
Dialogové okno "Nastavení monitorů"

Grafy

Rám "**Grafy**" obsahuje **tabulku** se seznamem zadaných grafů. **Přidání** grafů se provádí v **dialogovém okně "Nové grafy"**. V dialogovém okně se zadává číslo **monitoru**, kde bude graf vytvořen a požadovaná veličina pro osu **X** a **Y**.

Zadané grafy lze také editovat na desktopu pomocí **aktivních objektů**.

Program umožňuje zadání libovolného množství grafů v bodech umístěných **monitorů**. Grafy umožňují zobrazit vzájemnou závislost jednotlivých veličin v monitorech v průběhu výpočtu.



Rám "Grafy"

Stabilita

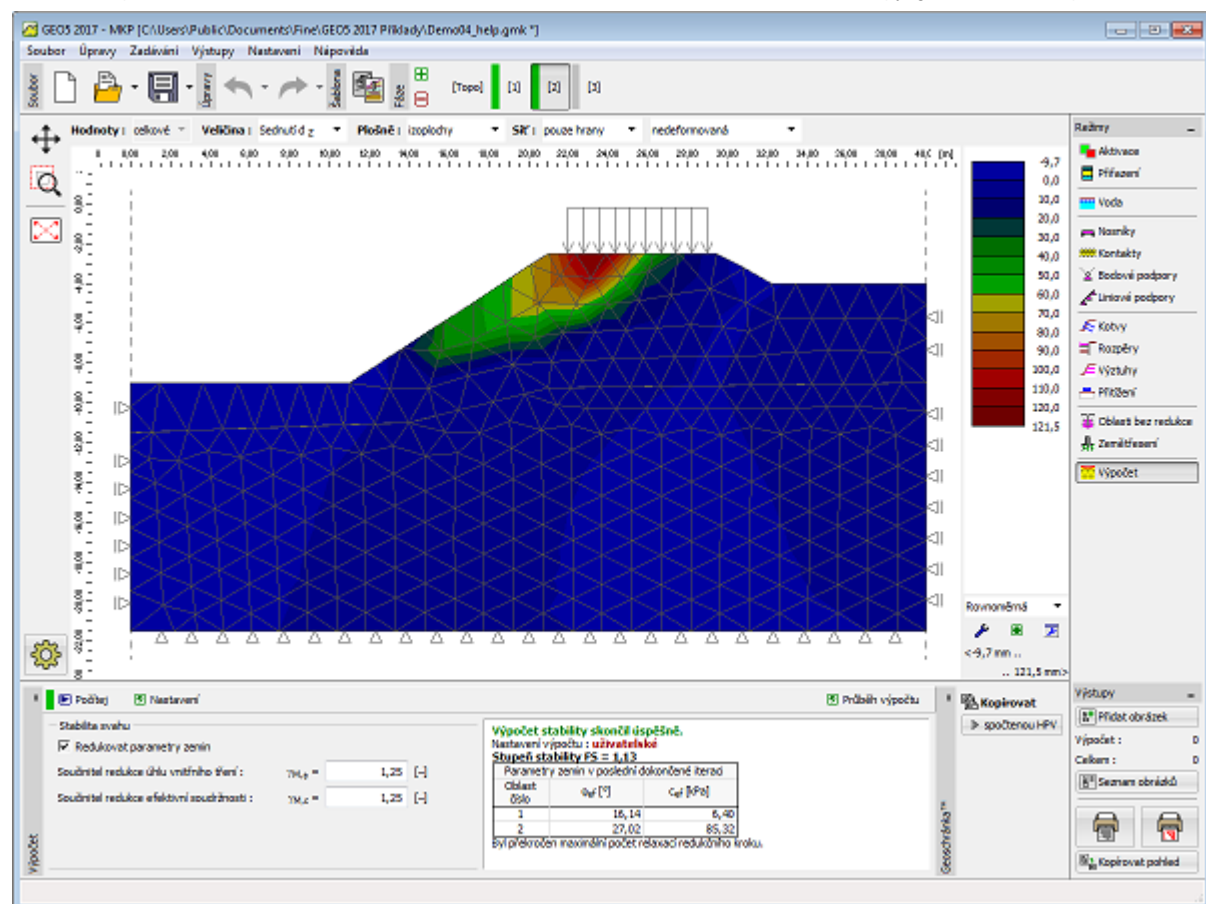
Program při výpočtu stability **redukuje** zadané hodnoty úhlu vnitřního tření a soudržnosti zemín a hledá okamžik, kdy dojde k zplastizování konstrukce a její nestabilitě. Výsledkem výpočtu je pak **stupeň stability**, který odpovídá klasickým stabilním metodám.

Pro **výpočet stability** je nutné mít materiálový model všech zemín **Mohr-Coulomb**, **Drucker-Prager** nebo **modifikovaný Mohr-Coulomb** a **šesti-uzlové prvky**. Standardní **parametry výpočtu stupně stability** lze měnit v dialogovém okně "**Nastavení výpočtu**".

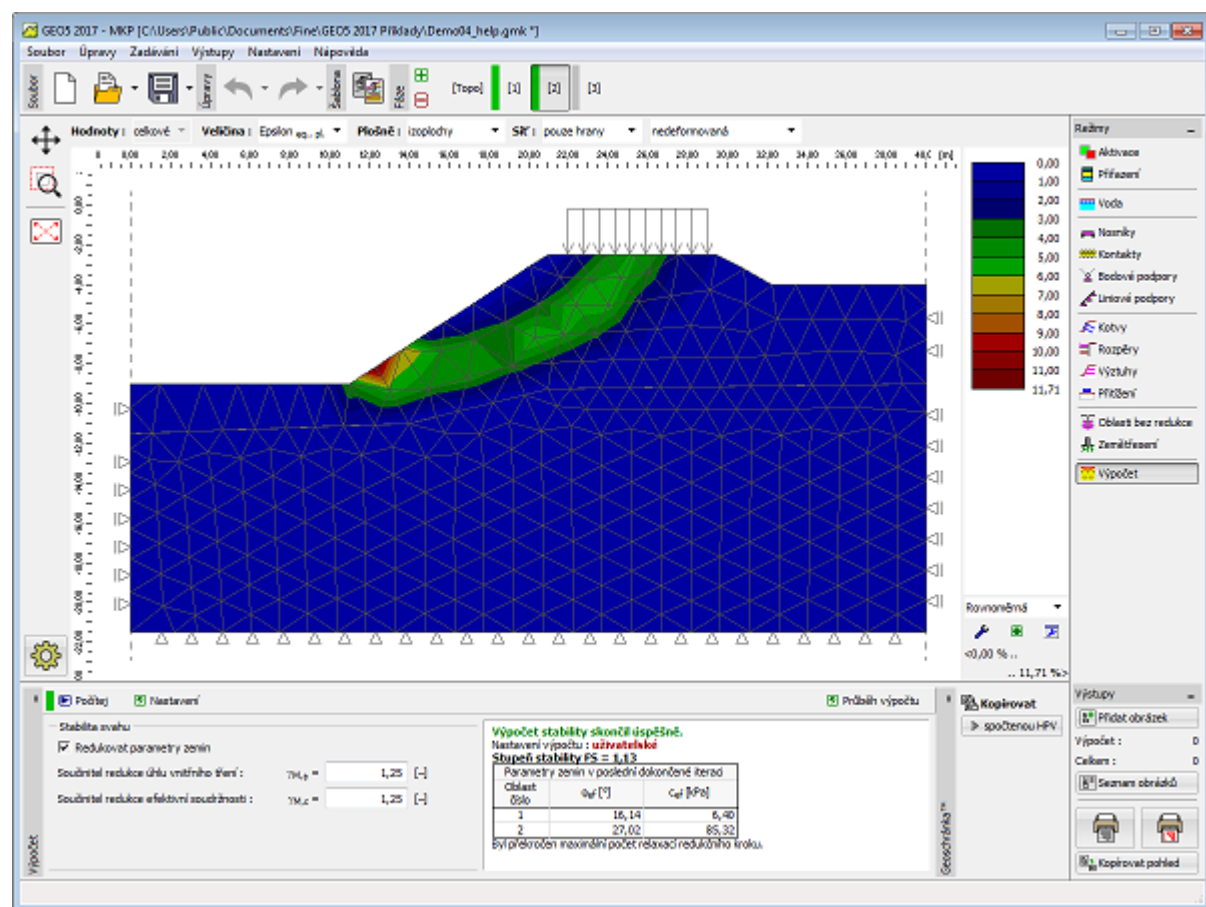
Program v módu stabilita umožňuje výstup **pouze deformací** (ve směru **Z** a **X**) a **přetvoření** (celkového resp. plastického). Deformace konstrukce odpovídá stavu výpočtu pro redukované parametry zemín - nemá tedy se skutečnou deformací nic společného - podává obraz chování celého svahu resp. konstrukce v okamžiku porušení.

Velice vhodným výstupem u výpočtu stability jsou **vektory posunů** a **ekvivalentní plastické deformace**. Plastické deformace ukazují tvar a velikost plastických deformací (v tomto případě **smyskové plochy**).

Program dále umožňuje posoudit svah v souladu s teorií mezních stavů resp. podle EN1997-1, návrhový přístup 3. V okně zadáme **součinitele redukce úhlu vnitřního tření zeminy** $\gamma_{M,\phi}$ a **součinitele redukce efektivní soudržnosti zeminy** $\gamma_{M,c}$, které redukují všechny vstupní parametry zemín. Pokud redukci zavedeme v souladu s EN 1997 ($\gamma_{M,\phi} = 1,25$, $\gamma_{M,c} = 1,25$), je svah vyhovující pro **FS** = 1.0.



Rám "Stabilita"



Ekvivalentní plastické přetvoření - smyková plocha

Nastavení základních parametrů výpočtu stupně stability

Vlastní výpočet stupně stability je založen na **metodě redukce parametrů pevnosti zeminy** c , φ . V rámci této metody je stupeň stability definován jako parametr, kterým je nutno redukovat skutečné hodnoty parametrů c , φ vedoucí ke ztrátě stability.

Stupeň stability pak definujeme vztahem:

$$F = \frac{\tan \varphi^{\text{skutečné}}}{\tan \varphi^{\text{porušení}}}$$

kde:

- $\varphi^{\text{skutečné}}$ - skutečná hodnota úhlu vnitřního tření
- $\varphi^{\text{porušení}}$ - hodnota úhlu vnitřního tření v okamžiku porušení

Nalezení kritické hodnoty stupně stability vyžaduje systematickou modifikaci (redukci) parametrů c , φ vedoucí ke ztrátě stability. V rámci NRM je ztráta stability (porušení) definovaná jako okamžik, kdy řešení přestane konvergovat. Proces vyhledávání parametrů c , φ je řízen následujícími parametry nastavení výpočtu.

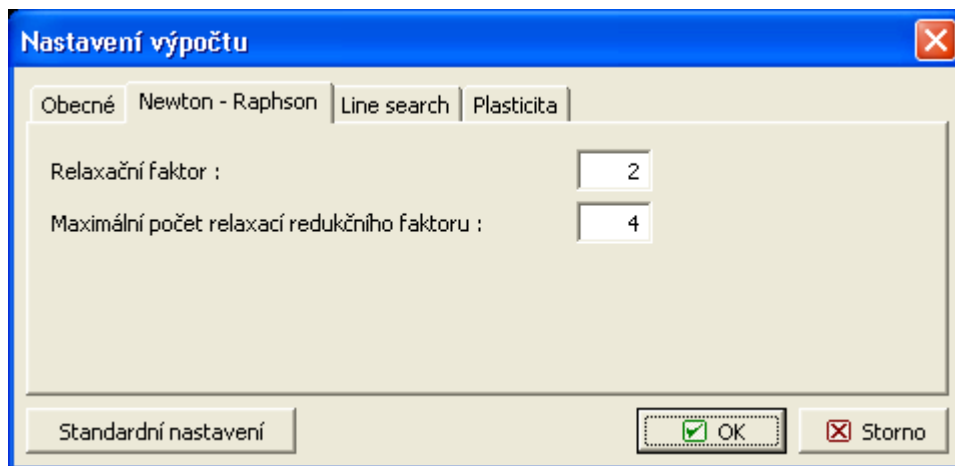
1. **Redukční faktor** - součinitel, kterým jsou snižovány hodnoty parametrů c , φ . Velikost redukčního faktoru je v programu **adaptivně upravována**.
2. **Min. redukční faktor** - hodnota, pod kterou by hodnota redukčního faktoru neměla klesnout během procesu vyhledávání. Zajišťuje, aby výpočet nepokračoval pro zbytečně malé hodnoty redukčního faktoru. Je to jeden z parametrů zastavení výpočtu.
3. **Redukce parametrů zeminy** - tímto parametrem lze nastavit, jaký z parametrů c , φ bude redukován. Standardní nastavení předpokládá současnou redukci obou parametrů.

Základní parametry nastavení výpočtu stupně stability

Nastavení řídicích parametrů relaxace redukčního faktoru

V programu lze hodnotu redukčního faktoru adaptivně upravovat. V případě, že řešení nekonverguje pro stávající hodnoty parametrů c , φ , snižuje se automaticky hodnota redukčního faktoru a výpočet se restartuje. Tento postup je řízen parametry nastavení v okně **"Nastavení výpočtu"** - záložka **Newton-Raphson**.

Relaxační faktor je určen k relaxaci parametrů redukce veličin c , φ . Výpočet je ukončen v okamžiku, kdy hodnota redukčního faktoru buď klesne pod minimální zadanou, anebo je překročen maximální počet povolených redukcí. Při použití NRM program umožňuje nalezení parametrů c , φ , pro které je daná konstrukce stabilní, v případě, že řešení se skutečnými hodnotami parametrů c , φ nebylo nalezeno. Program pak postupuje opačně a hodnoty c , φ jsou systematicky **zvětšovány do dosažení stabilního řešení**.



Parametry řízení procesu redukce parametrů pevnosti c , ϕ

Oblasti bez redukce

Rám "Oblasti bez redukce" obsahuje tabulku se seznamem zadaných oblastí.

Zadávání oblastí bez redukce pevnostních parametrů je zcela shodné se standardním zadáváním rozhraní.

Tato funkce dovoluje při výpočtu stability definovat oblasti, v nichž nedochází k redukci pevnostních parametrů p_{hi} a c . Oblasti bez redukce se zadávají v dané fázi polygonem bodů. Redukce pevnostních parametrů ϕ a c je zamezena u každého prvku, který alespoň částečně zasahuje do oblastí.

Pomocí oblastí bez redukce pevnostních parametrů můžeme vyřešit situace, kdy stabilitní výpočet nevede ke vzniku globální smykové plochy a mechanismus porušení a související hodnota stupně stability je z tohoto důvodu nevěrohodná.

Funkci můžeme použít pro materiálové modely přípustné při analýze stability, tedy

- Mohr-Coulomb
- Modifikovaný Mohr-Coulomb
- Drucker-Prager

Ostatní materiálové modely nejsou ve při analýze stability přípustné.

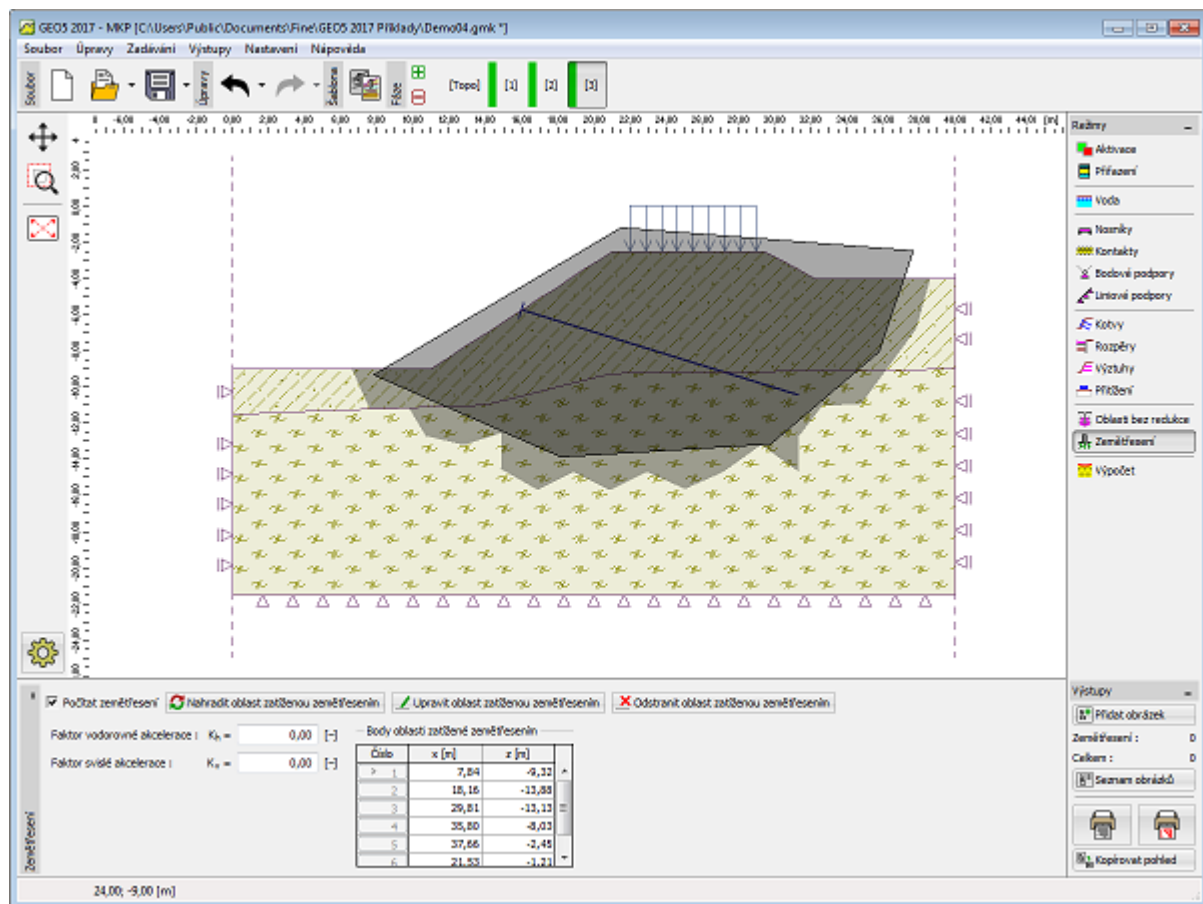
Zemětřesení

V rámu "Zemětřesení" se zadávají parametry zemětřesení. Směry zadaných účinků zemětřesení jsou zobrazeny na desktopu.

Z důvodů konvergence je nutné definovat oblast, kde se předpokládá smyková plocha a ve které působí na všechny prvky KP vodorovné i svislé zrychlení - viz obrázek. Prvky mimo oblast nejsou zadaným zemětřesením ovlivněny. Oblast by se neměla dotýkat okrajů úlohy, jinak výpočet nemusí najít řešení.

V tomto případě obsahuje rám tabulku se seznamem zadaných bodů. Zadávání oblastí je zcela shodné se standardním zadáváním rozhraní.

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, lze je dopočítat postupem podle EN 1998-5.



Rám "Zemětřesení"

Výstupy

Tato kapitola obsahuje popis možností výstupů (obrázky, tiskové sestavy, datová kopie ve schránce) z programů GEO5. Pro práci s výstupy je určena lišta "Výstupy".

Programy GEO umožňují vytvořit **tiskové sestavy**, které mohou obsahovat libovolné obrázky (pohledy) z jakéhokoli režimu zadávání dat a výpočtu. Obrázky lze také tisknout samostatně.

- Tisk a export dokumentu
- Tisk a export pohledu

Práce s obrázky je popsána v následujících kapitolách:

- Přidání obrázku
- Seznam obrázků

Dále lze do výstupu **přidávat libovolné obrázky a texty** - k tomu slouží funkce "Dodatky".

V tiskovém editoru lze nastavit požadované **vlastnosti stránek** dokumentu:

- Nastavení záhlaví a zápatí
- Vlastnosti stránky
- Číslování stránek

V samostatném dialogovém okně se zadávají **informace o uživateli** programu. Tyto informace mohou poté být součástí výstupů:

- Údaje o firmě

Přidání obrázku

V jakémkoliv režimu práce programem lze uložit aktuální obrázek. Na svislé ovládací liště "Výstupy" stiskneme tlačítko

"Přidat obrázek". Tlačítko otevře dialogové okno **"Nový obrázek"** a program vloží do okna aktuální pohled z desktopu.

Obrázek vždy přísluší k některému režimu zadávání dat resp. výpočtu. (Aktuální režim je znázorněn vedle názvu obrázku.) Při **tisku dokumentu** je obrázek automaticky zařazen do stromečku k příslušnému režimu.

Program umožňuje definovat obrázek buď pro konkrétní fázi budování (popřípadě pro aktuální výpočet) - lze ale také nastavit, že obrázek bude zařazen do dokumentu ve všech fázích budování (popřípadě pro všechny výpočty). Tato volba se provede výběrem možnosti **"všechny"** v rozbalitelném seznamu **"Fáze"** (popřípadě v seznamu **"Výpočet"**).

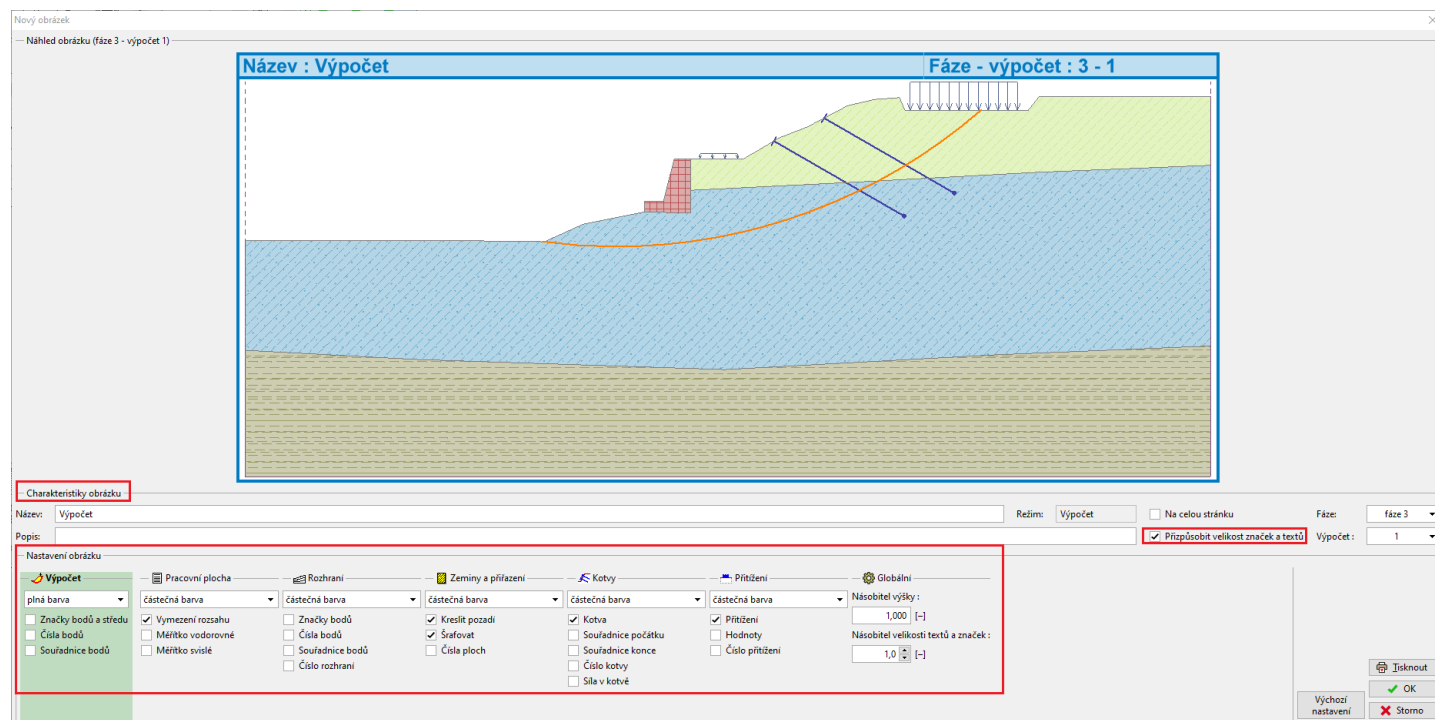
Prepínač **"Na celou stránku"** umožňuje předepsat zobrazení obrázku přesně na velikost stránky dokumentu.

Upozornění: Všechny zadané obrázky se automaticky regenerují při změně dat.

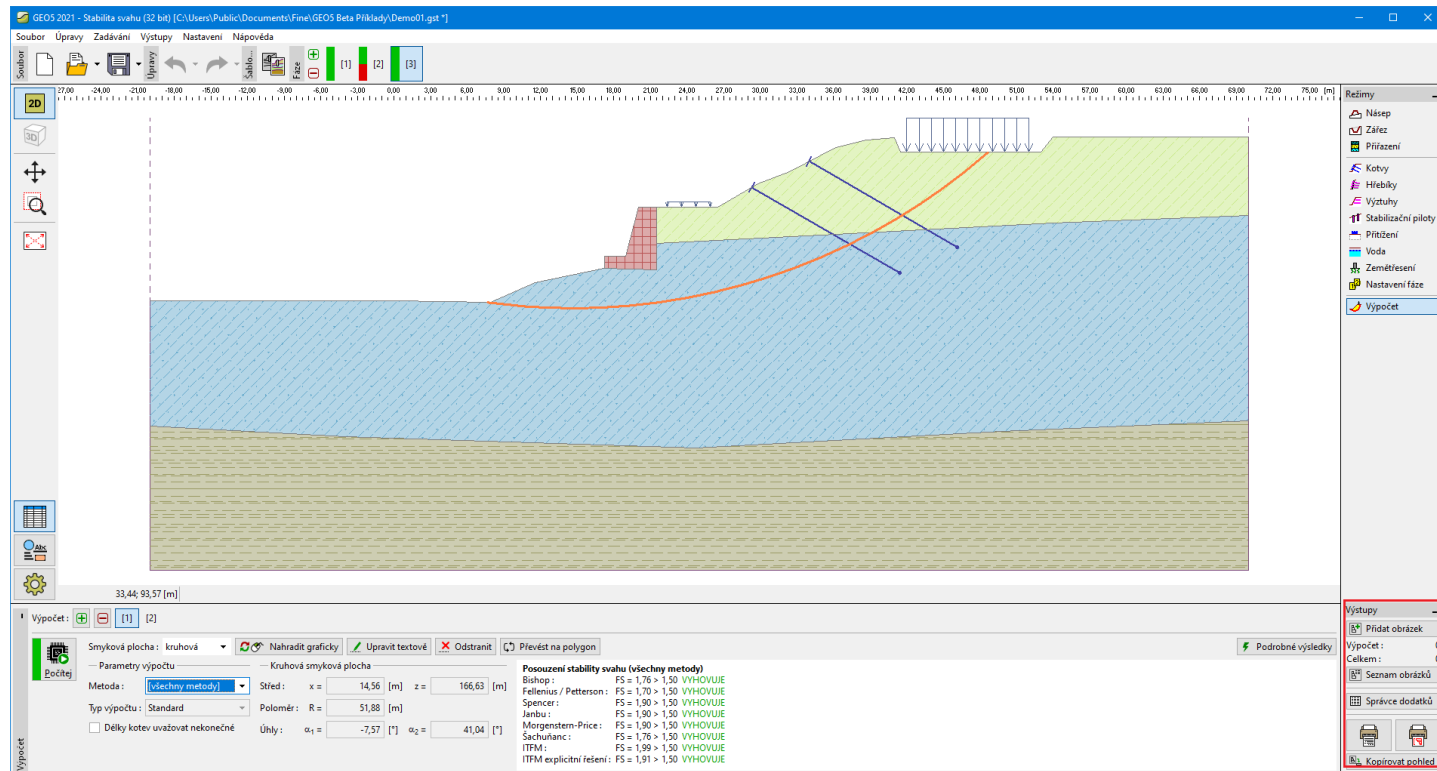
Pomocí rámu **"Nastavení obrázku"** v dolní části dialogového okna lze upravit kreslení barev a čar (objektů). Nastavení v této části rámu program převezme z **nastavení** pro vykreslování obrázku na desktopu. Použití funkcí rámu je shodné jako při nastavení kresby na desktopu a je podrobně popsáno v **"Nastavení kreslení"**.

Stisknutím tlačítka **"OK"** se obrázek uloží do **"Seznamu obrázků"** a lze jej kdykoliv znovu otevřít a upravit.

Obrázek lze z tohoto okna vytisknout - stisknutím tlačítka **"Tisknout"** otevřeme dialogové okno pro **tisk a export pohledu**. Je-li v obrázku aktivní volba přes všechny fáze (resp. přes všechny výpočty), pak se vytisknou všechny možné kombinace obrázků najednou.



Dialogové okno "Nový obrázek"



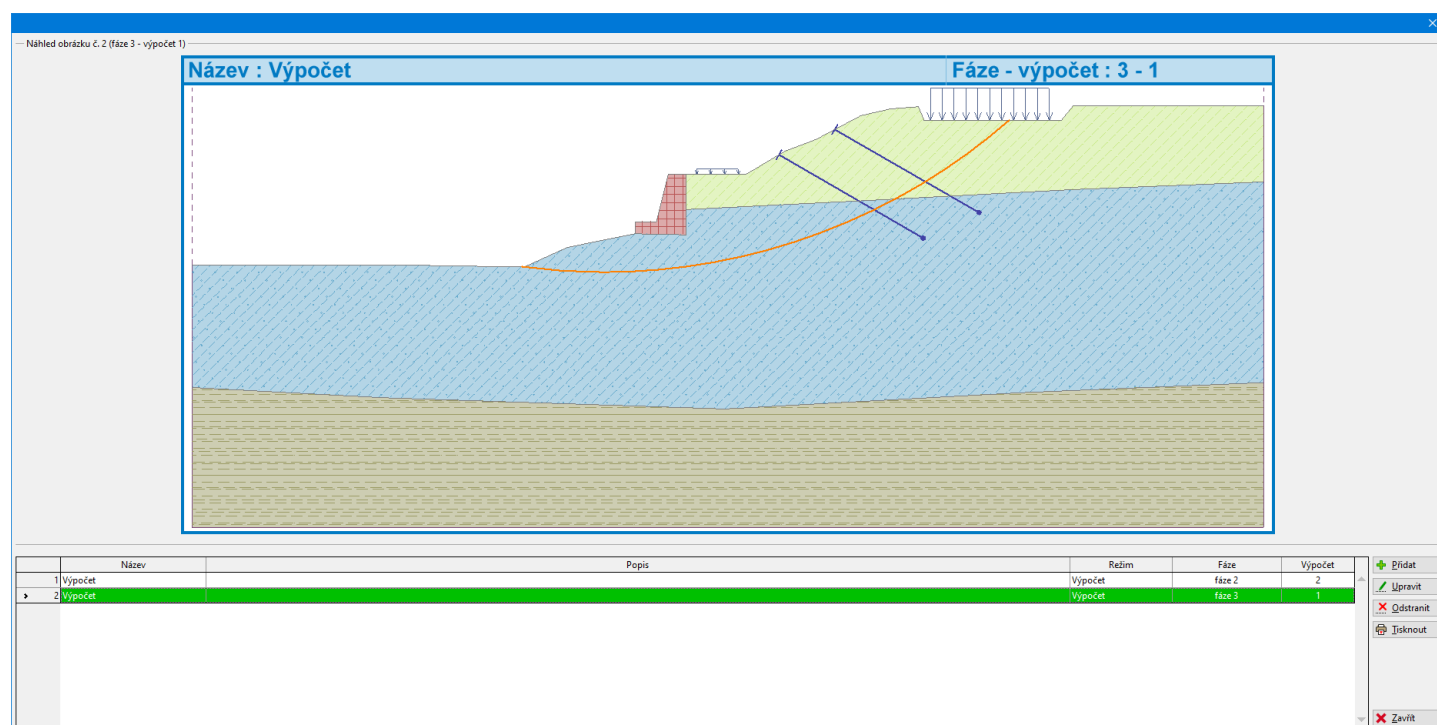
Ovládací lišta "Výstupy"

Seznam obrázků

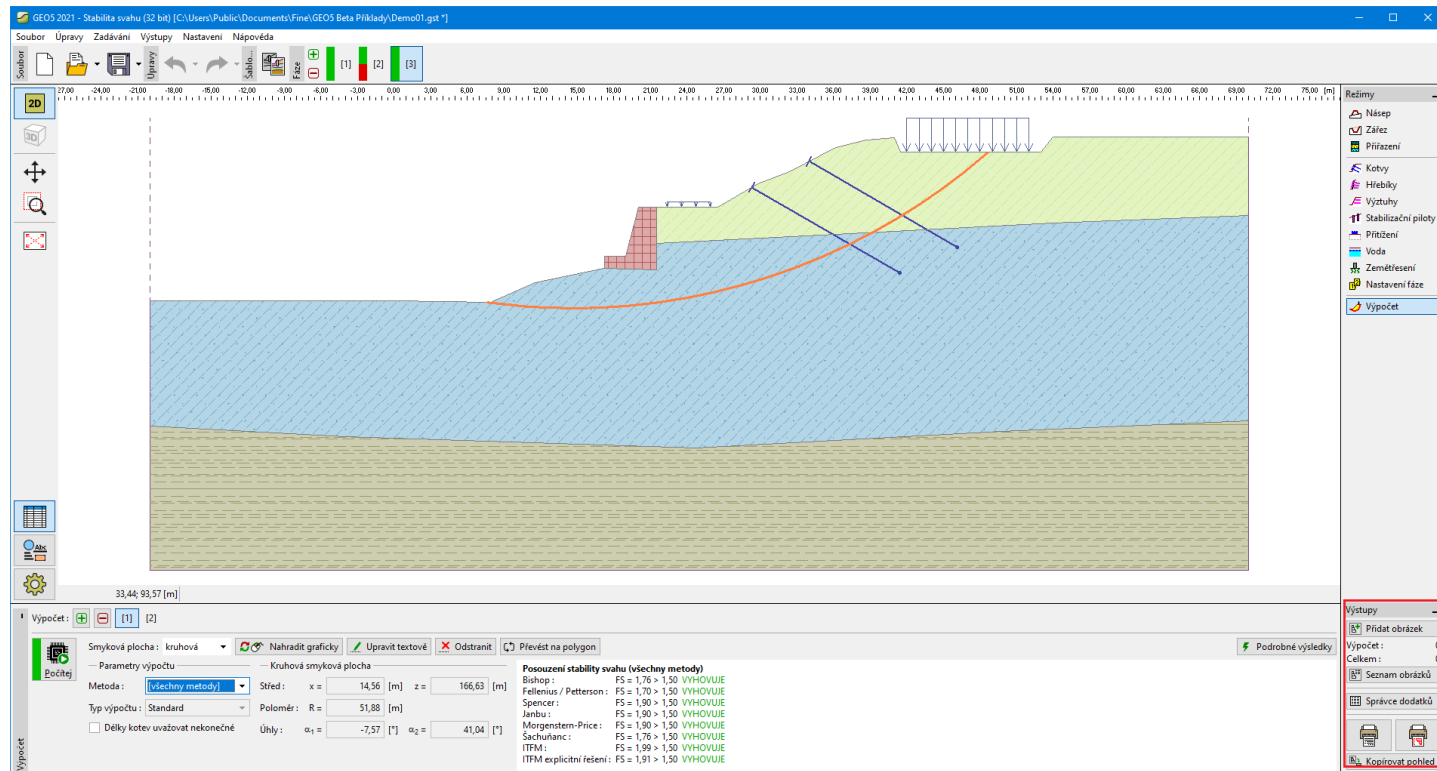
Obrázky, které jsme uložili pomocí dialogového okna "Nový obrázek" se řadí do **tabulky** v "Seznamu obrázků". Dialogové okno "Seznam obrázků" otevíráme tlačítkem na svislé ovládací liště "Výstupy". Tabulka seznamu obrázků obsahuje název a popis obrázku, režim ve kterém byl stažen a číslo fáze budování, popřípadě číslo výpočtu.

Obrázky lze editovat pomocí tlačítka "Upravit", které otevírá dialogové okno "Úprava obrázku" (okno je svým vzhledem a funkcí totožné s dialogovým oknem "Nový obrázek").

Obrázky lze z tohoto okna vytisknout - stisknutím tlačítka "Tisknout" otevřeme dialogové okno pro **tisk a export pohledu**. Je-li v obrázku aktivní volba přes všechny fáze (resp. přes všechny výpočty), pak se vytisknou všechny možné kombinace obrázku najednou. Je-li vybráno více obrázků, pak se vytisknou všechny vybrané.



Dialogové okno "Seznam obrázků"



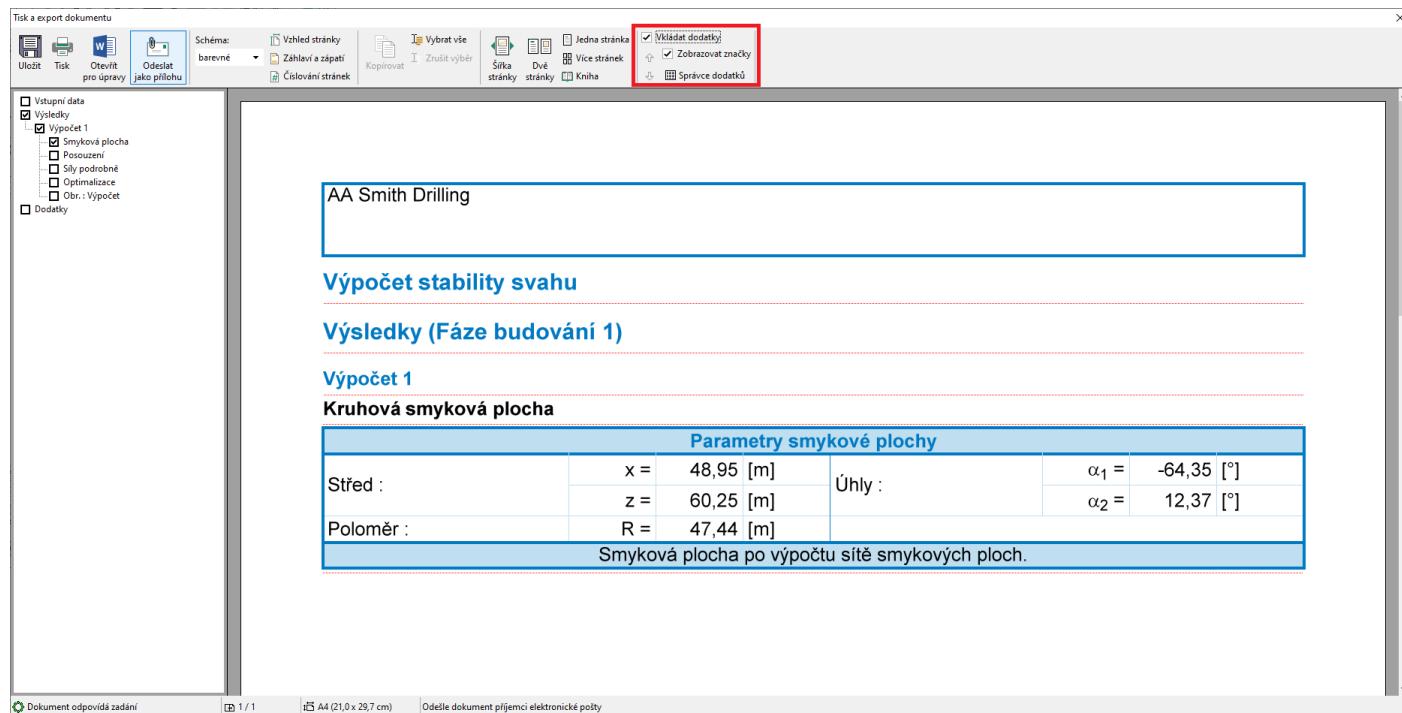
Ovládací lišta "Výstupy"

Dodatky

Součástí výstupního protokolu může být libovolné množství **dodatků** - textů, či obrázků.

Podrobné použití této funkce je vysvětleno v **IM 45 - Práce s "Dodatky"**.

Při vybrané možnosti **"Vkládat dodatky"** se ve výstupním protokolu zobrazí **vodorovné červené linie** – na tato místa lze dodatky vkládat.



Vkládání dodatků

Kliknutím na linii se zobrazí **nabídka vložení**:

Datum : 10.10.2020

Nastavení

Čína - národní normy (GB)

Stabilitní výpočty



Vložit text



Vložit obrázek




Vložit ze seznamu

Možnosti vložení

Vložený text či **obrázek** se zařadí na požadované místo ve výstupním protokolu.

AA Smith Drilling

Výpočet stability svahu



Pohled na svah u horní cesty

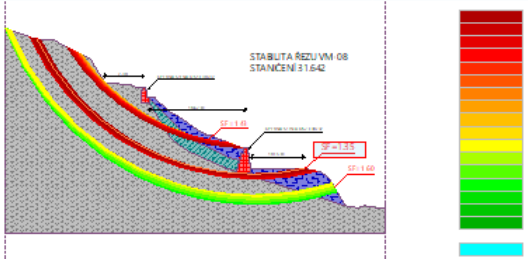
Výsledky (Fáze budování 1)

Výpočet 1
Kruhová smyková plocha

Parametry smykové plochy			
Střed :	x =	48,95 [m]	Úhly :
	z =	60,25 [m]	
	R =	47,44 [m]	
Poloměr :			$\alpha_1 = -64,35 [^\circ]$ $\alpha_2 = 12,37 [^\circ]$

Smyková plocha po výpočtu sítě smykových ploch.

Název : Výpočet **Fáze - výpočet : 1 - 1**



1

[GEO5 - Stabilita svahu (32 bit) | verze 5.2021 0.0 | hardwareový klíč 4001 / 19 (Fine Programmer Key) | Copyright © 2020 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.fine.cz]
[000 «Přesměrování» | +7 495 9542550 | geo5@fine-con.ru | http://www.fine-con.ru]

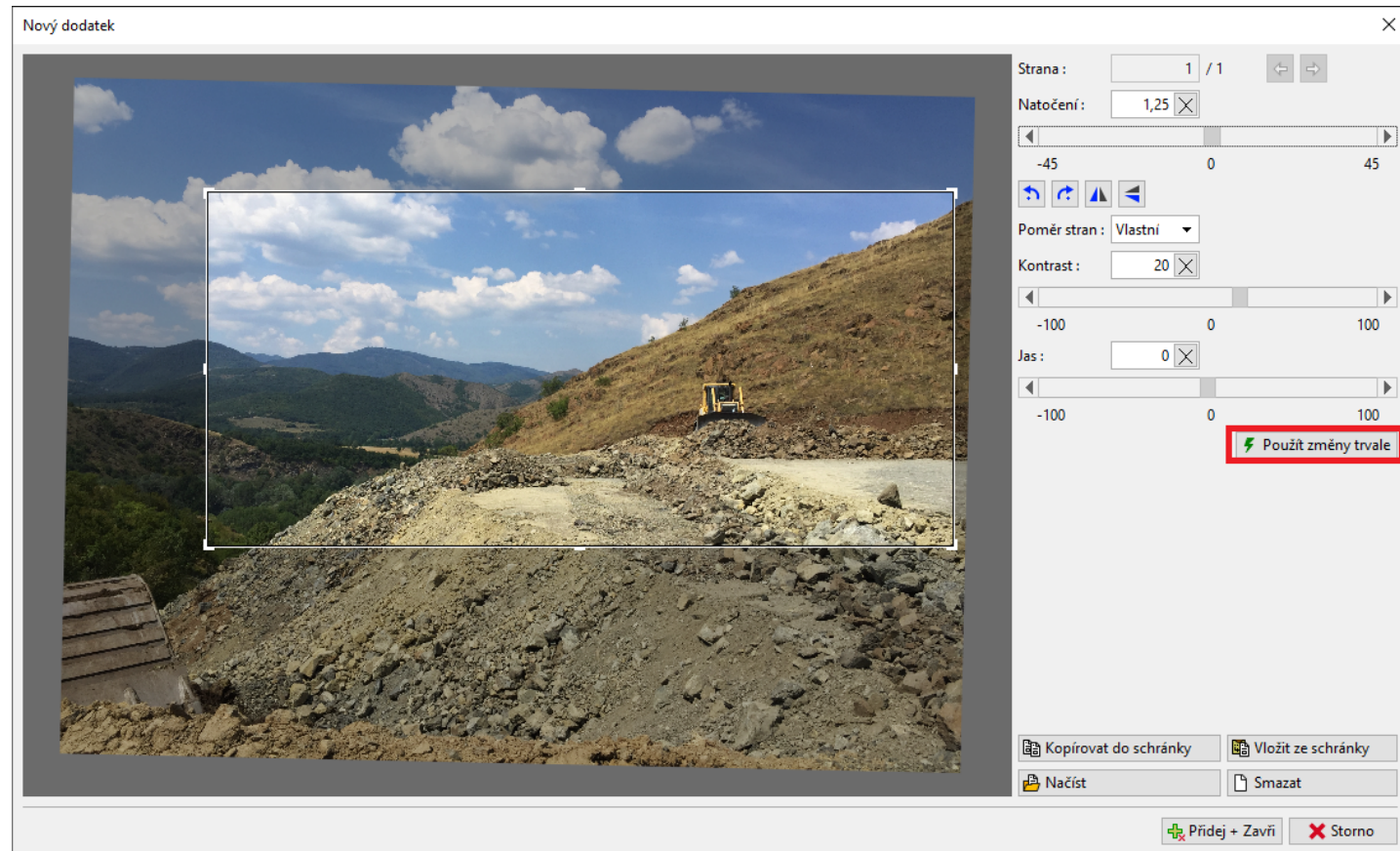
Vložené dodatky - fotografie svahu (obrázek) a její popis (text)

Všechny dodatky se ukládají do "Správce dodatků".

Práce s obrázky

Funkce "**Vložit obrázek**" otevře dialogové okno pro vkládání obrázků. Tlačítkem "**Načíst**" otevřeme obrázek. Obrázky ze vkládat v mnoha formátech – například **JPG, JPEG, TIFF, BMP, PNG** či **PDF**.

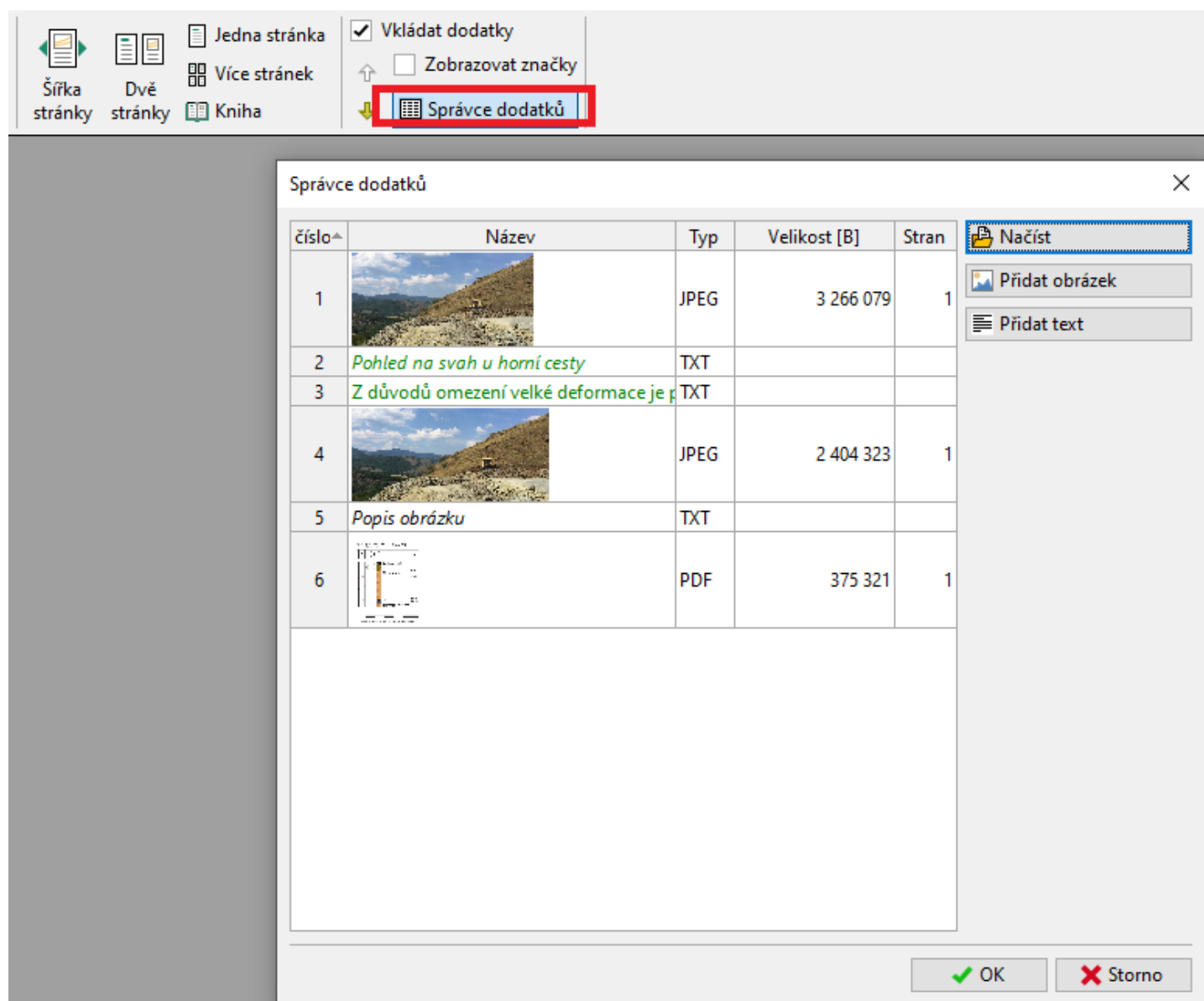
Obrázek v okně můžeme i **upravovat** – oříznout, srovnat horizont, upravit jas a kontrast. Tlačítkem "**Použít změny trvale**" obrázek uložíme a původní obrázek smažeme. Výhodou této změny je, že při oříznutí se velikost obrázku zmenší a tím se zmenší i velikost ukládaných dat.

*Úpravy a uložení obrázku*

Všechny obrázky se ukládají do "**Správce dodatků**".

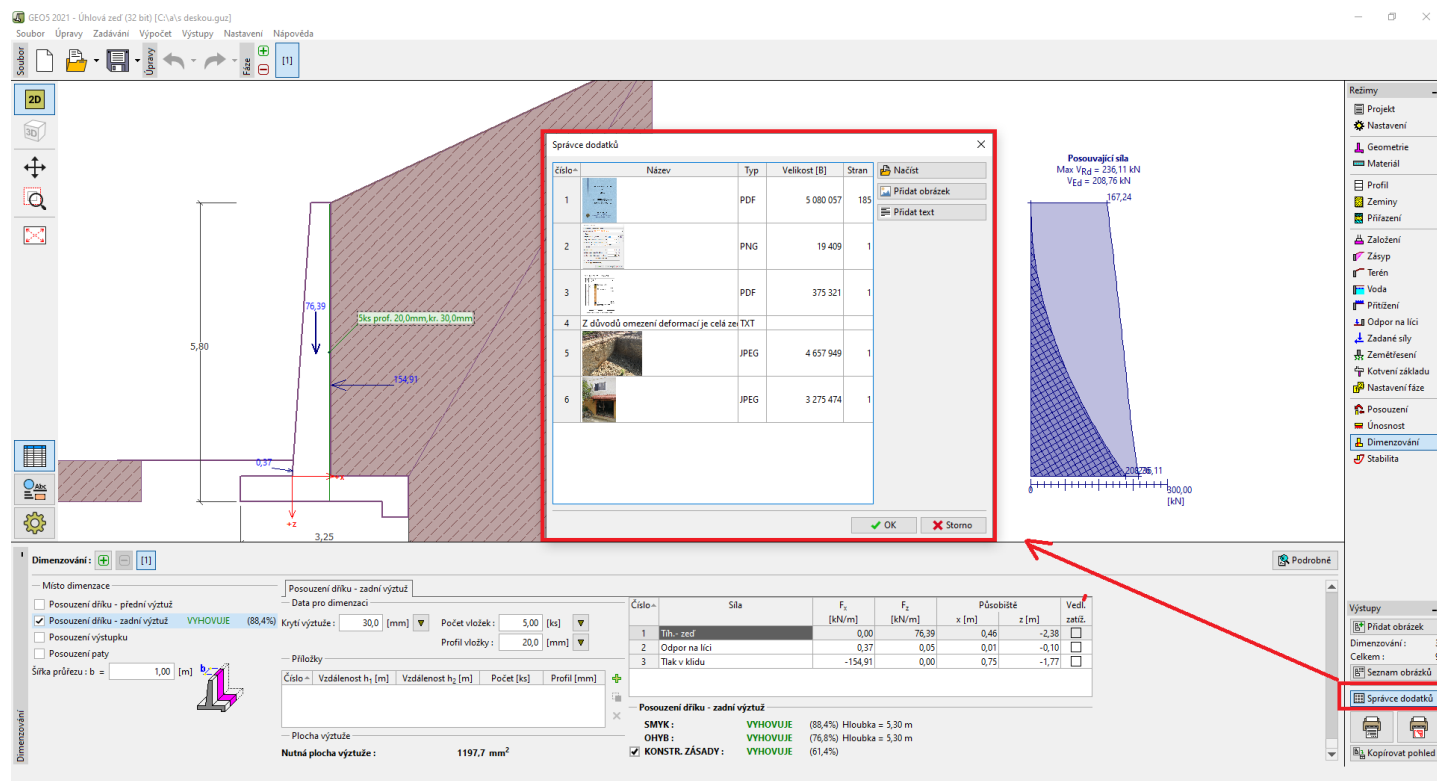
Správce dodatků

Veškeré dodatky lze vždy zobrazit, upravovat či mazat ve "**Správci dodatků**".



Dodatek odstraněný z výstupního protokolu zůstává stále v datech úlohy a ve Správci dodatků – je tedy nutné ho **odstranit** z dat **ve Správci dodatků**.

Správce dodatků lze využít i pro **vkládání externích dat**, která nechceme tisknout ve výstupním protokolu, ale tvoří **logickou přílohu úlohy GEO5** - např. zpráva o geologickém průzkumu, technická zpráva apod. Tato data můžeme vkládat do **Správce dodatků** i z hlavního okna programu.



Vyvolání "Správce dodatků" z hlavního okna programu

Program umožňuje načítat i **vícestránkové soubory ve formátech PDF**. Je potřeba dát pozor pouze na velikost souborů, protože tato data se vždy ukládají s daty úlohy.

Tisk a export dokumentu

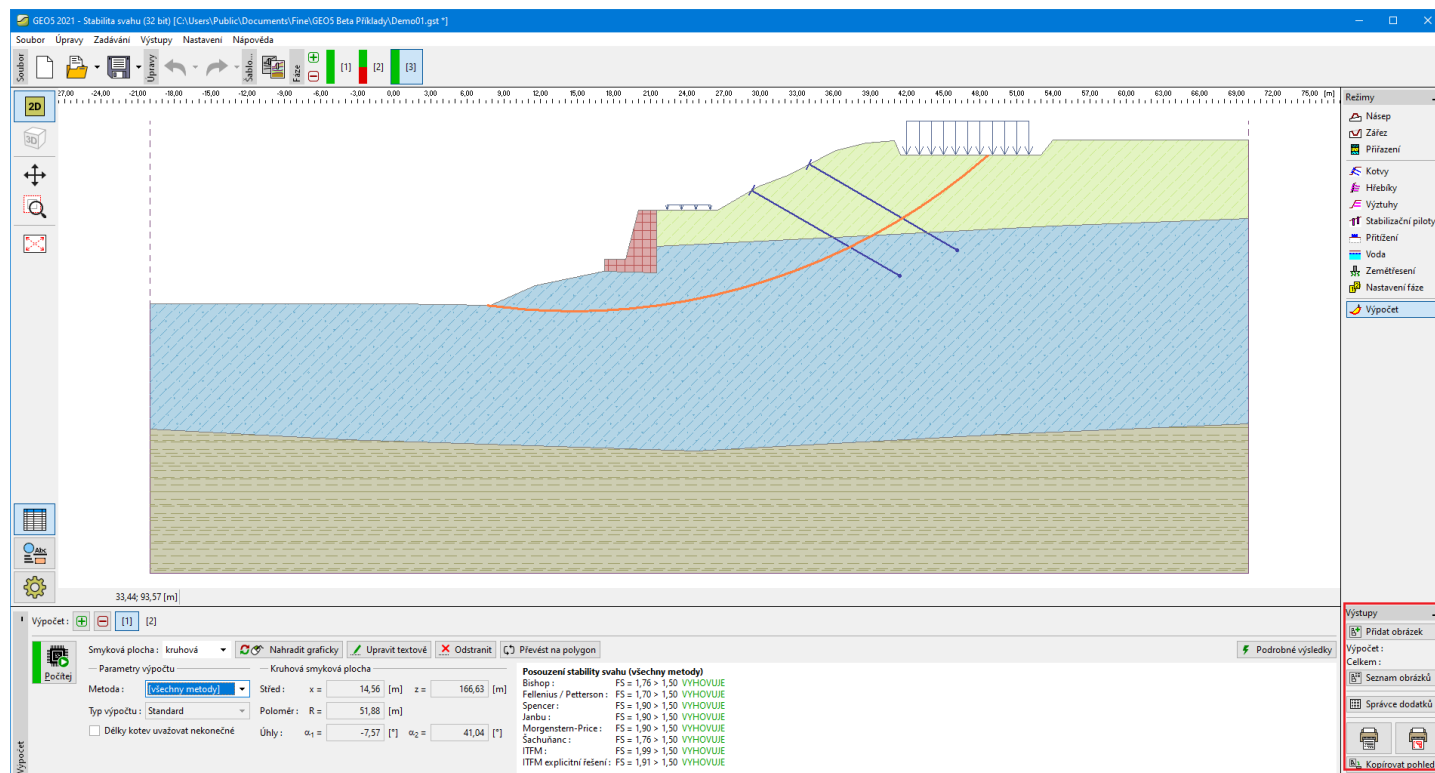
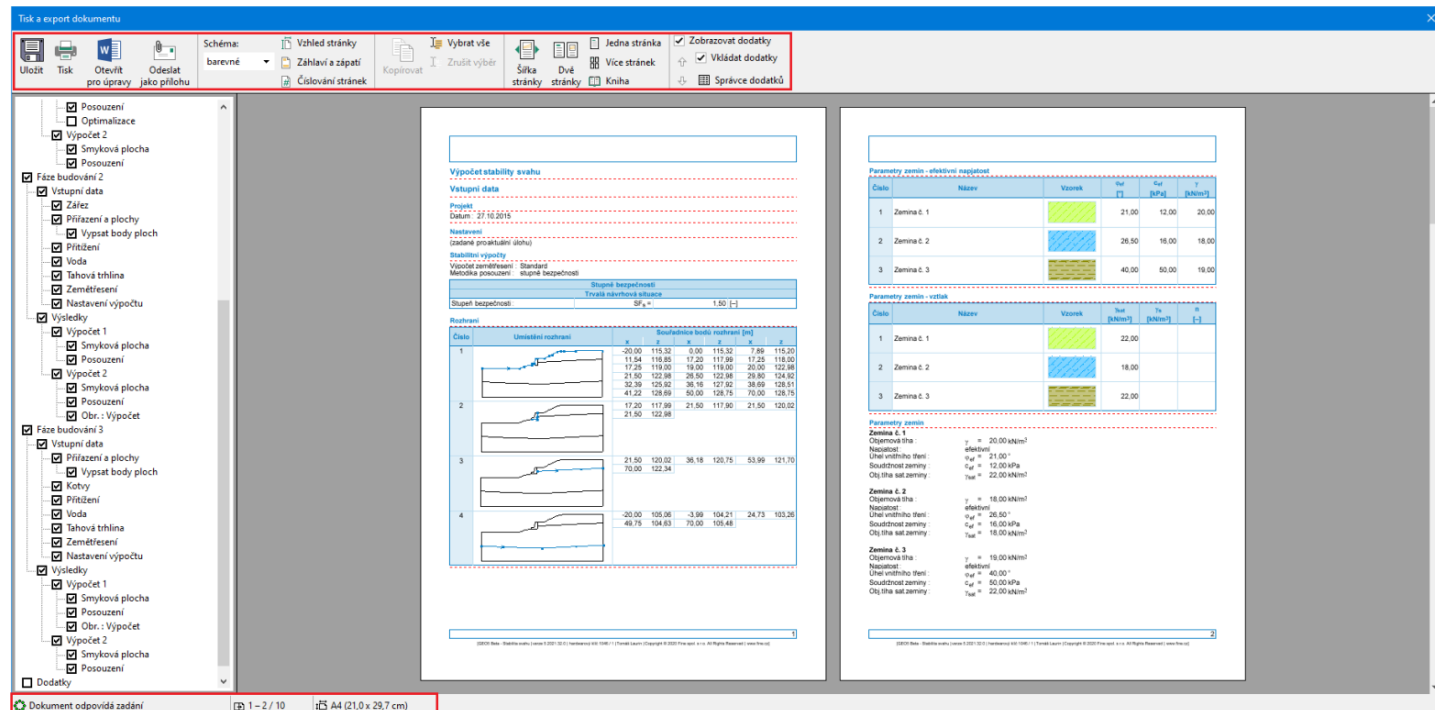
Dialogové okno **"Tisk a export dokumentu"** otevřeme z **ovládacího menu** (položky **"Soubor"**, **"Tisk dokumentu"**), nebo tlačítkem na nástrojové liště **"Výstup"**. V okně se zobrazí náhled na stránku s vygenerovaným dokumentem.

V tomto okně se sestavuje výstupní dokument s obrázky uloženými v **"Seznamu obrázků"**. **Dokument je vždy aktuální** - při otevření okna se vytvoří vždy znovu (i s přegenerovanými obrázky) podle zadaných dat.

Dialogové okno se ovládá pomocí **ovládací lišty - tisky a exporty**, která obsahuje ovládací prvky pro finální úpravu **vzhledu stránek** (definici **záhlaví a zápatí**, definici **velikosti a okrajů stránky**, definici **číslování stránek**), **vlastní tisk** a pro případný **export dokumentu**.

V levé části dialogového okna lze zaškrtnutím/odškrtnutím ve **"strmečku"** vybrat požadované části dokumentu včetně obrázků. V případě výběru či zrušení jakékoliv položky se dokument okamžitě přegeneruje. Pro prohlížení dokumentu lze použít také kolečko na myši resp. rolovací proužek (scroll bar).

V dolní části dialogového okna se zobrazují aktuální informace (nastavená velikost stránky, aktuální stránka dokumentu a celkový počet stránek dokumentu).



Tisk a export pohledu

Toto dialogové okno je určeno pro tisk resp. export jednoho nebo více obrázků. Okno lze otevřít třemi způsoby:

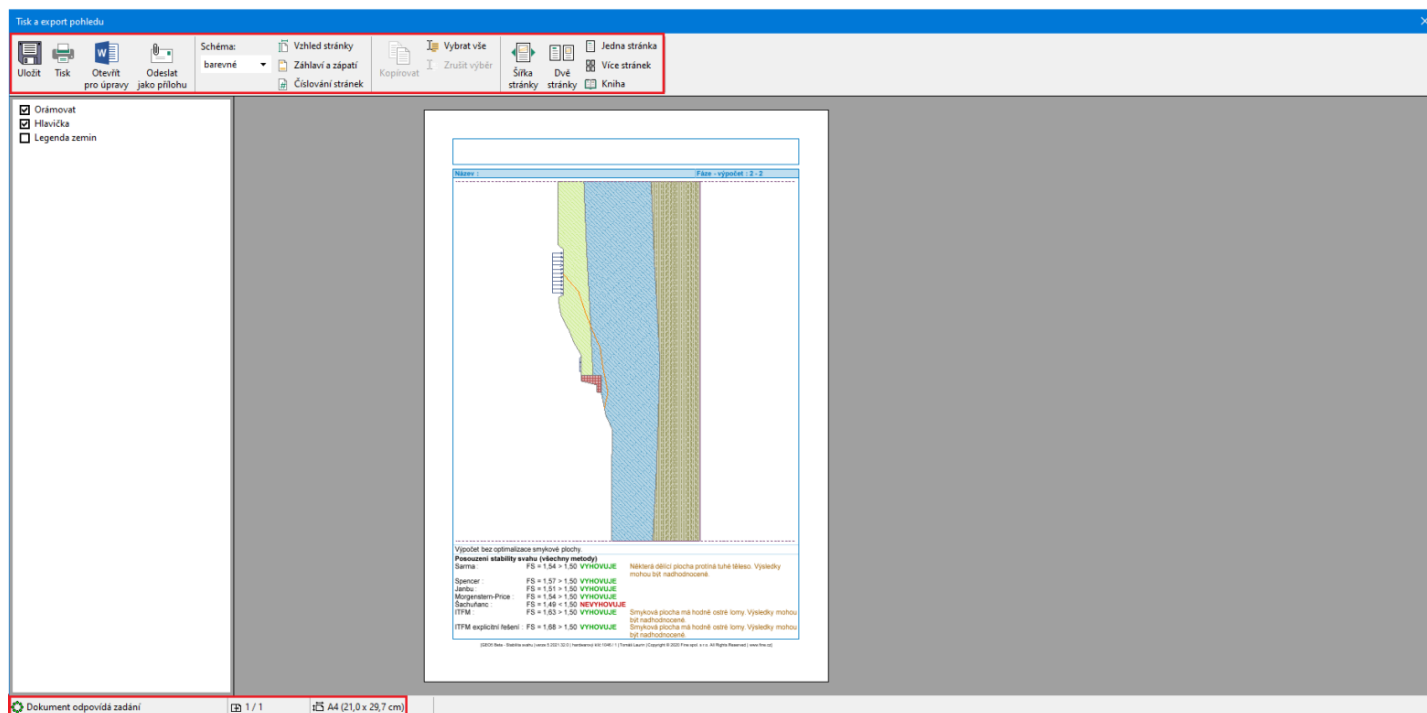
- pro tisk dat na desktopu z **ovládacího menu** (položky "**Soubor**", "**Tisk pohledu**"), nebo tlačítkem na svislé ovládací liště "**Výstupy**"
- z dialogového okna "**Nový obrázek**" stisknutím tlačítka "**Tisknout**"
- z dialogového okna "**Seznam obrázků**" stisknutím tlačítka "**Tisknout**"

Okno může obsahovat více obrázků najednou (při tisku pro více fází resp. výpočtů) resp. při tisku více obrázků ze seznamu. Každý obrázek se tiskne vždy na jednu stranu. Náhled na obrázky lze měnit pomocí tlačítek na nástrojové liště nebo kolečkem myši.

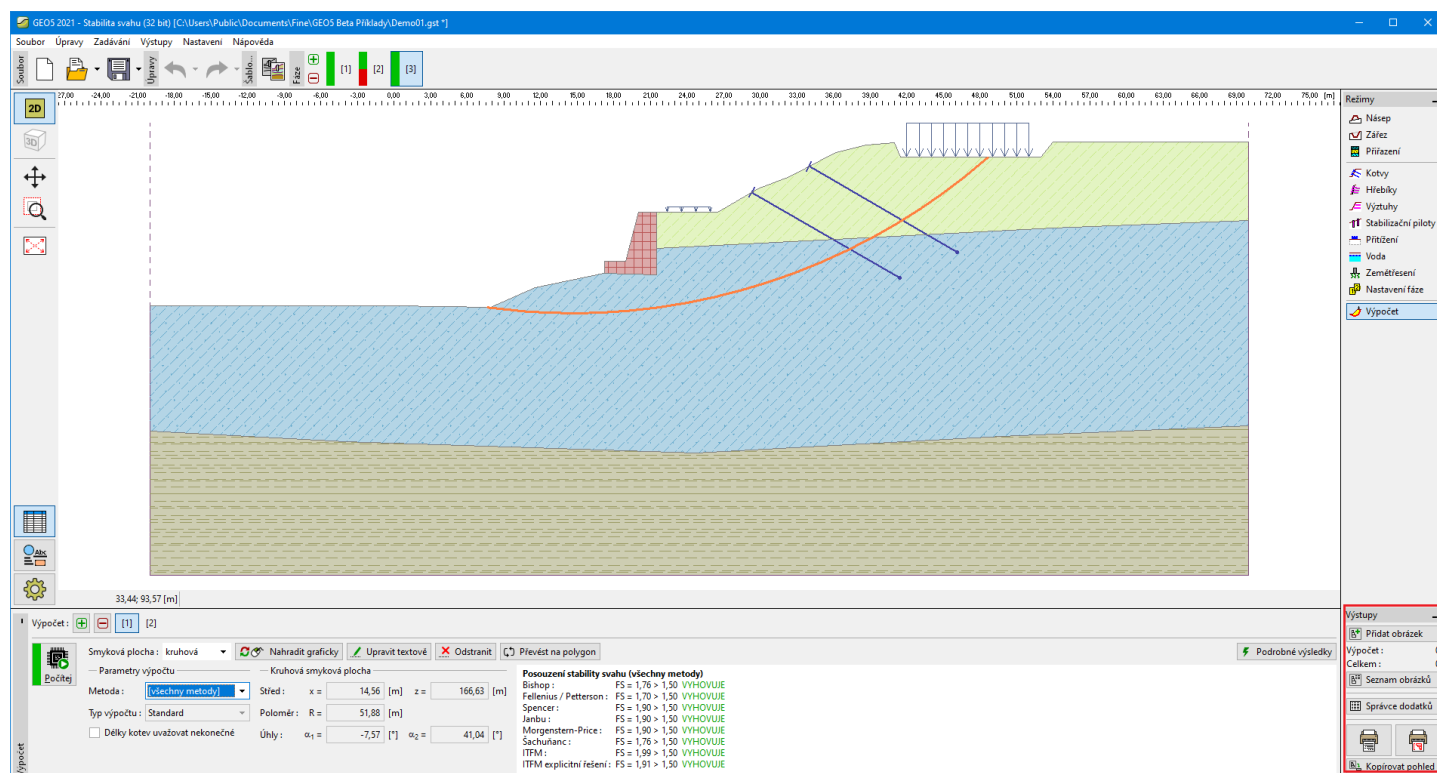
Dialogové okno se ovládá pomocí **ovládací lišty - tisky a exporty**, která obsahuje ovládací prvky pro finální úpravu **vzhledu**

stránek (definici **záhlaví a zápatí**, definici **velikosti a okrajů stránky**, definici **číslování stránek**), **vlastní tisk** a pro případný **export dokumentu**.

V dolní části dialogového okna se zobrazují aktuální informace (nastavená velikost stránky, aktuální stránka dokumentu a celkový počet stránek dokumentu).



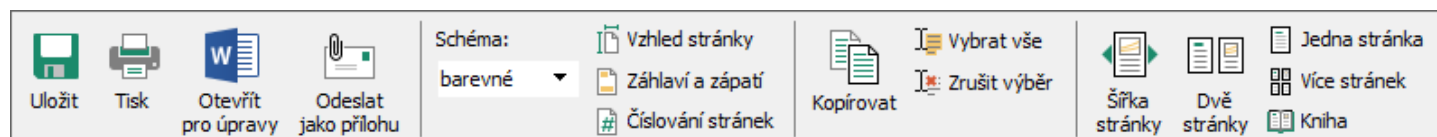
Dialogové okno "Tisk a export pohledu"



Ovládací lišta "Výstupy"



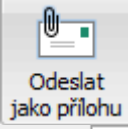
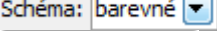
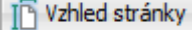
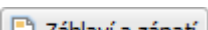
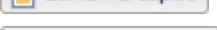
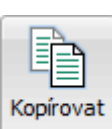
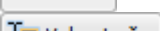
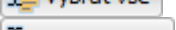
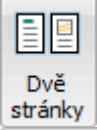
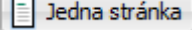
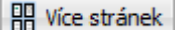

Ovládací lišta - tisky a exporty

Ovládací lišta dialogových oken "Tisk a export dokumentu" a "Tisk a export pohledu" obsahuje následující ovládací prvky:



Ovládací lišta

Funkce ovládacích prvků jsou následující:

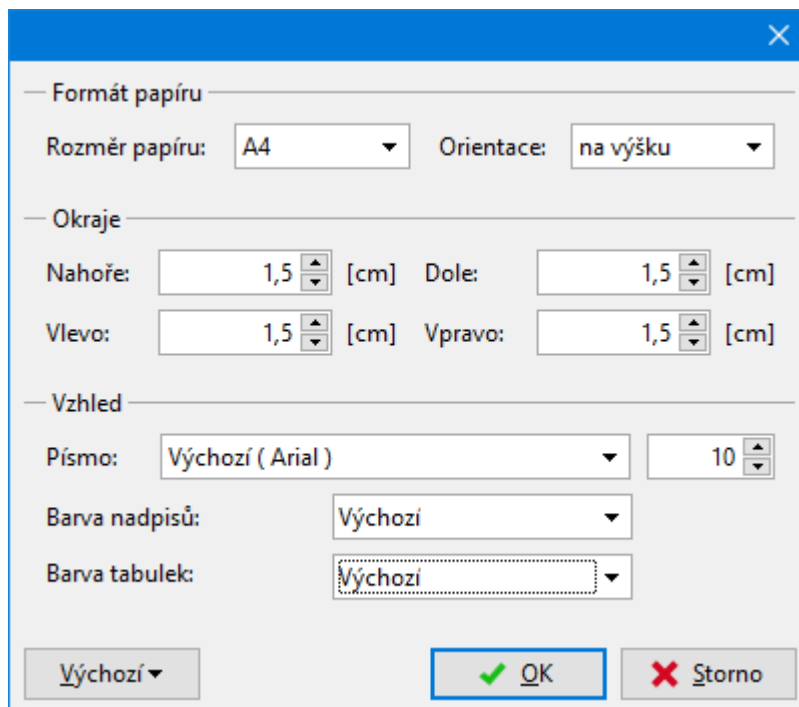
	Uložit	Otevře dialogové okno " Uložit jako ", ve kterém lze obrázek uložit jako soubor ve formátu *.PDF, *.RTF nebo *.TXT.
	Tisk	Otevře systémové okno pro " Tisk ".
	Otevřít pro úpravy	Otevře textový editor (asociovaný v systému Windows s příponou *.RTF), ve kterém lze stránku ručně upravovat.
	Odeslat jako přílohu	Otevře dialogové okno poštovního klienta a přiloží obrázek jako přílohu ve formátu *.PDF.
Schéma: barevné 	Barevné schéma	Určuje styl zobrazení obrázku (barevně, odstíny šedi, černobíle).
	Vzhled stránky	Otevře dialogové okno " Vzhled stránky ", ve kterém lze nastavit parametry vzhledu stránky (velikost, okraje, orientaci).
	Záhlaví a zápatí	Otevře dialogové okno " Záhlaví a zápatí ", ve kterém lze zadat hlavičku a patičku dokumentu.
	Číslování stránek	Otevře dialogové okno " Číslování stránek ", ve kterém lze nastavit parametry číslování stránek. Pozn.: Prohlížení dokumentu provádíme posunem kolečka (kolébky) myši nebo uchopením posuvníku v pravé části okna.
	Kopírovat	Zkopíruje vybraný obrázek (text) do schránky - parametry se nastavují v dialogovém okně " Možnosti ", záložka " Kopie do schránky ".
	Vybrat vše	Vybere obsah celého dokumentu (texty i obrázky).
	Zrušit výběr	Zruší celý výběr (obrázek, text) Pozn.: V dokumentu lze označit (vybrat) libovolnou část textu. Výběr provedeme tažením a současným stlačením levého tlačítka myši tlačítkem.
	Šířka stránky	Upraví velikost stránky na maximální šířku v dialogovém okně.
	Dvě stránky	Upraví velikost stránek tak, aby byly v dialogovém okně zobrazeny dvě stránky.
	Jedna stránka	Upraví velikost stránky tak, aby byla celá zobrazena v dialogovém okně.
	Více stránek	Upraví velikost stránek tak, aby bylo v dialogovém okně zobrazeno více stránek.
	Kniha	Zobrazí dokument ve formátu knihy. Pozn.: Zvětšení /Zmenšení libovolné stránky dokumentu provedeme posunem kolečka (kolébky) myši a současným stlačením tlačítka CTRL .

Vzhled stránky

Dialogové okno umožňuje nastavit parametry vzhledu stránky (formát papíru, orientaci tisku a okraje).

Tlačítko "**Výchozí**":

- volba "**Uložit nastavení jako výchozí**", nastaví obsah dialogového okna jako výchozí **pro nově vytvořená data**. **Výchozí nastavení** je společné pro **všechny programy GEO5**. Různí uživatelé počítače mohou mít různá výchozí nastavení.
- volba "**Převzít výchozí nastavení**" umožní převzít výchozí nastavení do jakékoliv načtené úlohy, která má nastavení odlišné.



Dialogové okno "Vzhled stránky"

Nastavení záhlaví a zápatí

V dialogovém okně definujeme nastavení vzhledu hlavičky a patičky dokumentu. Zaškrtnutí políčko **"tisknout záhlaví (zápatí)"** určuje, zda se bude hlavička či patička tisknout.

Řádky hlavičky a patičky dokumentu mohou obsahovat libovolný text a vložené objekty, definované implicitně programem. Tyto objekty přejímají informace z programu a to:

- z dialogového okna **"Údaje o firmě"** (název firmy, logo, adresa)
- z rámu **"Projekt"** (název a popis úlohy, autor)
- ze systémových dat dokumentu (datum, čas, stránkování)

Objekty lze zadat tlačítkem **"Vložit"** (tlačítko otevře seznam objektů). Tlačítko je aktivní pouze v případě, je-li kurzor v některém řádku, kam lze text (objekt) vkládat. Vložené objekty jsou zapsány v interním formátu odděleném od ostatního textu složenými závorkami. Objekty lze libovolně kombinovat

Program umožňuje definovat různé hlavičky pro první stranu resp. pro liché a sudé strany. V tomto případě se hlavičky zadávají v jednotlivých záložkách.

Tlačítko **"Výchozí"**:

- volba **"Uložit nastavení jako výchozí"**, nastaví obsah dialogového okna jako výchozí **pro nově vytvořená data**. **Výchozí nastavení** je společné pro **všechny programy GEO5**. Různí uživatelé počítače mohou mít různá výchozí nastavení.
- volba **"Převzít výchozí nastavení"** umožní převzít výchozí nastavení do jakékoliv načtené úlohy, která má nastavení odlišné.

Formát zápisu a výsledné zobrazení lze vidět na následujících obrázcích.

Dialogové okno "Záhlaví a zápatí"

ProGeo spol. s r.o.	Terasy Hanspaulka
Hlavní projektant : Ing. Petr Novák	Jižní svah IV.

Výpočet zemních tlaků na konstrukci

Vstupní data

Základní nastavení

Akce : Terasy Hanspaulka
 Část : Jižní svah IV.
 Popis : Opěrné stěny 2-6m, část IV.
 Autor : Ing. Petr Novák
 Odběratel : Nový a Rousek Spol. s r.o.
 Datum : 22.9.2004
 Typ jednotek : metrické

Geometrie konstrukce

Číslo bodu	Pořadnice X [m]	Hloubka Z [m]
1	0 00	0 00

1

Zobrazení hlavičky a patičky dokumentu (pohledu)

Číslování stránek

Dialogové okno umožňuje nastavit číslování stránek. V rozbalitelném seznamu definujeme styl číslování (arabské číslice, římské číslice, pomocí znaků abecedy). Před i za číslem stránky lze zadat konstantní text, který se pak zobrazí na každé stránce před (nebo za) číslem stránky. Volba "**Číslovat od**" umožní začít číslovat od libovolného čísla.

Tlačítko "**Výchozí**":

- volba "**Uložit nastavení jako výchozí**", nastaví obsah dialogového okna jako výchozí **pro nově vytvořená data**. **Výchozí nastavení** je společné pro **všechny programy GEO5**. Různí uživatelé počítače mohou mít různá výchozí nastavení.
- volba "**Převzít výchozí nastavení**" umožní převzít výchozí nastavení do jakékoliv načtené úlohy, která má nastavení odlišné.

Dialogové okno "Číslování stránek"

Údaje o firmě

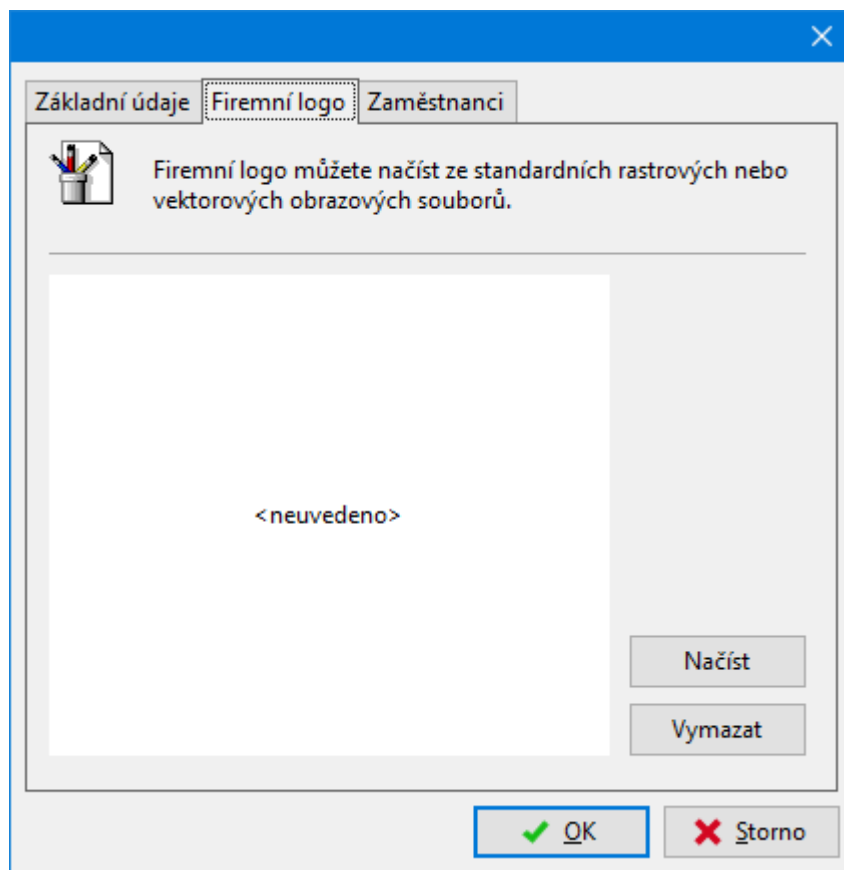
Dialogové okno se otevírá z **ovládacího menu** (položky "**Nastavení**", "**Firma**").

V záložce "**Základní údaje**" zadáváme základní údaje o firmě. Zadané údaje používá program při tisku a exportu dokumentů (obrázků), v **záhlaví a zápatí dokumentů**.

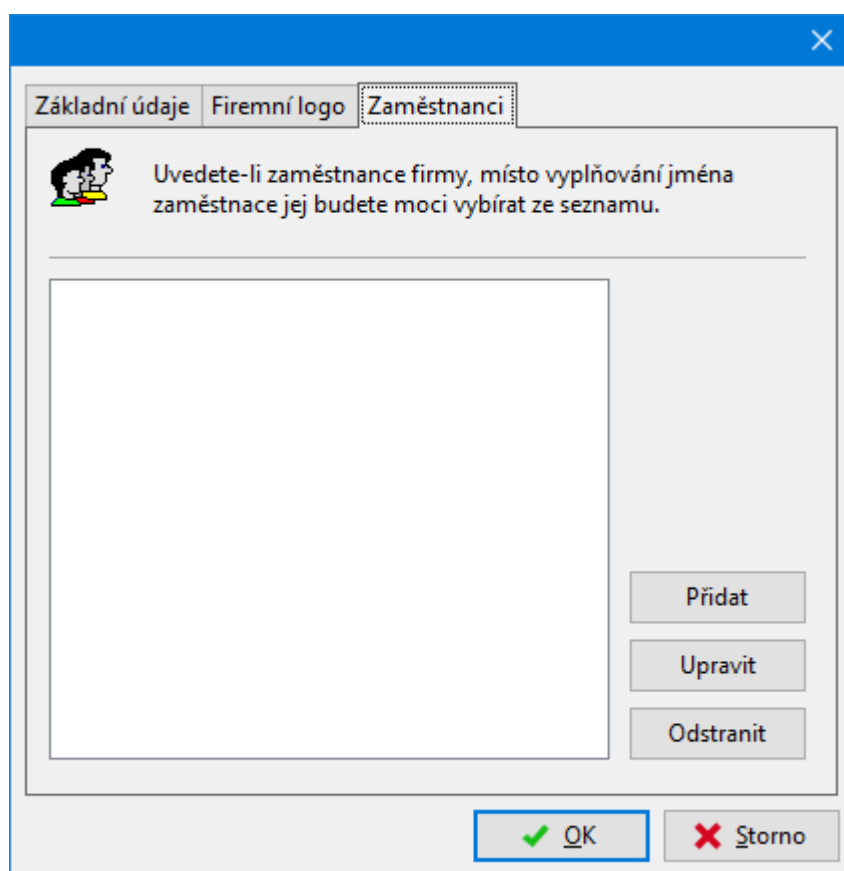
V záložce "**Firemní logo**" lze ze souboru načíst obrázek firemního loga. Tlačítko "**Načíst**" otevře dialogové okno, ve kterém lze otevřít obrázek v různých formátech (*.JPG, *.JPEG, *.JPE, *.BMP, *.ICO, *.EMF, *.WMF).

V záložce "**Zaměstnanci**" lze zadat seznam uživatelů (zaměstnanců) programu. Pokud uvedeme jména do seznamu, nemusíme již ručně vyplňovat jméno autora v rámu "**Projekt**".

Dialogové okno "Údaje o firmě" - záložka "Základní údaje"



Dialogové okno "Údaje o firmě" - záložka "Firemní logo"



Dialogové okno "Údaje o firmě" - záložka "Zaměstnanci"

Teorie

Teoretická část nápovědy obsahuje veškerá teoretická východiska používaná při výpočtech v programech GEO5.

Napětí v zemině

Výpočet napětí v zemině v programech GEO5 je popsán v následujících kapitolách:

- Geostatické napětí v zemině, výpočet vztlaku
- Efektivní/totální napětí
- Přírůstek napětí od přitížení
- Přírůstek napětí pod základem

Geostatické napětí, výpočet vztlaku

Výpočet napětí v zemině je založen na existenci vrstev zemin zadaných uživatelem. Program vloží fiktivní vrstvy do míst, kde dochází ke změně napětí resp. bočních tlaků (HPV, body konstrukce aj.). Normálové napětí v i -té vrstvě se počítá podle vztahu:

$$\sigma_i = \sum h_i \cdot \gamma_i$$

kde:

- h_i - mocnost i -té vrstvy
- γ_i - objemová tíha zeminy v i -té vrstvě

Je-li vrstva pod hladinou **podzemní vody**, pak se objemová tíha zeminy pod vodou stanoví v závislosti na zadaných parametrech zeminy takto:

- pro volbu "**Standardně**" podle vzorce:

$$\gamma_{su} = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

kde:

- γ_{sat} - objemová tíha plně nasycené zeminy
- γ_w - objemová tíha vody

- pro volbu "**Počítat z pórovitosti**" podle vzorce:

$$\gamma_{su} = (1 - n)(\gamma_s - \gamma_w)$$

kde:

- n - pórovitost
- γ_s - měrná tíha pevných částic (skeletu) zeminy
- γ_w - objemová tíha vody

$$\gamma_s = \frac{G_d}{V - V_p}$$

kde:

- V - objem zeminy
- V_p - objem pórů
- G_d - tíha vysušené zeminy

Objemová tíha vody je v programu uvažována hodnotou **10 kN/m³** respektive **0,0625 kcf**.

Při výpočtu zemních tlaků v případě **skloněného terénu** za konstrukcí ($\beta \neq 0$) a vrstevnatého prostředí je úhel β při výpočtu součinitele zemního tlaku K v i -té vrstvě redukován dle vztahu:

$$\tan \beta_i = \frac{\gamma}{\gamma_i} \tan \beta$$

kde:

- γ - objemová tíha zeminy první vrstvy od povrchu terénu
- γ_i - objemová tíha zeminy i -té vrstvy od povrchu terénu
- β - sklon povrchu terénu za konstrukcí

Efektivní/Totální napětí v zemině

Svislá normálová napětí σ_z definujeme jako:

$$\sigma_z = \gamma_{ef} \cdot z + \gamma_w \cdot z$$

kde:

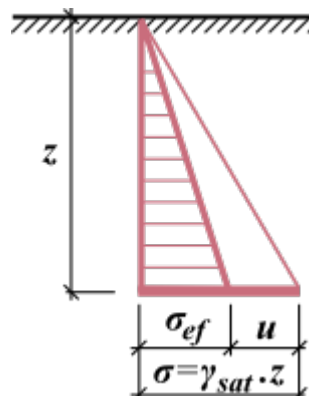
- σ_z - svislé normálové totální napětí
- γ_{ef} - objemová tíha zeminy pod vodou
- z - hloubka pod povrchem terénu
- γ_w - měrná tíha vody

Tento vztah v zobecněném tvaru vyjadřuje tzv. princip efektivních napětí:

$$\sigma_z = \sigma_{ef} + u$$

kde:

- σ - totální (celkové) napětí
- σ_{ef} - efektivní (účinné) napětí
- u - neutrální napětí (pórový tlak)



Totální, efektivní a neutrální napětí v zemině

Princip efektivních napětí platí jen pro normálová napětí σ , protože smyková napětí τ voda nepřenáší a jsou tedy vždy efektivní. Totální napětí určujeme metodami teoretické mechaniky, efektivní napětí jako rozdíl totálního napětí a pórového tlaku (tj. vždy výpočtem, nemůžeme ho nikdy změřit). Pórové tlaky určujeme laboratorními a polními metodami nebo výpočtem. Na otázku, kdy použít efektivní či totální napětí do výpočtu není jednoznačná odpověď. Obecné doporučení dává níže uvedená tabulka, jež platí pro naprostou většinu úloh. Je nutné mít na paměti, že totální napětí závisí na způsobu zatížení zeminy vlastní tíhou a vnějšími účinky. Když je pórová voda v klidu, je pórový tlak rovný hydrostatickému tlaku vody, pokud voda proudí, hydrodynamickému tlaku. V případě neúplně nasycených zemín s vyšším stupněm nasycení (saturací) se musí vzít v úvahu, že pórový tlak vzniká jak ve vodě, tak i ve vzduchových bublinkách.

Uvažované podmínky	Odvozená vrstva	Neodvozená vrstva
Krátkodobé	efektivní napětí	totální napětí
Dlouhodobé	efektivní napětí	efektivní napětí

Ve vrstevnatém prostředí s různými objemovými tíhami jednotlivých vodorovných vrstev je svislé totální napětí dáno součtem tíhy všech vrstev zemín nad zkoumaným bodem a pórového napětí:

$$\sigma_z = \int_0^z \gamma dz + \gamma_w (z - d)$$

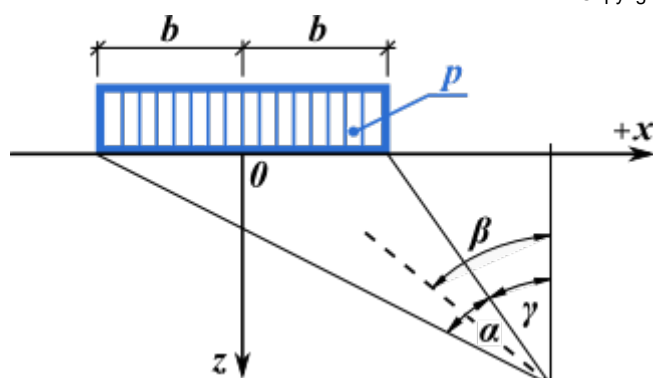
kde:

- σ_z - svislé totální napětí (normálové)
- γ - objemová tíha zeminy
 - pro zeminy nad HPV a suché vrstvy objemová tíha zeminy v přirozeném stavu
 - v ostatních případech objemová tíha zeminy pod vodou
- d - hloubka hladiny podzemní vody pod povrchem terénu
- z - hloubka pod povrchem terénu
- γ_w - měrná tíha vody

Přírůstek napětí od přitížení

Program počítá přírůstek napětí v zemním a horninovém masívu od přitížení podle teorie pružného poloprostoru (Boussinesq).

Přírůstek napětí v bodě masívu od **nekonečného pásového přitížení** se stanoví podle následujícího schématu:



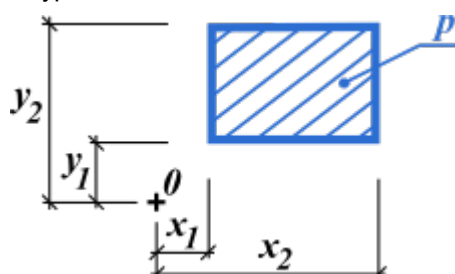
Stanovení napětí od nekonečného pásového přetížení

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} (\alpha + \sin \alpha \cdot \cos 2\beta)$$

$$\beta = \gamma + \frac{\alpha}{2}$$

Lichoběžníkové přetížení program automaticky rozdělí na deset pásových zatížení. Výsledné napětí v bodě od pásového přetížení se stanoví jako součet změn napětí od jednotlivých pásových přetížení.

Přírůstek napětí od **bodového přetížení** se vypočte následovně:



Přetížení vztažené k bodu "O"

$$\Delta\sigma_z = \frac{p}{2\pi} \left(\frac{x_2 \cdot z \cdot S_2}{y_2 \cdot S_{2x}^2} + \frac{x_2 \cdot z^3}{y_2 \cdot S_{2y}^2 \cdot S_2} - \frac{x_2 \cdot z \cdot S_3}{y_1 \cdot S_{2x}^2} + \frac{x_2 \cdot z^3}{y_1 \cdot S_{1y}^2 \cdot S_3} - \frac{x_1 \cdot z \cdot S_4}{y_2 \cdot S_{1x}^2} + \frac{x_2 \cdot z^3}{y_2 \cdot S_{2y}^2 \cdot S_4} + \frac{x_1 \cdot z \cdot S_2}{y_1 \cdot S_{1x}^2} - \frac{x_1 \cdot z^3}{y_1 \cdot S_{2y}^2 \cdot S_1} + \arctg \frac{x_2 \cdot y_2}{z \cdot S_2} - \arctg \frac{x_2 \cdot y_1}{z \cdot S_3} - \arctg \frac{x_1 \cdot y_2}{z \cdot S_4} + \arctg \frac{x_1 \cdot y_1}{z \cdot S_1} \right)$$

kde:

$$S_{2x} = \sqrt{x_2^2 + z^2} \quad S_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z^2} \quad S_3 = \sqrt{x_2^2 + y_1^2 + z^2}$$

$$S_{2y} = \sqrt{y_2^2 + z^2} \quad S_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z^2} \quad S_4 = \sqrt{x_1^2 + y_2^2 + z^2}$$

Přírůstek napětí pod základem

V programu **"Patky"** je průběh napětí pod body základu určen vyskládáním napěťové plochy přetížení v základové spáře z obrazců základních přetížení:

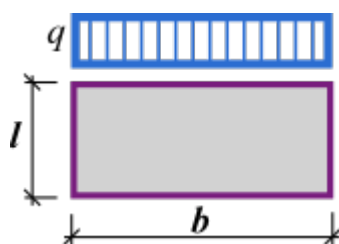
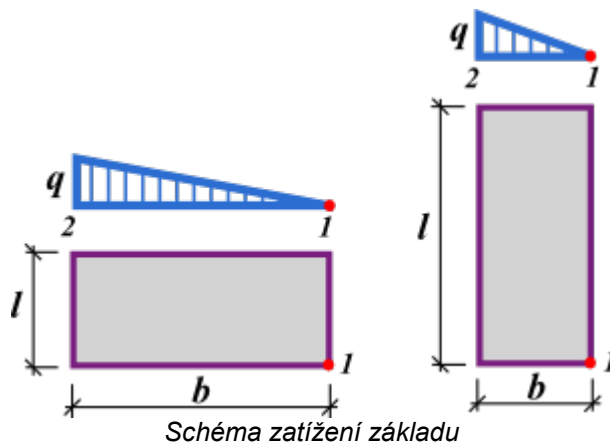


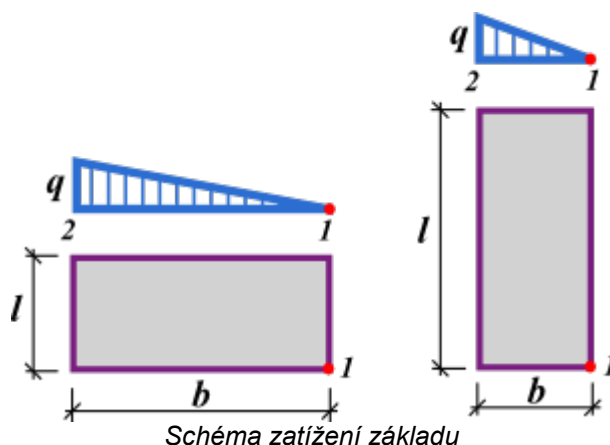
Schéma zatížení základu

$$\sigma_z = \frac{f}{2\pi} \left[\arctg \frac{lb}{z \sqrt{l^2 + b^2 + z^2}} + \frac{lbz}{\sqrt{l^2 + b^2 + z^2}} \left(\frac{1}{l^2 + z^2} + \frac{1}{b^2 + z^2} \right) \right]$$



$$\sigma_{z,1} = \frac{q}{2\pi} \left(\frac{lbz}{R(z^2 + b^2)} + \frac{lz}{bR} \frac{R - \sqrt{l^2 + z^2}}{\sqrt{l^2 + z^2}} \right)$$

$$R = \sqrt{l^2 + b^2 + z^2}$$



$$\sigma_{z,2} = \frac{q}{2\pi} \left(\arctg \frac{lb}{zR} + \frac{lz}{l^2 + z^2} \frac{R - \sqrt{l^2 + z^2}}{b} \right)$$

Zemní tlaky

Programový systém GEO5 uvažuje následující skupiny zemních tlaků:

- aktivní zemní tlak
- pasivní zemní tlak
- zemní tlak v klidu

Při výpočtu zemních tlaků umožňuje program GEO5 rozlišovat **efektivní a totální napjatost** a zavést několika způsoby **výpočet vztlačku**. Dále je možné zohlednit tyto vlivy na velikost zemních tlaků:

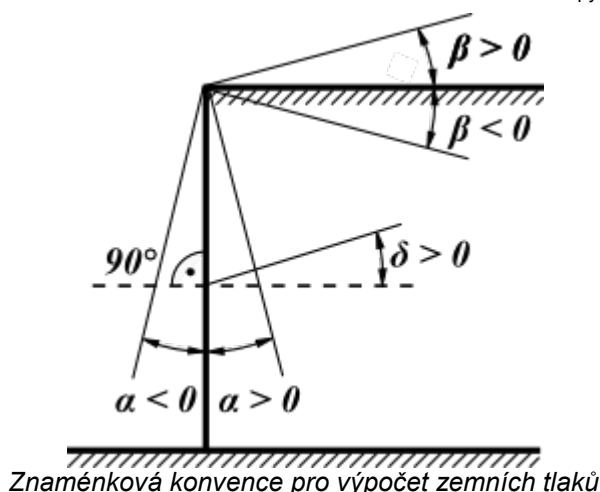
- vliv přetížení
- vliv vody
- vliv členitého terénu
- tření mezi zeminou a rubem konstrukce
- přilnavost zeminy
- vliv zemního klínu u konzolovitých výstupků
- vliv zemětřesení

V programu, textu a v uvedených vzorcích se používá následující **znaménková konvence**.

Při zadání hornin je také nutné zadat soudržnost horniny c resp. úhel vnitřního tření horniny φ . Tyto hodnoty lze získat buď z geologického průzkumu, nebo orientačně z tabulky doporučených hodnot.

Znaménková konvence

V textu a v uvedených vzorcích se používá následující znaménková konvence:



- sklon terénu za konstrukcí β je kladný, pokud terén směrem od konstrukce stoupá
- sklon rubu konstrukce α je kladný, pokud pata konstrukce (uvažována na rubu konstrukce) je od svislice vedené z horního bodu konstrukce umístěna směrem do zemního masivu
- tření mezi zeminou a rubem konstrukce δ je kladné, pokud výslednice zemního tlaku (a tedy i zemní tlak) svírají s normálou k rubu konstrukce úhel ve směru hodinových ručiček.

Aktivní zemní tlak

Aktivní zemní tlak je nejmenší mezní boční tlak vznikající v okamžiku porušení zeminy smykem při pohybu (ústupu) konstrukce ve směru působícího zemního tlaku. (Min. pootočení konstrukce nutné ke vzniku aktivního tlaku je cca 2 mrad , tj. 2 mm/m výšky konstrukce.)

Výpočet aktivního zemního tlaku je **pro případ efektivní napjatosti** zaveden pomocí následujících teorií:

- Mazindraniho teorie (Rankine)
- Coulombova teorie (ČSN 73 0037)
- Müller-Breslauova teorie
- Caquotova teorie
- Absiho teorie
- SP 22.13330.2016

V soudržné zemině je dodržována zásada vyloučení tahu, tj. vyjde-li vlivem soudržnosti hodnota aktivního tlaku záporná nebo, dle přísnějších požadavků, menší než "**Minimální dimenzační tlak**", je nahrazena hodnotou rovnou nule nebo "**Minimálnímu dimenzačnímu tlaku**".

Programem lze počítat i **případ totální napjatosti**.

Mazindraniho teorie (Rankine)

Aktivní zemní tlak je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a = \gamma \cdot z \cdot K'_a \cdot \cos \beta$$

- kde:
- σ_z - svislé geostatické napětí
 - K_a - koeficient aktivního tlaku dle Rankina
 - β - sklon povrchu terénu
 - γ - tíha zeminy
 - z - uvažovaná hloubka
 - K'_a - koeficient aktivního tlaku podle Mazindraniho

$$K'_a = \frac{1}{\cos^2 \varphi} \left[\frac{2 \cdot \cos^2 \beta + 2 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right) \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi - \sqrt{4 \cdot \cos^2 \beta \cdot (\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi) + 4 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right)^2 \cdot \cos^2 \varphi + 8 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right) \cdot \cos^2 \beta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi}}{2} \right] - 1$$

- kde:
- β - sklon povrchu terénu
 - φ - úhel vnitřního tření zeminy
 - c - soudržnost zeminy

Pokud budeme uvažovat případ, kdy je zemina nesoudržná ($c = 0$) a terén za konstrukcí rovinný ($\beta = 0$), pak dostáváme Rankinovo řešení, kdy aktivní zemní tlak je dán vztahem:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a$$

a součinitel aktivního zemního tlaku má tvar:

$$K_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

kde: φ - úhel vnitřního tření zeminy

Vodorovné a svislé složky aktivního tlaku jsou počítány pomocí vzorců:

$$\sigma_{ax} = \sigma_a \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{az} = \sigma_a \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

kde: σ_a - aktivní zemní tlak

δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí

α - odklon rubu konstrukce od svislé

Literatura:

Mazindrani, Z.H., and Ganjali, M.H. 1997. Lateral earth pressure problem of cohesive backfill with inclined surface. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, **123**(2): 110-112.

Coulombova teorie

Aktivní tlak zeminy je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a - 2c_{ef} \cdot K_{ac}$$

kde: σ_z - svislé geostatické napětí

c_{ef} - soudržnost zeminy (efektivní)

K_a - součinitel aktivního zemního tlaku

K_{ac} - součinitel aktivního zemního tlaku vyjadřující vliv soudržnosti

Součinitel aktivního zemního tlaku K_a je dán vztahem:

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

Součinitel aktivního zemního tlaku K_{ac} je dán vztahem:

pro: $\alpha < \pi/4$

$$K_{ac} = \frac{K_{ahc}}{\cos(\delta + \alpha)}$$

$$K_{ahc} = \frac{\cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta - \alpha) \cdot (1 + \operatorname{tg}(-\alpha) \operatorname{tg} \beta)}{1 + \sin(\varphi + \delta - \alpha - \beta)}$$

pro: $\alpha \geq \pi/4$

$$K_a = \sqrt{K_a}$$

kde: φ - úhel vnitřního tření zeminy

δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí

β - sklon povrchu terénu

α - odklon rubu konstrukce od svislé

Vodorovné a svislé složky aktivního tlaku jsou počítány pomocí vzorců:

$$\sigma_{ax} = \sigma_a \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{az} = \sigma_a \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

kde: σ_a - aktivní zemní tlak
 δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 α - odklon rubu konstrukce od svislé

Müller-Breslauova teorie

Aktivní tlak zeminy je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a - 2 \cdot c_{ef} \cdot K_{ac}$$

kde: σ_z - svislé geostatické napětí
 c_{ef} - soudržnost zeminy (efektivní)
 K_a - součinitel aktivního zemního tlaku
 K_{ac} - součinitel aktivního zemního tlaku vyjadřující vliv soudržnosti

Součinitel aktivního zemního tlaku K_a je dán vztahem:

$$K_a = \left(\frac{\frac{\sin(\alpha + \pi/4 - \varphi)}{\sin(\alpha + \pi/4)}}{\sqrt{\sin(\alpha + \pi/4 + \delta) + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\sin(\alpha + \pi/4 - \beta)}}}} \right)^2$$

kde: φ - úhel vnitřního tření zeminy
 δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 β - sklon povrchu terénu
 α - odklon rubu konstrukce od svislé

Součinitel aktivního zemního tlaku K_{ac} je dán vztahem:

pro: $\alpha < \pi/4$

$$K_a = \frac{K_{ahc}}{\cos(\delta + \alpha)}$$

$$K_{ahc} = \frac{\cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta - \alpha) \cdot (1 + \operatorname{tg}(-\alpha) \operatorname{tg} \beta)}{1 + \sin(\varphi + \delta - \alpha - \beta)}$$

pro: $\alpha \geq \pi/4$

$$K_a = \sqrt{K_a}$$

kde: φ - úhel tření zeminy
 δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 β - sklon povrchu terénu
 α - odklon rubu konstrukce od svislé

Vodorovné a svislé složky aktivního tlaku jsou počítány pomocí vzorců:

$$\sigma_{ax} = \sigma_a \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{az} = \sigma_a \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

kde: σ_a - aktivní zemní tlak
 δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 α - odklon rubu konstrukce od svislé

Literatura:

Müller-Breslau's Erddruck auf Stützmauern, Stuttgart: Alfred Kroner-Verlag, 1906 (v němčině)

Caquotova teorie

Aktivní tlak zeminy je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a - 2 \cdot c_{ef} \cdot K_{ac}$$

- kde:
- σ_z - svislé geostatické napětí
 - c_{ef} - soudržnost zeminy (efektivní)
 - K_a - součinitel aktivního zemního tlaku
 - K_{ac} - součinitel aktivního zemního tlaku vyjadřující vliv soudržnosti

V programu GEO5 je součinitel aktivního zemního tlaku K_a počítán následujícím analytickým řešením (Boussinesque Caquot):

$$K_a = \rho \cdot K_a^{Coulomb}$$

- kde:
- K_a - součinitel aktivního zemního tlaku podle Caquota
 - $K_a^{Coulomb}$ - součinitel aktivního zemního tlaku podle Coulomba
 - ρ - převodní součinitel - viz níže

$$\rho = \left[(1 - 0,9 \cdot \lambda^2 - 0,1 \cdot \lambda^4) (1 - 0,3 \cdot \lambda^3) \right]^{-n}$$

$$\lambda = \frac{\Delta + \beta - \Gamma}{4 \cdot \varphi - 2 \cdot \pi (\Delta + \beta - \Gamma)}$$

$$\Delta = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{|\cot \delta| - \sqrt{\cot^2 \delta - \cot^2 \varphi}}{1 + \operatorname{cosec} \varphi} \right)$$

$$\Gamma = \sin^{-1} \left(\frac{\sin \beta}{\sin \varphi} \right)$$

- kde:
- β - sklon povrchu terénu za konstrukcí
 - φ - úhel vnitřního tření zeminy
 - δ - úhel tření mezi konstrukcí a zeminou

Součinitel aktivního zemního tlaku K_{ac} je dán vztahem:

pro: $\alpha < \pi/4$

$$K_{ac} = \frac{K_{ahc}}{\cos(\delta + \alpha)}$$

$$K_{ahc} = \frac{\cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta - \alpha) (1 + \operatorname{tg}(-\alpha) \cdot \operatorname{tg} \beta)}{1 + \sin(\varphi + \delta - \alpha - \beta)}$$

pro: $\alpha \geq \pi/4$

$$K_{ac} = \sqrt{K_a}$$

- kde:
- φ - úhel vnitřního tření zeminy
 - δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 - β - sklon povrchu terénu
 - α - odklon rubu konstrukce od svislé

Vodorovné a svislé složky aktivního tlaku jsou počítány pomocí vzorců:

$$\sigma_{ax} = \sigma_a \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{az} = \sigma_a \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

- kde:
- σ_a - aktivní zemní tlak
 - δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 - α - odklon rubu konstrukce od svislé

Absiho teorie

Aktivní tlak zeminy je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_a = \sigma_z \cdot K_a - 2 \cdot c_{ef} \cdot K_{ac}$$

- kde:
- σ_z - svislé geostatické napětí
 - c_{ef} - soudržnost zeminy (efektivní)
 - K_a - součinitel aktivního zemního tlaku
 - K_{ac} - součinitel aktivního zemního tlaku vyjadřující vliv soudržnosti

Program dosazuje hodnoty součinitele K_a z databáze dat, která byla postavena na tabulkových hodnotách uvedených v knize: Kérisel a Absi: Active and passive earth Pressure Tables, 3rd Ed. A.A. Balkema, 1990 ISBN 90 6191886 3.

Součinitel aktivního zemního tlaku K_{ac} je dán vztahem:

pro: $\alpha < \pi/4$

$$K_{ac} = \frac{K_{ahc}}{\cos(\delta + \alpha)}$$

$$K_{ahc} = \frac{\cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos(\delta - \alpha) \cdot (1 + \operatorname{tg}(-\alpha) \cdot \operatorname{tg} \beta)}{1 + \sin(\varphi + \delta - \alpha - \beta)}$$

pro: $\alpha \geq \pi/4$

$$K_{ac} = \sqrt{K_a}$$

- kde:
- φ - úhel vnitřního tření zeminy
 - δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 - β - sklon povrchu terénu
 - α - odklon rubu konstrukce od svislé

Vodorovné a svislé složky aktivního tlaku jsou počítány pomocí vzorců:

$$\sigma_{ax} = \sigma_a \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{az} = \sigma_a \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

- kde:
- σ_a - aktivní zemní tlak
 - δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 - α - odklon rubu konstrukce od svislé

Literatura:

Kérisel, Absi: Active and Passive Earth Pressure Tables, 3rd ed., Balkema, 1990 ISBN 90 6191886 3

Aktivní tlak - SP 22.13330.2016

Aktivní tlak zeminy je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_a = \sigma_z K_a - 2c\sqrt{K_a}$$

- kde:
- σ_z - svislé geostatické napětí
 - c - soudržnost zeminy
 - K_a - součinitel aktivního zemního tlaku

Součinitel aktivního zemního tlaku K_a je dán vztahem:

$$K_a = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\delta + \alpha) \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

- kde:
- φ - úhel vnitřního tření zeminy
 - δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 - β - sklon povrchu terénu
 - α - odklon rubu konstrukce od svislé

Vodorovné a svislé složky aktivního tlaku jsou počítány pomocí vzorců:

$$\sigma_{ax} = \sigma_a \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{az} = \sigma_a \sin(\alpha + \delta)$$

kde: σ_a - aktivní zemní tlak
 δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 α - odklon rubu konstrukce od svislé

Aktivní zemní tlak - totální napjatost

Při stanovení aktivního zemního tlaku soudržných plně nasycených zemin, kdy nelze očekávat v době zatížení konstrukcí proces konsolidace, tj. v neodvodněném půdním horizontu, je vodorovné normálové totální napětí σ_x dáno vztahem:

$$\sigma_x = \sigma_z - K_{uc} \cdot c_u$$

kde: σ_x - vodorovné normálové totální napětí
 σ_z - svislé normálové totální napětí
 K_{uc} - součinitel zemního tlaku
 c_u - totální soudržnost zeminy

Součinitel zemního tlaku K_{uc} se počítá podle vzorce:

$$K_{uc} = 2 \cdot \sqrt{1 + \frac{a_u}{c_u}}$$

kde: K_{uc} - součinitel zemního tlaku
 c_u - totální soudržnost zeminy
 a_u - totální přilnavost zeminy ke stěně konstrukce (adheze)

Pasivní zemní tlak

Pasivní zemní tlak je nejvyšší mezní boční tlak, vznikající v okamžiku porušení zeminy smykem při pohybu (zatlačování) konstrukce proti směru působícího zemního tlaku (minimální pootočení konstrukce nutné ke vzniku pasivního tlaku je cca 10 mrad, tj. 10 mm/m výšky konstrukce). V mnoha vzorcích pro výpočet pasivního tlaku je zvolena znaménková konvence, podle které jsou obvyklé hodnoty δ , kdy výslednice tření působí dolů, záporné. V programu se však tyto hodnoty zadávají jako kladné - řídí se varianta, kdy tření působí vzhůru, není uvažována.)

Výpočet pasivního zemního tlaku je pro případ efektivní napjatosti zaveden pomocí následujících teorií:

- Rankinova a Mazindrani teorie
- Coulombova teorie
- Caquot - Kériselova teorie (ČSN 73 0037)
- Müller - Breslauova teorie
- Absiho teorie
- Sokolovského teorie
- SP 22.13330.2016

Programem lze počítat i případ totální napjatosti.

Rankinova a Mazindraniho teorie

Pasivní zemní tlak je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_p = \gamma \cdot z \cdot K'_p \cdot \cos \beta$$

kde: σ_z - svislé geostatické napětí
 K_p - koeficient pasivního tlaku dle Rankina
 β - sklon povrchu terénu
 γ - tíha zeminy
 z - uvažovaná hloubka
 K'_p - koeficient pasivního tlaku podle Mazindraniho

Součinitel pasivního zemního tlaku K'_p je dán vztahem:

$$K'_p = \frac{1}{\cos^2 \varphi} \cdot \left[\frac{2 \cdot \cos^2 \beta + 2 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right) \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi + \sqrt{4 \cdot \cos^2 \beta \cdot (\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi) + 4 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right)^2 \cdot \cos^2 \varphi + 8 \cdot \left(\frac{c}{\gamma \cdot z} \right) \cdot \cos^2 \beta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \varphi}}{2} \right] - 1$$

kde: β - sklon povrchu terénu
 φ - úhel vnitřního tření zeminy
 c - soudržnost zeminy

V případě, že mezi konstrukcí a nesoudržnou zeminou ($c = 0$) nepůsobí tření ($\delta = 0$), povrch terénu je vodorovný ($\beta = 0$) a smyková plocha se vytvoří též jako rovinná se sklonem

$$\vartheta_p = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$$

přechází Mazindraniho teorie v teorii podle Rankina. Součinitel pasivního zemního tlaku je pak dán následujícím vztahem:

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

kde: φ - úhel vnitřního tření zeminy

Pasivní zemní tlak σ_p je tedy dle Rankina pro nesoudržné zeminy dán vztahem:

$$\sigma_p = \gamma \cdot z \cdot K_p$$

kde: γ - objemová tíha zeminy
 z - uvažovaná hloubka
 K_p - součinitel pasivního zemního tlaku dle Rankina

Literatura:

Mazindrani, Z.H., and Ganjali, M.H. 1997. Lateral earth pressure problem of cohesive backfill with inclined surface. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE*, 123(2): 110-112.

Coulombova teorie

Pasivní tlak je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}$$

Součinitel pasivního zemního tlaku K_p je dán vztahem:

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha) \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cdot \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2}$$

kde: φ - úhel vnitřního tření zeminy
 δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 β - sklon povrchu terénu
 α - odklon rubu konstrukce od svislé

Svislá složka σ_{pv} a vodorovná složka σ_{ph} jsou vyjádřeny rovnicemi:

$$\sigma_{px} = \sigma_p \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{pz} = \sigma_p \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

kde: δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 α - odklon rubu konstrukce od svislé

Caquot - Kériselova teorie

Pasivní tlak zeminy je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_p \psi + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p \psi}$$

kde: K_p - součinitel pasivního zemního tlaku pro $\delta = -\varphi$ uvedený v tabulce
 ψ - zmenšovací součinitel ψ pro $|\delta| < \varphi$, viz tabulka
 c - soudržnost zeminy
 σ_z - svislé geostatické napětí

Svislá složka σ_{pz} a vodorovná složka σ_{px} jsou vyjádřeny rovnicemi:

$$\sigma_{px} = \sigma_p \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{pz} = \sigma_p \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

kde: δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí

α - odklon rubu konstrukce od svislé

Literatura:

Československá státní norma ČSN 730037 Zemní tlaky na stavební konstrukce, Český normalizační institut, 1992, Praha.

Součinitel pasivního zemního tlaku K_p

Součinitel pasivního zemního tlaku K_p pro $\delta = -\varphi$											
α [°]	φ [°]	K_p při β°									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	10	1,17	1,41	1,53							
	15	1,39	1,70	1,92	2,06						
	20	1,71	2,06	2,42	2,71	2,92					
	25	2,14	2,61	2,96	3,66	4,22	4,43				
	30	2,78	3,42	4,16	5,01	5,96	6,94	7,40			
-30	35	3,75	4,73	5,87	7,21	8,76	10,60	12,50	13,60		
	40	5,31	6,87	8,77	11,00	13,70	17,20	24,60	25,40	28,40	
	45	8,05	10,70	14,20	18,40	23,80	30,50	38,90	49,10	60,70	69,10
	10	1,36	1,58	1,70							
	15	1,68	1,97	2,20	2,38						
-20	20	2,13	2,52	2,92	3,22	3,51					
	25	2,78	3,34	3,99	4,60	5,29	5,57				
	30	3,78	4,61	5,56	6,61	7,84	9,12	9,77			
	35	5,36	6,69	8,26	10,10	12,20	14,80	17,40	19,00		
	40	8,07	10,40	12,00	16,50	20,00	25,50	36,50	37,80	42,20	
-10	45	13,20	17,50	22,90	29,80	38,30	48,90	62,30	78,80	97,30	111,00
	10	1,52	1,72	1,83							
	15	1,95	2,23	2,57	2,66						
	20	2,57	2,98	3,42	3,75	4,09					
	25	3,50	4,14	4,90	5,62	6,45	6,81				
0	30	4,98	6,01	7,19	8,51	10,10	11,70	12,60			
	35	7,47	9,24	11,30	13,80	16,70	20,10	23,70	26,00		
	40	12,00	15,40	19,40	24,10	29,80	37,10	53,20	55,10	61,60	
	45	21,20	27,90	36,50	47,20	60,60	77,30	98,20	124,00	153,00	176,00
	10	1,64	1,81	1,93							
10	15	2,19	2,46	2,73	2,91						
	20	3,01	3,44	3,91	4,42	4,66					
	25	4,29	5,02	5,81	6,72	7,71	8,16				
	30	6,42	7,69	9,13	10,80	12,70	14,80	15,90			
	35	10,20	12,60	15,30	18,60	22,30	26,90	31,70	34,90		
	40	17,50	22,30	28,00	34,80	42,90	53,30	76,40	79,10	88,70	
	45	33,50	44,10	57,40	74,10	94,70	120,00	153,00	174,00	240,00	275,00
	10	1,73	1,87	1,98							
	15	2,40	2,65	2,93	3,12						
	20	3,45	3,90	4,40	4,96	5,23					
	25	5,17	5,99	6,90	7,95	9,11	9,67				
	30	8,17	9,69	11,40	13,50	15,90	18,50	19,90			
	35	13,80	16,90	20,50	24,80	29,80	35,80	42,30	46,60		
	40	25,50	32,20	40,40	49,90	61,70	76,40	110,00	113,00	127,00	
	45	52,90	69,40	90,00	116,00	148,00	188,00	239,00	303,00	375,00	431,00
	10	1,78	1,89	2,01							

	15	2,58	2,82	3,11	3,30						
	20	3,90	4,38	4,92	5,53	5,83					
20	25	6,18	7,12	8,17	9,39	10,70	11,40				
	30	10,40	12,30	14,40	16,90	20,00	23,20	25,00			
	35	18,70	22,80	27,60	33,30	40,00	48,00	56,80	62,50		
	40	37,20	46,90	58,60	72,50	89,30	111,00	158,00	164,00	185,00	
	45	84,00	110,00	143,00	184,00	234,00	297,00	378,00	478,00	592,00	680,00
	10	1,78	1,89	2,00							
	15	2,72	2,96	3,26	3,45						
	20	4,35	4,88	5,46	6,14	6,47					
30	25	7,33	8,43	9,65	11,10	12,70	13,50				
	30	13,10	15,50	18,20	21,40	25,20	29,30	31,60			
	35	25,50	31,00	37,50	45,20	54,20	65,20	77,00	84,80		
	40	54,60	68,80	86,00	107,00	131,00	162,00	232,00	241,00	271,00	
	45	135,00	176,00	228,00	293,00	374,00	475,00	604,00	763,00	945,00	1090,00

Zmenšovací součinitel

Zmenšovací součinitel ψ pro $|\delta| < \varphi$

φ [°]	ψ při $ \delta / \varphi$					
	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0
10	1,00	0,989	0,962	0,929	0,898	0,864
15	1,00	0,979	0,934	0,881	0,830	0,775
20	1,00	0,968	0,901	0,824	0,752	0,678
25	1,00	0,954	0,860	0,759	0,666	0,574
30	1,00	0,937	0,811	0,686	0,574	0,467
35	1,00	0,916	0,752	0,603	0,475	0,362
40	1,00	0,886	0,682	0,512	0,375	0,262
45	1,00	0,848	0,600	0,414	0,276	0,174

Müller - Breslauova teorie

Pasivní tlak je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}$$

kde: K_p - součinitel pasivního zemního tlaku
 c - soudržnost zeminy
 σ_z - svislé normálové totální napětí

Součinitel pasivního zemního tlaku K_p je dán vztahem:

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \delta) \cdot \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\alpha - \delta) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right)^2}$$

kde: φ - úhel tření zeminy
 δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 β - sklon povrchu terénu
 α - odklon rubu konstrukce od svislé

Svislá složka σ_{pz} a vodorovná složka σ_{px} jsou vyjádřeny rovnicemi:

$$\sigma_{px} = \sigma_p \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{pz} = \sigma_p \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

kde: δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 α - odklon rubu konstrukce od svislé

Literatura:

Müller-Breslau's Erddruck auf Stützmauern, Stuttgart: Alfred Kroner-Verlag, 1906 (v němčině).

Absiho teorie

Pasivní tlak je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_p + 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_p}$$

kde: K_p - součinitel pasivního zemního tlaku
 c - soudržnost zeminy
 σ_z - svislé normálové totální napětí

Program dosazuje hodnoty součinitele K_p z databáze dat, která byla postavena na tabulkových hodnotách uvedených v knize: Kérisel a Absi: Active and passive earth Pressure Tables, 3rd Ed. A.A. Balkema, 1990 ISBN 90 6191886 3.

Svislá složka σ_{pz} a vodorovná složka σ_{px} jsou vyjádřeny rovnicemi:

$$\sigma_{px} = \sigma_p \cdot \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{pz} = \sigma_p \cdot \sin(\alpha + \delta)$$

kde: δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 α - odklon rubu konstrukce od svislé

Literatura:

Kérisel, Absi: Active and Passive Earth Pressure Tables, 3rd ed., Balkema, 1990 ISBN 90 6191886 3.

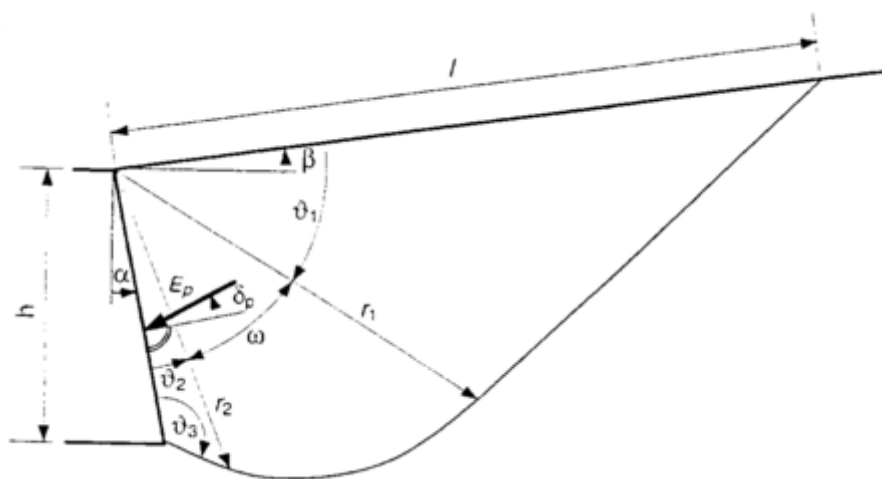
Sokolovského teorie

Pasivní zemní tlak zeminy podle Sokolovského se počítá dle vztahu:

$$\sigma_p = \sigma_z \cdot K_{pg} + c \cdot K_{pc} + p_v \cdot K_{pp}$$

kde: K_{pg} - součinitel pasivního zemního tlaku nesoudržné zeminy
 K_{pc} - součinitel pasivního zemního tlaku od soudržnosti
 K_{pp} - součinitel pasivního zemního tlaku od přitížení terénu
 σ_z - svislé normálové totální napětí

Vztahy pro výpočet velikosti pasivního zemního tlaku a smykové plochy jsou uvedeny níže, význam proměnných je patrný z obr.:



Smyková plocha pasivního zemního tlaku podle Sokolovského

Úhly popisující smykovou plochu:

$$\vartheta_1 = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} - \frac{\varepsilon_1 - \beta}{2}$$

$$\vartheta_2 = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} - \frac{\varepsilon_2 - \delta_p}{2}$$

$$\vartheta_3 = \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} + \frac{\varepsilon_2 - \delta_p}{2}$$

$$\omega = \frac{\pi}{2} - \alpha + \beta - \vartheta_1 - \vartheta_2$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sin \beta}{\sin \varphi}$$

$$\varepsilon_2 = -\frac{\sin \delta_p}{\sin \varphi}$$

kde:

- φ - úhel vnitřního tření zeminy
- δ_p - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
- β - sklon povrchu terénu

Průvodiče smykové plochy:

$$r_2 = \frac{h}{\cos \alpha} \cdot \frac{\sin \vartheta_3}{\sin(\vartheta_2 + \vartheta_3)}$$

$$r_1 = r_2 \cdot e^{\omega \cdot \tan \varphi}$$

$$I = r_1 \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos(\varphi + \vartheta_1)}$$

V případě, že $\omega < 0$, se početně překrývají obě přímočaré okraje zóny r_1 a r_2 a vytvoří se v překrývací oblasti rovinná smyková plocha. Koeficienty pasivního zemního tlaku K_{pg} , K_{pp} , K_{pc} se počítají pomocí následujících vztahů:

$$K_{pg} = K_{pg,0} \cdot i_{pg} \cdot g_{pg} \cdot t_{pg}$$

$$K_{pp} = K_{pp,0} \cdot i_{pp} \cdot g_{pp} \cdot t_{pp}$$

$$K_{pc} = \cot \varphi \cdot \left(K_{pp,0} \cdot i_{pc} \cdot g_{pc} \cdot t_{pc} - \frac{1}{\cos \alpha \cdot \cos \delta} \right)$$

kde:

- φ - úhel vnitřního tření zeminy
- δ_p - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
- α - odklon rubu konstrukce od svislé

$$K_{pg,0} = K_{pp,0} = \frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi}$$

pomocné proměnné: i_{pg} , i_{pp} , i_{pc} , g_{pg} , g_{pp} , g_{pc} , t_{pg} , t_{pp} , t_{pc}

pro:

$$i_{pg} = (1 - 0,53 \cdot \delta_p)^{0,26 + 5,96 \varphi}, i_{pp} = (1 - 1,33 \cdot \delta_p)^{0,08 + 2,37 \varphi}, i_{pc} = i_{pp}$$

$$\beta \leq 0: g_{pg} = (1 + 0,73 \cdot \beta)^{2,89}, g_{pp} = (1 + 1,16 \cdot \beta_p)^{1,57}, g_{pc} = (1 + 0,001 \cdot \beta \cdot \tan \varphi)^{205,4 + 2232 \varphi}$$

$$\beta > 0: g_{pg} = (1 + 0,35 \cdot \beta)^{0,42 + 8,15 \varphi}, g_{pp} = (1 + 3,84 \cdot \beta_p)^{0,98 \varphi}, g_{pc} = e^{2 \cdot \beta \cdot \tan \varphi}$$

$$\alpha \leq 0: t_{pg} = (1 + 0,72 \cdot \alpha \cdot \tan \varphi)^{3,51 + 1,03 \varphi}$$

$$\alpha > 0: t_{pg} = (1 - 0,0012 \cdot \alpha \cdot \tan \varphi)^{2910 - 1958 \varphi}$$

$$t_{pp} = \frac{e^{-2 \cdot \alpha \cdot \tan \varphi}}{\cos \alpha}$$

kde: $t_{pc} = t_{pp}$

V případě, že zeminy mají nulovou hodnotu úhlu vnitřního tření, pak platí následující vztahy pro koeficienty pasivního zemního tlaku:

$$K_{pp} = \cos \beta$$

$$K_{pc} = K_{pc,0} \cdot i_{pc} \cdot g_{pc} \cdot t_{pc}$$

kde:

$$K_{pc,0} = 2$$

$$i_{pc} = 1$$

$$g_{pc} = 1 + \beta$$

$$t_{pc} = \frac{1 - \alpha}{\cos \alpha} \Rightarrow K_{pc} = \frac{2 \cdot (1 + \beta) \cdot (1 - \alpha)}{\cos \alpha}$$

Literatura:

Sokolovski, V.V., 1960. *Statics of Soil Media*, Butterworth, London.

Pasivní tlak - SP 22.13330.2016

Pasivní tlak je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_p = \sigma_z K_a + 2c \sqrt{K_p}$$

kde:

- σ_z - svislé geostatické napětí
- c - soudržnost zeminy
- K_p - součinitel pasivního zemního tlaku

Součinitel pasivního zemního tlaku K_p je dán vztahem:

$$K_p = \frac{\cos^2(\varphi + \alpha)}{\cos^2 \alpha \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi + \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2}$$

kde:

- φ - úhel vnitřního tření zeminy
- δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
- β - sklon povrchu terénu
- α - odklon rubu konstrukce od svislé

Vodorovné a svislé složky pasivního tlaku jsou počítány pomocí vzorců:

$$\sigma_{px} = \sigma_p \cos(\alpha + \delta)$$

$$\sigma_{pz} = \sigma_p \sin(\alpha + \delta)$$

kde:

- σ_p - pasivní zemní tlak
- δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
- α - odklon rubu konstrukce od svislé

Pasivní zemní tlak - totální napjatost

Při stanovení pasivního zemního tlaku soudržných plně nasycených zemin, kdy nelze očekávat v době zatížení konstrukcí proces konsolidace, tj. v neodvodněném půdním horizontu, je vodorovné normálové totální napětí σ_x dáno vztahem:

$$\sigma_x = \sigma_z - K_{uc} \cdot c_u$$

kde:

- σ_x - vodorovné normálové totální napětí
- σ_z - svislé normálové totální napětí
- K_{uc} - součinitel zemního tlaku
- c_u - totální soudržnost zeminy

Součinitel zemního tlaku K_{uc} se počítá podle vzorce:

$$K_{uc} = -2 \cdot \sqrt{1 + \frac{a_u}{c_u}}$$

kde:

- K_{uc} - součinitel zemního tlaku
- c_u - totální soudržnost zeminy
- a_u - totální přilnavost zeminy ke stěně konstrukce (adheze)

Tlak v klidu

Tlak v klidu je boční tlak na nepoddajnou konstrukci. Zpravidla se uvažuje v případech, kdy je nutné omezit boční a svislou deformaci pažené zeminy (např. v případech bočního podchycování stavebních konstrukcí při hloubení stavebních jam pod úroveň stávajících základů nebo obecně při pažení zeminy s konstrukcemi citlivými na nerovnoměrné sedání), nebo když je konstrukce zatížená zemním tlakem z konstrukčních důvodů příliš tuhá a neumožňuje deformaci ve směru zatížení nezbytnou pro mobilizaci aktivního tlaku.

Tlak v klidu je počítán pomocí vzorce:

$$\sigma_r = \sigma_z \cdot K_r$$

Pro **soudržné zeminy** je programem použit vztah pro výpočet K_r podle Terzaghiho:

$$K_r = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

kde: ν - Poissonovo číslo

Pro **nesoudržné zeminy** je použit vztah podle Jákyho:

$$K_r = 1 - \sin \varphi$$

kde: φ - úhel vnitřního tření zeminy

Pokud počítáme tlak v klidu soudržné zeminy σ_r s užitím vztahu pro součinitel zemního tlaku v klidu K_r podle Jákyho, pak se doporučuje počítat náhradním úhlem vnitřního tření zemin φ_n .

Volbou typu zeminy (soudržná, nesoudržná) při zadávání jejích parametrů, lze tedy ovlivnit způsob výpočtu tlaku v klidu. I typicky nesoudržnou zeminu (písek, štěrk) je třeba zadat jako soudržnou, chceme-li počítat tlak v klidu pomocí Poissonova čísla a naopak.

Pro **zeminy překonsolidované** se používá pro výpočet součinitel tlaku zeminy v klidu K_r podle vztahu odvozeného Schmertmannem:

$$K_r = 0,5 \cdot (OCR)^{0,5}$$

kde: K_r - je součinitel tlaku zeminy v klidu

OCR - je **stupeň překonsolidace**

Hodnotu součinitele tlaku v klidu lze také **přímo zadat**.

Program umožňuje počítat také tlak v klidu při **šikmém terénu a rubu konstrukce** a také účinek **přetížení**.

Tlak v klidu při šikmém terénu a rubu konstrukce

Při šikmém terénu za konstrukcí ($0^\circ < \beta \leq \varphi$) je tlak v klidu počítán dle vzorce:

$$\sigma_r = \frac{\sigma_z \cdot K_r \cdot \sin \varphi \cdot \cos \beta}{\sin \varphi - \sin^2 \beta}$$

kde: φ - je úhel vnitřního tření zeminy

β - je sklon povrchu terénu

σ_z - je svislé geostatické napětí

K_r - je součinitel tlaku v klidu

Při šikmém rubu konstrukce se hodnoty zemního tlaku v klidu počítají dle vzorce:

$$\sigma_r = \sigma_z \sqrt{\sin^2 \alpha + K_r^2 \cdot \cos^2 \alpha}$$

kde: α - je odklon rubu konstrukce od svislé

σ_z - je svislé geostatické napětí

K_r - je součinitel tlaku v klidu

Normálová a tangenciální složka je dána vztahy:

$$\sigma = \sigma_z \cdot (\sin^2 \alpha + K_r \cdot \cos^2 \alpha)$$

$$\tau = \sigma_z \cdot (1 - K_r) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

kde: α - je odklon rubu konstrukce od svislé

σ_z - je svislé geostatické napětí

K_r - je součinitel tlaku v klidu

Úhel odklonu od normály ke stěně δ je vyjádřen vztahem:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{(1 - K_r) \operatorname{tg} \alpha}{K_r + \operatorname{tg}^2 \alpha}$$

kde: α - je odklon rubu konstrukce od svislé

K_r - je součinitel tlaku v klidu

Zvýšený aktivní tlak

Zvýšený aktivní tlak se počítá pomocí součinitele k .

Velikost tlaku se vypočte podle vzorce:

$$\sigma = k \sigma_r + (1 - k) \sigma_a$$

kde: σ_r - tlak v klidu

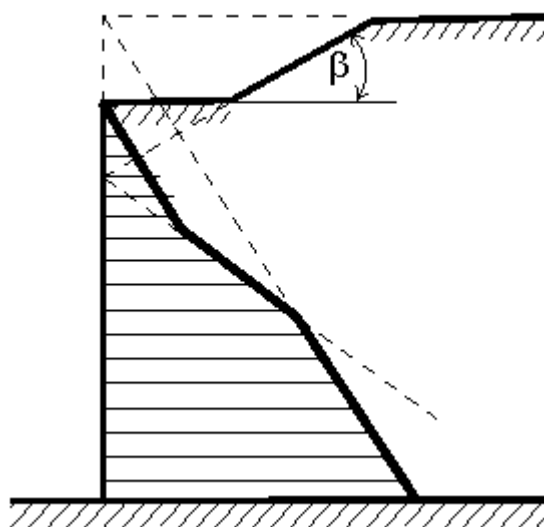
σ_a - aktivní zemní tlak

k - součinitel zvýšeného aktivního tlaku

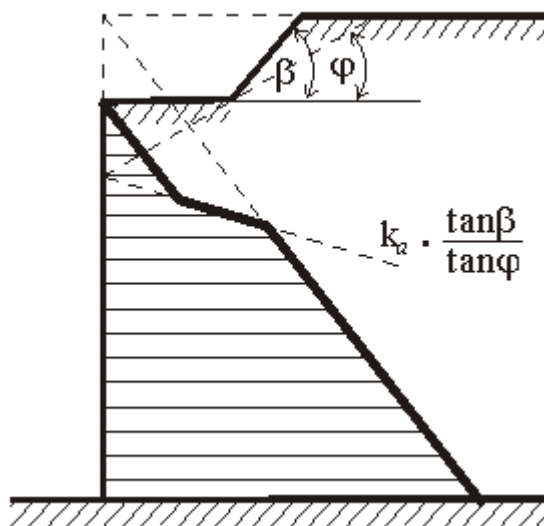
Je-li hodnota součinitele $k = 1$, pak je výsledný tlak roven tlaku v klidu, je-li hodnota $k = 0$ je výsledný tlak roven tlaku aktivnímu.

Průběh zemních tlaků při členitém terénu

Na obrázcích je znázorněn postup při výpočtu zemních tlaků v případě členitého terénu. Výsledný průběh zemního tlaku na konstrukci získáme postupným složením trojúhelníkových průběhů tlaku vyvolaných jednotlivými vlivy na konstrukci.



Způsob výpočtu zemních tlaků při členitém terénu



Způsob výpočtu zemních tlaků při členitém terénu pro $\beta > \varphi$

Vliv vody

Program umožňuje počítat s těmito vlivy vody:

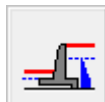
Bez podzemní vody, voda není uvažována



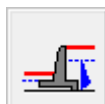
Hydrostatický tlak, voda za konstrukcí



Hydrostatický tlak, voda před i za konstrukcí



Hydrodynamický tlak



Speciální průběh tlaku od vody



Bez podzemní vody, voda není uvažována



Bez podzemní vody, voda není uvažována

Při této volbě není vliv podzemní vody uvažován.

Doplňující informace:

Jestliže se v úrovni a nad úrovní HPV nacházejí jemnozrnné zeminy, je vhodné zvážit vliv plného nasycení zeminy v oblasti kapilární vzlinavosti. Ve výpočtu se vliv vzlinání vody uvažuje pouze zvýšeným stupněm nasycení, a proto se zadá do parametrů zeminy γ_{sat} .

Pokud je třeba v profilu vyjádřit oblasti s různým stupněm nasycení, lze toho dosáhnout vložením vrstev těžší zeminy s různými objemovými hmotnostmi. Negativní pórové tlaky vody se neuvažují, ale je možné u vrstev s různým způsobem nasycení dosadit i parametry smykové pevnosti ovlivněné sáním (rozdílem pórového tlaku vzduchu a vody $u_a - u_w$).

Hydrostatický tlak, voda za konstrukcí



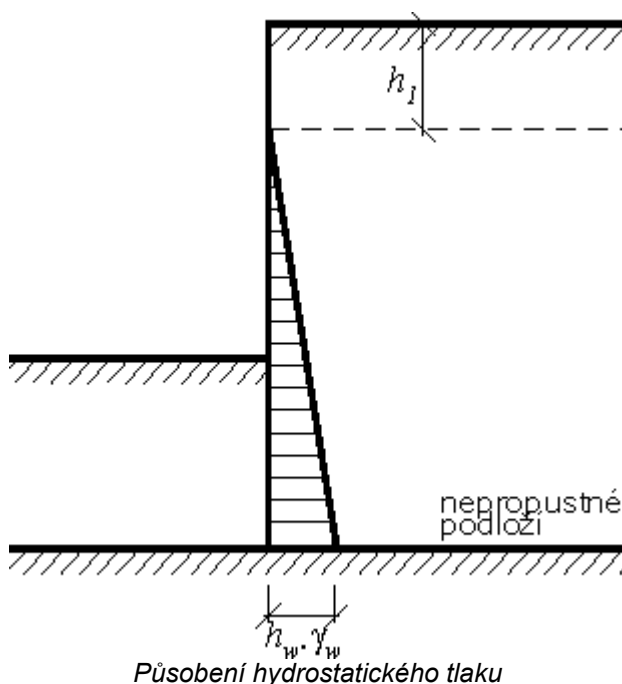
Hydrostatický tlak, voda za konstrukcí

Pata konstrukce je zapuštěna do nepropustného podloží, voda pod konstrukcí nemůže proudit. Voda se nachází pouze za rubem konstrukce, na lici voda není. Tento případ například nastává, pokud je voda na lici konstrukce odváděna gravitačně nebo je zemina hloubkově odvodňována. Rub konstrukce je zatížen hydrostatickým tlakem:

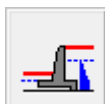
$$u = \gamma_w \cdot h_w$$

kde:

- γ_w - objemová tíha vody
- h_w - rozdíl hladin

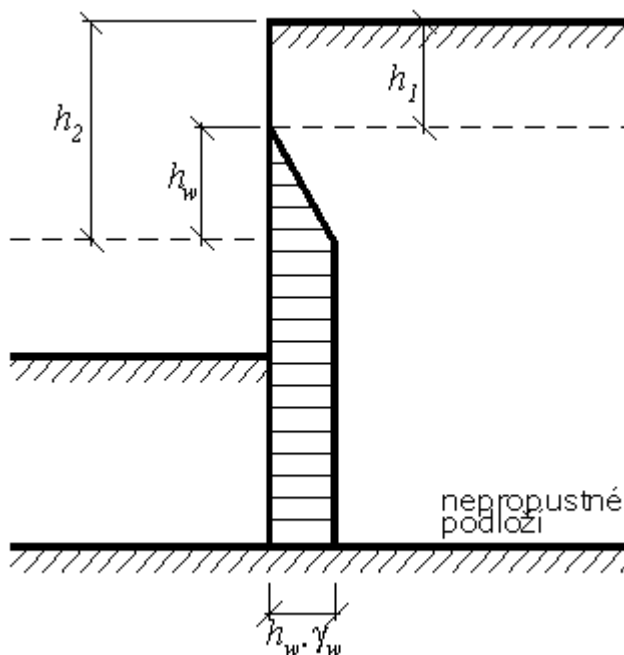


Hydrostatický tlak, voda před i za konstrukcí



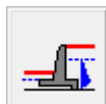
Hydrostatický tlak, voda před i za konstrukcí

Pata konstrukce je zapuštěna do nepropustného podloží, voda pod konstrukcí nemůže proudit. Zatížení od vody působí před i za konstrukcí. Voda je před konstrukcí odváděna gravitačně nebo je snižována mělce čerpáním. Konstrukce je na rubu i na lici zatížena hydrostatickým tlakem od hladin rozdílné výše (h_1 a h_2). Kóta h_w vyjadřuje rozdíl výšek hladin na rubu a na lici konstrukce- viz obrázek:



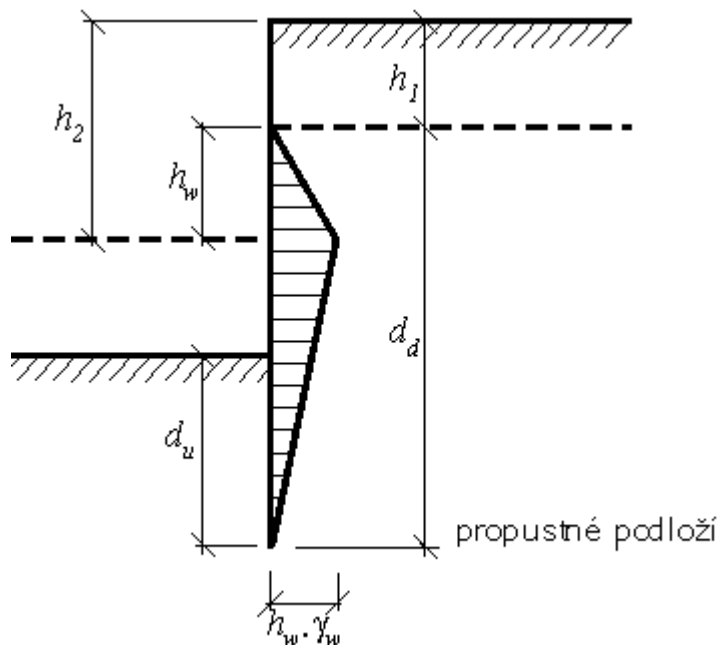
Působení hydrostatického tlaku

Hydrodynamický tlak



Hydrodynamický tlak

Pata konstrukce je založena v propustném podloží a voda může pod konstrukcí proudit - viz obrázek. Úpravy objemové tíhy zeminy nadlehčené vztlakem vody γ_{su} o vliv proudového tlaku vyplývají ze směru proudění vody.



Působení hydrodynamického tlaku

Program v oblasti sestupného proudění zavádí při výpočtu zemního tlaku objemovou tíhu zeminy hodnotou:

$$\gamma = \gamma_{su} + \Delta\gamma = \gamma_{su} + i \cdot \gamma_w$$

a v oblasti vzestupného proudění hodnotou:

$$\gamma = \gamma_{su} - \Delta\gamma = \gamma_{su} - i \cdot \gamma_w$$

kde: γ_{su} - objemová tíha zeminy pod vodou

$\Delta\gamma$ - změna objemové tíhy zeminy

- i - průměrná hodnota hydraulického sklonu
 γ_w - objemová tíha vody

Průměrná hodnota hydraulického sklonu je dána vztahem:

$$i = \frac{h_w}{d_d + d_u}$$

- kde:
- i - průměrná hodnota hydraulického sklonu
 - h_w - rozdíl hladin
 - d_d - dráha průsaku směrem dolů
 - d_u - dráha průsaku směrem nahoru

Je-li změna objemové tíhy zeminy $\Delta\gamma$ daná vztahem:

$$\Delta\gamma = i \cdot \gamma_w$$

- kde:
- i - průměrná hodnota hydraulického sklonu
 - γ_w - objemová tíha vody

Větší než objemová tíha zeminy pod vodou γ_{su} , pak dochází k vyplavování zeminy před patou konstrukce - zemina se v důsledku proudící vody chová jako beztlížná a nemůže přenášet žádná zatížení, program na tuto skutečnost upozorní a dále je počítáno s hodnotou $\gamma = 0$.

Speciální průběh tlaku od vody

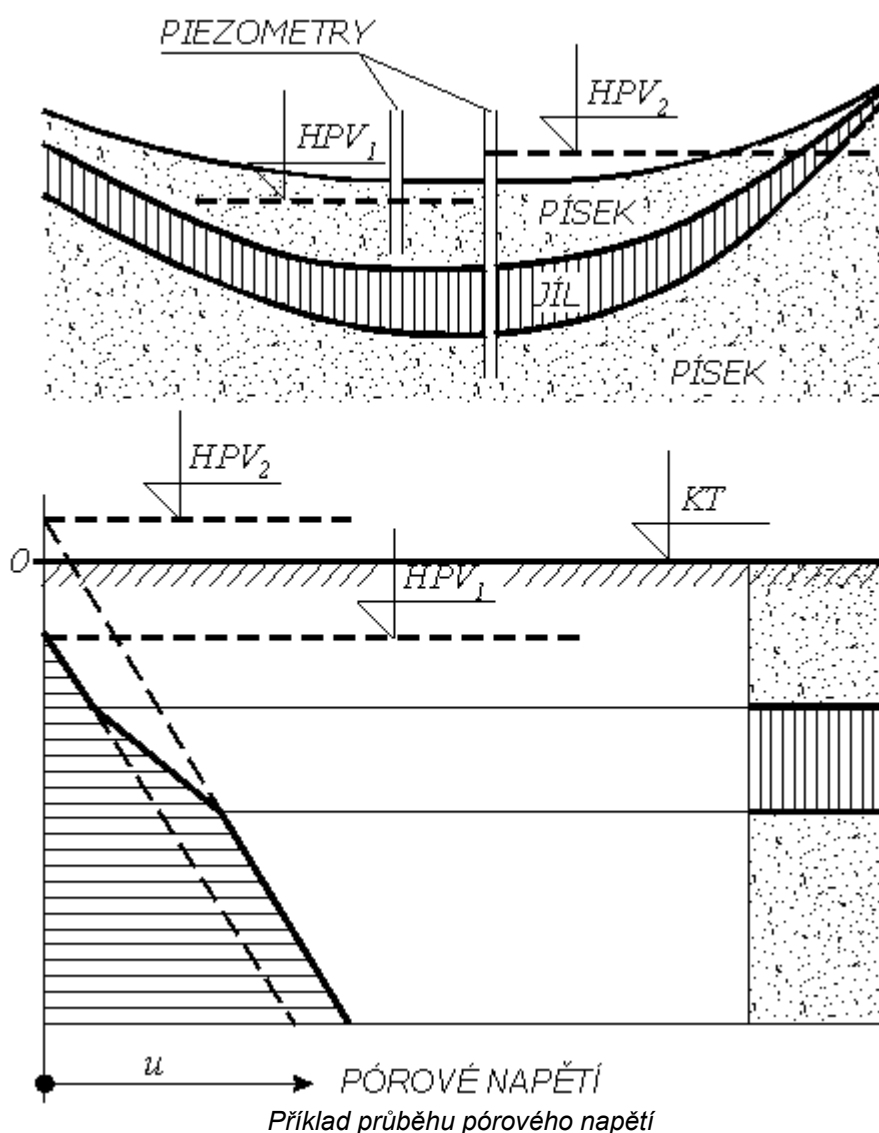


Speciální průběh tlaku od vody

Program umožňuje ruční zadání průběhu zatížení vodou před i za konstrukcí pořadnicemi tlaku v různých hloubkách. Průběh tlaku je mezi zadanými hodnotami lineární. Současně je třeba zadat úrovně hladin plného nasycení zeminy za konstrukcí (h_1) a před ní (h_2) včetně případného snížení objemové tíhy (δ_y) před konstrukcí v důsledku proudění.

Příklad využití - dva oddělené horizonty podzemní vody

Jde o případ, kdy se mezi dvěma propustnými vrstvami (štěrk nebo písek) nachází vrstva nepropustného jílu, která způsobuje oddělení dvou hydraulických horizontů - viz obrázek:



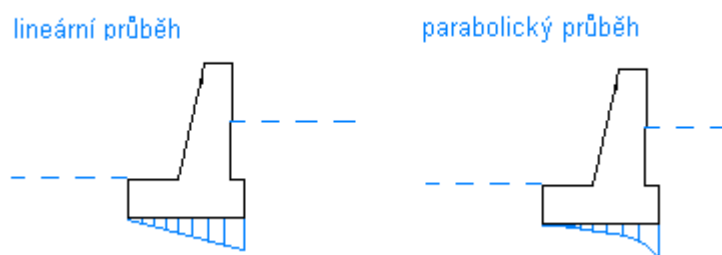
Průběh pórového napětí je nad vrstvou jílu řízen volnou hladinou podzemní vody (HPV_1). Průběh pórového napětí pod vrstvou jílu vyplývá z poměrů v nižší oddělené zvodni (HPV_2), kde je napjatá podzemní voda. Průběh pórového napětí lze ve vrstvě jílu přibližně vyjádřit jako lineární.

Ve výpočtu program vliv vztlínání vody uvažuje pouze zvýšeným stupněm nasycení, a proto je nutné v tomto případě zadat do parametrů zeminy γ_{sat} .

Pokud je třeba v profilu vyjádřit oblasti s různým stupněm nasycení, lze toho dosáhnout vložení vrstev téže zeminy s různými objemovými hmotnostmi. Negativní pórové tlaky vody se neuvažují, ale je možné u vrstev s různým způsobem nasycení dosadit i parametry smykové pevnosti ovlivněné sáním.

Vztlak v základové spáře

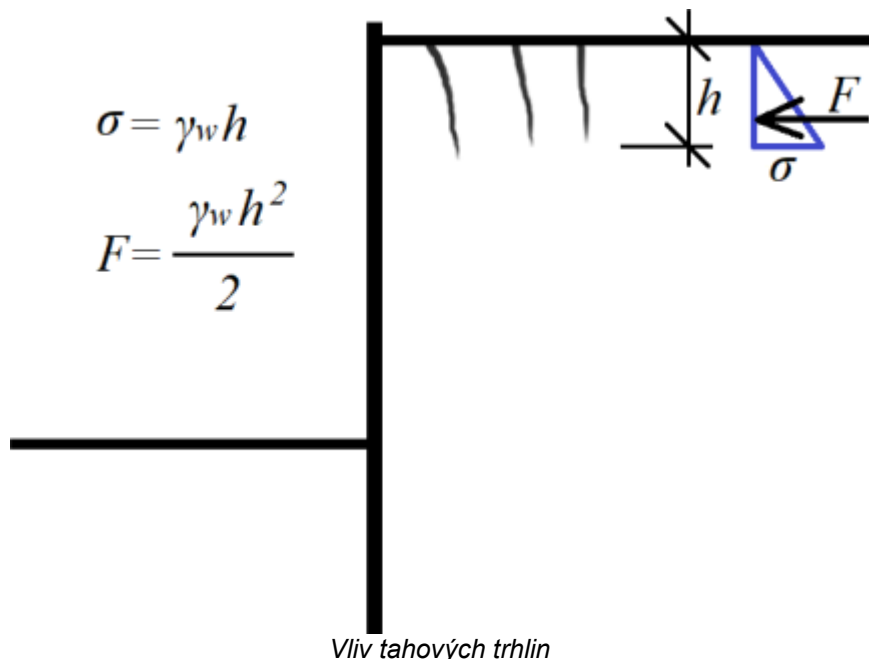
Vztlak v základové spáře od rozdílných hladin se uvažuje podle předpokládaného působení jako lineární, parabolický nebo se neuvažuje vůbec.



Vztlak v základové spáře

Vliv tahových trhlin

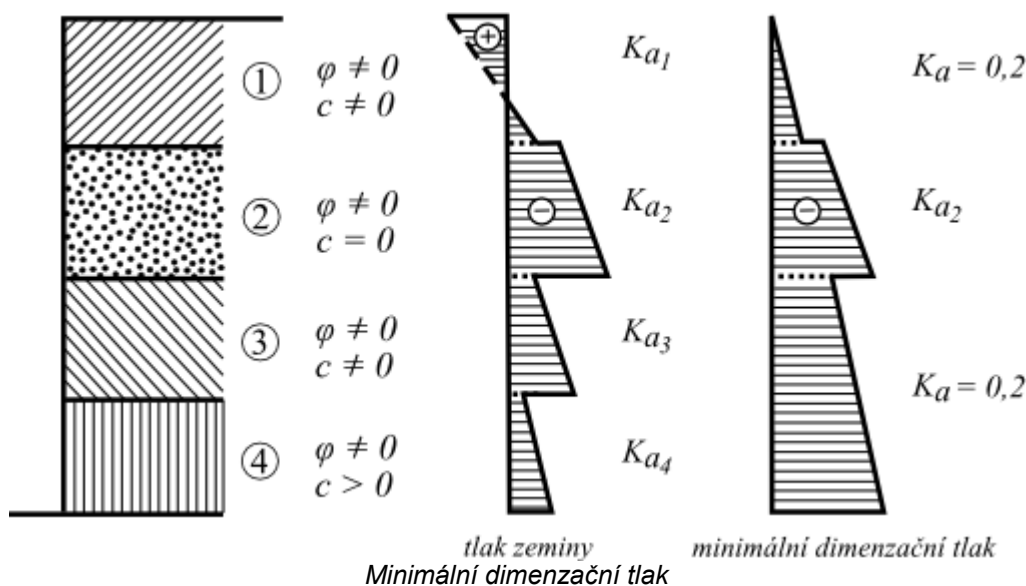
Program umožňuje započítat vliv tahových trhlin na povrchu vyplněných vodou. Způsob výpočtu je patrný na obrázku. Jediným vstupním údajem je hloubka tahových trhlin.



Minimální dimenzační tlak

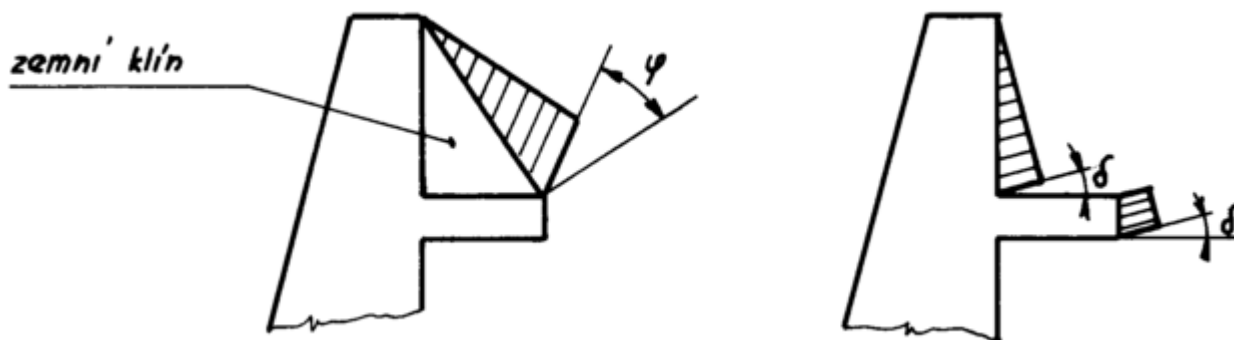
Při stanovení velikosti a rozdělení zemních tlaků je obtížná kvantifikace podílu jednotlivých vlivů, což vede k nejednoznačnosti při určování zatěžovacího obrazce zemního tlaku. Pro dimenzování konstrukce by se mělo použít nejnepříznivější rozdělení ve prospěch bezpečnosti konstrukce. Například u rozepřených konstrukcí v soudržných zemích při využití reálných hodnot parametrů smykové pevnosti po celé výšce konstrukce vycházejí v horní části tahová napětí - viz obrázek. Tato tahová napětí však ve skutečnosti nemohou být přenesena na pažící konstrukci (důsledek oddělení od zeminy vlivem technologie výstavby, izolačních a drenážních vrstev). Jako opatření ve prospěch bezpečnosti konstrukce v podpovrchové oblasti soudržné zeminy, kde při výpočtu aktivního tlaku vycházejí tahová napětí je v programu GEO5 Tlaky možnost počítat s volbou "**Minimální dimenzační tlak**".

Při stanovení minimálního dimenzačního tlaku se pro vrstvy soudržných zemí použije jako minimální součinitel aktivního zemního tlaku náhradní součinitel $K_a = 0,2$, a tak je zaručeno, že hodnota vypočteného aktivního tlaku neklesne pod 20% tlaku svislého ($K_a \geq 0,2$) - viz obrázek. Použití minimálního dimenzačního tlaku předpokládá například možnost zvýšení bočního tlaku v důsledku vyplnění spáry za pažící konstrukcí srážkovou vodou. Pokud není zvolena volba minimálního dimenzačního tlaku, počítá program s prostým vyloučením tahu ($K_a \geq 0$).

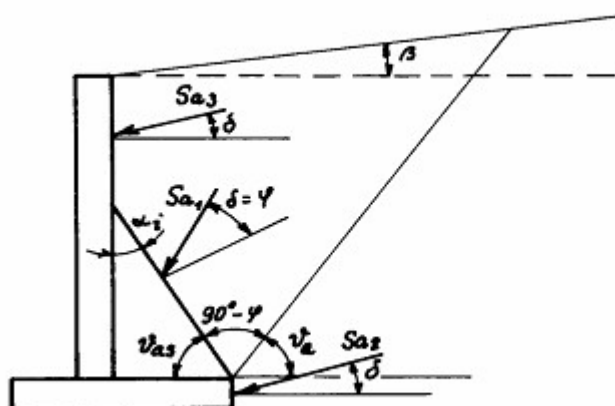


Zemní klín

Pokud uvažujeme při výpočtu zemních tlaků konstrukci, která má na rubu konzolovitý výstupek (základová deska úhlové zdi, úprava pro redukci zemního tlaku apod.), je možné počítat zemní tlak buď na skutečný rub konstrukce se zadaným úhlem tření δ či na náhradní rub. Náhradní rub nahrazuje skutečný lomený rub pažící konstrukce smykovou plochou v zemině vedoucí od horního bodu rubu konstrukce k vnějšímu hornímu bodu výstupku a tvoří zemní klín - viz obr. Na této smykové ploše se standardně uvažuje plně mobilizovaný úhel tření $\delta = \varphi$. Ve všech programech, kde se vytváří zemní klín, lze úhel tření na rozhraní zemina/zemina redukovat v rámu "**Nastavení fáze**". Tíha zemního klínu vzniklého pod tímto „náhradním rubem bude připočtena k zatížení konstrukce. Pro zavedení náhradního rubu konstrukce do výpočtu je v programu **GEO5 "Zemní tlaky"** nutné zadat volbu "**Vytvoření zemního klínu**", v ostatních programech se zemní klín vytváří automaticky.



Výpočet s vytvořením zemního klínu a bez něho



Stanovení zemního klínu pro aktivní tlak

Smyková plocha zemního klínu je od vodorovné odkloněna o úhel ν_n určený vztahem:

$$v_n = \varphi + \varepsilon$$

$$\tan \varepsilon = \frac{\cos(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \cos(\varphi - \beta - \alpha - \delta)}{\sin(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \sin(\varphi - \beta - \alpha - \delta) + M}$$

$$M = \sqrt{(\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\beta - \alpha) + B) \cdot (\sin(\varphi + \delta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B)}$$

$$B = \frac{2.c.\cos\alpha.\cos(\beta-\alpha).\cos\varphi}{\gamma.h.\cos(\beta-\alpha) + \frac{2.\sigma_z.\cos\alpha.\cos\beta}{\gamma.h}}$$

kde: φ - úhel vnitřního tření zeminy
 β - sklon povrchu terénu
 δ - třecí úhel mezi konstrukcí a zeminou

γ	-	tíha zeminy
α	-	sklon rubu opěrné konstrukce
h	-	výška zemního klínu

Tvar klínu zeminy za zdi pro vrstevnaté prostředí se určí tak, že pro jednotlivé vrstvy zemin nad základem zdi se spočítá úhel ν_a a z něj se podle obrázku určí úhel ν_{as} . Poté se určí průnik polopřímky vedené od zadního horního bodu základu zdi pod úhlem ν_{as} s další vrstvou. Z průsečíku se vede opět další polopřímka odkloněná o ν_{as} další vrstvy. Postup se opakuje do doby, kdy se polopřímka protne s povrchem terénu resp. se zdí. Tvar klínu je pak dále uvažován ve tvaru trojúhelníku (průnik je se zdí) resp. čtyřúhelníku (průnik je s terénem).

Přetížení

Program GEO5 uvažuje při výpočtu zemních tlaků následující přetížení:

Aktivní zemní tlak

- Celoplošné přetížení
- Pásové přetížení
- Lichoběžníkové přetížení
- Bodové přetížení
- Přímkové přetížení
- Vodorovné přetížení

Zemní tlak v klidu

- Celoplošné přetížení
- Pásové přetížení
- Lichoběžníkové přetížení
- Bodové přetížení
- Vodorovné přetížení

Pasivní zemní tlak

- Celoplošné přetížení

Celoplošné přetížení - aktivní zemní tlak

Nárůst aktivního zemního tlaku od celoplošného přetížení se počítá podle vztahu:

$$\Delta\sigma_a = p \cdot K_a$$

kde:

p	-	svislé rovnoměrné zatížení
K_a	-	součinitel aktivního tlaku

Svislé rovnoměrné zatížení p působící na povrchu terénu způsobí tedy na celou výšku konstrukce konstantní přírůstek aktivního zemního tlaku - viz obrázek:

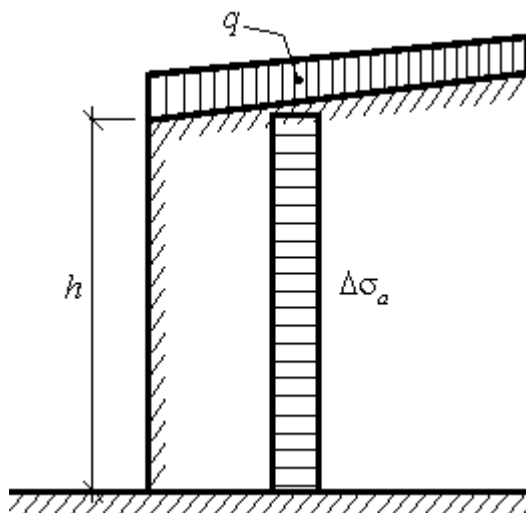


Schéma přírůstku aktivního zemního tlaku při svislém, rovnoměrném zatížení povrchu terénu

Pásové přetížení - aktivní zemní tlak

Při svislém pásovém zatížení f_a na nekonečně dlouhém páse působícím rovnoběžně s konstrukcí na povrchu terénu se uvažuje lichoběžníkový přírůstek aktivního zemního tlaku na konstrukci v úseku h_f - viz obrázek:

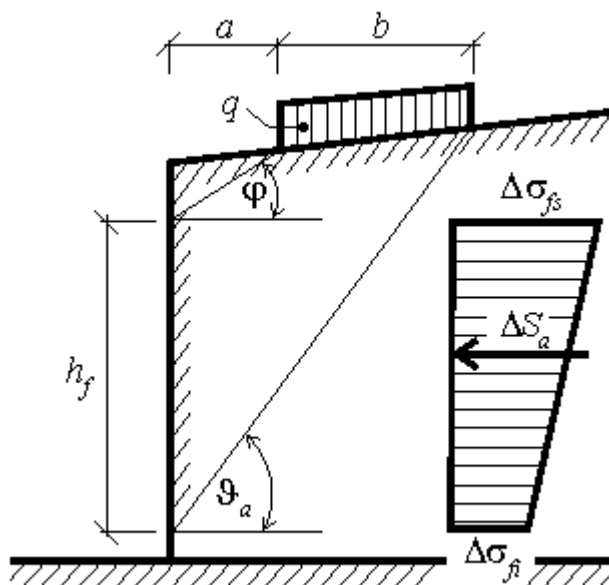


Schéma přírůstku aktivního zemního tlaku od pásového zatížení f_a

Tento úsek je určen průsečíkem konstrukce a přímek vedených od krajních bodů pásového zatížení pod úhly φ a ϑ_a . Úhel ϑ_a odpovídající kritické smykové rovině se určí pomocí vzorce:

$$\vartheta_a = \varphi + \varepsilon$$

Vzorec je podrobně popsán v části "**Aktivní zemní tlak - přímkové přetížení**".

Rozdělení přírůstku je lichoběžníkové, větší z přírůstků napětí $\Delta\sigma_{fs}$ působí nahoře a menší z přírůstků napětí $\Delta\sigma_{ft}$ dole. Přírůstky se vypočtou podle vzorců:

$$\Delta\sigma_{fs} = \frac{f_a \cdot b \cdot K_{af}}{h_f} \cdot \left(1 + \frac{a}{a+b}\right)$$

$$\Delta\sigma_{ft} = \frac{f_a \cdot b \cdot K_{af}}{h_f} \cdot \left(1 - \frac{a}{a+b}\right)$$

kde:

- f_a - velikost pásového přetížení
- b - šířka působení pásového zatížení (kolmo na konstrukci)
- h_f - úsek přírůstku aktivního zemního tlaku

$$K_{af} = \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta)}$$

kde:

- ϑ_a - úhel kritické smykové roviny
- φ - úhel vnitřního tření zeminy
- δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí

Výslednice přírůstku aktivního zemního tlaku od pásového zatížení f_a je dána vztahem:

$$\Delta S_a = f_a \cdot b \cdot \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta)}$$

kde:

- ϑ_a - úhel kritické smykové roviny
- φ - úhel vnitřního tření zeminy
- δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
- f_a - velikost pásového přetížení

b - šířka působení pásového zatížení (kolmo na konstrukci)

Je-li prostředí zemin nehomogenní, program postupuje **následujícím způsobem**.

Lichoběžníkové přetížení - aktivní zemní tlak

Lichoběžníkové přetížení se v programu rozdělí na deset úseků. Jednotlivé úseky se vypočítají jako účinky **pásových přetížení**. Výsledný zemní tlak od přetížení je součtem účinků vypočtených od dílčích úseků.

Bodové přetížení - aktivní zemní tlak

Zatížení bodové (výslednice F plošného či bodového zatížení - viz obrázek) se převede na **zatížení přímkové** omezené délky. Pokud platí, že šířka b plošného zatížení je menší než vzdálenost a od rubu konstrukce (viz obrázek) je náhradní přímkové zatížení f o délce $l+2(a+b)$ dáno následující rovnicí:

$$f = \frac{F}{l + 2 \cdot (a + b)}$$

kde: F - výslednice plošného či bodového zatížení

a - vzdálenost zatížení od rubu konstrukce

l - délka zatížení

b - šířka plošného zatížení

Je-li šířka b plošného zatížení větší než vzdálenost a od rubu konstrukce (viz obrázek), je náhradní **pásové zatížení** f o délce $l + 2(a + b)$ a šířce $(a + b)$ dáno vztahem:

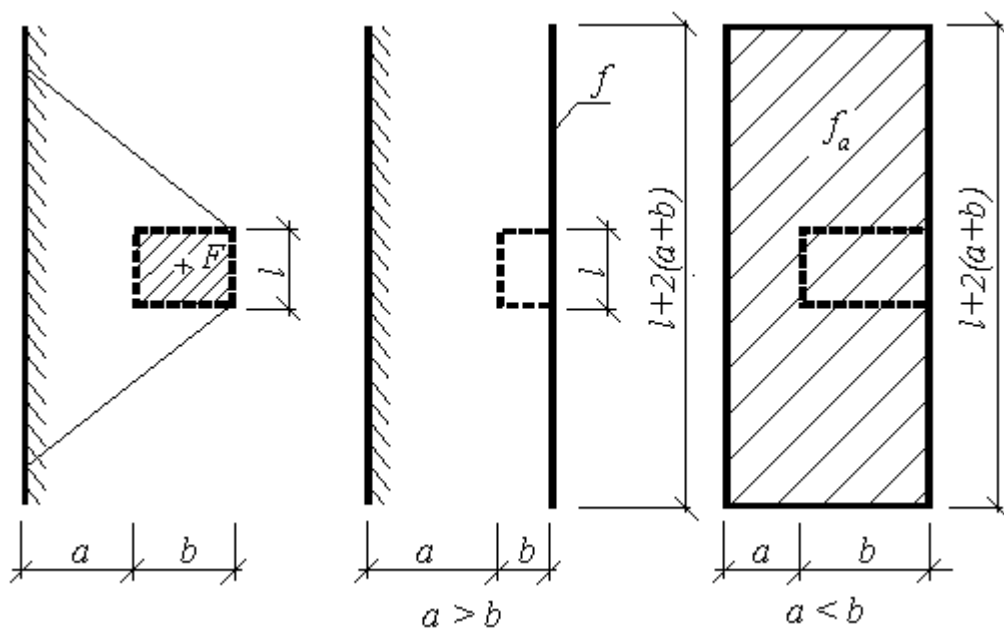
$$f_a = \frac{F}{(l + 2 \cdot (a + b)) \cdot (a + b)}$$

kde: F - výslednice plošného či bodového zatížení

a - vzdálenost zatížení od rubu konstrukce

l - délka zatížení

b - šířka plošného zatížení



Náhradní zatížení pro výpočet přírůstku aktivního zemního tlaku

Je-li prostředí zemin nehomogenní, program postupuje **následujícím způsobem**.

Přímkové přetížení - aktivní zemní tlak

Svislé nekonečně dlouhé přímkové zatížení f působící na povrchu terénu rovnoběžně s konstrukcí způsobí na konstrukci v úseku h_f trojúhelníkový přírůstek aktivního zemního tlaku - viz obrázek:

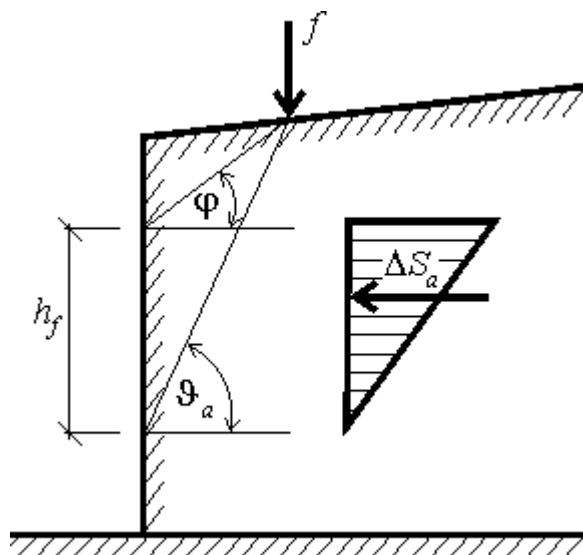


Schéma přírůstku aktivního zemního tlaku při svislém přímkovém zatížení povrchu terénu

Krajní body přírůstku tlaku se určí tak, že od působíště přitížení se vedou přímky pod úhlem φ a úhlem ϑ_a (odpovídající kritické smykové rovině) vypočteným ze vzorce:

$$\vartheta_a = \varphi + \varepsilon$$

- kde:
- φ - úhel vnitřního tření zeminy
 - ε - úhel, vypočtený dle následujících vztahů

$$\tan \varepsilon = \frac{\cos(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \cos(\varphi - \beta - \alpha - \delta)}{\sin(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \sin(\varphi - \beta - \alpha - \delta) + M}$$

$$M = \sqrt{(\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\beta - \alpha) + B) \cdot (\sin(\varphi + \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B)}$$

$$M = \sqrt{(\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\beta - \alpha) + B) \cdot (\sin(\varphi + \delta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B)}$$

$$B = \frac{2 \cdot c \cdot \cos \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot h \cdot \cos(\beta - \alpha) + \frac{2 \cdot \sigma_z \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}{\gamma \cdot h}}$$

- kde:
- β - sklon povrchu terénu
 - φ - úhel vnitřního tření zeminy
 - δ - tření mezi zeminou a konstrukcí
 - α - odklon konstrukce od svislé
 - c - soudržnost zeminy
 - γ - objemová tíha zeminy
 - h - uvažovaná hloubka

Pro nesoudržnou zeminu a sklon povrchu terénu β menší než hodnota úhlu vnitřního tření zeminy φ je hodnota úhlu ε dána vztahem:

$$\cot g = \tan(\varphi - \alpha) + \frac{1}{\cos(\varphi - \alpha)} \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta)}}$$

- kde:
- β - sklon povrchu terénu
 - φ - úhel vnitřního tření zeminy
 - δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 - α - odklon konstrukce od svislé

Výslednice přírůstku aktivního zemního tlaku od přímkového zatížení f je dána vztahem:

$$\Delta S_a = f \cdot \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta)}$$

- kde:
- ϑ_a - úhel kritické smykové roviny

- φ - úhel vnitřního tření zeminy
 δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 f - velikost přímkového zatížení

Je-li prostředí zemin nehomogenní, program postupuje **následujícím způsobem**.

Přírůstek tlaku od vodorovného přitížení

Přírůstek aktivního tlaku a tlaku v klidu od vodorovného přitížení se počítá podle následujícího obrázku.

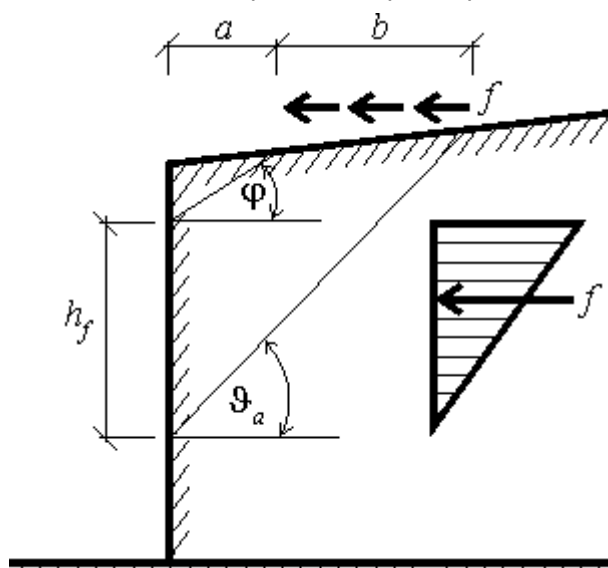


Schéma přírůstku aktivního zemního tlaku a tlaku v klidu při vodorovném přitížení povrchu terénu

Krajní body přírůstku tlaku se určí tak, že od působíště přitížení se vedou přímky pod úhlem φ a úhlem ϑ_a (odpovídající kritické smykové rovině) vypočteným ze vzorce:

$$\vartheta_a = \varphi + \varepsilon$$

- kde: φ - úhel vnitřního tření zeminy
 ε - úhel, vypočtený dle následujících vztahů

$$\tan \varepsilon = \frac{\cos(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \cos(\varphi - \beta - \alpha - \delta)}{\sin(\varphi - \alpha) \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B \cdot \sin(\varphi - \beta - \alpha - \delta) + M}$$

$$M = \sqrt{(\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\beta - \alpha) + B) \cdot (\sin(\varphi + \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B)}$$

$$M = \sqrt{(\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\beta - \alpha) + B) \cdot (\sin(\varphi + \delta) \cdot \cos(\alpha + \delta) + B)}$$

$$B = \frac{2 \cdot c \cdot \cos \alpha \cdot \cos(\beta - \alpha) \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot h \cdot \cos(\beta - \alpha) + \frac{2 \cdot \sigma_z \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}{\gamma \cdot h}}$$

- kde: β - sklon povrchu terénu
 φ - úhel vnitřního tření zeminy
 δ - tření mezi zeminou a konstrukcí
 α - odklon konstrukce od svislé
 c - soudržnost zeminy
 γ - objemová tíha zeminy
 h - uvažovaná hloubka

Pro nesoudržnou zeminu a sklon povrchu terénu β menší než hodnota úhlu vnitřního tření zeminy φ je hodnota úhlu ε dána vztahem:

$$\cot g = \operatorname{tg}(\varphi - \alpha) + \frac{1}{\cos(\varphi - \alpha)} \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta)}}$$

- kde: β - sklon povrchu terénu
 φ - úhel vnitřního tření zeminy

- δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 α - odklon konstrukce od svislé

Výslednice přírůstku aktivního zemního tlaku od přímkového zatížení f je dána vztahem:

$$\Delta S_a = f \cdot \frac{\sin(\vartheta_a - \varphi)}{\cos(\vartheta_a - \varphi - \delta)}$$

- kde:
- ϑ_a - úhel kritické smykové roviny
 - φ - úhel vnitřního tření zeminy
 - δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
 - f - velikost přímkového zatížení

Je-li prostředí zemin nehomogenní, program postupuje **následujícím způsobem**.

Přetížení v nehomogenním prostředí

Postup výpočtu pro nehomogenní zeminu:

- spočte se úhel ϑ_a pro danou vrstvu zeminy
- určí se odpovídající velikost síly S_a a velikost příslušného obrazce tlaku
- určí se velikost zemního tlaku, který působí pod spodním krajem dané vrstvy, a její poměr k celkové velikosti tlaku
- velikost přetížení se redukuje příslušným poměrem a spočtou se umístění tohoto přetížení na horním kraji následující vrstvy zeminy
- v dalším kroku se opět vypočte úhel ϑ_a pro další vrstvu a postup se opakuje do doby, než se dostaneme pod úroveň konstrukce nebo je přetížení zcela vyčerpáno

Celoplošné přetížení - zemní tlak v klidu

Od celoplošného svislého zatížení povrchu terénu za konstrukcí se po výšce konstantní přírůstek zemního tlaku v klidu $\Delta\sigma_r$ počítá podle vzorce:

$$\Delta\sigma_r = f \cdot K_r$$

- kde:
- f - velikost celoplošného přetížení
 - K_r - součinitel tlaku v klidu

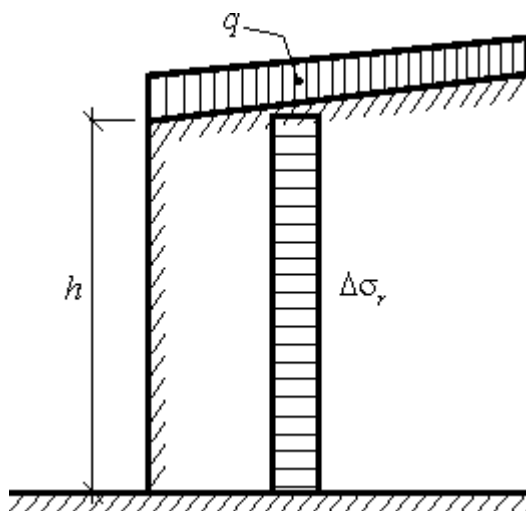


Schéma přírůstku zemního tlaku v klidu při svislém, rovnoměrném zatížení povrchu terénu

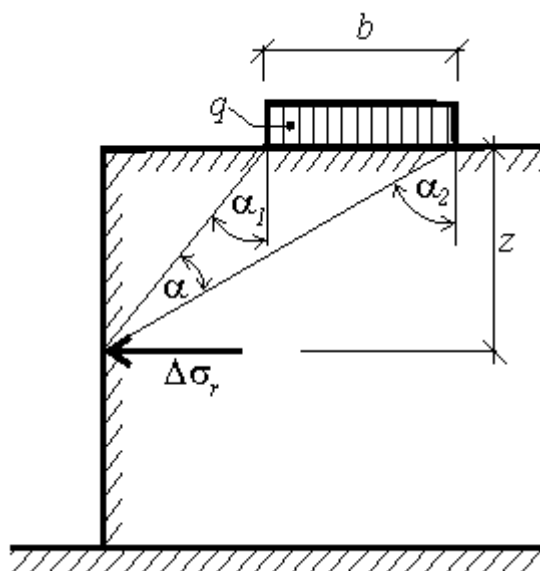
Pásové přetížení - zemní tlak v klidu

Rovnoměrné pásové zatížení f_a vodorovného povrchu terénu za konstrukcí rovnoběžné se svislou konstrukcí (viz obrázek) vyvodí přírůstek zemního tlaku v klidu $\Delta\sigma_r$ o velikosti dané vzorcem:

$$\Delta\sigma_r = \frac{f_a}{\pi} (2\alpha - \sin 2\alpha_2 + \sin 2\alpha_1)$$

- kde:
- f_a - svislé pásové přetížení
 - $\alpha, \alpha_1, \alpha_2$ - patrné z obrázku

Přírůstek zatížení nemůže být nikdy větší než přírůstek od celoplošného přitížení stejné velikosti.



Přírůstek zemního tlaku od svislého pásového zatížení

Lichoběžníkové přitížení - zemní tlak v klidu

Lichoběžníkové přitížení se v programu rozdělí na pět úseků. Jednotlivé úseky se vypočítají jako účinky **pásových přitížení**. Výsledný zemní tlak od přitížení je součtem účinků vypočtených od dílčích úseků.

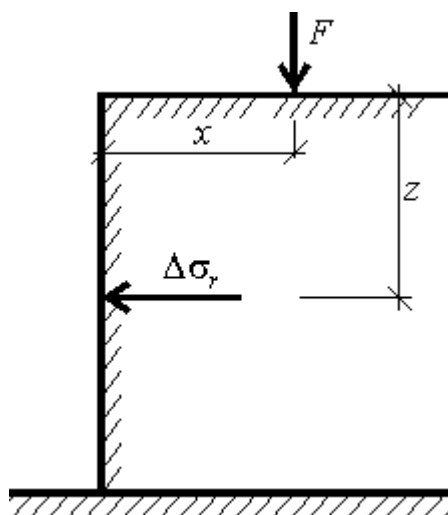
Bodové přitížení - zemní tlak v klidu

Osamělá síla F vyvolá na svislou konstrukci přírůstek zemního tlaku v klidu $\Delta\sigma_r$ (viz obrázek) o velikosti:

$$\Delta\sigma_r = \frac{3 \cdot F}{\pi} \left(\frac{x^2 \cdot z}{r^5} + \frac{1-2\nu}{3} \left(\frac{1}{r \cdot (r+z)} - \frac{(2r+z) \cdot x^2}{(r+z)^2 \cdot x^3} - \frac{z}{r^3} \right) \right)$$

$$r = \sqrt{x^2 + z^2}$$

- kde:
- F - osamělá síla F působící na povrch terénu
 - x, z - pořadnice patrné z obrázku



Přírůstek zemního tlaku v klidu od svislé osamělé síly

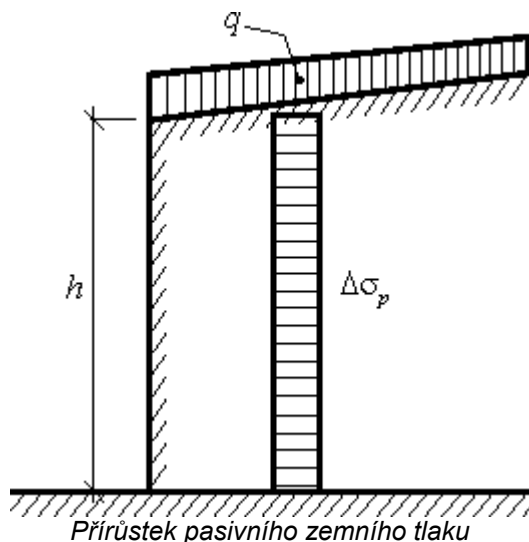
Celoplošné přitížení - pasivní zemní tlak

Pro pasivní zemní tlak se počítá pouze přírůstek od svislého rovnoměrného zatížení f_a a to podle vzorce:

$$\Delta\sigma_p = f_a \cdot K_p$$

kde: f_a - svislé rovnoměrné zatížení (celoplošné přitížení)
 K_p - součinitel pasivního tlaku

Svislé rovnoměrné zatížení q působící na povrchu terénu způsobí tedy na celou výšku konstrukce konstantní přírůstek aktivního zemního tlaku - viz obrázek.



Vliv zásypu

Program umožňuje počítat s těmito typy zásypu za konstrukcí:

Zásyp za konstrukcí není uvažován



Typ 1 - zásyp za konstrukcí v zeminách vedený od horní hrany základové desky



Typ 2 - zásyp za konstrukcí v zeminách vedený od nejspodnějšího bodu základové desky



Typ 3 - zásyp za konstrukcí v netlačivém prostředí (např. zdravá skála)

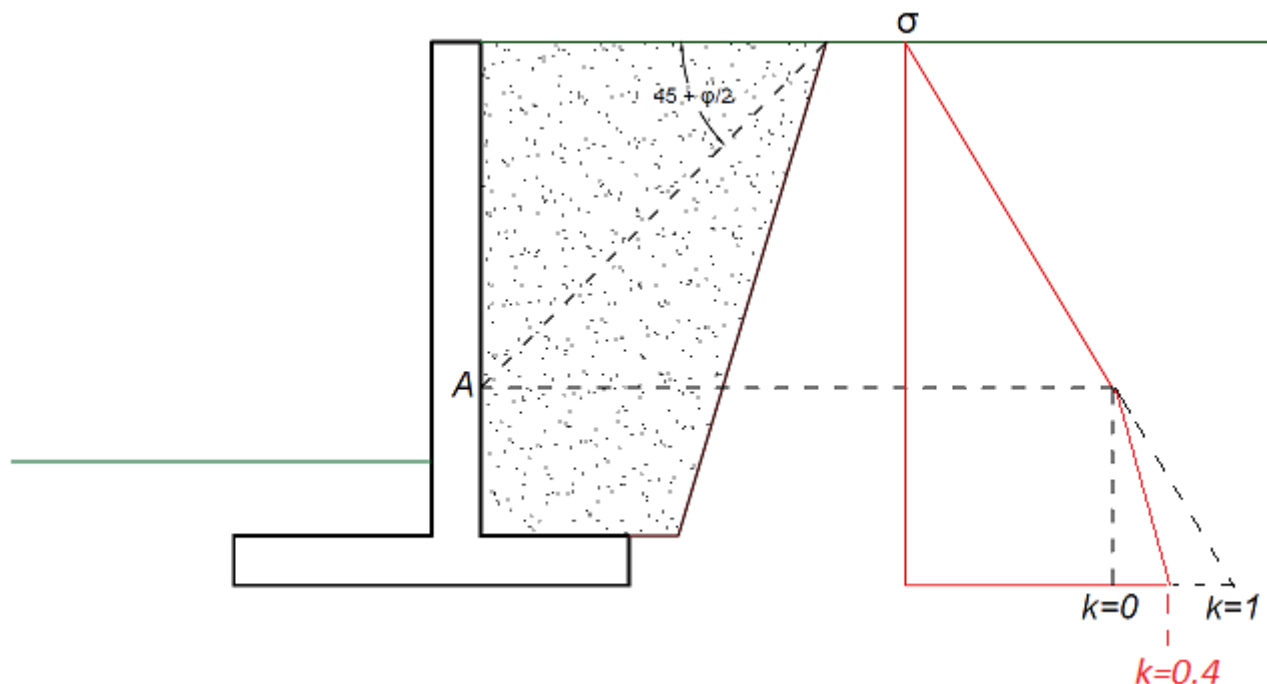


U všech typů se v rozbalitelném seznamu zadává zemina přiřazená do zásypu (její parametry se definují v rámu "Zeminy").

U **typu 1 a 2** se dále zadává sklon zásypu α , který může být maximálně 60° . Sklon zásypu má vliv pouze na výpočet celkové stability při přenosu dat do programu "**Stabilita Svahu**". Zemní tlaky jsou stanoveny vždy na základě parametrů zeminy tvořící zásyp. Původní zeminy (za zásypem) nemají na výpočet zemních tlaků vliv.

Poznámka: Sklon zásypu by měl být takový, aby délka zásypu zasahovala za plochu porušení původní zeminy. V případě, že tomu tak není, vliv původní zeminy na výpočet tlaků nebude uvažován, což může vést ke zkresleným výsledkům.

U **typu 3** se zadává geometrie zásypu a součinitel redukce tlaku k , který určuje průběh zemního tlaku pod bodem spojení aktivního zemního klínu a rubu konstrukce (bod **A**). Při $k = 1$ je zemní tlak uvažován neredukován po celé výšce zdi, při $k = 0$ je tlak pod spojením uvažován konstantní. Při tomto typu zásypu musí být zajištěno, že prostředí za zásypem na zeď nijak nepůsobí – je netlačivé (např. zdravá skála). U tohoto typu zásypu není umožněn přenos dat do programu "**Stabilita svahu**".

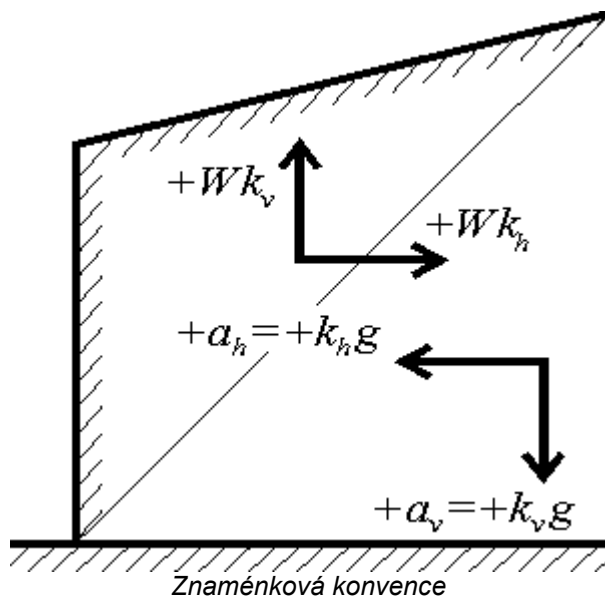


Vliv zemětřesení

Zemětřesení zvyšuje účinek aktivního tlaku a snižuje účinek pasivního tlaku. V programu GEO5 zavedené teorie výpočtu (Mononobe-Okabe, Arrango, JTJ 004-89, JTS 146-2012, SL 203-97, NCMA-SRW) jsou odvozeny pro nesoudržné zeminy bez vlivu vody. Program počítá účinek zemětřesení pro všechny zadané zeminy dle těchto teorií tak, jako by byly nesoudržné. Účinky zemětřesení od přetížení nejsou programem počítány - tyto účinky (podle povahy přetížení) může uživatel zadat jako "Zadané síly".

Koeficient k_h se zadává vždy kladný, a uvažuje se tak, že jeho účinek je vždy nepříznivý. Koeficient k_v může mít kladnou i zápornou hodnotu. Při působení svislého ekvivalentního zrychlení a_v směrem dolů (od povrchu terénu) budou setrvačné síly $k_v \cdot W_s$ působit na klín zeminy v opačném směru (nadvzdávat klín), pak se uvažují hodnoty ekvivalentních zrychlení a_v (a tedy i koeficientu k_v) a setrvačných sil $k_v \cdot W_s$ kladné. Je vidět, že zcela logicky působí setrvačné síly v opačném směru než zrychlení (působí-li zrychlení nahoru: $-a_v = -k_v \cdot g$, pak setrvačná síla zatlačuje klín zeminy dolů: $-k_v \cdot W_s$). Při posouzení seismických účinků se vždy uvažuje směr s nejnepříznivějším účinkem na konstrukci.

U pažících konstrukcí je možné zanedbat účinek svislého ekvivalentního zrychlení $k_v \cdot W_s$ a zadat $k_v = 0$.



Z koeficientů k_h a k_v se dopočítává seismický úhel setrvačnosti ψ (tj. odklon výslednice setrvačných sil od svislé) dle vztahu:

$$\psi = \tan^{-1} \left(\frac{k_h}{1 - k_v} \right)$$

kde: k_v - seismický koeficient svislého zrychlení
 k_h - seismický koeficient vodorovného zrychlení

Tlak od seismických účinků

Přírůstek aktivního tlaku vlivem seismických účinků (počítané od spodu konstrukce) se vypočte dle vztahů:

$$\sigma_{ae,i} = \sigma_{0,i} (K_{ae,i} - K_{a,i})$$

$$\sigma_{0,i} = \sum_0^H \gamma_i \cdot h_i (1 - k_v)$$

kde: γ_i - objemová tíha zeminy v i -té vrstvě
 $K_{ae,i}$ - součinitel aktivního tlaku (statického a seismického) v i -té vrstvě
 K_a - hodnota zemního tlaku v i -té vrstvě dle **Coulomba**
 h_i - mocnost i -té vrstvy
 k_v - seismický koeficient svislého zrychlení

Snížení pasivního tlaku vlivem seismických zatížení (počítané od spodu konstrukce) je dáno vztahem:

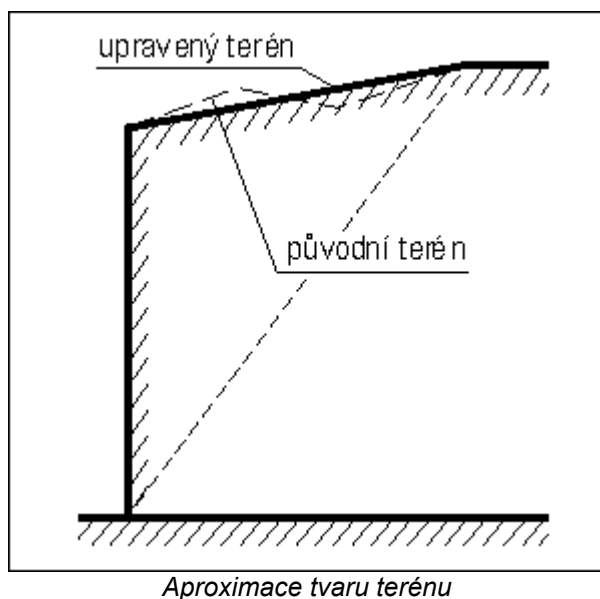
$$\sigma_{pe,i} = \sigma_{0,i} (K_{p,i} - K_{pe,i})$$

$$\sigma_{0,i} = \sum_0^H \gamma_i \cdot h_i (1 - k_v)$$

kde: γ_i - objemová tíha zeminy v i -té vrstvě
 $K_{pe,i}$ - součinitel pasivního tlaku (statického a seismického) v i -té vrstvě
 K_p - hodnota zemního tlaku v i -té vrstvě dle **Coulomba**
 h_i - mocnost i -té vrstvy
 k_v - seismický koeficient svislého zrychlení

Součinitele aktivního zemního tlaku $K_{ae,i}$ a pasivního tlaku $K_{pe,i}$ se určí výpočtem podle teorie **Mononobe-Okabe**, nebo **Arrango**. Je-li v zemním profilu přítomna podzemní voda, program počítá s **vlivem vody**.

Metody použité v programu pro výpočet zemětřesení předpokládají, že povrch terénu za konstrukcí je rovinná plocha se sklonem β . Pokud tomu tak není, provádí program aproximaci tvaru terénu na rovinný průběh, viz obrázek:



Těžiště sil

Program automaticky umísťuje výslednici sil do těžiště napětového obrazce. Různé teorie doporučují ale různá umístění výslednice - z tohoto důvodu je možné zadat působíště v rozsahu 0,33 - 0,7H (H je výška konstrukce). Doporučená

(implicitní) hodnota je $0,66H$. Při zadané výslednici se dopočte lichoběžníkový obrazec napětí tak, aby zadané působíště síly a její velikost zůstaly zachovány.

Mononobe - Okabe teorie

Součinitel K_{ae} pro aktivní tlak se počítá dle vztahu:

$$K_{ae} = \frac{\cos^2(\varphi - \psi - \alpha)}{\cos \psi \cos^2 \alpha \cos(\psi + \alpha + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \psi - \beta)}{\cos(\delta + \psi + \alpha) \cos(-\beta + \alpha)}} \right)^2}$$

Součinitel K_{pe} pro pasivní tlak se počítá dle vztahu:

$$K_{pe} = \frac{\cos^2(\varphi - \psi + \alpha)}{\cos \psi \cos^2 \alpha \cos(\psi - \alpha + \delta) \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \psi + \beta)}{\cos(\delta + \psi - \alpha) \cos(\beta - \alpha)}} \right)^2}$$

kde:

- γ - objemová tíha zeminy
- H - výška konstrukce
- φ - úhel vnitřního tření zeminy
- δ - úhel tření mezi zeminou a konstrukcí
- α - sklon rubu líce od svislé
- β - odklon povrchu terénu od vodorovné
- k_v - seismický koeficient svislého zrychlení
- k_h - seismický koeficient vodorovného zrychlení
- ψ - seismický úhel setrvačnosti

Hodnota odklonu seismických sil ψ musí být pro aktivní zemní tlak vždy menší nebo rovna rozdílu úhlu vnitřního tření a sklonu povrchu terénu (tj. $\varphi - \beta$). Je-li hodnota ψ větší, program počítá s hodnotou $\psi = \varphi - \beta$. V případě pasivního zemního tlaku musí být hodnota odklonu seismických sil ψ vždy menší nebo rovna součtu úhlu vnitřního tření a sklonu povrchu terénu (tj. $\varphi + \beta$). Hodnoty spočteného a upraveného úhlu ψ lze zobrazit ve výstupu - v tomto případě je u řádku zobrazeno **UPRAVENO**. Je na uživateli, aby při této eventualitě zhodnotil reálnost spočtených výsledků.

Výpočet účinků zemětřesení (aktivní tlak) - mezivýsledky

Vrst. čís.	mocnost [m]	ϕ_i [°]	ψ [°]	K_a	K_{ae}	$K_{ae} \cdot K_a$	Pozn.
1	2.74	30.00	16.70	0.706	2.165	1.459	
2	2.40	25.00	16.70(13.69)	0.782	2.581	1.798	UPRAVENO
3	0.60	25.00	16.70(13.69)	0.430	1.189	0.760	UPRAVENO

Ukázka výpisu programu

Literatura:

Mononobe N, Matsuo H 1929, On the determination of earth pressure during earthquakes. In Proc. Of the World Engineering Conf., Vol. 9, str. 176.

Okabe S> 1926 General theory of earth pressure. Journal of the Japanese Society of civil Engineers, tokz, Japan 12 (1).

Arrangova teorie

Program počítá podle Coulombovy teorie hodnoty K_a a K_p s použitím dynamických hodnot (α^* , β^*).

Pro aktivní zemní tlak:

$$\begin{aligned}\beta^* &= \beta + \psi \\ \alpha^* &= \alpha + \psi\end{aligned}$$

Pro pasivní zemní tlak:

$$\begin{aligned}\beta^* &= \beta - \psi \\ \alpha^* &= \alpha - \psi\end{aligned}$$

kde:

- β - sklon povrchu terénu
- α - odklon rubu konstrukce od svislé
- ψ - odklon seismických sil

Přenásobením hodnot K_a a K_p koeficienty F_{ae} resp. F_{pe} obdržíme součinitele zemních tlaků K_{ae} a K_{pe} .

$$F_{ae} = \frac{\cos^2(\alpha + \psi)}{\cos \psi \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$F_{pe} = \frac{\cos^2(\alpha - \psi)}{\cos \psi \cdot \cos^2 \alpha}$$

kde: α - odklon rubu konstrukce od svislé

ψ - odklon seismických sil

Vychází-li úhel β^* větší než ϕ , počítá se v programu s hodnotou ($\beta^* = \phi$). Hodnoty spočteného a upraveného úhlu β^* lze zobrazit ve výstupu - v tomto případě je u řádku zobrazeno **UPRAVENO**. Je na uživateli programu, aby při této eventualitě zhodnotil reálnost spočtených výsledků.

Výpočet účinků zemětřesení (aktivní tlak) - mezivýsledky

Vrst. čís.	mocnost [m]	ϕ_i [°]	β [°]	ψ [°]	K_a	K_{ae}	$K_{ae}-K_a$	Pozn.
1	2.74	30.00	28.01	16.70	0.706	2.165	1.459	
2	2.40	25.00	28.01(25.00)	16.70	0.782	2.819	2.036	UPRAVENO
3	0.60	25.00	28.01(25.00)	16.70	0.430	1.267	0.838	UPRAVENO

Ukázka výpisu programu

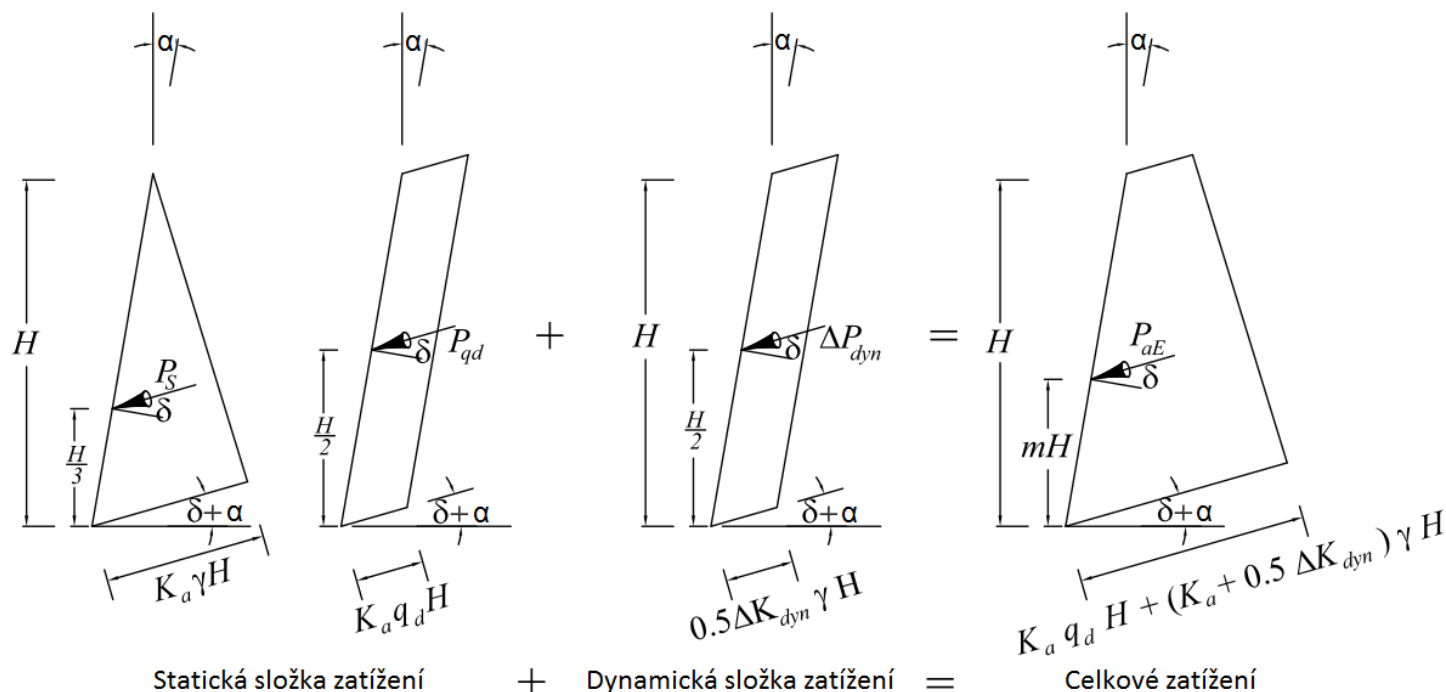
Literatura:

Design of sheet pile walls, Pile Buck Inc., Vero beach, Florida, www.pilebuck.com.

NCMA - SRW

Postup výpočtu dynamických sil je přebrán z manuálu *NCMA Design Manual for Segmental Retaining Walls 3rd Edition*.

Výpočet je založen na teorii **Mononobe-Okabe** s tím rozdílem, že dynamický účinek aktivního zemního tlaku, působícího na zeď (resp. na vyztužené zemní těleso) je rovnoměrně rozložen po výšce konstrukce. Další důležitý rozdíl při výpočtu je redukce délky vyztužené zeminy na polovinu, z té je následně spočtena vodorovná složka zatížení vlivem zemětřesení.



Seismické kombinace (AASHTO)

Při zvolené metodice posouzení **LRFD** a výpočtu zemětřesení dle teorií **Mononobe-Okabe**, **Arrango** nebo **NCMA -SRW** lze zadat v rámu "Zemětřesení" součinitele pro dvě seismické kombinace.

Součinitele P_{ir} redukují zemětřesné účinky konstrukce.

Součinitele P_{ae} redukují zemní tlaky.

☒ Počítat zemětřesení
Faktor vodorovné akcelerace: $K_h =$ 0,1000 [-]
Faktor svislé akcelerace: $K_v =$ 0,2000 [-]
☐ Zadat působivé tlaky
Součinitel výpočtu působivě: $k.H =$ [-]
— Vliv vody
☒ Voda vázaná
☐ Voda volná
Specifická hmotnost skeletu zeminy: $G_s =$ [-]

☒ Výpočet kombinací podle AASHTO/LRFD
Kombinace 1 - Součinitel redukce zemětřesných účinků konstrukce: $p_{1,ir} =$ 0,50 [-]
Kombinace 1 - Součinitel redukce zemních tlaků: $p_{1,ae} =$ 1,00 [-]
Kombinace 2 - Součinitel redukce zemětřesných účinků konstrukce: $p_{2,ir} =$ 1,00 [-]
Kombinace 2 - Součinitel redukce zemních tlaků: $p_{2,ae} =$ 0,50 [-]

Zadávaní součinitelů pro seismické kombinace v rámu "Zemětřesení"

Program provede **výpočet pro obě kombinace** a zobrazí nejnepříznivější výsledky posunutí a překlopení. Detailní informace o použitých součinitelích pro obě kombinace lze zobrazit pro všechny programy v **podrobných výsledcích posouzení**.

Posouzení

Spočtené síly působící na konstrukci **kombinace 1**

Název	F_{hor} [kN/m]	Působivé z [m]	F_{vert} [kN/m]	Působivé x [m]	Koef. překl.	Koef. posun.	Koef. napětí
Tíh.- zed'	0,00	-2,33	222,45	1,11	0,900	0,900	1,250
Zemětř.- konstr.	22,24	-2,33	-44,49	1,11	0,500	0,500	0,500
Aktivní tlak	89,97	-2,03	92,14	2,33	1,500	1,500	1,500
Zemětř.- akt.tlak	19,34	-3,05	19,80	1,96	1,000	1,000	1,000
Live Load	19,67	-3,05	20,14	1,96	1,750	1,750	1,750

Posouzení celé zdi
Posouzení na překlopení
Moment vzdorující $M_{res} = 564,97$ kNm/m
Moment klopící $M_{ovr} = 464,29$ kNm/m
Bezpečnostní poměr CDR = 1,22
Zed' na překlopení **VYHOVUJE**

Posouzení na posunutí
Vodor. síla vzdorující $H_{res} = 311,49$ kN/m
Vodor. síla posunující $H_{act} = 199,84$ kN/m
Bezpečnostní poměr CDR = 1,56
Zed' na posunutí **VYHOVUJE**

Celkové posouzení - ZED' VYHOVUJE
Maximální napětí v základové spáře: 421,54 kPa

Spočtené síly působící na konstrukci **kombinace 2**

Název	F_{hor} [kN/m]	Působivé z [m]	F_{vert} [kN/m]	Působivé x [m]	Koef. překl.	Koef. posun.	Koef. napětí
Tíh.- zed'	0,00	-2,33	222,45	1,11	0,900	0,900	1,250
Zemětř.- konstr.	22,24	-2,33	-44,49	1,11	1,000	1,000	1,000
Aktivní tlak	89,97	-2,03	92,14	2,33	0,750	0,750	0,750
Zemětř.- akt.tlak	19,34	-3,05	19,80	1,96	0,500	0,500	0,500
Live Load	19,67	-3,05	20,14	1,96	1,750	1,750	1,750

Posouzení celé zdi
Posouzení na překlopení
Moment vzdorující $M_{res} = 380,47$ kNm/m
Moment klopící $M_{ovr} = 323,51$ kNm/m
Bezpečnostní poměr CDR = 1,18
Zed' na překlopení **VYHOVUJE**

Zavřít

Podrobné výsledky pro obě kombinace v rámu "Posouzení"

Literatura:

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. Eighth Edition, November 2017 (chapter 11-24).

Vliv vody

V programu GEO5 se při posouzení vlivu podzemní vody na velikost zemních tlaků **za konstrukci** při zemětřesení rozlišuje **vázaná a volná voda**. V případě, kdy je líc konstrukce zaplaven vodou, se dále počítá **hydrodynamický tlak na**

vnější líc stěny.

Vázaná voda

Tento typ se zadává v zeminách s menší propustností - cca pod $k = 1 \cdot 10^{-3} \text{ cm/s}$. V těchto zeminách je proudění vody ovlivněno např. vlastními zrny zeminy (jejich tvarem a drsností povrchu) či odporem části vázané vody. Při výpočtu seismických účinků se používají obecné vztahy metod Mononobe-Okabeho popř. Arranga, jen se do uvedených rovnic dosadí místo seismického úhlu ψ úhel ψ^* :

$$\psi^* = \tan^{-1} \left(\frac{\gamma_{sat} \cdot k_h}{\gamma_{su} \cdot (1 - k_v)} \right)$$

kde:

- γ_{sat} - objemová tíha plně nasycené zeminy
- γ_{su} - objemová tíha zeminy pod vodou
- k_h - seismický koeficient vodorovného zrychlení
- k_v - seismický koeficient svislého zrychlení

Volná voda

Tento typ se zadává v zeminách o velké propustnosti - cca $k > 1 \cdot 10^{-1} \text{ cm/s}$. V těchto zeminách se předpokládá, že proudění vody v pórech je z větší části nezávislé na částicích zeminy (např. turbulentní pohyb u hrubozrnných zemin). Při výpočtu seismických účinků se používají obecné vztahy metod Mononobe-Okabeho popř. Arranga, jen se do uvedených rovnic dosadí místo seismického úhlu ψ_e úhel ψ_e^+ :

$$\psi_e^+ = \tan^{-1} \left(\frac{k_{he}^+}{1 - k_v} \right)$$

$$k_{he}^+ = \frac{\gamma_d}{\gamma_{su}} \cdot k_h = \frac{G_s}{G_s - 1} \cdot k_h$$

kde:

- γ_d - objemová tíha vysušené zeminy
- γ_{su} - objemová tíha zeminy pod vodou
- k_h - seismický koeficient vodorovného zrychlení
- k_v - seismický koeficient svislého zrychlení
- G_s - specifická tíha

$$G_s = \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

kde:

- ρ_s - zdánlivá hustota pevných částic (zrn) zeminy
- ρ_w - hustota vody

Kromě dynamického tlaku zeminy působí na konstrukci i hydrodynamický tlak vyvolaný volnou vodou. Za konstrukcí působí dynamický tlak o parabolickém rozdělení, které je v programu aproximováno lichoběžníkovým.

Výslednice hydrodynamického tlaku za konstrukcí P_{wd} působí ve výšce y_{wd} od paty konstrukce:

$$y_{wd} = 0,4 \cdot H$$

kde: H - výška konstrukce

a její velikost je určena vztahem:

$$P_{wd} = \frac{7}{12} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

kde:

- γ_w - objemová tíha vody
- k_h - seismický koeficient vodorovného zrychlení
- H - výška konstrukce

Hydrodynamický tlak na vnější líc stěny

Výslednice hydrodynamického tlaku na vnějším líci před konstrukcí P_{wd} působí ve výšce y_{wd} od paty konstrukce:

$$y_{wd} = 0,4 \cdot H$$

kde: H - výška konstrukce

a její velikost je určena vztahem:

$$P_{wd} = \frac{7}{12} k_h \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

kde: γ_w - objemová tíha vody
 k_h - seismický koeficient vodorovného zrychlení
 H - výška konstrukce

EN 1998-5 Seismické účinky

Pokud nejsou koeficienty k_h a k_v získány měřením, je v případě výpočtu podle EN 1998-5 Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení - Část 5: Základy, opěrné a zárubní zdi a geotechnická hlediska nutné zadávané hodnoty koeficientů určit následovně:

$$k_h = \alpha \cdot \frac{S}{R}$$

kde: α - poměr návrhového zrychlení zeminy typu A a gravitačního zrychlení (a_g/g)
 S - součinitel zeminy určený v EN 1998-1:2004, kapitola 3.2.2.2
 R - Součinitel výpočtu vodorovného seismického koeficientu - viz tab.

pro: $\frac{a_{vg}}{a_g} > 0,6$ $k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$

v ostatních případech: $k_v = \pm 0,33 \cdot k_h$

Typ opěrné konstrukce	R
Volná tížná zeď s možným posunem do $d_r = 300 \alpha S$ [mm]	2
Volná tížná zeď s možným posunem do $d_r = 200 \alpha S$ [mm]	1,5
Poddajná železobetonová zeď, kotvené zdi, rozepřené zdi, žb zdi založené na pilotách, mostní opěry	1

Podrobnější popis je uveden v EN 1998-5 kapitola 7.3.2.2 Seismické účinky

Síly od zemětřesení na tuhé konstrukce (tlak v klidu)

Na tuhé konstrukce (např. dřík úhlové zdi) působí při zemětřesení zemní tlak v klidu. Do výpočtu je zahrnuta výslednice tohoto tlaku:

$$F = k_h \cdot \gamma \cdot H^2$$

kde: H - výška konstrukce
 k_h - seismický koeficient vodorovného zrychlení
 γ - objemová tíha zeminy

Síla působí v polovině výšky konstrukce.

Influence of earthquake according to Chinese standards

Three different Chinese standards are implemented for calculation of seismic effect for wall design which are [JTJ 004-89 \(Specifications of Earthquake Resistance Design for Highway Engineering\)](#), [SL 203-97 \(Specification for seismic design of hydraulic structures\)](#), [JTS 146-2012 \(Code for seismic Design of Water Transport Engineering\)](#). They are all based on [Mononobe-Okabe theory](#). The main difference between Chinese standards and Mononobe-Okabe theory is that comprehensive influence factor C_z is introduced in Chinese standards which reduces seismic force by about 70 %.

The advantage of choosing Chinese standards as the option for earthquake analysis is that users only need to choose the intensity of the earthquake according to which the program automatically assign values of other parameters appropriate with standards.

Influence of earthquake according to JTJ 004-89

Only horizontal seismic force is considered according to JTJ 004-89.

Seismic force on structure

Seismic force acting on structure is provided by (Art. 3.1.5):

$$E_{ihw} = C_i C_z K_h \psi_{iw} G_{iw}$$

- where:
- E_{ihw} - seismic force acting at the center of gravity of the wall above the i^{th} cross section [kN/m]
 - K_h - coefficient of horizontal seismic acceleration
 - G_{iw} - weight of the structure above the i^{th} cross section [kN/m]
 - C_z - comprehensive influence factor, usually it's 0.25
 - C_i - importance coefficient for seismic design
 - ψ_{iw} - distribution coefficient of horizontal earthquake along the wall

Recommended value of distribution coefficient ψ_{iw} (Tbl. 3.1.5):

Wall Height [m]	Security level		Calculation diagram for ψ_{iw}
	Highway, A class and B class motorway	C class and D class motorway	
$H \leq 12$	$\psi_{iw} = 1$	$\psi_{iw} = 1$	
$H > 12$	$\psi_{iw} = 1 + \frac{H_{iw}}{H}$	$\psi_{iw} = 1$	

ψ_{iw} isn't considered when $H \leq 12$ m which means parameter a and b don't work when $H \leq 12$ m. a is the top value of the distribution map and b is the bottom value of the distribution map.

Seismic earth pressure

When computing seismic earth pressure, Coulomb theory is used and unit weight of soil γ , internal friction angle of soil φ and angle of friction structure-soil δ is replaced by $\gamma / \cos \theta$, $\varphi - \theta$, $\delta + \theta$, where θ is seismic angle (Art. 3.1.6).

Seismic angle θ is determined by different option of seismic fortification intensity.

Water influence

Water influence according to Chinese standard is a little different from the water influence according to Mononobe-Okabe or Arrango theory by reducing the water influence using comprehensive influence factor C_z .

Seismic bearing capacity of subsoil

Seismic bearing capacity of subsoil is provided by (Art. 2.2.1):

$$f_{aE} = \xi_a f_a$$

- where:
- f_{aE} - seismic bearing capacity of subsoil
 - ξ_a - adjusting coefficient for seismic bearing capacity
 - f_a - characteristic value of bearing capacity which has been modified by the geometry of foundation

The above formula is as same as Art. 4.2.3 in GB 50011-2010 (Code for seismic design of buildings). Suggested values of ξ_a by different standards can be found [here](#).

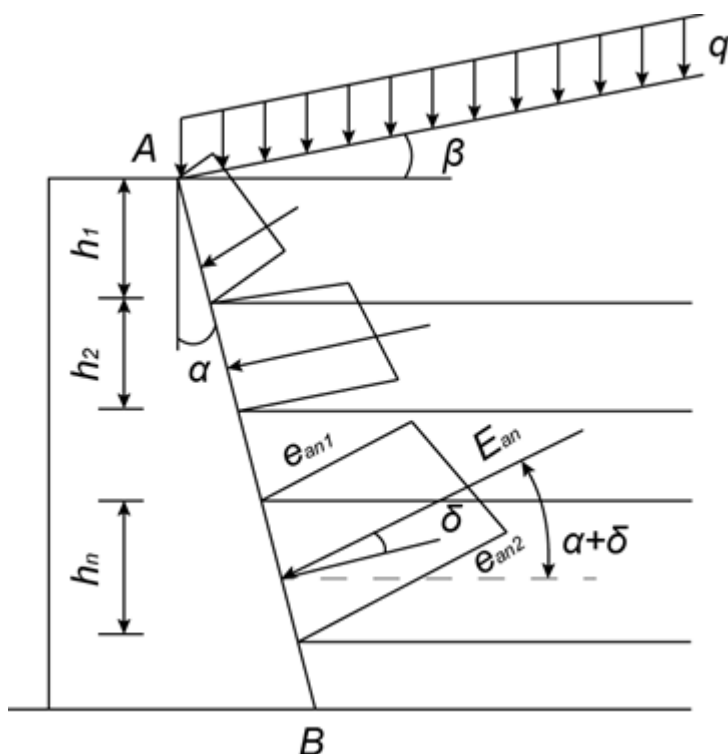
Influence of earthquake according to JTS 146-2012

Only horizontal seismic force is considered according to JTS 146-2012.

Seismic force on structure

Calculation of seismic force acting on structure is as same as JTJ 004-89. Values of C_z can be set from 0.2 to 0.5 suggested by Art. 5.2 in JTS 146-2012.

Seismic earth pressure



Distribution of seismic active pressure (Fig. 5.3.1)

The only difference between JTS 146-2012 and [JTJ 004-89](#) is that seismic earth pressure according to JTS 146-2012 considers the influence of cohesion.

Active seismic earth pressure is provided by (Art. 5.3.1):

$$E_{an} = \frac{1}{2} (e_{an1} + e_{an2}) \frac{h_n}{\cos \alpha}$$

where:

$$e_{an1} = \left(K_q q + \sum_{i=0}^{n-1} \gamma_i h_i \right) K_{an} \cos \alpha - 2c_n K_{acn} \cos \alpha$$

$$e_{an2} = \left(K_q q + \sum_{i=0}^n \gamma_i h_i \right) K_{an} \cos \alpha - 2c_n K_{acn} \cos \alpha$$

$$K_q = \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)}$$

$$K_{an} = \frac{\cos^2(\varphi_n - \alpha - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\delta_n + \theta + \alpha) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi_n + \delta_n) \sin(\varphi_n - \beta - \theta)}{\cos(\delta_n + \theta + \alpha) \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

$$K_{acn} = \frac{\cos(\alpha - \beta) \cos \varphi_n}{\cos \theta \cos \alpha [1 + \sin(\varphi_n + \delta_n - \beta + \alpha)]}$$

- where:
- E_{an} - overall active pressure acting on n^{th} layer [kN/m]
 - e_{an1} - active pressure acting on the top of the n^{th} layer [kPa]
 - e_{an2} - active pressure acting on the bottom of the n^{th} layer [kPa]
 - h_n - thickness of n^{th} layer [m]
 - α - back face inclination of the structure [°]
 - K_q - coefficient
 - q - uniform load acting on the terrain [kPa]
 - γ_i - unit weight of i^{th} layer [kN/m³], below water - buoyant unit weight is accepted
 - h_i - thickness of the i^{th} layer [m]

- K_{an} - coefficient of active pressure of n^{th} layer
- c_n - standard value of cohesion of n^{th} layer [kPa]
- K_{acn} - coefficient of seismic active pressure of n^{th} layer
- β - slope inclination [$^\circ$], and $|\beta| < \varphi$
- φ_n - internal friction angle of n^{th} layer [$^\circ$]
- θ - seismic angle [$^\circ$]
- δ_n - angle of friction structure - soil of n^{th} layer [$^\circ$]

Passive seismic earth pressure is provided by (Art. 5.3.2):

$$E_{pn} = \frac{1}{2} (e_{pn1} + e_{pn2}) \frac{h_n}{\cos \alpha}$$

where:

$$e_{pn1} = \left(K_q q + \sum_{i=0}^{n-1} \gamma_i h_i \right) K_{pn} \cos \alpha + 2c_n K_{pcn} \cos \alpha$$

$$e_{pn2} = \left(K_q q + \sum_{i=0}^n \gamma_i h_i \right) K_{pn} \cos \alpha + 2c_n K_{pcn} \cos \alpha$$

$$K_q = \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha - \beta)}$$

$$K_{pn} = \frac{\cos^2(\varphi_n + \alpha - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\delta_n + \theta - \alpha) \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi_n + \delta_n) \sin(\varphi_n + \beta - \theta)}{\cos(\delta_n + \theta - \alpha) \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

$$K_{pcn} = \frac{\cos(\alpha - \beta) \cos \varphi_n}{\cos \theta \cos \alpha [1 - \sin(\varphi_n + \delta_n + \beta - \alpha)]}$$

Seismic angle θ is determined by different options of [seismic fortification intensity](#).

Water influence

[Water influence according to Chinese standard](#) is a little different from the [water influence according to Mononobe-Okabe](#) or [Arrango theory](#) by reducing the water influence using comprehensive influence factor C_z .

Seismic bearing capacity of subsoil

Calculation of seismic bearing capacity of subsoil is as same as [JTJ 004-89](#).

Influence of earthquake according to SL 203-97

Both horizontal and vertical seismic force can be considered according to SL 203-97. In SL 203-97, seismic angle θ is derived automatically from K_h , so seismic angle θ and seismic angle blow water θ' are not visible in the frame.

Seismic force on structure

Calculation of horizontal seismic force acting on structure is as same as [JTJ 004-89](#).

Vertical seismic force acting on structure is provided by (Art. 4.1.8):

$$E_{ivw} = C_0 \frac{E_{ihw}}{K_h} K_v$$

- where:
- E_{ivw} - vertical seismic force acting at the center of gravity of the wall above the i^{th} cross section [kN/m]
 - E_{ihw} - horizontal seismic force acting at the center of gravity of the wall above the i^{th} cross section [kN/m]
 - k_h - coefficient of horizontal seismic acceleration
 - k_v - coefficient of vertical seismic acceleration, usually, it's $\pm 2/3 K_h$ (Art. 4.3.2)
 - G_{iw} - weight of the structure above the i^{th} cross section [kN/m]
 - C_0 - meeting coefficient related to the influence of horizontal seismic effect, usually, it's 0.5.

Seismic earth pressure

Calculation of seismic earth pressure is as same as [JTJ 004-89](#). The only difference between SL 203-97 and JTJ 004-89

is that SL 203-97 has no "user defined - input K_h , θ " as an option for seismic fortification intensity.

Water influence

Water influence according to Chinese standard is a little different from the water influence according to Mononobe-Okabe or Arrango theory by reducing the water influence using comprehensive influence factor C_z .

Seismic bearing capacity of subsoil

Calculation of seismic bearing capacity of subsoil is as same as JTJ 004-89.

Seismic fortification intensity according to Chinese standards

There are three main kinds of option for seismic fortification intensity according Chinese standards. Horizontal seismic acceleration coefficient K_h and seismic angle θ are determined according to what option is selected for seismic fortification intensity.

- 7 degree (0.1g), 7 degree (0.15g), 8 degree (0.2g), 8 degree (0.3g), 9 degree (0.4g): K_h and seismic angle θ are determined according to corresponding seismic fortification intensity based on standards.
- User defined - input K_h : K_h is inputted by the user and θ is determined by (Art. 4.9.1 from SL 203-97)

$$\theta = \arctan\left(\frac{C_z C_i K_h}{1 - C_z C_i K_v}\right)$$

- User defined - input K_h , θ : K_h and θ are both inputted by user.

Note: Third option is only valid for JTJ 004-89 and JTS 146-2012.

Values of K_h and θ according to corresponding seismic fortification intensity are given by the following tables:

For JTJ 004-89 (Tbl. 1.0.7 and Tbl. 3.1.6 from JTJ 004-89)

Seismic fortification intensity	7 degree		8 degree		9 degree
Coefficient of horizontal seismic acceleration K_h	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
Seismic angle θ	1.5°	2.3°	3.0°	4.5°	6.0°

Note: 7 degree (0.15g) and 8 degree (0.30g) are not from JTJ 004-89, because there are no value for these two situations in JTJ 004-89. They are from JTS 146-2012.

For JTS 146-2012 (Tbl. 5.3.1 from JTS 146-2012)

Seismic fortification intensity	7 degree		8 degree		9 degree
Coefficient of horizontal seismic acceleration K_h	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
Seismic angle θ	1.5°	2.3°	3.0°	4.5°	6.0°

For SL 203-97 (Tbl. 4.3.1 from SL 203-97)

Seismic fortification intensity	7 degree		8 degree		9 degree
Coefficient of horizontal seismic acceleration K_h	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40

Water influence according to Chinese standard

Seismic water influence can be divided into two parts - influence on seismic earth pressure and dynamic water pressure. Similar to water influence according to Mononobe-Okabe or Arrango theory, water influence according to Chinese standards also has two types water influence - confined water and unconfined water. The main difference between Monobe-Okabe theory and Chinese standards is that Chinese standards reduce the water influence using comprehensive influence factor C_z .

Confined water

This type is used in soils with lower permeability - app. below the value of $k = 1 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$. When confined water is chosen, dynamic water pressure is not considered. The only difference from soils without water is that seismic angle used in calculation of seismic earth pressure is replaced by seismic angle below water θ' .

Value of seismic angle below water θ' is determined by the following two options:

1. By seismic fortification intensity - value of θ' is provided by the following tables:

For JTJ 004-89 (Tbl. 3.1.6 from JTJ 004-89)

Seismic fortification intensity	7 degree		8 degree		9 degree
Coefficient of horizontal seismic acceleration K_h	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g

Seismic angle θ	2.5°	4.5°	5.0°	9.0°	10.0°
------------------------	------	------	------	------	-------

For **JTS 146-2012 (Tbl. 5.3.1 from JTS 146-2012)**

Seismic fortification intensity	7 degree		8 degree		9 degree
Coefficient of horizontal seismic acceleration K_h	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g
Seismic angle θ'	3.0°	4.5°	6.0°	9.0°	12.0°

2. Input seismic angle - value of θ' is input by users. When this option is chosen, the default value of θ' is provided by:

$$\theta' = \arctan \left(\frac{\gamma_{sat} C_z C_i K_h}{\gamma_{sat} (1 - C_o C_z C_i K_v)} \right)$$

If you have no idea about how to calculate the value of θ' , you can use the default.

Note: For **SL 203-97**, there are no additional options for confined water. θ' is calculated automatically according to the above formula.

Unconfined water

This type is used in soils with higher permeability - app. above the value of $k > 1 \cdot 10^{-1} \text{ cm/s}$. When unconfined water is chosen, both influence on earth pressure and dynamic water pressure is considered.

Value of seismic angle below water θ' is determined by the following three options:

1. By seismic fortification intensity - same to confined water.
2. Input seismic angle - same to confined water.
3. Input specific gravity of soil particles - value of θ' is provided by:

$$\theta' = \arctan \left(\frac{K_{hs}^+}{1 - C_o C_z C_i K_v} \right)$$

where:

$$K_{hs}^+ = \frac{\gamma_d}{\gamma_{su}} C_z C_i K_h = \frac{G_s}{G_s - 1} C_z C_i K_h$$

Note: For **SL 203-97**, there are no additional options for unconfined water. θ' is calculated automatically according to the above formula.

Dynamic water pressure is calculated according to the standard chosen.

For **JTJ 004-89 (Art. 4.2.11 from JTJ 004-89):**

$$E_w = 0.24 C_i K_h \gamma_w d^2$$

- where:
- E_w - over all dynamic water pressure acting on the structure [kN]
 - C_i - importance coefficient for seismic design
 - γ_w - unit weight of water [kN/m³]
 - d - depth of water above the heel of the structure [m]

Distribution of dynamic water pressure is constant along the structure.

For **JTS 146-2012 (Art. 5.4.1 from JTS 146-2012):**

$$p_z = \frac{7}{8} \eta C_i C_z K_h \gamma_w d^{\frac{1}{2}} Z^{\frac{1}{2}}$$

where:

$$\eta = th \frac{\pi b}{4d}$$

- where:
- p_z - dynamic water pressure at depth Z [kPa]
 - η - reduction factor, for walls, it equals to 1.0
 - Z - distance between calculation point and water table [m]
 - d - depth of water above the heel of the structure [m]
 - b - width of water table [m]

For SL 203-97 (Art. 6.1.9 from SL 203-97):

$$p_z = C_z C_i K_h \gamma_w d \psi(Z)$$

where: p_z - dynamic water pressure at depth Z [kPa]
 d - depth of water above the heel of the structure [m]
 $\psi(Z)$ - distribution coefficient of dynamic water pressure at depth Z

Value of $\psi(Z)$ is provide by the following table (Tbl. 6.1.9 from SL 203-97):

Z/d	$\psi(Z)$	Z/d	$\psi(Z)$
0.0	0.00	0.6	0.76
0.1	0.43	0.7	0.75
0.2	0.58	0.8	0.71
0.3	0.68	0.9	0.68
0.4	0.74	1.0	0.67
0.5	0.76	-	-

Importance coefficient for seismic design C_i

Values of importance coefficient for seismic design C_i (Tbl. 1.0.4 from JTJ 004-89):

The importance of the motorway	Important coefficient for seismic design C_i
Important Highway and A class motorway	1.7
Highway and A class motorway or important B class motorway	1.3
B class motorway or important C class motorway	1.0
C class motorway or important D class motorway	0.6

Values of importance coefficient for seismic design C_i (Tbl. 1.0.4 from JTG TB02-01-2008):

Importance of the bridge	E1 seismic effect	E2 seismic effect
A class	1.0	1.7
B class	0.43 (0.5)	1.3 (1.7)
C class	0.34	1.0
D class	0.23	-

Adjusting coefficient for seismic bearing capacity ξ_a

Values of adjusting coefficient for seismic bearing capacity ξ_a (Tbl. 4.2.3 from GB 50011-2010):

Name and property of the subsoil	ξ_a
Rock, dense gravelly soil, dense gravel and coarse and medium coarse sand, clay and silt whose $f_{ak} \geq 300 \text{ kPa}$	1.5
Medium and moderate dense gravelly soil, medium dense and moderate dense gravel and coarse and medium coarse sand, dense and medium dense fine and silty sand, clay, silt and firm loess whose $300 \text{ kPa} \leq f_{ak} < 300 \text{ kPa}$	1.3
Moderate dense fine and silty sand, clay, silt and plastic loess whose $100 \text{ kPa} \leq f_{ak} < 150 \text{ kPa}$	1.1
Mud, muddy soil, lose sand, miscellaneous fill, newly accumulated loess and soft loess	1.0

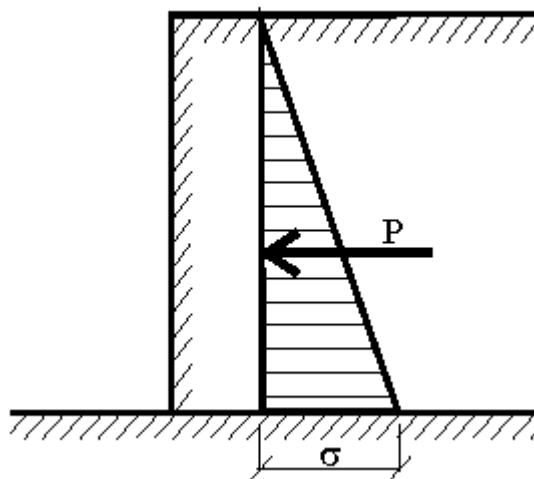
Note: In JTJ 004-89, it's table 2.2.1 which is similar to the above table.

Values of adjusting coefficient for seismic bearing capacity ξ_a (Tbl. 5.5.1 from JTS 146-2012):

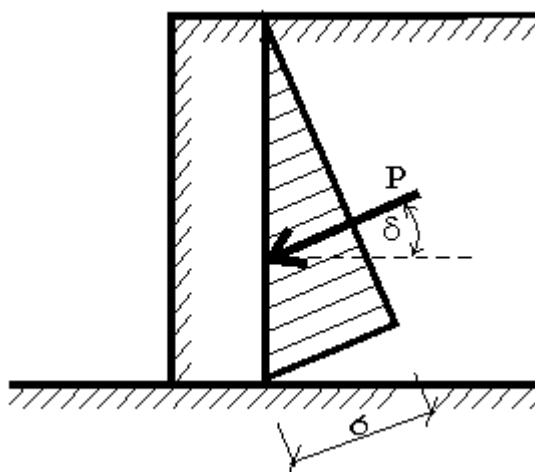
Subsoil	ξ_a
Loose sand, not in liquidation status	1.0
Normal sand soil, not in liquidation status	1.3
Dense gravelly soil and bedrock	1.5

Tření mezi zeminou a rubem konstrukce

Velikost aktivního resp. pasivního zemního tlaku závisí nejen na zvolené teorii výpočtu, ale i na tření mezi zeminou a konstrukcí a přilnavosti zeminy ke stěně stavební konstrukce popsaném úhlem δ . Je-li úhel $\delta = 0$, pak zemní tlak σ působí kolmo na rub konstrukce a výslednice zemního tlaku P je také kolmá na rub konstrukce - viz obrázek:

Rozdělení zemního tlaku podél konstrukce při $\delta = 0$

V případě, že uvažujeme při výpočtu zemních tlaků vliv tření mezi zeminou a rubem konstrukce, zemní tlak σ i jeho výslednice P svírají s rubem konstrukce úhel δ . Orientaci třecích úhlů δ od kolmice k rubu konstrukce je třeba zavést v souladu se smyslem vzájemného posuvu konstrukce a zeminy. S rostoucí hodnotou δ aktivní zemní tlak klesá, tj. výsledná síla aktivního zemního tlaku se odklání od kolmice - viz obrázek:

Rozdělení zemního tlaku podél konstrukce při $\delta \neq 0$

Velikost úhlu δ se většinou pohybuje v rozsahu $\delta \leq 1/3\varphi$ až $\delta = 2/3\varphi$. Orientační hodnoty úhlu tření mezi konstrukcí a zeminou jsou uvedeny v tabulce hodnot úhlu δ pro různá rozhraní a v tabulce doporučených hodnot $|\delta|/\varphi$. S hodnotou $\delta \leq 1/3\varphi$ se dá počítat v případě hladké úpravy rubu pažicí konstrukce (folie a nátěry proti podzemní vodě), pro hrubý neupravený rub není vhodné překročit hodnotu $\delta = 2/3\varphi$. Při určování velikosti úhlu δ je třeba respektovat i další okolnosti, zejména součtovou výminku rovnováhy ve svislém směru. Je třeba zvážit, zda je konstrukce schopna přenášet svislé přetížení od tření zeminy na jejím rubu bez větší svislé deformace. V opačném případě je nutné δ zmenšit, neboť může dojít pouze k částečné mobilizaci tření na rubu stěny. V případě nejistoty je bezpečnější uvažovat nižší hodnotu δ .

Tabulka hodnot úhlu DELTA pro různá rozhraní

Hodnoty úhlu δ pro různá rozhraní (dle NAVFAC)

Materiál rubu konstrukce	Faktor tření $tg\delta$	Třecí úhel δ [°]
Masivní beton a následující okolní prostředí		
Neporušená, zdravá hornina	0,7	35
Štěrka, štěrkopísek, hrubozrnný písek	0,55 až 0,6	29 až 31
Jemnozrnný písek, hlinitý či jílovitý štěrka	0,45 až 0,55	
Jemnozrnný písek, písek s příměsí jílu či hlíny	0,35 až 0,45	19 až 24

Hlína písčitá, neplastická prachová zemina	0,30 až 0,30	17 až 19
Pevný až tvrdý jíl či překonsolidovaný jíl	0,40 až 0,50	22 až 26
Tuhý až měkký jíl a hlína	0,30 až 0,35	17 až 19
Ocelová štětovnice v následujícím okolním prostředí		
Štěrka, štěrkopísek, dobře zrněná sypanina z drolicí se horniny	0,4	22
Písek, směs písčité hlíny a štěrku, sypanina stejného zrna pevné horniny	0,3	17
Hlína písčitá, štěrka či písek s příměsí hlíny či jílu	0,25	14
Hlína písčitá, neplastická prachová zemina	0,20	11
Profilovaný beton nebo železobetonová pilota v následujícím okolním prostředí		
Štěrka, štěrkopísek, dobře zrněná sypanina z drolicí se horniny	0,40 až 0,50	22 až 26
Písek, směs hlíny písčité a hlíny štěrkovité, sypanina stejného zrna z pevné horniny	0,3 až 0,4	17 až 22
Prachový štěrka či písek s příměsí jílu či prachové zeminy	0,3	17
Hlína písčitá, neplastická prachová zemina	0,25	14
Různé konstrukční materiály, vyvřelé a přeměněné horniny		
Upravené plochy měkké	0,7	35
Upravené plochy měkké a tvrdé horniny	0,65	33
Upravené plochy pevné horniny	0,55	29
Zdivo a dřevo (napříč léty)	0,5	26
Ocel na ocel u zámku štětovnic	0,3	17

Přilnavost zeminy

Při výpočtu **aktivního**, resp. **pasivního zemního tlaku** se při **totální napjatosti** uvažuje soudržnost zeminy c_u a přilnavost zeminy a ke stěně stavební konstrukce. Hodnota přilnavosti a se uvažuje jako část hodnoty soudržnosti zeminy c . Obvyklé hodnoty přilnavosti a pro daný rozsah soudržnosti zemin c jsou uvedeny v následující tabulce:

Obvyklé hodnoty přilnavosti a

Materiál rozhraní	Soudržnost c [kPa]	Přilnavost a [kPa]
Velmi měkká až kašovitá soudržná zemina	0 - 12	0 - 12
Měkká soudržná zemina	12 - 24	12 - 24
Tuhá soudržná zemina	24 - 48	24 - 36
Tvrdá soudržná zemina	48 - 96	36 - 46

Rovný rub zdi

Standardně působí tlak za zdí na její skutečný tvar. V případě segmentových opěrných konstrukcí (**Gabion**, **Prefabrikovaná zeď**, **Redi-Rock zeď**) může docházet nad jednotlivými bloky k vytvoření **zemních klínů**.

Některé normy (např. **AASHTO**) vyžadují v určitých případech **zjednodušený přístup, při kterém tlak za zdí působí vždy na rovný rub zdi**.

Tento způsob výpočtu můžeme **zvoilit v rámu "Nastavení fáze"**.

Výpočet tlaku na rubu zdi :

rovný rub zdi (AASHTO)

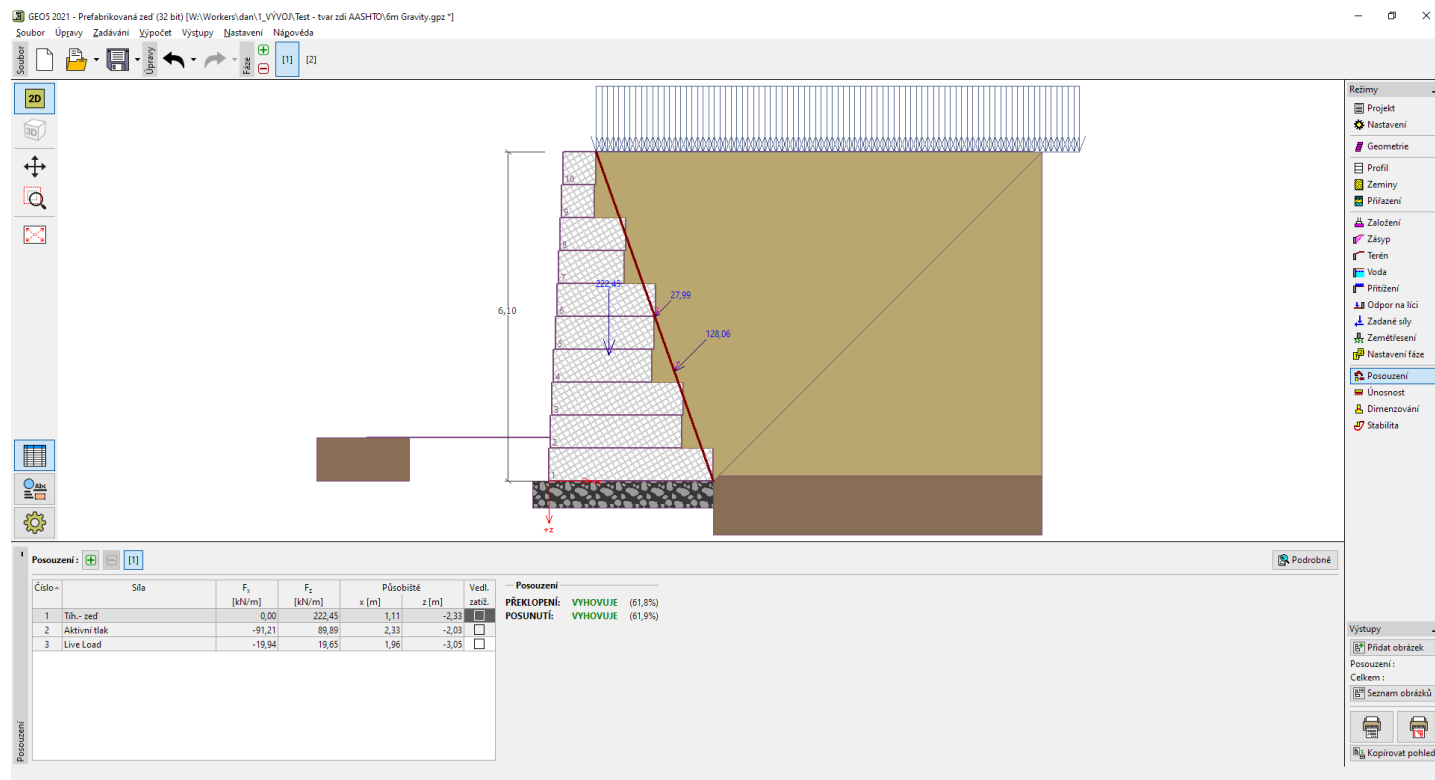
standardní postup

rovný rub zdi (AASHTO)

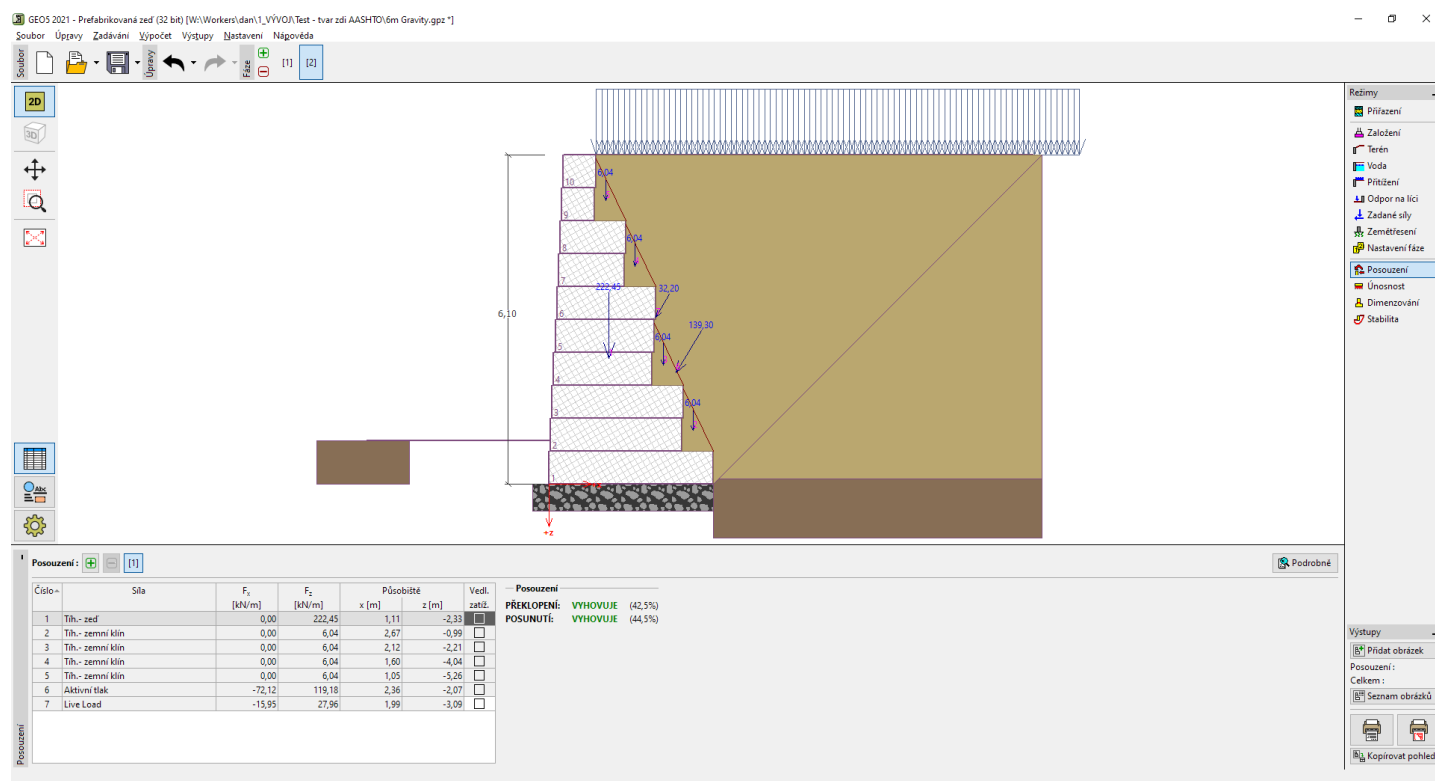
Volba způsobu výpočtu tlaku na rub zdi v rámu "Nastavení fáze"

Rub zdi je pak vždy uvažován jako spojnice mezi zadními body prvního a posledního bloku. Zemní tlak pak působí na tuto plochu pod **úhlem tření δ** .

Uvažovaný rub je zdi je vykreslen v rámu "**Posouzení**".



Tlak za zdi působící na prefabrikovanou zed' - rovný rub zdi



Tlak za zdi působící na prefabrikovanou zed' - standardní postup

Literatura:

U.S. Department of Transportation, Publication No. FHWA NHI-07-071, Federal Highway Administration, June 2008.

Výpočty zdí

Posouzení zdí je možné provést:

- pomocí **mezních stavů** (při výpočtu podle **EN 1997** nebo **LRFD** je konstrukce posuzována tímto způsobem)
- pomocí **stupně bezpečnosti**

U obou případů se zvláště posuzuje **únosnost základové půdy**.

Při posouzení se uvažují následující síly:

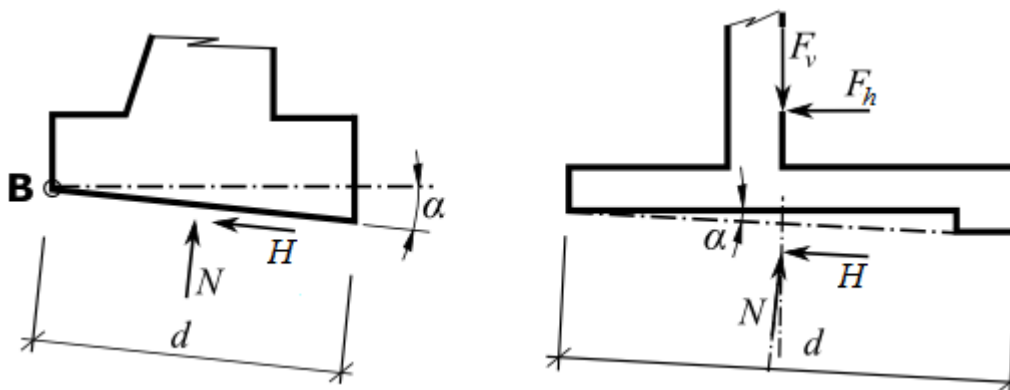
- **tíhová síla zdi** - závisí na tvaru zdi a objemové tíze zdi (zadáva se v dialogovém okně "**Materiál**") - je-li zeď pod hladinou spodní vody, pak je uvažováno nadlehčení vztlakem vody
- **odpor na líci** - síla působí při zadání odporu na líci jako **tlak v klidu**, resp. **pasivní zemní tlak** nebo **snížený pasivní tlak**
- **tíhové síly zemních klínů** - těchto sil může být libovolný počet v závislosti na tvaru konstrukce
- **aktivní zemní tlak** resp. **tlak v klidu** na konstrukci - základní zatížení konstrukce tlakem zeminy (podle volby v rámu "**Nastavení**") je tlak počítán s redukcí nebo bez redukce vstupních parametrů zeminy)
- síla od **vlivu vody** resp. pórového napětí
- síly od **přetížení** - každému zadanému přetížení odpovídá jedna síla - je-li velikost síly od přetížení nulová (přetížení neovlivňuje konstrukci), pak není vykreslena na obrázku, ale je zobrazena pouze v tabulce
- **zadané síly** - jsou zobrazeny síly, které vstupují do výpočtu
- **síly od zemětřesení** - od zemětřesných účinků je uvažováno několik sil - zvětšení aktivního zemního tlaku na konstrukci, snížení pasivního zemního tlaku na líci konstrukce, popřípadě síla od volné vody za konstrukcí
- **přesahy sítí a geovýtuhy** jsou zobrazeny a započítány, pokud vstupují do výpočtu
- **kotvení základu** zdí

Stanovení sil v základové spáře

Program ze **spočtených sil působících na konstrukci** dopočítá celkové svislé (F_v) a vodorovné (F_h) síly, vypočte výsledné síly v základové spáře (normálovou sílu N a posouvající sílu H):

$$N = F_v \cos \alpha + F_h \sin \alpha$$

$$H = F_v \sin \alpha + F_h \cos \alpha$$



Síly působící v základové spáře

Posouzení - mezní stavy

Program nejprve stanoví normálovou a tečnou sílu v **základové spáře** a poté posoudí zeď na překlpení a posunutí. Dále je možné **započítat výstupek zdi** základu pomocí tlaku působícího na jeho přední část nebo uvažováním zdi se šikmou základovou spárou.

Posouzení na překlpení:

$$\frac{M_{res}}{\gamma_o} > M_{ovr}$$

kde:

M_{ovr}	- klopící moment
γ_o	- součinitel redukce únosnosti na překlpení
M_{res}	- vzdorující moment

Posouzení na posunutí:

$$\frac{[(N \tan \varphi_d + c_d(d - 2e)/\mu) + F_{res}]}{\gamma_s} > H$$

- kde:
- N - normálová síla působící v základové spáře
 - φ_d - výpočtový úhel vnitřního tření zeminy
 - c_d - výpočtová soudržnost zeminy
 - d - šířka paty zdi
 - e - excentricita
 - γ_s - součinitel redukce únosnosti na posunutí
 - H - posouvající tečná síla působící v základové spáře
 - F_{res} - vzdorující síla (od geovýtuh a přesahů sítí)
 - μ - součinitel redukce kontaktu základ - zemina

kde excentricita e :

$$e = \frac{M_{ovr} - M_{res} + \frac{Nd}{2}}{N}$$

- kde:
- M_{ovr} - klopící moment
 - M_{res} - vzdorující moment
 - N - normálová síla působící v základové spáře
 - d - šířka paty zdi

Vodorovné složky sil se započítávají do posouvající síly a klopícího momentu, svislé složky sil se započítávají do normálové síly a vzdorujícího momentu. Do vzdorujících sil a momentů se dále započítávají i vodorovné síly od geovýtuh a přesahů sítí. Vztahová síla od vody je započítána do klopícího momentu.

Posouzení - stupeň bezpečnosti

Program nejprve stanoví normálovou a tečnou sílu v základové spáře a poté posoudí zeď na překlopení a posunutí. Dále je možné započítat výstupek zdi základu pomocí tlaku působícího na jeho přední část nebo uvažováním zdi se šikmou základovou spárou.

Posouzení na překlopení:

$$\frac{M_{res}}{M_{ovr}} > SF_o$$

- kde:
- M_{ovr} - klopící moment
 - M_{res} - vzdorující moment
 - SF_o - stupeň bezpečnosti na překlopení

Posouzení na posunutí:

$$\frac{[(N \tan \varphi_d + c_d(d - 2e)/\mu) + F_{res}]}{H} > SF_s$$

- kde:
- N - normálová síla působící v základové spáře
 - φ_d - výpočtový úhel vnitřního tření zeminy
 - c_d - výpočtová soudržnost zeminy
 - d - šířka paty zdi
 - e - excentricita
 - H - posouvající tečná síla působící v základové spáře
 - F_{res} - vzdorující síla (od geovýtuh a přesahů sítí)
 - SF_s - stupeň bezpečnosti na posunutí
 - μ - součinitel redukce kontaktu základ - zemina

kde excentricita e :

$$e = \frac{M_{ovr} - M_{res} + \frac{Nd}{2}}{N}$$

kde:

- M_{ovr} - klopící moment
- M_{res} - vzdorující moment
- N - **normálová síla** v základové spáře
- d - šířka paty zdi

Vodorovné složky sil se započítávají do posouvající síly a klopícího momentu, svislé složky sil se započítávají do normálové síly a vzdorujícího momentu. Do vzdorujících sil a momentů se dále započítávají i vodorovné síly od geovýtuh a přesahů sítí. Vztahová síla od vody je započítána do klopícího momentu.

Posunutí po výztuze

Tento mezní stav vyšetřuje možnost posunutí konstrukce po geovýztuze. Pro zvolenou geovýztuhu program vyhledává kritickou smykovou plochu v rozmezí **45 - 90°** od konce příslušné geovýztuhy.

Pro každou smykovou plochu se určí posouvající a vzdorující síly a provede posouzení.

Mezi posouvající síly patří:

- aktivní tlak na fiktivní zed'
- síly od přetížení za zdí

Mezi vzdorující síly patří:

- odpor konstrukce zdi na posunutí (počítá se stejně jako u **dimenzování zdi**)
- tření mezi geovýztuhou a posouváním blokem
- síly od dalších geovýtuh

Vzdorující síla od tření mezi geovýztuhou a posouváním blokem se stanoví podle vzorce:

$$F = N \operatorname{tg} \varphi C_{ds}$$

kde:

- N - normálová síla na geovýztuhu (od vlastní tíhy zeminy a přetížení na fiktivní zed')
- φ - úhel vnitřního tření zeminy v okolí geovýztuhy
- C_{ds} - součinitel redukce tření na geovýztuze

Vlastní posouzení je pak provedeno v závislosti na zadání v záložce "**Výpočet zdi**" podle teorie mezních stavů nebo stupně bezpečnosti. Musí platit:

$$H_{res} > H_{act} \quad \text{resp.} \quad \frac{H_{res}}{H_{act}} > SF_{sr}$$

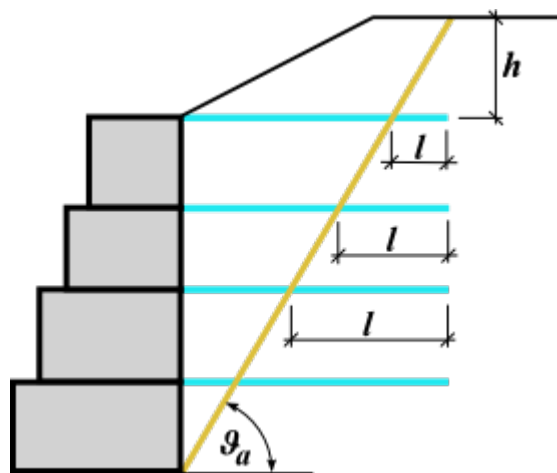
kde:

- H_{res} - síla vzdorující
- H_{act} - síla posouvající
- SF_{sr} - stupeň bezpečnosti na posunutí po geovýztuze

Výztuhy, přesahy sítí

Výztuhy resp. přesahy sítí za zdí mohou výrazně zvýšit stabilitu zdi. Základní charakteristikou výztuhy je **pevnost na přetržení R_t** . Tato pevnost se do programů zadává jako výpočtová (s výjimkou programu Redi-Rock wall), neboli jako pevnost výztuh redukovaná o koeficienty zohledňující vliv trvanlivosti, chemizmu prostředí a uložení výztuhy. Síla přenášená výztuhou **nemůže být nikdy větší než zadané R_t** (pro materiál gabionů je defaultní hodnota **40 kN/m**).

Druhou charakteristikou výztuh je **únosnost na vytržení T_p** . Tento parametr určuje kotevní délku, neboli potřebnou délku výztuhy v zemině, při které dojde k plnému využití výztuhy na hodnotu **R_t** . Protože reálné hodnoty únosnosti na vytržení se obtížně získávají, nabízí program tři možnosti jejího dopočtu, resp. výpočtu síly **F** , kterou výztuha přenáší.



Délka přesahu sítě resp. výztuhy za bloky

Dopočítat únosnost výztuhy

Síla F nutná k vytržení sítě je určena vztahem:

$$F = 2 \cdot \sigma \cdot \tan \varphi \cdot C \cdot l$$

- kde:
- σ - normálové napětí od vlastní tíhy zeminy v průřezu sítě a smykové plochy
 - φ - úhel vnitřního tření zeminy
 - C - součinitel interakce (standardně 0,8)
 - l - délka přesahu sítě mezi za smykovou plochou směrem do zeminového masivu

Výpočet úhlu θ_a je popsán v kapitole "Zemní klín"

Zadat kotevní délku výztuhy l_k

Zadáva se kotevní délka l_k , která je určena nárůstem smykové pevnosti mezi sítí a zeminou od nuly do mezní hodnoty (měřeno od konce v zemině).

$$F = \frac{l}{l_k} \cdot R_t$$

- kde:
- l - délka přesahu sítě mezi za smykovou plochou směrem do zeminového masivu
 - l_k - kotevní délka výztuhy
 - R_t - pevnost na přetržení

Zadat únosnost T_p sítě na vytržení ze zeminy

Síla F nutná k vytržení sítě je určena vztahem:

$$F = T_p \cdot l$$

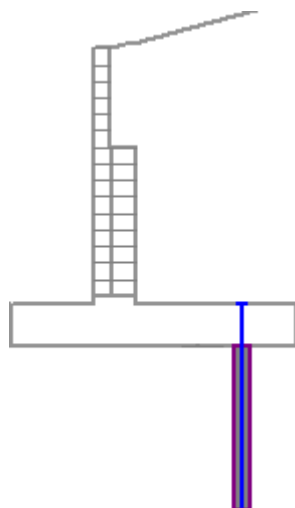
- kde:
- l - délka přesahu sítě mezi za smykovou plochou směrem do zeminového masivu
 - T_p - únosnost sítě na vytržení ze zeminy

Kotvení základu zdí

V programu "Úhlová zed" lze zadat kotvení základu zdí. Zadává se umístění kotvy, rozměry vrtu, a vzdálenost kotev.

Pro kotvu jsou definovány dva mezní stavy únosnosti:

- únosnost na vytržení R_e (kN/m) ze zeminy
- únosnost na přetržení kotvy R_t (kN)



Kotvení základu zdi

Únosnosti je buď možné zadat, nebo se dopočítají ze zadaných hodnot podle následujících vztahů:

$$T_p = \frac{\pi d a}{SF_e}$$

kde:

- T_p - únosnost na vytržení
- d - průměr vrtu
- a - boční adheze
- SF_e - stupeň bezpečnosti na vytržení

$$R_t = \frac{\pi d_s^2}{4} \frac{f_y}{SF_t}$$

kde:

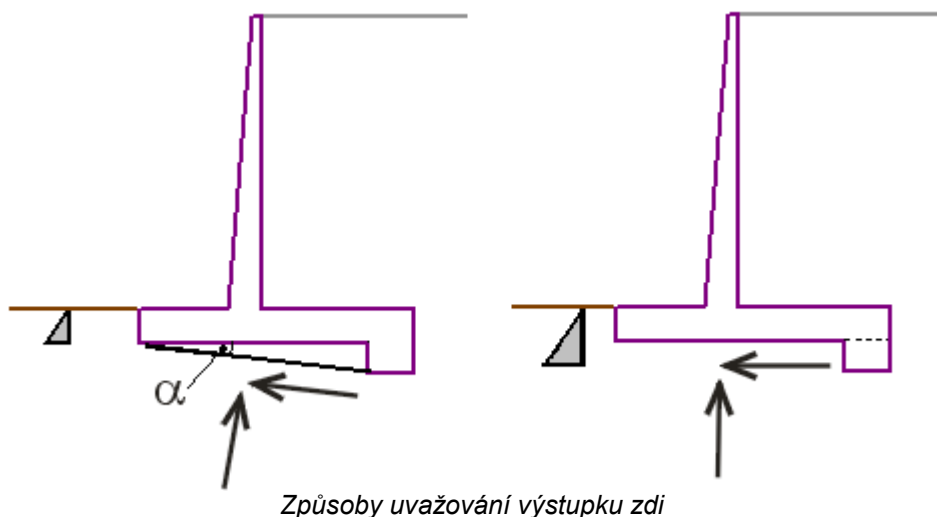
- R_t - únosnost na přetržení
- d_s - průměr kotvy
- f_y - pevnost materiálu kotvy
- SF_t - stupeň bezpečnosti na přetržení

Orientační hodnoty únosnosti na vytržení

Materiál	Boční adheze [N/mm ²]	Únosnost na vytržení [kN/m]				
		65 mm	75 mm	90 mm	100 mm	150 mm
Měkká jílovitá břidlice	0,21 - 0,83	42 - 169	49 - 195	59 - 234	65 - 260	98 - 391
Pískovec	0,83 - 1,73	169 - 350	195 - 407	234 - 486	260 - 543	391 - 562
Břidlice, tvrdá jílovitá břidlice	0,86 - 1,38	175 - 281	202 - 325	243 - 390	270 - 433	405 - 562
Měkký vápenec	1,00 - 1,52	204 - 310	235 - 358	282 - 429	314 - 477	471 - 562
Granit, Basalt	1,72 - 3,10	351 - 562	405 - 562	486 - 562	540 - 562	562 - 562
Beton	1,38 - 2,76	281 - 562	325 - 562	390 - 562	433 - 562	562 - 562

Započítání výstupku zdi

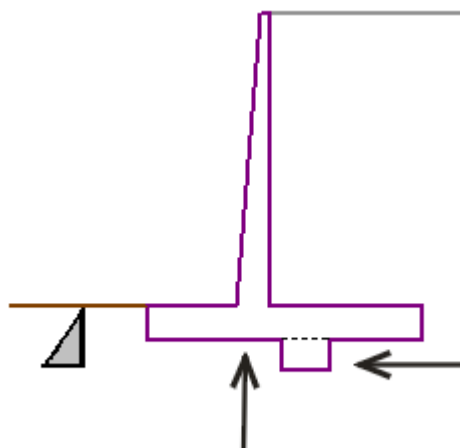
U programů "Úhlová zed" a "Vyztužená zed" lze uvažovat výstupek základu zdi do výpočtu dvěma způsoby dle obrázku.



Je-li vliv výstupku uvažován jako **šikmá základová spára**, pak se uvažuje nový tvar základové spáry a odpor na líci konstrukce se započítává jen do hloubky čela zdi.

Je-li uvažován vliv výstupku jako **odpor na líci**, pak se počítá s rovnou základovou spárou (jako kdyby výstupek vůbec nebyl), ale odpor na líci konstrukce se počítá do hloubky výstupku. V tomto případě musí být také zadán výpočet odporu na líci konstrukce - jinak je vliv výstupku nulový.

V případě kdy je výstupek zadán pod základem zdi, je vždy uvažován jako odpor na líci konstrukce.



Uvažování výstupku zdi uprostřed

Únosnost základové půdy

Ověření únosnosti základové půdy se uvažuje na základě všech provedených výpočtů podle zvolené metodiky posouzení (**mezní stavy, stupeň bezpečnosti**). Posouzení únosnosti základové půdy se provádí na síly získané ze všech provedených posouzení podle vztahů:

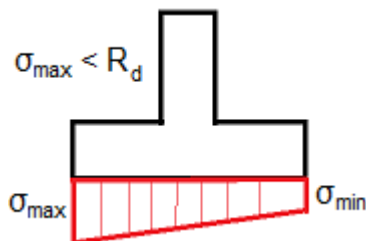
Standardně je napětí v základové spáře uvažováno s konstatním průběhem na redukované délce základu.

$$\sigma < R_d$$

$$\sigma = \frac{N}{d - 2e} < R_d$$

$$e \leq e_{ahw}$$

Některé normy vyžadují pro posouzení napětí lichoběžníkový průběh. V tomto případě je posouzení provedeno pro nejnepríznivější hodnotu σ_{max} .



kde:

- N - normálová síla působící v základové spáře
- d - šířka paty zdi
- R_d - únosnost základové půdy
- e - maximální **excentricita** normálové síly
- e_{allow} - dovolená excentricita (hodnota se zadává se v rámu "**Nastavení**" v záložce "**Výpočet zdi**")

Při výpočtu únosnosti základové půdy (v případě zadání **plošného základu** pod zdi) program počítá **výpočtové i normové zatížení**, které působí ve středu základové spáry. Při přenosu dat a výsledků do programu "**Patky**" lze korektně spočítat **sedání** a **natočení základu**. U zadání **pilotového základu** v rámu "**Založení**" lze zobrazit vnitřní síly působící v hlavách pilot (pro jednu řadu pilot), resp. ve středu základové spáry (pro rovinný pilotový rošt).

Únosnost
— □ ×

Síly působící ve středu základové spáry

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]	Excentricita [-]	Napětí [kPa]
1	191,92	334,96	112,49	0,140	113,20

Normové síly působící ve středu základové spáry (výpočet sedání)

Číslo	Moment [kNm/m]	Norm. síla [kN/m]	Pos. síla [kN/m]
1	168,39	327,85	96,96

Posouzení únosnosti základové půdy
Tvar napětí v základové půdě : lichoběžník

Posouzení excentricity
 Max. excentricita normálové síly $e = 0,140$
 Maximální dovolená excentricita $e_{allow} = 0,333$
Excentricita normálové síly VYHOVUJE

Posouzení únosnosti základové spáry
 Max. napětí v základové spáře $\sigma = 150,20$ kPa
 Návrhová únosnost základové půdy $R_d = 180,00$ kPa
Únosnost základové půdy VYHOVUJE

Celkové posouzení - únosnost základové půdy VYHOVUJE

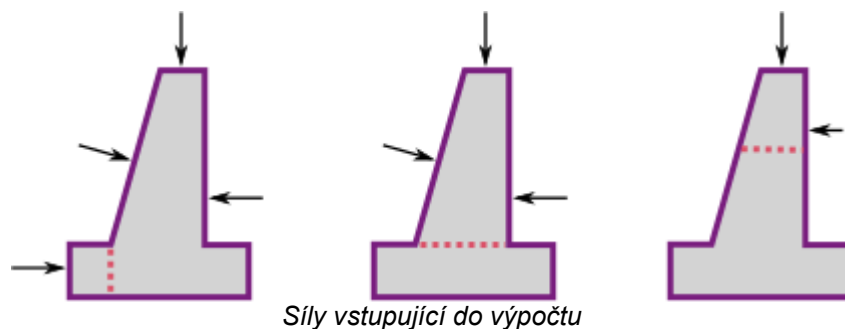
✖ Zavřít

Dialogové okno "Únosnost"

Dimenzování zdi

Program ze **spočtených sil působících na konstrukci** dopočítá síly v posuzovaném průřezu zdi (normálovou sílu N , posouvající sílu Q a moment M) a poté provede vlastní **posouzení únosnosti průřezu** podle nastavení zvoleného v záložce "**Výpočet zdi**".

Do dimenzování se započtou jen ty síly, které leží nad posuzovanou spárou (viz obrázek). Síly nejsou násobeny žádným výpočtovým součinitelem.



Přední výstupek zdi i **zadní výstupek zdi** se posuzuje na namáhání momentem a posouvající silou. Napětí v základové spáře lze uvažovat buď **konstantní** (ČSN) nebo **lineární** (EC).

Při **lineárním průběhu napětí** v základové spáře se vypočte průběh napětí podle vztahů:

$$\sigma_1 = \frac{N}{d^2} \cdot \left(4 \cdot d - 6 \cdot \left(\frac{d}{2} - e \right) \right)$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{d^2} \cdot \left(-2 \cdot d + 6 \cdot \left(\frac{d}{2} - e \right) \right)$$

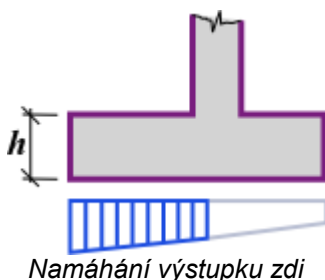
nebo při vyloučení tahu:

$$\sigma = \frac{2 \cdot N}{3 \cdot \left(\frac{d}{2} - e \right)}$$

kde:

- e - excentricita normálové síly N
- d - šířka základu zdi
- N - normálová síla působící v základové spáře (viz posouzení podle **mezních stavů** resp. **stupně bezpečnosti**).

Namáhání průřezu ohybovým momentem a posouvající silou se vypočte jako reakce konzoly podle obrázku:



Průřez je posuzován na namáhání ohybovým momentem a posouvající silou.

Dimenzování zdi s žebry

Program ze **spočtených sil působících na konstrukci** dopočítá síly v posuzovaném průřezu zdi (posouvající sílu Q a moment M) a poté provede vlastní **posouzení únosnosti průřezu** podle nastavení zvoleného v záložce "Výpočet zdi".

Dřík zdi - vodorovný směr

Maximální moment v poli na přední straně dříku:

$$M = \frac{1}{20} \sigma_{pi} l^2$$

Maximální moment u žebra na zadní straně dříku:

$$M = -\frac{1}{12} \sigma_{pi} l^2$$

Maximální posouvající síla:

$$Q = \frac{1}{2} \sigma_{pi} l$$

kde: σ_{pi} - průměrné napětí na zadní straně dříku
 l - vzdálenost mezi žebry

Dřík zdi - svislý směr

Maximální moment uprostřed výšky zdi na přední straně dříku:

$$M = 0.03 \sigma_H H l / 4$$

Maximální moment u paty zdi na zadní straně dříku:

$$M = -0.03 \sigma_H H l$$

Maximální posouvající síla:

$$Q = \frac{1}{2} \sigma_{pi} l$$

kde: σ_H - napětí na zadní straně dříku u paty zdi
 H - výška zdi
 l - vzdálenost mezi žebry

Přední výstupek zdi - zed' se žebry vepředu

Maximální moment v poli na horní straně výstupku:

$$M = \frac{1}{20} \sigma_{j1} l^2$$

Maximální moment u žebra na spodní straně výstupku:

$$M = -\frac{1}{12} \sigma_{j1} l^2$$

Maximální posouvající síla:

$$Q = \frac{1}{2} \sigma_{j1} l$$

kde: σ_{j1} - maximální napětí pod předním výstupkem
 l - vzdálenost mezi žebry

Pata zdi - zed' se žebry vzadu

Maximální moment v poli na horní straně paty:

$$M = \frac{1}{20} \sigma_j l^2$$

Maximální moment u žebra na spodní straně paty:

$$M = -\frac{1}{12} \sigma_j l^2$$

Maximální posouvající síla:

$$Q = \frac{1}{2} \sigma_j l$$

kde: σ_j - maximální napětí pod patou zdi
 l - vzdálenost mezi žebry

Žebro zdi

Žebro zdi je posuzováno jako obdélníkový průřez, výpočet vnitřních sil je proveden stejně jako u dříku úhlové zdi. Vnitřní síly jsou přenášeny zatěžovací šířkou $l+b$ (vzdálenost mezi žebry + tloušťka žebra).

Vnitřní síly v ostatních místech posudků (Pata zdi - zed' se žebry vepředu, Přední výstupek zdi - zed' se žebry vzadu) jsou spočteny jako u **úhlové zdi**.

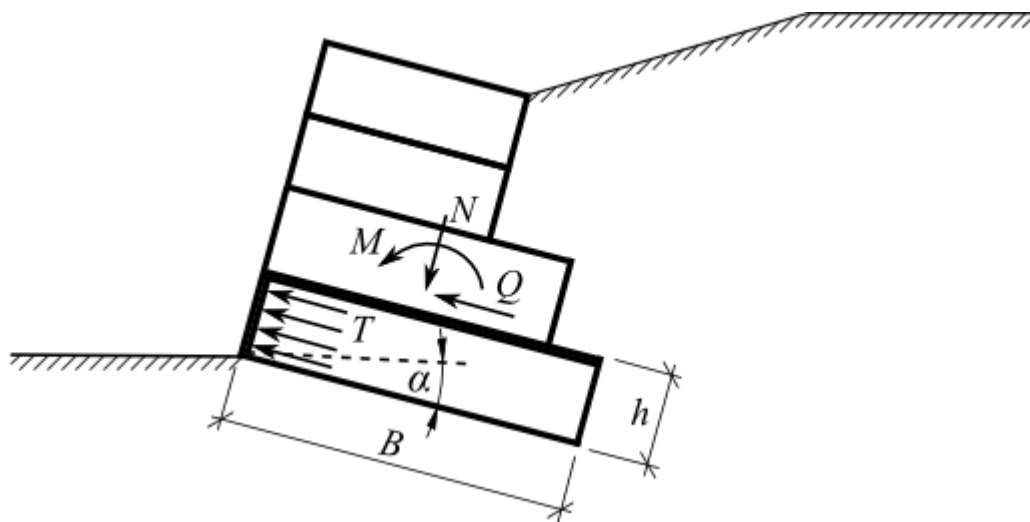
Posouzení gabionu

Výpočet gabionu lze posoudit:

- podle **stupně bezpečnosti**
- podle **mezních stavů**

Posouzení spár mezi jednotlivými bloky se provádí v okně "**Dimenzování**". Konstrukce nad blokem je zatížena **aktivním tlakem** a síly se stanoví stejně jako u **posouzení celé zdi**. Pro výpočet je uvažována sypká výplň - ne kamenná rovnánina - její působení je ale možné simulovat zadáním velmi vysokých hodnot úhlu vnitřního tření materiálu. Lze předpokládat, že v důsledku zaklínění materiálu výplně sítí dojde s odstupem času k poklesu napětí v sítích. Jednotlivá patra gabionu jsou posuzována na maximální normálové a smykové napětí. Podle těchto veličin lze upravit strmost čela konstrukce zřízením teras nebo zvětšit sklon lící hrany α .

Uvažované zatížení spodního bloku je patrné ze schématu:



Zatížení spodního bloku

Normálové napětí ve středu spodního bloku se stanoví podle vzorce:

$$\sigma = \frac{N}{B - 2e} + \frac{\gamma h \cos \alpha}{2}$$

$$e = \frac{M}{N}$$

kde:

- N - normála výslednice zatížení spodního bloku
- B - šířka horního bloku
- e - excentricita
- M - moment působící na spodní blok
- h - výška spodního bloku
- γ - objemová tíha materiálu spodního bloku
- α - sklon gabionu

Tlak na stěnu spodního bloku se stanoví jako zvýšený aktivní tlak:

$$T = 0,5 T_r + 0,5 T_a$$

$$T_r = \sigma K_r$$

$$T_a = \sigma K_a - 2 c_d \sqrt{K_a}$$

$$K_r = 1 - \sin \varphi_d$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi_d}{2} \right)$$

kde:

- φ_d - výpočtový úhel vnitřního tření materiálu spodního bloku
- c_d - výpočtová soudržnost materiálu spodního bloku

- γ - objemová tíha materiálu spodního bloku
 h - výška spodního bloku
 B - šířka horního bloku
 α - sklon gabionu
 T - průměrná hodnota tlaku na čelo spodního bloku
 σ - maximální normálové napětí na spodní blok
 K_r - součinitel zemního tlaku v klidu
 K_a - součinitel aktivního tlaku

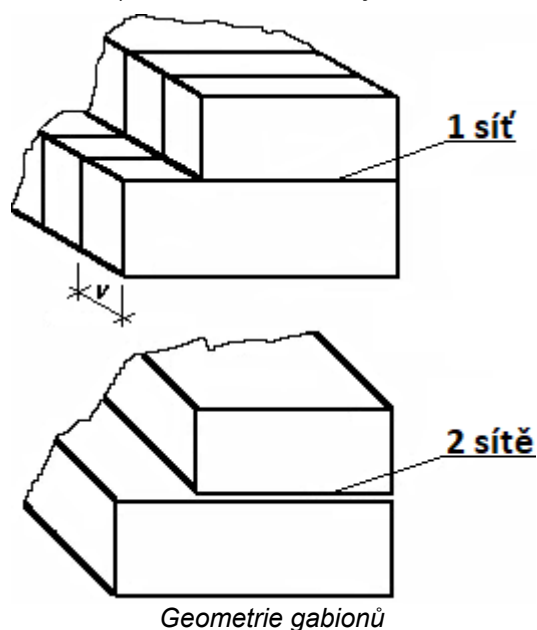
Šířky sítí spodního bloku na **1bm** gabionu se spočítají:

$$D_{upp} = 1$$

$$D_{total} = \frac{h}{v} + 1$$

- kde:
- D_{upp} - délka horní tažené sítě mezi bloky
 D_{total} - celková délka sítí přenášející tlak T
 v - vzdálenost svislých sítí
 h - výška spodního bloku

Program umožňuje počítat **gabiony s jednoduchou i dvojitou sítí mezi bloky**. V případě dvojité sítě se zadá pevnost sítě v tahu (dialogové okno "**Editace materiálu**") dvakrát větší než u jednoduché sítě.



Posouzení gabionu - stupeň bezpečnosti

Při posouzení vnitřní stability gabionu podle stupně bezpečnosti se uvažují následující případy:

a) Posouzení na překlpení:

$$\frac{M_{res}}{M_{ovr}} > SF_o$$

- kde:
- M_{ovr} - klopící moment
 M_{res} - vzdorující moment
 SF_o - stupeň bezpečnosti na překlpení

b) Posouzení na posunutí:

$$\frac{[(N \tan \varphi_d + c_d(d - 2e)/\mu) + F_{res}]}{H} > SF_s$$

kde:	N	- normálová síla
	φ_d	- výpočtový úhel vnitřního tření zeminy
	c_d	- výpočtová soudržnost zeminy
	d	- šířka bloku
	e	- excentricita
	H	- posouvající tečná síla
	F_{res}	- vzdorující síla (od geovýtuh a přesahů sítí)
	SF_s	- stupeň bezpečnosti na posunutí
	μ	- součinitel redukce

c) Posouzení únosnosti na boční tlak:

$$\frac{S_u}{S} > SF_n$$

$$S = \frac{Tbh}{D_{total}}$$

kde:	T	- průměrná hodnota tlaku na čelo spodního bloku
	S	- síla na 1 bm spoje
	S_u	- únosnost spoje (zadáva se v dialogovém okně "Materiál")
	SF_n	- stupeň bezpečnosti namáhání sítě (zadáva se v záložce "Výpočet zdí" (standardní hodnota 1,5)
	b	- šířka = 1 bm (běžný metr konstrukce)
	h	- výška bloku
	D_{total}	- celková délka sítí přenášející tlak T

d) Posouzení únosnosti spáry mezi bloky:

$$\frac{N_u}{N} > SF_n$$

$$N_d = \frac{T b h}{D_{total}} + \frac{\max(0, Q - Q_{tr})}{D_{upp}}$$

$$Q_{tr} = \frac{N \tan \varphi_d + c_d B}{\gamma_f}$$

kde:	N_d	- tahová síla na 1 bm horní spáry
	N_u	- pevnost sítě (zadáva se v dialogovém okně "Materiál")
	SF_n	- stupeň bezpečnosti namáhání sítě (zadáva se v záložce "Výpočet zdí" (standardní hodnota 1,5)
	Q_{tr}	- smyková síla přenášená třením a soudržností mezi bloky
	γ_f	- součinitel redukce tření mezi bloky - zadává se v záložce "Výpočet zdí"
	h	- výška bloku
	D_{total}	- celková délka sítí přenášející tlak T
	D_{upp}	- délka horní tažené sítě mezi bloky

Posouzení gabionu - mezní stavy

Pro výpočty posouzení se počítá s redukovanými parametry materiálu gabionu v závislosti na zadání součinitelů v záložce "Výpočet zdí".

a) Posouzení na překlpení:

$$M_{ovr} < M_{res}$$

kde:	M_{ovr}	- klopící moment
	M_{res}	- vzdorující moment

b) Posouzení na posunutí:

$$\frac{[(N \tan \varphi_d + c_d(d - 2e)/\mu) + F_{res}]}{\gamma_s} > H$$

kde:	N	- normálová síla
------	-----	------------------

φ_d	-	výpočtový úhel vnitřního tření zeminy
c_d	-	výpočtová soudržnost zeminy
d	-	šířka bloku
e	-	excentricita
γ_s	-	součinitel redukce únosnosti na posunutí
H	-	posouvající tečná síla
F_{res}	-	vzdorující síla (od geovýtuh a přesahů sítí)
μ	-	součinitel redukce

c) Posouzení únosnosti na boční tlak:

$$S < S_u$$

$$S = \frac{T b h}{D_{total}}$$

kde:	T	-	průměrná hodnota tlaku na čelo spodního bloku
	S	-	síla na 1 bm spoje
	S_u	-	únosnost spoje (zadáva se v dialogovém okně "Materiál")
	b	-	šířka = 1 bm (běžný metr konstrukce)
	h	-	výška bloku
	D_{total}	-	celková délka sítí přenášející tlak T

d) Posouzení únosnosti spáry mezi bloky:

$$N_d < N_u$$

$$Q_{tr} = \frac{N \tan \varphi_d + c_d B}{\gamma_f}$$

$$N_d = \frac{T b h}{D_{total}} + \frac{\max(0, Q - Q_{tr})}{D_{upp}}$$

kde:	N_d	-	tahová síla na 1bm horní spáry spodního bloku
	N_u	-	pevnost sítě (zadáva se v dialogovém okně "Materiál"),
	Q_{tr}	-	smyková síla přenášená třením a soudržností mezi bloky
	γ_f	-	součinitel redukce tření mezi bloky - zadává se v záložce "Výpočet zdí"
	h	-	výška bloku
	D_{total}	-	celková délka sítí přenášející tlak T
	D_{upp}	-	délka horní tažené sítě mezi bloky

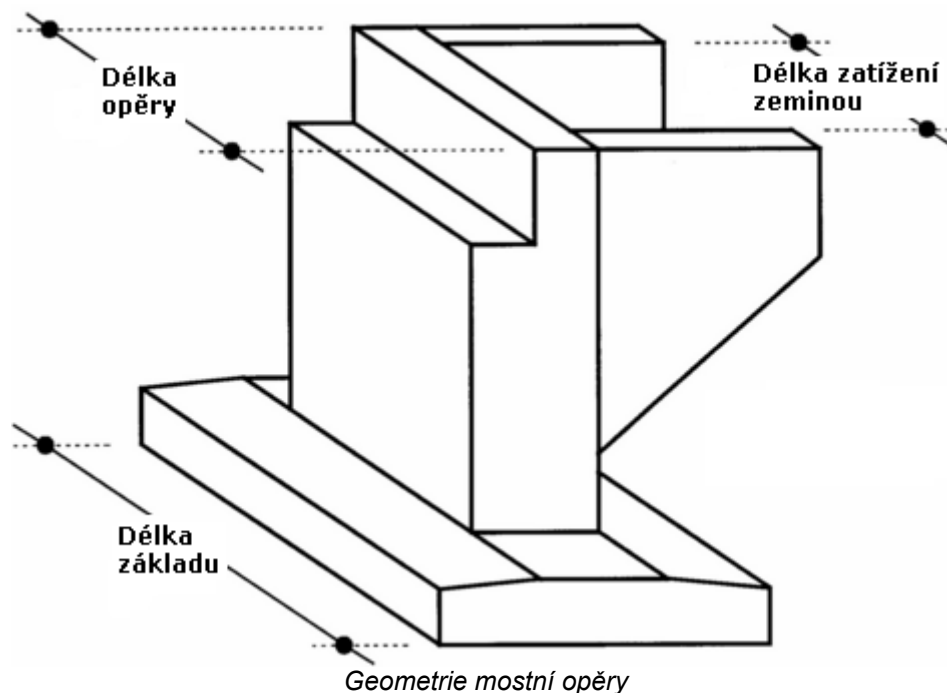
Výpočet sil působících na opěru

Opěra je posuzována na 1 **bm** (1 **feet**) délky. Všechny síly, které působí při daném posouzení, jsou na tuto délku v programu přepočítány takto:

- vlastní tíha opěry** se počítá ze zadaného příčného řezu opěrou na 1 **bm** (1 **feet**)
- reakce z NK mostu a přechodové desky** se zadávají v **kN (kip)**, hodnotami na celou opěru, ve výpočtu jsou tyto hodnoty děleny **délkou opěry**,
- tlak zeminy** se počítá na 1 **bm** (1 **feet**) a je redukován poměrem **délka zatížení zeminou / délka opěry**,
- tíha zemních klínů** se počítá na 1 **bm** (1 **feet**) a je redukována poměrem **délka zatížení zeminou / délka opěry**,
- přetížení** se počítá na 1 **bm** (1 **feet**) a je redukováno poměrem **délka zatížení zeminou / délka opěry**,
- zadané síly, odpor na líci** se uvažují na 1 **bm** a nejsou nijak redukovány
- křídla** - z geometrie křídel se spočte jejich vlastní tíha, která je do výpočtu dříku a posouzení základu dělena **délkou opěry** (je na uživateli, zda vliv křídel v tomto výpočtu zohlední či nikoliv).

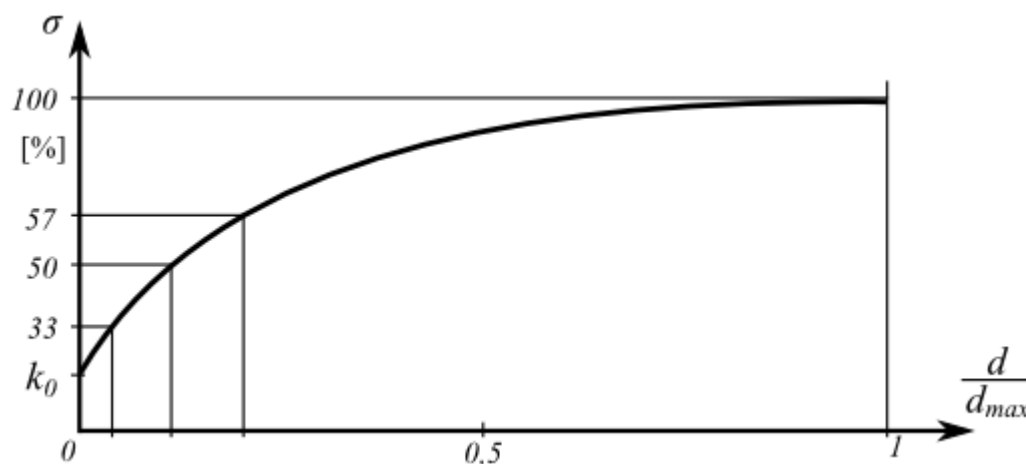
Výpočet jednotlivých sil působících na opěru je blíže popsán v kapitole "Výpočty zdí".

Při výpočtu sil působících v základové spáře jsou všechny síly vstupující do posouzení (kromě odporu na líci konstrukce) redukovány poměrem **délka opěry / délka základu**.



Snížený pasivní zemní tlak

Vznik pasivního zemního tlaku σ_p odpovídá maximální deformaci zatlačení části konstrukce do zeminy. Takový posun však nemusí nastat (např. u vetknutých pažících konstrukcí) a na konstrukci působí snížený pasivní zemní tlak σ_{ps} . Hodnota sníženého pasivního zemního tlaku σ_{ps} může být v rozsahu od tlaku zeminy v klidu σ_r (při nulové deformaci) až po pasivní zemní tlak σ_p . Na obrázku je uvedena závislost hodnot zemního tlaku nesoudržné zeminy (odporu zeminy) na poměru skutečné deformace konstrukce d k deformaci maximální d_{max} (při mobilizaci pasivního zemního tlaku σ_p).



Závislost hodnot zemního tlaku na poměru skutečné deformace konstrukce

Hřebíkový svah

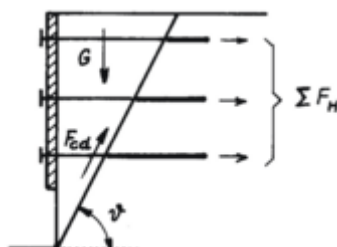
Program "**Hřebíkový svah**" provádí tato posouzení:

- Posouzení **vnitřní stability konstrukce** (rovinná nebo lomená plocha, **únosnosti** jednotlivých hřebů)
- Posouzení fiktivní zdi - stejné jako posouzení **gravitační zdi**
- Posouzení **betonového krytu konstrukce** (dimenzování)
- Posouzení **sítě** (dimenzování)
- Posouzení celkové stability programem "**Stabilita svahu**"

Výpočet vnitřní stability

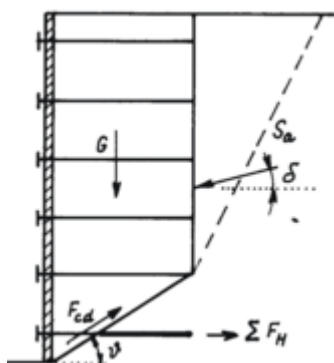
Vnitřní stabilita se posuzuje na dvou typech smykových ploch:

- **Rovinná smyková plocha**



Rovinná smyková plocha

• Lomená smyková plocha



Lomená smyková plocha

V obou případech se vyšetřuje smyková plocha pro variaci úhlu ϑ .

Při **optimalizaci** je výpočet proveden pro všechny etáže s variací úhlu smykové plochy ϑ od 1 až do 89 stupňů s krokem jednoho stupně.

Posouzení vnitřní stability může být provedeno podle **stupně bezpečnosti** nebo **mezních stavů** v závislosti na zadání v záložce "Výpočet zdí".

V posouzení je kontrolována podmínka, že poměr vzdorujících sil na smykové ploše ku posouvajícím silám je větší než zadaný stupeň bezpečnosti. Do tohoto posouzení vstupují následující síly:

Posouvající síly:

- složka tíhové síly rovnoběžná se smykovou plochou
- u lomené smykové plochy složka aktivního zemního tlaku, který působí na svislou část konstrukce, rovnoběžná se smykovou plochou (tlak spočten bez redukcí vstupních parametrů)
- vodorovné síly od zemětřesení

Vzdorující síly:

- tření zeminy a soudržnost zeminy na smykové ploše
- suma sil **přenášených hřebů**

Výpočet únosnosti hřebů

U hřebu se přímo **zadávat** nebo počítají tyto únosnosti:

kde:

- R_f - únosnost hlavy hřebu
- R_t - pevnost hřebu na přetržení
- T_p - únosnost hřebu na vytržení

Pevnostní charakteristiky hřebu jsou základním parametrem pro **výpočet celkové únosnosti hřebu**.

Pevnost hřebu na přetržení je počítána podle vztahu:

$$R_t = \frac{\pi d_s^2}{4} \frac{f_y}{SF_t}$$

kde:

- R_t - pevnost na přetržení
- d_s - průměr hřebu

f_y - výpočtová pevnost materiálu hřebu

SF_t - stupeň bezpečnosti na přetržení

Únosnost hřebu na vytržení lze dopočítat jedním ze tří způsobů:

1. počítat z plášťového tření

$$T_p = \frac{\pi d g_s}{SF_e}$$

kde: T_p - únosnost hřebu na vytržení [kN/m]

d - průměr vrtu (hřebu)

g_s - **plášťové tření**, které je dáno buď jako parametr hřebu nebo jako **parametr zeminy**

SF_e - stupeň bezpečnosti na vytržení

2. počítat z efektivní napjatosti

$$T_p = \frac{\pi d (K_a \sigma_z \tan \varphi + c)}{SF_e}$$

kde:

$$K_a = \frac{1 + K_0}{2} = \frac{1 + (1 - \sin \varphi)}{2}$$

kde: T_p - únosnost hřebu na vytržení [kN/m]

d - průměr vrtu (hřebu)

σ_z - vertikální geostatické napětí

φ - efektivní úhel vnitřního tření zeminy

c - efektivní soudržnost zeminy

SF_e - stupeň bezpečnosti na vytržení

3. počítat podle HA 68/94

$$T_p = \frac{\pi d (\sigma_n \tan \varphi + c)}{SF_e}$$

kde: T_p - únosnost hřebu na vytržení [kN/m]

d - průměr vrtu (hřebu)

σ_n - průměrné radiální efektivní napětí

φ - efektivní úhel vnitřního tření zeminy

c - efektivní soudržnost zeminy

SF_e - stupeň bezpečnosti na vytržení

Průměrné radiální efektivní napětí σ_n je spočteno následovně:

$$\sigma_n = \frac{(1 + K_L) \sigma_z}{2}$$

kde: σ_z - vertikální geostatické napětí

$$K_L = \frac{1 + K_a}{2}$$

kde:

$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$$

Únosnost hlavy hřebu se počítá podle vzorce:

$$R_f = \frac{\min(R_t; T_p l)(0,6 + 0,2(S_{\max} - 1))}{SF_f}$$

kde:

- l - délka hřebu
- S_{\max} - maximální vzdálenost hřebů v konstrukci
- R_t - pevnost hřebu na přetržení
- T_p - únosnost hřebu na vytržení
- SF_f - stupeň bezpečnosti únosnosti hlavy hřebu

Není-li hřeb do konstrukce krytu nijak přikotven, lze zadat únosnost hlavy hřebu i nulovou.

Literatura:

FHWA0-IF-03-017

Orientační hodnoty plášťového tření

Tabulka vychází z terénních a laboratorních zkoušek

Plášťové tření: Klasické vrtané hřebíky

$q_{s,k}$ [kPa] ¹⁾ podle EA Pfähle								
Nesoudržné zeminy			Soudržné zeminy			Horniny/Skály		
q_c ²⁾ [MN/m ²]			c_u ³⁾ [kN/m ²]			$q_{u,k}$ ⁴⁾ [MN/m ²]		
7,5	15	25	60	150	250	0,5	5	20
55 - 80	105 - 140	130 - 170	30 - 40	50 - 65	65 - 85	70 - 250	500 - 1000	500 - 2000

Poznámky:

- 1) Stanovení plášťového tření by mělo být součástí geologického průzkumu
- 2) Odpor na hrotu zatlačované sondy, zkouška CPT (podle DIN EN ISO 22476-1)
- 3) Totální soudržnost zeminy
- 4) Pevnost v jednoosém tlaku

Literatura:

EA-Pfähle, ISBN: 978-3-433-03005-9

V tabulce jsou uvedeny hodnoty na základě zatřídění zemin a hornin

Orientační hodnoty adheze (Elias a Juran, 1991)

Materiál	Technologie provádění	Druh zeminy či horniny	Mezní plášťové tření q_s [kPa]
Horniny	Rotační vrtání	Slín / vápenec	300 - 400
		Fylit	100 - 300
		Křída	500 - 600
		Měkký dolomit	400 - 600
		Rozpukaný dolomit	600 - 1000
		Zvětralý pískovec	200 - 300
		Zvětralá jílovitá břidlice	100 - 150
		Zvětralá krystalická břidlice	100 - 175
		Basalt	500 - 600
		Hlinitá břidlice, lupek	300 - 400
Nesoudržné zeminy	Rotační vrtání	Písek / štěrk	100 - 180
		Prachovitý písek	100 - 150
		Silt	40 - 120
		Piedmontská rudní ložiska	40 - 120
		Jemná skalní suť	75 - 150

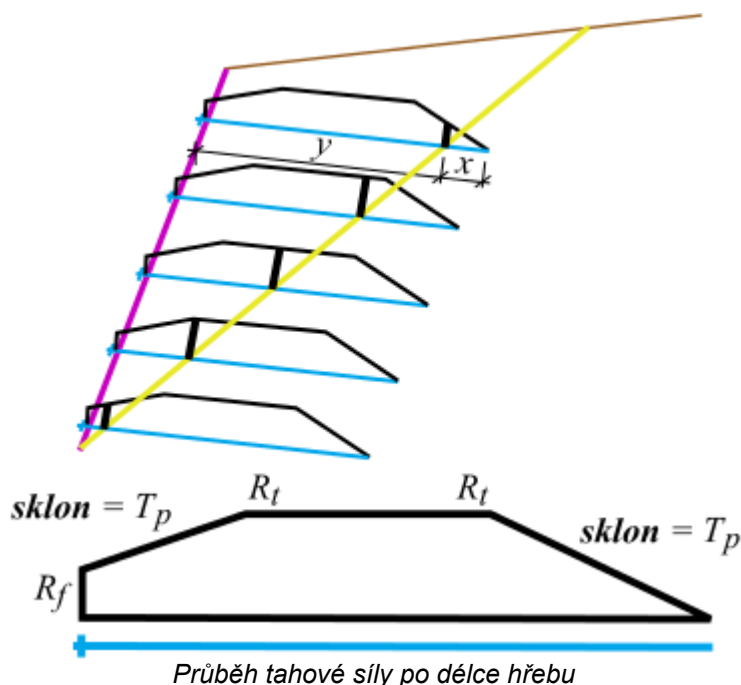
	Řízená cementace	Písek / štěrk Nízké nadloží Vysoké nadloží	190 - 240 280 - 430
		Kompaktní moréna	380 - 480
		Skalní suť u paty svahu	100 - 180
	Zemní (spirálový) vrták	Prachovopísčitá výplň	20 - 40
		Hlinitý písek	55 - 90
		Jílovitý písek	60 - 140
	Jet grouting	Písek	380
		Štěrkopísek	700
Jemnozrnné zeminy	Rotační vrtání	Jíl písčitý	35 - 50
	Řízená cementace	Hlína jílovitá	90 - 140
	Zemní (spirálový) vrták	Spraš	25 - 75
		Měkký jíl	20 - 30
		Tuhý jíl	40 - 60
		Tuhá jílovitá hlína	40 - 100
		Vápnitý jíl písčitý	90 - 140

Celková únosnost hřebu

Únosnost hřebu je spočtena podle polohy jeho průřezu se smykovou plochou. Leží-li hřeb celý před smykovou plochou, nevstupuje vůbec do výpočtu. Protne-li smyková plocha hřeb, je únosnost hřebu počítána podle vzorce:

$$F = \min (T_p x ; R_t ; R_f + T_p y)$$

- kde:
- x - délka hřebu za smykovou plochou směrem do zeminového tělesa
 - y - délka hřebu před smykovou plochou
 - R_f - únosnost hlavy hřebu
 - R_t - pevnost hřebu na přetržení
 - T_p - únosnost hřebu na vytržení



Posouzení - stupeň bezpečnosti

V posouzení je kontrolována podmínka, že poměr **vzdorujících sil** na smykové ploše ku **posouvajícím silám** je větší než zadaný stupeň bezpečnosti.

Stupeň bezpečnosti na zadané smykové ploše se tedy vypočte podle vzorce:

$$SF = \frac{F_h \cos(\nu + \alpha) + F_{cd}}{(G + S_{a,vert}) \sin \nu + S_{a,hor} \cos \nu}$$

$$F_h = \sum F_{h,n}$$

$$F_{cd} = \sum \frac{d_i}{d} (G \cos \nu + F_h \sin(\nu + \alpha)) \tan \varphi_i + \sum d_i c_i$$

kde:	G	- tíhová síla
	S_{a,vert}	- svislá složka aktivního tlaku
	S_{a,hor}	- vodorovná složka aktivního tlaku
	d_i	- délka i-té části smykové plochy
	d	- délka smykové plochy
	F_{h,n}	- únosnost n-tého hřebu za smykovou plochou na jednotku délky
	c_i	- soudržnost i-té vrstvy zeminy
	φ_i	- úhel vnitřního tření i-té vrstvy
	ν	- sklon smykové plochy
	α	- odklon hřebů od vodorovné

Posouzení - mezní stavy

V posouzení je kontrolována podmínka, že **pasivní** (vzdorující) **síly F_p** na smykové ploše jsou větší než **aktivní** (posouvající) **síly F_a**:

$$F_p > F_a$$

$$F_p = F_h \cos(\nu + \alpha) + F_{cd}$$

$$F_a = (G + S_{a,vert}) \sin \nu + S_{a,hor} \cos \nu$$

$$F_h = \sum F_{h,n}$$

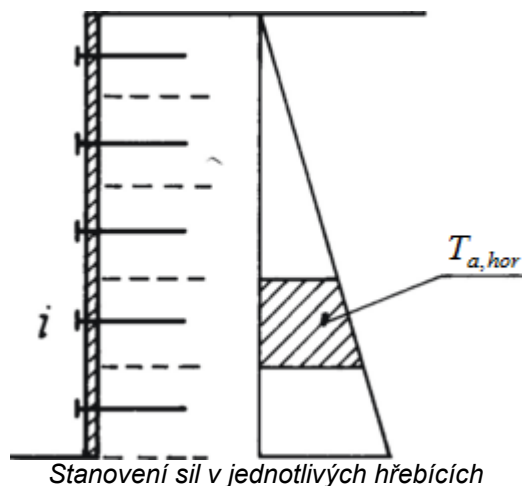
$$F_{cd} = \sum \frac{d_i}{d} (G \cos \nu + F_h \sin(\nu + \alpha)) \tan \varphi_i + \sum d_i c_i$$

kde:	G	- tíhová síla
	S_{a,vert}	- svislá složka aktivního tlaku
	S_{a,hor}	- vodorovná složka aktivního tlaku
	d_i	- délka i -té části smykové plochy
	d	- délka smykové plochy
	F_{h,n}	- únosnost n -tého hřebu za smykovou plochou na jednotku délky
	c_i	- soudržnost i -té vrstvy zeminy
	φ_i	- úhel vnitřního tření i -té vrstvy
	ν	- sklon smykové plochy
	α	- odklon hřebů od vodorovné

Stanovení síly v hřebu

Velikost **aktivního zemního tlaku** je snížena součinitelem **k_n**. Doporučená (experimentálně zjištěná) hodnota **k_n = 0,85**.

Stanovení sil v jednotlivých hřebech se provádí rozdělením spočteného zemního tlaku na jednotlivé etáže. Každý hřeb přenáší část aktivního tlaku, který působí **na příslušnou etáž**.



Síla v hřebu se vypočte podle vzorce:

$$F_i = \frac{b k_n \sum T_{a,hor}}{\cos \alpha}$$

- kde:
- b - vzdálenost hřebů
 - α - sklon hřebů
 - k_n - redukční součinitel aktivního tlaku
 - $T_{a,hor}$ - aktivní zemní tlak působící na příslušnou etáž

Dimenzování betonového krytu

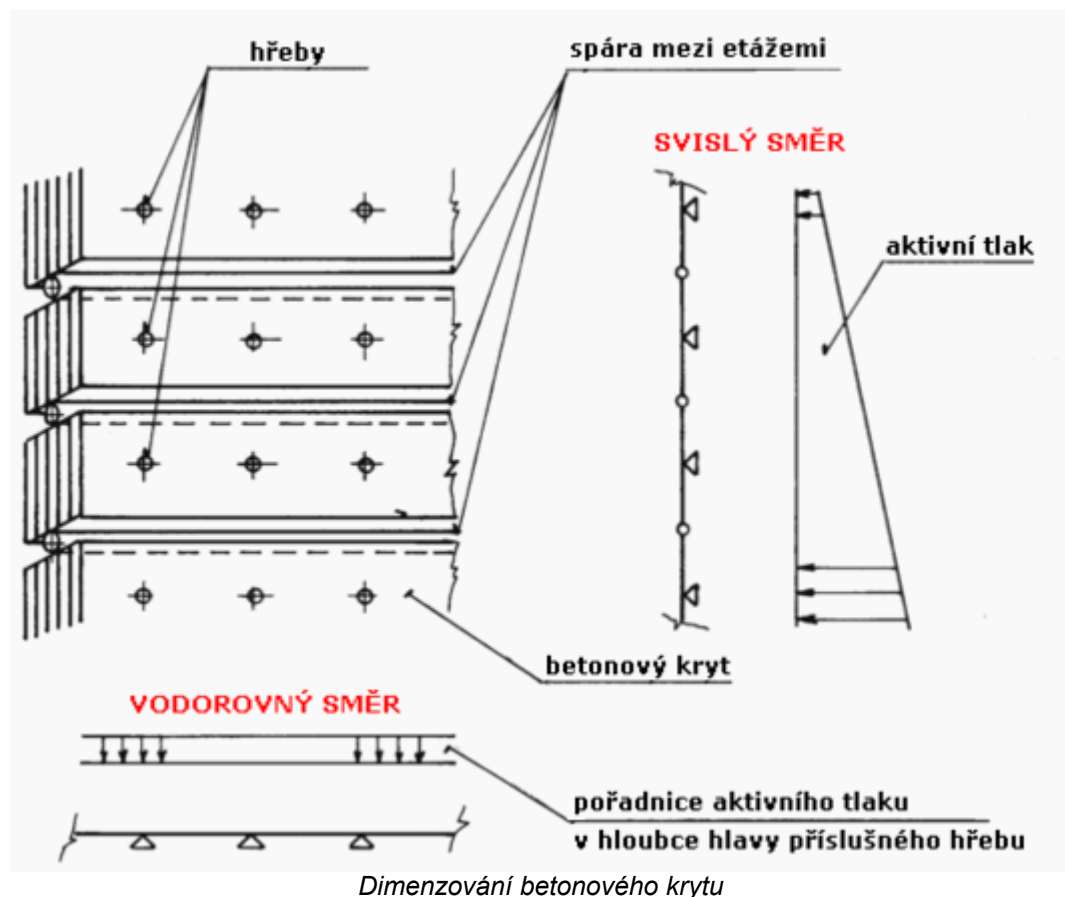
Betonový kryt hřebíkovaného svahu je dimenzován na aktivní tlak. Pro účely navrhování se předpokládá rozdělení konstrukce na jednotlivé mezipodporové dimenzační pruhy.

Ve **svislém směru** je hlava hřebu modelována jako podpora, spára mezi etážemi jako vnitřní kloub.

Ve **vodorovném směru** je standardně vygenerována konstrukce se čtyřmi podporami rovnoměrně zatížená velikostí aktivního tlaku v hloubce hlavy hřebu.

Program dále umožňuje posoudit **vyztužení betonového krytu** konstrukce na namáhání ohybovým momentem.

Schéma generace **výpočtového modelu** a zatížení je patrné z obrázku:



Dimenzování sítě

Pro návrh **sítě** se předpokládá, že rozrušená vrstva je tvořena zeminou nebo silně zvětralou horninou.

Provádí se tato posouzení:

1) Posouzení smykové únosnosti hřebu

$$R_s \geq F_s$$

kde: R_s - smyková únosnost hřebu

F_s - smyková síla v hřebu

2) Posouzení propíchnutí sítě hřebem

$$R_p \geq F_{nail}$$

kde: R_p - únosnost sítě na propíchnutí

F_{nail} - síla v hřebu

3) Posouzení stříhové únosnosti sítě

$$R_s \geq S_d$$

kde: R_s - únosnost sítě ve stříhu

S_d - smyková síla působící na síť

4) Kombinované namáhání hřebu

$$1 \geq \max \left(\sqrt{\left(\frac{F_{nail}}{R_t} \right)^2 + \left(\frac{F_s}{R_s} \right)^2}, \sqrt{\left(\frac{S_d}{R_t} \right)^2 + \left(\frac{F_s}{R_s} \right)^2} \right)$$

kde: F_{nail} - síla v hřebu

R_t - tahová únosnost hřebu

F_s - smyková síla působící na hřeb

R_s - smyková únosnost hřebu

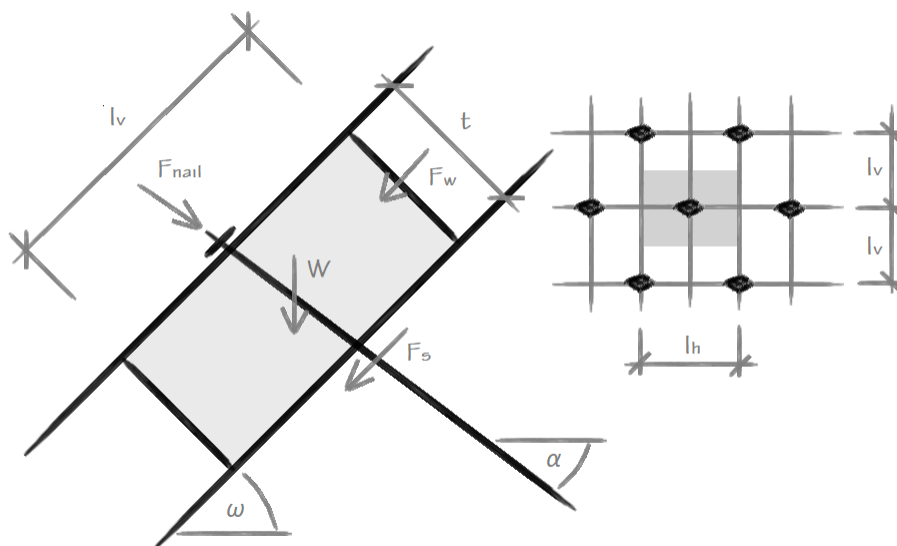
S_d - smyková síla působící na síť

Literatura:

Krist O., Raithel M., Weingart K.: "Bemessung von Drathgeflechten zur Stabilisierung von Böschungen".
EI-Eisenbahningenieur, March 2015, 14-19.

Výpočet smykové síly v hřebu

Při posuzování smykové únosnosti hřebu se smyková plocha uvažuje v maximální hloubce rozrušené vrstvy. Smyková síla F_s se určí na základě sil působících na blok zeminy pod hřebem.



Smyková síla ve hřebu

$$F_s = W \cdot \sin(\omega) - F_{nail} \cdot \cos(\omega + \alpha) + F_w - [(W \cdot \cos(\omega) + F_{nail} \cdot \sin(\omega + \alpha)) \cdot \tan(\varphi) + c \cdot A]$$

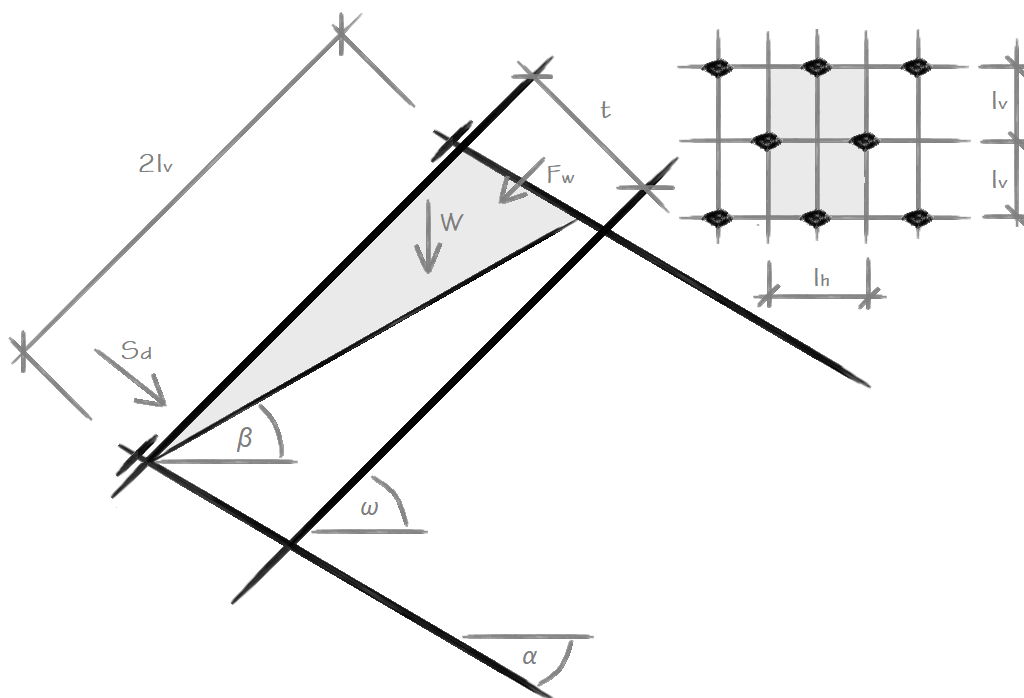
- kde:
- F_s - smyková síla působící na hřeb
 - W - vlastní tíha bloku
 - F_{nail} - síla v hřebu
 - F_w - síla od proudění
 - l_v - svislá vzdálenost
 - l_h - vodorovná vzdálenost
 - t - tloušťka rozrušené vrstvy
 - ω - sklon svahu
 - α - sklon hřebíku
 - φ - úhel vnitřního tření v rozrušené vrstvě
 - c - soudržnost rozrušené vrstvy
 - A - plocha bloku v rovině smyku

Je-li uvažováno proudění, program počítá s vodou v celé tloušťce rozrušené vrstvy.

Výpočet smykové síly v síti

Pro stanovení maximální smykové síly působící na síť se uvažuje s blokem zeminy, který vzniká v oblasti mezi hřeby. Ve výpočtu se uvažují dva tvary smykových ploch, program počítá automaticky obě a vybírá maximální sílu.

Rovinná smyková plocha - maximální smyková síla se hledá postupně po celé tloušťce rozrušené vrstvy.

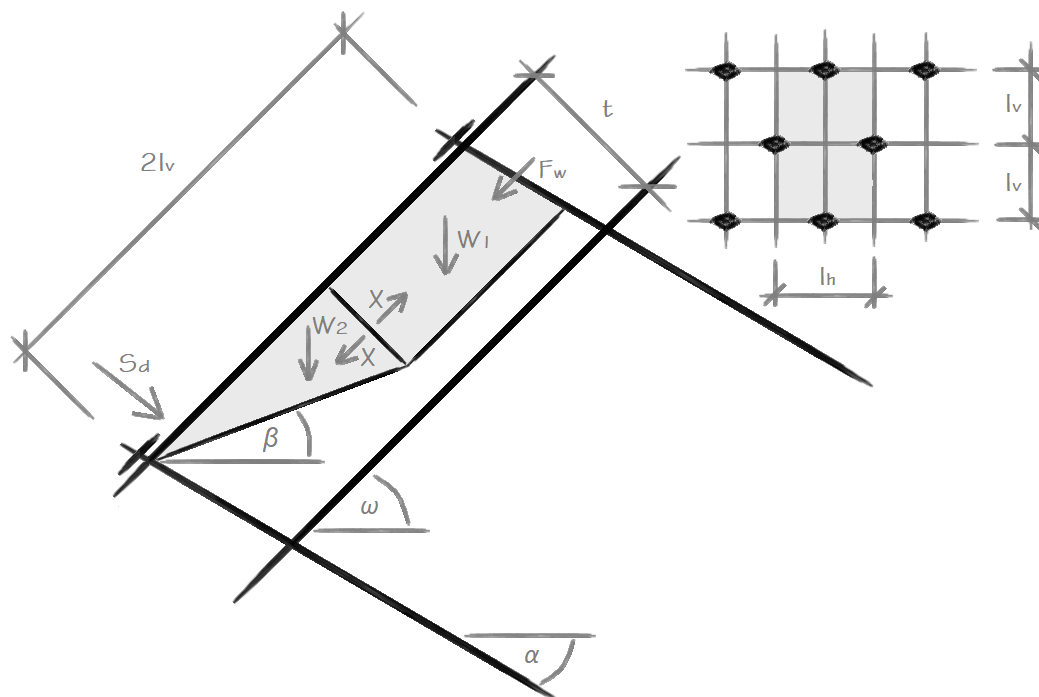


Smyková síla - rovinná smyková plocha

$$S_d = \frac{W \cdot \sin(\beta) + F_w \cdot \cos(\omega - \beta) - [(W \cdot \cos(\beta) + F_w \cdot \sin(\omega - \beta)) \cdot \tan(\varphi) + c \cdot A]}{\cos(\alpha + \beta) + \sin(\alpha + \beta) \cdot \tan(\varphi)}$$

kde:	S_d	- smyková síla působící na síť
	F_{mesh}	- síla v síti
	W	- vlastní tíha bloku
	F_w	- síla od proudění
	l_v	- svislá vzdálenost
	t	- tloušťka rozrušené vrstvy
	β	- sklon smykové plochy
	ω	- sklon svahu
	α	- sklon hřebíku
	φ	- úhel vnitřního tření v rozrušené vrstvě
	c	- soudržnost rozrušené vrstvy
	A	- plocha bloku v rovině smyku

Lomená smyková plocha - maximální smyková síla se hledá postupně po celé tloušťce rozrušené vrstvy při různých sklonech v dolní části smykové plochy.



Smyková síla - lomená smyková plocha

Při výpočtu lomené smykové plochy se v prvním kroku určí mezibloková síla X .

$$X = W_1 \cdot \sin(\omega) + F_{w,1} - [W_1 \cdot \cos(\omega) \cdot \tan(\varphi) + c \cdot A_1]$$

kde:

- X - mezibloková síla
- W_1 - tíha horního bloku
- $F_{w,1}$ - síla od proudění působící na horní blok
- A_1 - plocha v úrovni smyku pod horním blokem

$$S_d = \frac{W_2 \cdot \sin(\beta) + (F_{w,2} + X) \cdot \cos(\omega - \beta) - [(W_2 \cdot \cos(\beta) + (F_{w,2} + X) \cdot \sin(\omega - \beta))] \cdot \tan(\varphi) + c \cdot A_2}{\cos(\alpha + \beta) + \sin(\alpha + \beta) \cdot \tan(\varphi)}$$

kde:

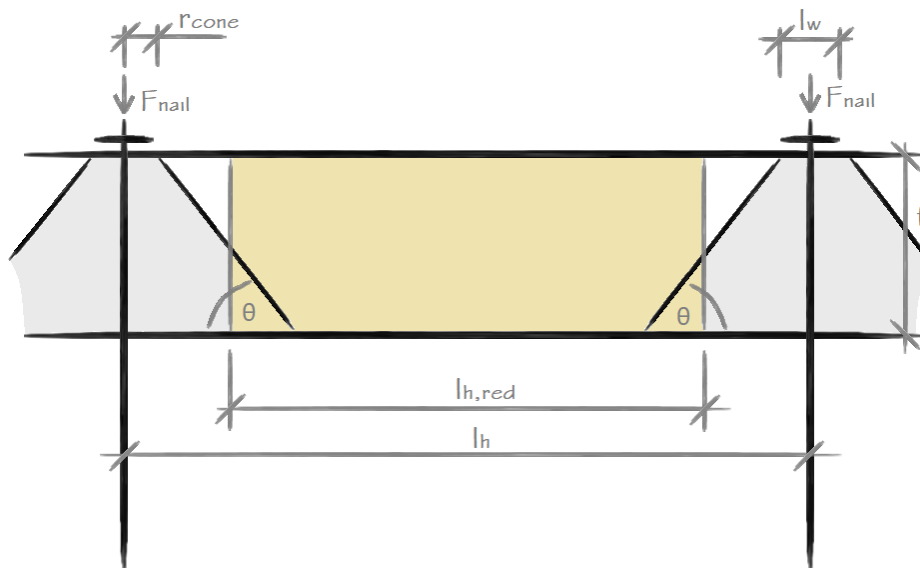
- S_d - smyková síla působící na síť
- W_2 - tíha dolního bloku
- $F_{w,12}$ - síla od proudění působící na dolní blok
- A_2 - plocha v úrovni smyku pod dolním blokem

Je-li uvažováno proudění, program počítá s vodou v celé tloušťce rozrušené vrstvy. Sklon tlakového kužele ovlivňuje přenos síly z hřebu do rozrušené vrstvy.

Tlakový kužel

Sklon tlakového kužele určuje, jak se přenáší síla z hřebu přes rozrušenou vrstvu. Tlakový kužel se uvažuje ve výpočtu smykové síly působící na síť. Redukuje horizontální vzdálenost mezi hřebu a tím i šířku zeminového bloku. Redukcí vzniká lichoběžníkový tvar bloku, který se upravuje na obdelník o šířce $l_{h,red}$.

Sklon θ se zadává na intervalu 30° až 80°. Poloměr kužele v horní části r_{cone} je uvažován jako polovina délky podložky l_w .



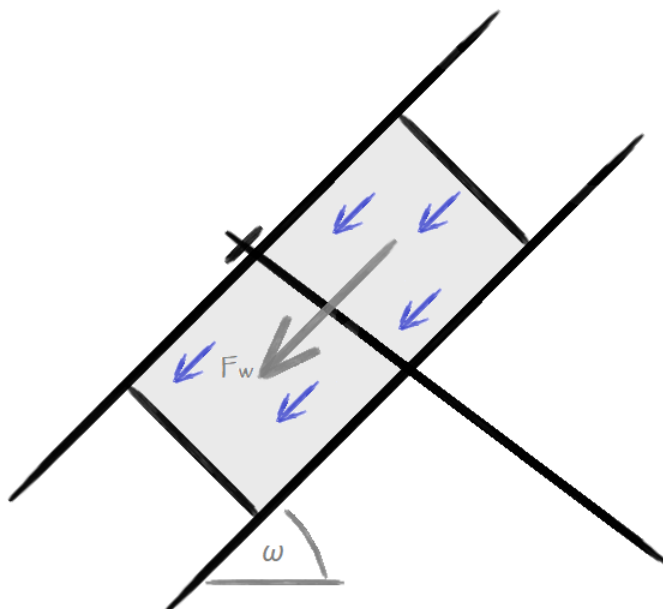
Vliv tlakového kužele

$$l_{h,red} = l_h - 2 \cdot r_{cone} - \frac{t}{\tan(\theta)}$$

- kde:
- $l_{h,red}$ - redukovaná horizontální vzdálenost mezi hřebíky
 - θ - sklon tlakového kužele
 - l_h - horizontální vzdálenost mezi hřebíky
 - t - tloušťka rozrušené vrstvy
 - r_{cone} - poloměr tlakového kužele v horní části
 - l_w - délka podložky pod hřebem

Vliv proudění

Síla F_w uvažuje vliv proudění vody a je součástí výpočtu **smyskové síly v síti** a **smyskové síly v hřebu**.



Vliv proudění

$$F_w = V \cdot \gamma_w \cdot \sin(\omega)$$

- kde:
- F_w - síla vlivem proudění
 - V - objem bloku

- γ_w - objemová tíha vody
 ω - sklon svahu

Pažící konstrukce

GEO5 umožňuje kompletní návrh a posouzení svislých pažících konstrukcí **rozličných typů**. Pažení může být nekotvené, kotvené i rozpírané.

Základním programem pro výpočet kotvených resp. rozpíraných pažících stěn je program "**Pažení posudek**". Umožňuje výpočet reálného chování konstrukce v průběhu budování, výpočet deformací a vnitřních sil na konstrukci, posouzení vnitřní stability kotevního systému, dimenzování průřezů z oceli, železobetonu, dřeva a plastu a posouzení kotev.

Pro rychlý návrh konstrukcí je určen program "**Pažení návrh**", který počítá nutnou délku konstrukce v zemině a vnitřní síly na konstrukci. Programem lze posoudit únosnost železobetonových, ocelových, plastových nebo dřevěných průřezů.

Speciálním případem pažící konstrukce provedené ve svahu pro zabránění sesuvu je řada stabilizačních pilot. Pro výpočet této konstrukce je určen program "**Stabilizační pilota**".

Zadávání průřezů pažících konstrukcí

Rozbalitelný seznam dialogového okna "**Editace úseku**" obsahuje jednotlivé konstrukční varianty pažících stěn:

- Pilotová stěna
- Železobetonová obdélníková stěna
- Štětovnice
- Ocelový I-průřez
- Vinylová stěna
- Ocelový 2U-průřez
- Pilotová stěna s ocelovým průřezem
- Ocelová trubka
- Cementozeminová stěna s ocelovým průřezem
- Vlastní zadání průřezových charakteristik

Některé typy průřezů umožňují ukládat vlastní průřezy v "**Uživatelském katalogu**" (tlačítko "**Uživ. katalog**").

Editace úseku ✕

Typ stěny : Pilotová stěna s ocelovým průřezem

Název průřezu : Pilotová stěna

Délka úseku : Železobetonová obdélníková stěna

Koef. redukce tlaků : Štětovnice

— Geometrie — Plastová štětovnice (vinyl)

Typ průřezu : Ocelový I-průřez

Průměr piloty : $d =$ [m]

Osová vzdálenost pilot : $a =$ [m]

Součinitel redukce betonu (výpočet I) : $K_c =$ [-]

— Průřez —

Průřez : Ocelový I-průřez, trubka

— Informace —

$A = 5,39E-01$ [m²/m] $I = 1,65E-02$ [m⁴/m]

Dialogové okno "Editace úseku"

Pilotová stěna

Pro **pilotovou stěnu** se v dialogovém okně zadává:

- **Název průřezu** (defaultně je zadán programem, zaškrtnutím tlačítka "**Vlastní**" lze volit vlastní název)
- **Délka úseku l**
- **Koeficient redukce tlaků pod dnem jámy** - tento **koeficient** se používá při výpočtu záporového pažení k redukci tlaků pod dnem stavební jámy - lze jej buď **zadat**, nebo automaticky **dopočítat** (pro klasické nezáporové pažení je tento součinitel roven 1,0)
- **Typ průřezu** (čtverec, kruh)
- **Průměr piloty d** , jejich **osová vzdálenost a**
- **Materiál piloty** (beton, dřevo)

Editace úseku

Typ stěny : Pilotová stěna

Název průřezu : Pilotová stěna d = 1,00 m; a = 1,00 m
☐ Vlastní

Délka úseku : l = 9,00 [m]

Koef. redukce tlaků pod dnem jámy : zadat 1,00 [-]

— Geometrie —

Typ průřezu : kruh

Průměr piloty : d = 1,00 [m]

Osová vzdálenost pilot : a = 1,00 [m]

Materiál piloty : beton

— Informace —

A = 7,85E-01 [m²/m] I = 4,91E-02 [m⁴/m]

Uživ. katalog

Zadání parametrů - pilotová stěna

V rámu "Dimenzování" lze provést posouzení únosnosti ŽB průřezu.

Železobetonová obdélníková stěna

Pro železobetonovou obdélníkovou stěnu se v dialogovém okně zadává:

- **Název průřezu** (defaultně je zadán programem, zaškrtnutím tlačítka "**Vlastní**" lze volit vlastní název)
- **Délka úseku l**
- **Tloušťka stěny h**

Editace úseku

Typ stěny : Železobetonová obdélníková stěna

Název průřezu : Železobetonová stěna h = 0,50 m ☐ Vlastní

Délka úseku : I = 9,00 [m]

— Geometrie —

Tloušťka stěny : h = 0,50 [m]

— Informace —

A = 5,00E-01 [m²/m] I = 1,04E-02 [m⁴/m]

Uživ. katalog OK Storno

Zadání parametrů - železobetonová obdélníková stěna

V rámu "Dimenzování" lze provést posouzení únosnosti ŽB průřezu.

Štětovnice

Pro štětovnici se v dialogovém okně zadává:

- **Název průřezu** (defaultně je zadán programem, zaškrtnutím tlačítka "**Vlastní**" lze volit vlastní název)
- **Délka úseku** /
- **Typ průřezu** - vybírá se v dialogovém okně "**Katalog průřezů**" (dialogové okno se otevírá pomocí tlačítka "**Katalog**")

Katalog průřezů obsahuje celou řadu štětovnic a pažnic od různých výrobců (viz níže). Pokud používáte jiný typ výrobků, kontaktujte nás (hotline@fine.cz), rádi ho zařadíme do našeho katalogu v programu.

Editace úseku

Typ stěny : Štětovnice

Název průřezu : Štětovnice : VL 503 ☐ Vlastní

Délka úseku : I = 9,00 [m]

— Průřez —

Katalog

Název : VL 503

— Informace —

A = 1,49E-02 [m²/m] I = 2,12E-04 [m⁴/m]
 Wy1 = 1,250E-03 [m³/m] Wply = 1,430E-03 [m³/m]

Uživ. katalog OK Storno

Zadání parametrů - štětovnice

V rámu "Dimenzování" lze provést posouzení únosnosti ocelového průřezu.

Štětovnice zařazené v katalogu

Štětovnice ocelové:

- Vítkovice steel - Produktový katalog Štětovnice
- Arcelor Mittal - Steel Sheet Piling, General Catalogue 2012
- ThyssenKrupp Bautechnik - Sheet Piling Handbook
- Chinese standard GB/T 20933-2014 Hot rolled sheet pile
- Bethlehem Steel Sheet Piling
- Gerdau Steel Sheet Piling

Štětovnice ocelové za studena tvářené:

- Mer Lion Metals - Cold Formed Steel Sheet Piles Catalogue

Pažnice KD:

- ThyssenKrupp Bautechnik - Kaltgewalzte Spundwandprofile – Kanaldielen

Štětovnice O WOM/WOF:

- Mer Lion Metals - Steel Sheet Piles Catalogue
- PilePro Group Company - Sheet Pile Connectors

Plastová štětovnice (vinyl)

Pro **plastovou štětovnici** se v dialogovém okně zadává:

- **Název průřezu** (defaultně je zadán programem, zaškrtnutím tlačítka "**Vlastní**" lze volit vlastní název)
- **Délka úseku l**
- **Typ průřezu** - vybírá se v dialogovém okně "**Katalog průřezů**" (dialogové okno se otevírá pomocí tlačítka "**Katalog**")

Katalog průřezů obsahuje vinylové štětovnice od určitého výrobce (*viz níže - literatura*). Pokud používáte jiný typ výrobků, kontaktujte nás (hotline@fine.cz), rádi ho zařadíme do našeho katalogu v programu.

Zadání parametrů - plastová štětovnice

Plastové štětovnice jsou **ohybově měkké** a vykazují **značné deformace** v porovnání s ocelovými resp. betonovými konstrukcemi. Standardní metoda výpočtu modulu reakce podloží podle Schmitta není pro výpočet plastových štětovnic vhodná a dává nereálné výsledky. Program proto automaticky přepne tuto metodu na metodu "**Vinyl**", kdy **modul reakce podloží** je počítán z oedometrického modulu zeminy vztahem $k_h = 2/3 E_{oed}$.

Ostatní metody výpočtu modulu reakce podloží jsou stejné jako u ostatních typů průřezů.

V rámu "**Dimenzování**" lze provést posouzení **únosnosti plastových štětovnic**.

Literatura:

Štětovnice zařazené v katalogu

- Katalog firmy Everlast Synthetic Products, LLC - dostupný na <https://everlastseawalls.com/seawall-products/vinyl-sheet-piling>

Ocelový I-průřez

Pro ocelový I-průřez se v dialogovém okně zadává:

- **Název průřezu** (defaultně je zadán programem, zaškrtnutím tlačítka "Vlastní" lze volit vlastní název)
- **Koeficient redukce tlaků pod dnem jámy** - tento koeficient se používá při výpočtu záporového pažení k redukci tlaků pod dnem stavební jámy - lze jej buď **zadat**, nebo automaticky **dopočítat** (pro klasické nezáporové pažení je tento součinitel roven 1,0)
- **Délka úseku l**
- **Osová vzdálenost profilů**
- **Typ průřezu** - vybírá se v dialogovém okně "Katalog průřezů" (tlačítko "Katalog"), nebo v dialogovém okně "Editor průřezu" (tlačítko "Svařovaný")

Dialogové okno "Editace úseku" pro zadání parametrů ocelového I-průřezu.

Typ stěny : Ocelový I-průřez

Název průřezu : I-průřez : I(IPN) 220; a = 1,00 m ☐ Vlastní

Délka úseku : $l =$ 5,00 [m]

Koef. redukce tlaků pod dnem jámy : počítat

— Geometrie —

Osová vzdálenost profilů : $a =$ 1,00 [m]

— Průřez —

Název : I(IPN) 220

— Informace —

$A = 3,95E-03$ [m²/m] $I = 3,05E-05$ [m⁴/m]

$W_{y1} = 2,770E-04$ [m³/m] $W_{pl,y} = 3,222E-04$ [m³/m]

Zadání parametrů - ocelový I-průřez

V rámu "Dimenzování" lze provést posouzení únosnosti ocelového průřezu.

Ocelový 2U-průřez

Pro ocelový 2xU-průřez se v dialogovém okně zadává:

- **Název průřezu** (defaultně je zadán programem, zaškrtnutím tlačítka "Vlastní" lze volit vlastní název)
- **Koeficient redukce tlaků pod dnem jámy** - tento koeficient se používá při výpočtu záporového pažení k redukci tlaků pod dnem stavební jámy - lze jej buď **zadat**, nebo automaticky **dopočítat** (pro klasické nezáporové pažení je tento součinitel roven 1,0)
- **Délka úseku l**
- **Osová vzdálenost profilů**
- **Typ průřezu** - vybírá se v dialogovém okně "Katalog průřezů" (tlačítko "Katalog"), nebo v dialogovém okně "Editor průřezu" (tlačítko "Svařovaný")

Editace úseku

Typ stěny : Ocelový 2xU-průřez

Název průřezu : 2xU-průřez : 2 x U(UPN) 200; a = 1,00 m ☐ Vlastní

Délka úseku : l = 5,00 [m]


Koef. redukce tlaků pod dnem jámy : počítat

— Geometrie —

Osová vzdálenost profilů : a = 1,00 [m]

— Průřez —

Název : 2 x U(UPN) 200



— Informace —

A = 6,44E-03 [m²/m] I = 3,82E-05 [m⁴/m]

W_{y1} = 3,820E-04 [m³/m] W_{pl,y} = 4,555E-04 [m³/m]

Zadání parametrů - ocelový 2xU-průřez

V rámu "Dimenzování" lze provést posouzení únosnosti ocelového průřezu.

Pilotová stěna s ocelový průřezem

Pro pilotovou stěnu s ocelovým průřezem se v dialogovém okně zadává:

- **Název průřezu** (defaultně je zadán programem, zaškrtnutím tlačítka "Vlastní" lze volit vlastní název)
- **Délka úseku l**
- **Koeficient redukce tlaků pod dnem jámy** - tento koeficient se používá při výpočtu záporového pažení k redukci tlaků pod dnem stavební jámy - lze jej buď **zadat**, nebo automaticky **dopočítat** (pro klasické nezáporové pažení je tento součinitel roven 1,0)
- **Typ průřezu** (čtverec, kruh)
- **Průměr pilot d**, jejich **osová vzdálenost a**
- **Ocelový průřez** (I-průřez, trubka, 2xU nebo svařovaný průřez) se vybírá v dialogovém okně "Katalog průřezů" (tlačítko "Katalog")

Editace úseku

Typ stěny :
Pilotová stěna s ocelovým průřezem

Název průřezu :
Pilotová stěna d = 0,60 m; a = 0,80 m; I
Vlastní

Délka úseku :
I =
10,00
[m]

Koef. redukce tlaků pod dnem jámy :
počítat

— Geometrie —

Typ průřezu :
kruh

Průměr piloty :
d =
0,60
[m]

Osová vzdálenost pilot :
a =
0,80
[m]

Součinitel redukce betonu (výpočet I) :
K_c =
0,50
[-]

— Průřez —

Průřez :
ocelový I-průřez, trubka

Katalog
Název : HE 360 B

— Informace —

A = 4,84E-01 [m²/m]
I = 7,36E-03 [m⁴/m]

Uživ. katalog

OK

Storno

Zadání parametrů - pilotová stěna s ocelovým průřezem

Pro výpočet průřezových charakteristik je ocelový profil převeden na beton.

$$I = \left(K_c I_c + I_s \frac{E_s}{E_c} \right) \frac{1}{a}$$

$$A = \left(A_c + A_s \frac{E_s}{E_c} \right) \frac{1}{a}$$

kde:

I_c	- moment setrvačnosti betonového průřezu
E_c	- modul pružnosti betonu
K_c	- součinitel redukce betonu
I_s	- moment setrvačnosti ocelového průřezu
E_s	- modul pružnosti ocele
A_c	- plocha betonového průřezu
A_s	- plocha ocelového průřezu
a	- osová vzdálenost pilot

V rámu "Dimenzování" lze provést posouzení kombinovaného průřezu.

Ocelová trubka

Pro **ocelovou trubku** se v dialogovém okně zadává:

- **Název průřezu** (defaultně je zadán programem, zaškrtnutím tlačítka "**Vlastní**" lze volit vlastní název)
- **Koeficient redukce tlaků pod dnem jámy** - tento **koeficient** se používá při výpočtu záporového pažení k redukci tlaků pod dnem stavební jámy - lze jej buď **zadat**, nebo automaticky **dopočítat** (pro klasické nezáporové pažení je tento součinitel roven 1,0)
- **Délka úseku l**
- **Osová vzdálenost profilů a**
- **Součinitel redukce betonu K_c** (pro trubky vyplněné betonem)
- **Typ průřezu** se vybírá v dialogovém okně "**Katalog průřezů**" (tlačítko "**Katalog**")

Dialogové okno "Editace úseku" pro ocelovou trubku s betonovou výplní. V dialogu jsou nastaveny následující parametry:

- Typ stěny: Ocelová trubka (betonová výplň)
- Název průřezu: Trubka : TK 377 x 20; a = 1,20 m
- Délka úseku: $l = 10,00$ [m]
- Koef. redukce tlaků pod dnem jámy: počítat
- Geometrie:
 - Osová vzdálenost profilů: $a = 1,20$ [m]
 - ☒ Betonová výplň
 - Součinitel redukce betonu (výpočet I): $K_c = 0,50$ [-]
- Průřez:
 - Katalog
 - Název: TK 377 x 20
 - Vizualizace kruhového průřezu s vnitřním a vnějším okružím.
- Informace:
 - $A = 2,05E-01$ [m²/m]
 - $I = 2,35E-03$ [m⁴/m]

Na konci dialogu jsou tlačítka: Uživ. katalog, OK, Storno.

Zadání parametrů - ocelová trubka

Pro výpočet průřezových charakteristik **ocelové trubky vyplněné betonem** je ocelový profil převeden na beton.

$$I = \left(K_c I_c + I_s \frac{E_s}{E_c} \right) \frac{1}{a}$$

$$A = \left(A_c + A_s \frac{E_s}{E_c} \right) \frac{1}{a}$$

- kde:
- | | |
|-------|--|
| I_c | - moment setrvačnosti betonového průřezu |
| E_c | - modul pružnosti betonu |
| K_c | - součinitel redukce betonu |
| I_s | - moment setrvačnosti ocelového průřezu |
| E_s | - modul pružnosti ocele |
| A_c | - plocha betonového průřezu |
| A_s | - plocha ocelového průřezu |
| a | - osová vzdálenost pilot |

V rámu "**Dimenzování**" lze provést posouzení únosnosti **ocelového**, popř. **kombinovaného průřezu**

Cementozeminová stěna s ocelovým průřezem

Pro **cementozeminovou stěnu s ocelovým průřezem** se v dialogovém okně zadává:

- **Název průřezu** (defaultně je zadán programem, zaškrtnutím tlačítka "**Vlastní**" lze volit vlastní název)
- **Délka úseku l**

- **Osová vzdálenost profilů a**
- **Tloušťka stěny h**
- **Typ průřezu** - vybírá se v dialogovém okně "Katalog průřezů" (tlačítko "Katalog"), nebo v dialogovém okně "Editor průřezu" (tlačítko "Svařovaný")

Editace úseku

Typ stěny : Cementozeminová stěna s ocelovým průřezem

Název průřezu : Cement. zem. stěna h = 0,50 m; I(IPN) 220 ☐ Vlastní

Délka úseku : I = 10,00 [m]

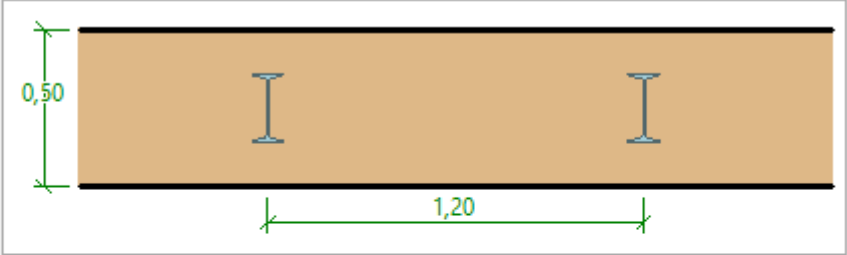
Geometrie

Osová vzdálenost profilů : a = 1,20 [m]

Tloušťka stěny : h = 0,50 [m]

Průřez

Název : I(IPN) 220



Informace

A = 4,84E-03 [m²/m] I = 4,16E-05 [m⁴/m]

W_{v1} = 2,308E-04 [m³/m] W_{dl.v} = 2,685E-04 [m³/m]

Zadání parametrů - cementozemité stěna s ocelovým průřezem

Hlavní nosnou funkci mají ocelové průřezy. Posouzení **únosnosti ocelových průřezů** lze provést v rámu "Dimenzování". Zeminová směs slouží pro zadržení zeminy mezi průřezy. **Posouzení zeminové směsi** lze provést v rámu "Zeminová směs".

Další vliv zeminové směsi je ve zvýšení ohybové tuhosti pažící konstrukce dle vzorce:

$$EI = EI_s + E_{SM} \cdot \frac{a \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^3}{3}$$

kde:

EI_s	- ohybová tuhost ocelového průřezu
E_{SM}	- modul pružnosti cementozeminové směsi
a	- osová vzdálenost profilů
h	- tloušťka stěny

Vlastní zadání průřezových charakteristik

V případě vlastního zadání geometrie se zadávají vlastní hodnoty průřezových (A , I) a materiálových charakteristik (E , G).

Editace úseku

Typ stěny : Vlastní zadání A,I,E,G

Název průřezu : uživatelský ☐ Vlastní

Délka úseku : $I =$ 9,00 [m]

Koef. redukce tlaků pod dnem jámy : 1,00 [-]

— Geometrie —

☐ Dimenzovat ocelový průřez

Plocha průřezu : $A =$ 0,00E+00 [m²/m]

Moment setrvačnosti : $I =$ 0,00E+00 [m⁴/m]

Modul pružnosti : $E =$ 27000,00 [MPa]

Modul pružnosti ve smyku : $G =$ 11300,00 [MPa]

— Informace —

$A = 0,00E+00$ [m²/m] $I = 0,00E+00$ [m⁴/m]

$E = 27000,00$ [MPa] $G = 11300,00$ [MPa]

Uživ. katalog OK Storno

Zadávání průřezových (A , I) a materiálových charakteristik (E , G)

Při zaškrtnutí možnosti "**Dimenzovat ocelový průřez**" se zadává hodnota průřezového modulu (W) a materiálové charakteristiky (E , G) se přebírají automaticky z rámu "**Materiál**" v závislosti na použitém typu oceli.

Při uživatelském zadání je **průřez posuzován** pouze na **ohyb a tlak** v rámu "**Dimenzování**".

Editace úseku

Typ stěny : Vlastní zadání A,I,E,G

Název průřezu : uživatelský ☐ Vlastní

Délka úseku : $I =$ 9,00 [m]

Koef. redukce tlaků pod dnem jámy : 1,00 [-]

— Geometrie —

☒ **Dimenzovat ocelový průřez**

Plocha průřezu : $A =$ 0,00E+00 [m²/m]

Moment setrvačnosti : $I =$ 0,00E+00 [m⁴/m]

Průřezový modul : $W =$ 0,000E+00 [m³/m]

— Informace —

$A = 0,00E+00$ [m²/m] $I = 0,00E+00$ [m⁴/m]

$E = 210000,00$ [MPa] $G = 81000,00$ [MPa]

Uživ. katalog OK Storno

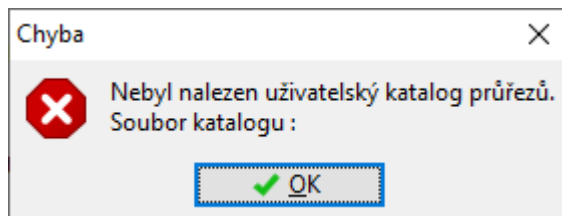
Zadávání průřezových charakteristik - volba "Dimenzovat ocelový průřez"

Uživatelský katalog

Uživatelský katalog umožňuje definovat a ukládat vlastní průřezy a jejich průřezové charakteristiky, ze kterých je složena **pažící stěna**. Při prvním spuštění katalogu (ještě není vytvořen) program upozorní, že nebyl nalezen a po potvrzení tlačítkem "OK" otevře dialogové okno na "Uložit jako". Zadáme jméno katalogu a umístění a tlačítkem "Uložit" ho uložíme (implicitně je nastaveno ukládání do adresáře, kam program ukládá data úlohy).

Program umožňuje založit více uživatelských katalogů. Další katalog lze založit pomocí tlačítka "Nový" - program se dotáže, zda-li chceme stávající katalog nahradit (**aktuálně načtený katalog se nesmaže**) a uloží nový katalog pod novým jménem. Tlačítkem "Otevřít" můžeme načíst kterýkoliv uživatelský katalog a tlačítkem "Uložit jako" lze katalog uložit pod jiným jménem.

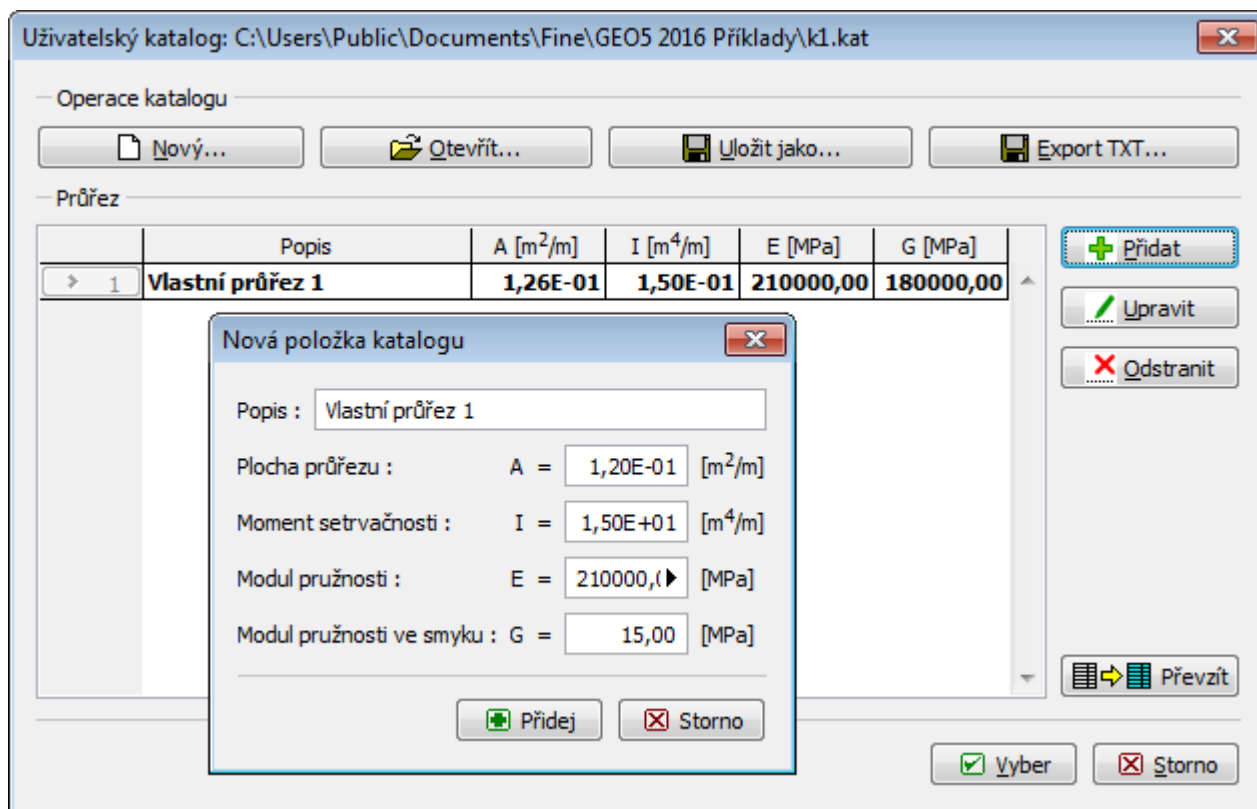
Aktuálně načtený uživatelský katalog lze exportovat do textového souboru pomocí tlačítka "Export TXT".



Dialogové okno při prvním spuštění uživatelského katalogu průřezů

Dialogové okno "Uživatelský katalog" obsahuje **tabulku** se seznamem vlastních průřezů. Tlačítko "Přidat" otevírá dialogové okno "Nová položka katalogu", ve kterém lze definovat a uložit charakteristiky nového průřezu do katalogu. Pomocí tlačítek "Upravit" a "Odstranit" lze seznam v tabulce editovat.

Tlačítko "Převzít" převeze aktuální průřezové charakteristiky průřezu z dialogového okna "Nový úsek" a otevře dialogové okno "Nová položka katalogu", ve kterém lze upravit a uložit.



Dialogová okna "Uživatelský katalog" a "Nová položka katalogu"

Automatický dopočet koeficientu redukce tlaků pod dnem jámy

Při **automatickém dopočtu** se koeficient redukce tlaků pod dnem jámy k [-] určí následujícím způsobem:

- pilotová stěna s kruhovými pilotami (a)

$$k = 0.9 (1.5d + 0.5)/a \quad (d \leq 1 \text{ m})$$

$$k = 0.9 (d + 1)/a \quad (d > 1 \text{ m})$$

- pilotová stěna s obdélníkovými pilotami nebo ocelový I-průřez (b)

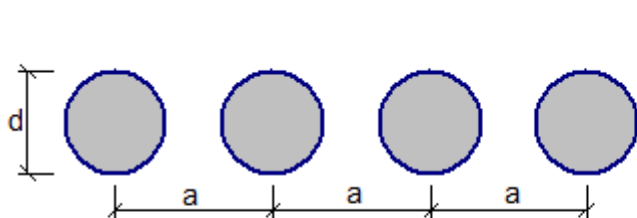
$$k = (1.5b + 0.5)/a \quad (b \leq 1 \text{ m})$$

$$k = (b + 1)/a \quad (b > 1 \text{ m})$$

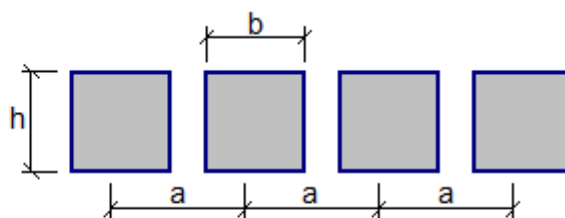
Poznámka: Pokud je koeficient $k > 1$, pak platí že $k = 1$.

kde:

- d - průměr piloty
- b - půdorysný rozměr obdélníkové piloty, resp. šířka pásnice I-průřezu
- a - osová vzdálenost pilot, resp. ocelových zápor



a) pilotová stěna s kruhovými pilotami



b) pilotová stěna s obdélníkovými pilotami
nebo ocelový I - průřez

Koeficient redukce tlaků pod dnem jámy k

Pažení návrh

Výpočty v programu "**Pažení návrh**" můžeme rozdělit na tři hlavní skupiny:

- výpočet nekotvených stěn (např. štětových stěn)
- výpočet kotvených stěn v patě vetknutých
- výpočet kotvených stěn v patě volně uložených

Programem lze počítat i záporové pažení.

Výpočet štětové stěny

Štětová stěna se počítá standardním postupem s uvažováním působení zemních tlaků (obecně za konstrukcí působí **aktivní tlak** a před konstrukcí **tlak pasivní**).

Při výpočtu **podle mezních stavů** program hledá pomocí iterací takový bod stěny, aby platila momentová výminka:

$$M_{\text{overturning}} = M_{\text{resisting}}$$

Pro tento bod program dále vyšetřuje polohu paty stěny, pro kterou je splněna součtová výminka rovnováhy posouvajících sil (dopočet hloubky vetknutí). Tím je nalezena celková délka konstrukce v zemině.

Při výpočtu **podle stupně bezpečnosti** program hledá pomocí iterace bod, kdy platí

$$\frac{M_{\text{resisting}}}{M_{\text{overturning}}} = FS$$

Je zřejmé, že průběh vnitřních sil při tomto výpočetním postupu není příliš realistický, v některých zemích je však tento postup vyžadován.

Výpočet lze ovlivnit jednak volbou **minimálního dimenzačního tlaku** a jednak **redukcí pasivního tlaku**. Při uvažování plného pasivního zemního tlaku většinou dostaneme deformace konstrukce, které nemohou vzniknout. Skutečný pasivní zemní tlak může u konstrukce při nulové deformaci mít hodnotu tlaku v klidu a přes všechny mezilehlé hodnoty až hodnotu pasivního zemního tlaku při plné deformaci konstrukce (natočení cca **10 mRad** - tj. deformace **10 mm** na **1 m** výšky konstrukce). Z tohoto důvodu je vhodné uvažovat zmenšené hodnoty pasivního zemního tlaku pomocí "**Součinitele redukce pasivního tlaku**" s hodnotou menší nebo rovnou jedné, přičemž se doporučuje uvážít následující hodnoty:

- 0,67 - deformace se zmenší cca na polovinu,
- 0,50 - přibližně odpovídá přetvoření konstrukce zatížené zvýšeným aktivním zemním tlakem,
- 0,33 - přibližně odpovídá přetvoření konstrukce zatížené tlakem v klidu, konstrukce dosáhne cca dvacet procent původní deformace.

Výpočet kotvené stěny v patě vetknuté

Kotvené stěny v patě vetknuté jsou řešeny jako spojitý nosník deformační variantou metody konečných prvků tak, aby byly splněny předpoklady paty vetknuté v zemině. Před vlastním výpočtem se stanovuje v několika krocích zatížení konstrukce **zemním tlakem**. Tlak za konstrukcí je uvažován jako **aktivní tlak**, před konstrukcí jako **pasivní tlak**.

Pasivní tlak lze redukovat **součinitelem redukce pasivního tlaku**. Při uvažování plného pasivního zemního tlaku

většinou dostaneme deformace konstrukce, které nemohou vzniknout. Skutečný pasivní zemní tlak může u konstrukce při nulové deformaci mít hodnotu tlaku v klidu a přes všechny mezilehlé hodnoty až hodnotu pasivního zemního tlaku při plné deformaci konstrukce (natočení cca 10 **mRad** - tj. deformace 10 **mm** na 1 **m** výšky konstrukce). Z tohoto důvodu je vhodné uvažovat zmenšené hodnoty pasivního zemního tlaku pomocí "**Součinitele redukce pasivního tlaku**" s hodnotou menší nebo rovnou jedné, přičemž se doporučuje uvažovat následující hodnoty:

- 0,67 - deformace se zmenší přibližně na polovinu
- 0,33 - deformace se zmenší přibližně na dvacet procent původní deformace

Program umožňuje dva způsoby **stanovení aktivního tlaku**:

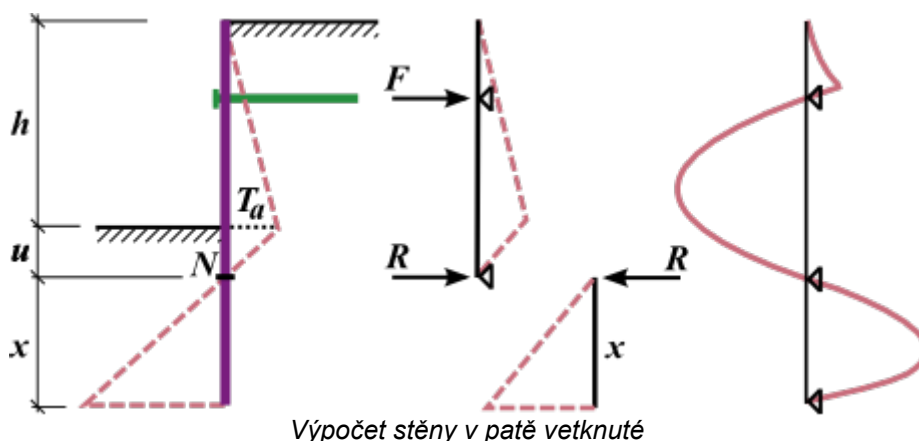
- dopočet ze zadaných parametrů zemin, vody, přetížení, terénu včetně zavedení **minimálního dimenzačního tlaku**
- zadání libovolného průběhu zemního tlaku až do hloubky nulového bodu (takto lze zadat libovolnou redistribuci zemního tlaku)

Nulový bod, tj. bod, ve kterém je celková velikost tlaku rovna nule se stanovuje podle vzorce:

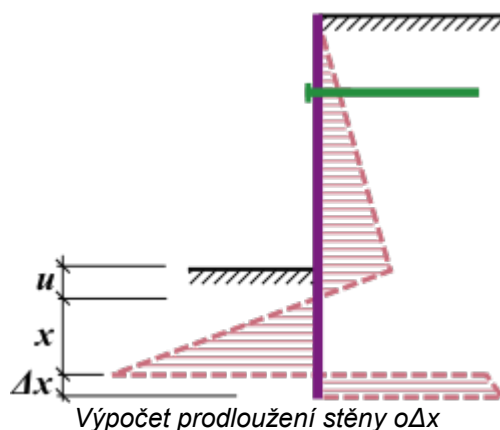
$$u = \frac{\sigma_a}{\gamma \cdot K}$$

- kde:
- u - hloubka nulového bodu
 - σ_a - velikost aktivního tlaku za konstrukcí u dna jámy
 - K - součinitel celkového tlaku
 - γ - objemová tíha zeminy pod dnem stavební jámy

Základním předpokladem při výpočtu konstrukce v patě vetknuté je, že bod nulového zatížení N (v hloubce u) je shodný s bodem nulového momentu. Konstrukce se pro výpočet rozdělí na dvě části - na horní část až do nulového bodu a na spodní náhradní nosník:



Nejprve se spočte horní nosník a spočtou se síly v kotvách F a reakce v nulovém bodu R . Poté se dopočte délka náhradního nosníku x tak, aby byla splněna momentová výminka rovnováhy k patě konstrukce (nosník je zatížen reakcí R a rozdílem tlaků). Aby byla splněna součtová výminka posouvajících sil, prodlužuje se ještě spočtená délka vetknutí o hodnotu Δx podle obrázku:



Výpočet kotvené stěny v patě volně uložené

Kotvené stěny v patě volně uložené jsou řešeny jako spojitý nosník deformační variantou metody konečných prvků tak,

aby byly splněny předpoklady paty volně uložené v zemině. Před vlastním výpočtem se stanovuje v několika krocích zatížení konstrukce **zemním tlakem**. Tlak za konstrukcí je uvažován jako **aktivní tlak**, před konstrukcí jako **pasivní tlak**.

Pasivní tlak lze redukovat **součinitelem redukce pasivního tlaku**. Při uvažování plného pasivního zemního tlaku většinou dostaneme deformace konstrukce, které nemohou vzniknout. Skutečný pasivní zemní tlak může u konstrukce při nulové deformaci mít hodnotu tlaku v klidu a přes všechny mezilehlé hodnoty až hodnotu pasivního zemního tlaku při plné deformaci konstrukce (natočení cca 10 **mRad** - tj. deformace 10 **mm** na 1 **m** výšky konstrukce). Z tohoto důvodu je vhodné uvažovat zmenšené hodnoty pasivního zemního tlaku pomocí "**Součinitele redukce pasivního tlaku**" s hodnotou menší nebo rovnou jedné, přičemž se doporučuje uvážit následující hodnoty:

- 0,67 - deformace se zmenší přibližně na polovinu
- 0,33 - deformace se zmenší přibližně na dvacet procent původní deformace

Program umožňuje dva způsoby **stanovení aktivního tlaku**:

- dopočet ze zadaných parametrů zemin, vody, přetížení, terénu včetně zavedení **minimálního dimenzačního tlaku**
- zadání libovolného průběhu zemního tlaku až do hloubky nulového bodu (takto lze zadat libovolnou redistribuci zemního tlaku)

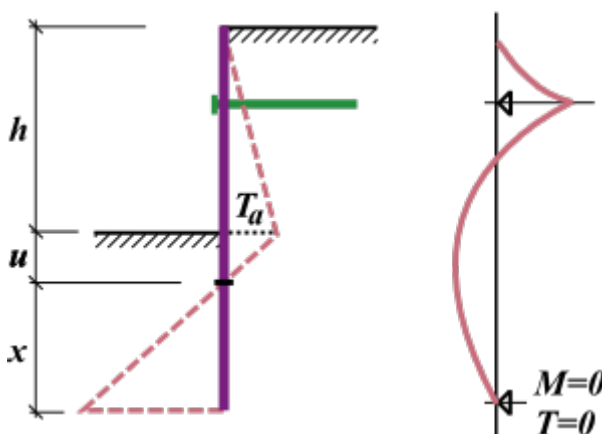
Nulový bod, tj. bod, ve kterém je celková velikost tlaku rovna nule se stanovuje podle vzorce:

$$u = \frac{\sigma_a}{\gamma \cdot K}$$

kde:

- u - hloubka nulového bodu
- σ_a - velikost aktivního tlaku za konstrukcí u dna jámy
- K - součinitel celkového tlaku
- γ - objemová tíha zeminy pod dnem stavební jámy

U konstrukce volně uložené v zemině se předpokládá, že velikost momentu a posouvající síly v patě stěny je nulová. Program nejprve umístí konec stěny do nulového bodu, a potom postupně hledá polohu konce nosníku (x), kdy je tato okrajová podmínka splněna (viz obr.). Postup výpočtu pro vícenásobně kotvené stěny je identický.



Výpočet stěny v patě volně uložené

Pažení posudek

Program posuzuje zadanou konstrukci **metodou závislých tlaků** nebo pomocí **pružinové metody** podle JGJ 120-2012. Zatížení konstrukce zemním tlakem odpovídá deformaci konstrukce, což umožňuje modelovat reálné chování konstrukce a vést k hospodárným návrhům. Výpočet konstrukce respektuje **postup výstavby** a jednotlivé stavy postupného budování stěny (**fáze budování**) včetně postupného vývoje deformací a dopnutí kotev. Program umožňuje modelovat **záporové pažení**.

Použití metody závislých tlaků vyžaduje určení **modulu reakce podloží** a to buď lineárního, nebo **nelineárního**.

Program také umožňuje posouzení **vnitřní stability kotevního systému**.

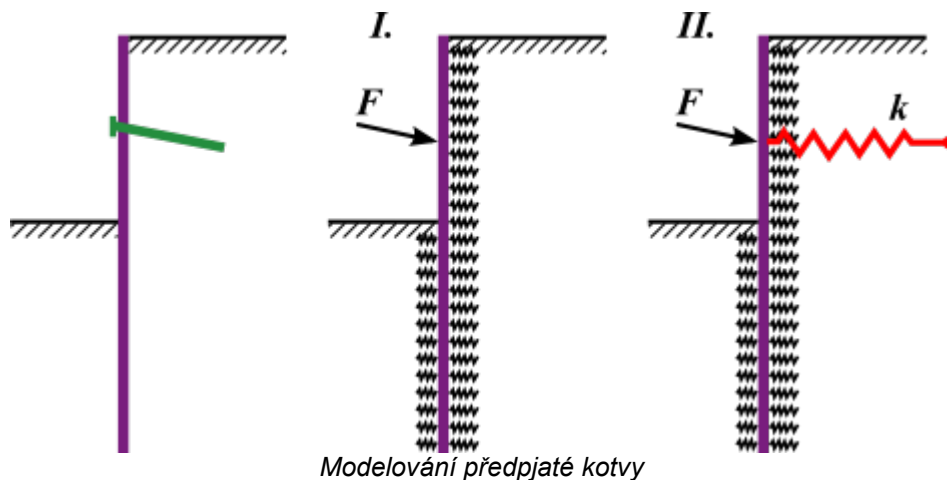
Vlastní výpočet konstrukce je proveden deformační variantou metody konečných prvků. Deformace, vnitřní síly a modul reakce podloží jsou počítány v jednotlivých uzlech, na které program konstrukci rozdělí.

Postup vytváření dělení konstrukce na konečné prvky je tento:

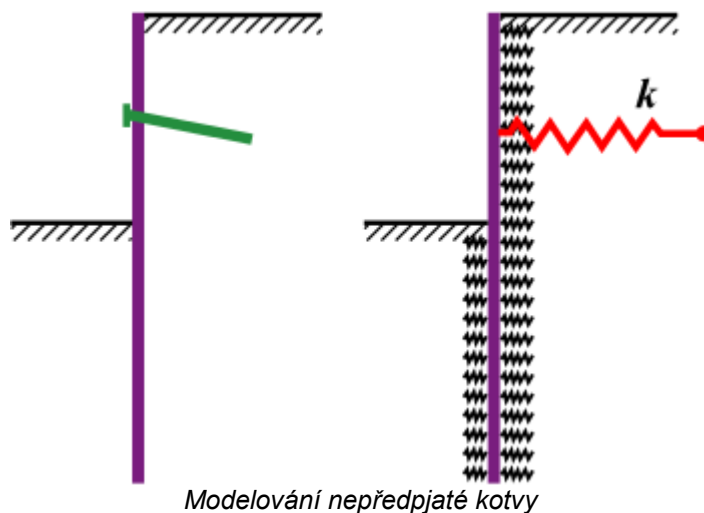
- vytvoří se základní schéma, kde uzly KP jsou ve všech významných bodech konstrukce (počátek a konec stěny, body umístění kotev a podpor, bod odebrání zeminy, body změny průřezových charakteristik).
- podle zadaného dělení konstrukce se dopočetou souřadnice dalších uzlů tak, aby jednotlivé úseky konstrukce měly řádově stejnou délku.

Každému dílu se přiřadí hodnota modulu reakce podloží - ve výpočtu pak funguje jako Winklerova konstanta pružného podloží. **Podpory** se do programu zadávají na již **deformovanou konstrukci** - každá podpora je pak uvažována jako vynucený posun konstrukce.

Předpjaté kotvy jsou v zatěžovacím stavu, ve kterém byly zadány resp. dopnuty, uvažovány jako **zatížení** (varianta I. na obrázku); v ostatních zatěžovacích stavech jsou uvažovány jako zatížení a pružina tuhosti k (varianta II. na obrázku):



Nepředpjaté kotvy jsou uvažovány pouze tuhostí, velikost síly v kotvě se dopočítává podle deformace konstrukce:



Změna síly v kotvě vlivem deformace stěny se vypočte podle vztahu:

$$\Delta F = \frac{k \cdot v \cdot \Delta w}{\cos \alpha}$$

$$k = \frac{E \cdot A}{l}$$

kde:	v	-	vodorovná vzdálenost mezi kotvami
	Δw	-	změna deformace konstrukce v místě kotvy
	E	-	modul pružnosti kotvy
	A	-	průřezová plocha kotvy
	l	-	délka kotvy
	k	-	tuhost kotvy
	α	-	sklon kotvy

Literatura:

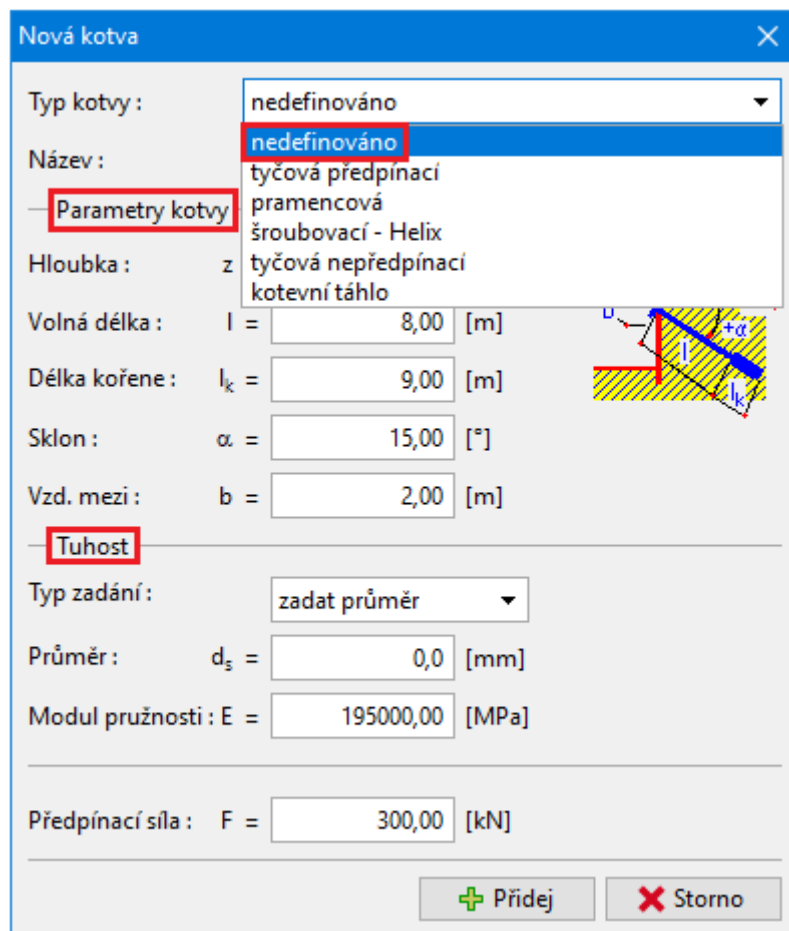
Hurych, P.: *Metoda závislých tlaků. Sborník konference "Automatizácia projektovania"*, Vysoké Tatry, 1978.

Typy kotev

Program umožňuje zadat a **počítat s předpjatými i nepředpjatými kotvami**. Obsahuje také databáze kotev různých

výrobců.

Pokud nechceme posuzovat únosnost kotvy, zadáme typ kotvy "**nedefinováno**". V tomto případě zadáváme o kotvě pouze informace nutné pro vlastní výpočet (umístění, tuhost kotvy).



*Zadání kotvy - **neposuzuje** se únosnost kotvy*

Program umožňuje zadat a posuzovat tyto typy kotev:

- kotvy tyčové předpínací
- kotvy pramencové předpínací
- kotvy šroubovací - Helix
- kotvy tyčové nepředpínací
- kotevní táhla

Kotvy se posuzují (v závislosti na typu kotvy) na:

- únosnost dřívku (všechny typy)
- únosnost na vytržení ze zeminy (kotvy tyčové a pramencové)
- únosnost na vytržení ze zálivky (kotvy tyčové předpínací a pramencové)

Nová kotva

Typ kotvy :

tyčová předpínací

Výrobní řada :

uživatelská

Název :

— Parametry kotvy —

Hloubka : z =

3,00

[m]

Volná délka : l =

8,00

[m]

Délka kořene : l_k =

9,00

[m]

Sklon : α =

15,00

[°]

Vzd. mezi : b =

2,00

[m]

— Tuhost —

Typ zadání :

zadat průměr

Průměr : d_s =

0,0

[mm]

Modul pružnosti : E =

195000,00

[MPa]

Předpínací síla : F =

300,00

[kN]

— Únosnost na přetržení —

dopočítat

Výpočtová pevnost materiálu : f_u =

[MPa]

— Únosnost na vytržení ze zeminy —

počítat z efektivní napjatosti

Průměr kořene : d =

[mm]

— Únosnost na vytržení ze záhlavky —

počítat z parametrů betonu

Norma betonu :

EN 1992-1-1 (EC2)

Pevnost betonu v tlaku : f_{ck} =

[MPa]

Součinitel soudržnosti : η₁ =

[–]

+

Přidej

×

Sorno

Zadání kotvy - posuzuje se únosnost kotvy

Kotvy tyčové předpínací

V dialogovém okně se v rozbalitelném seznamu vybere typ kotvy (**tyčová předpínací**).

Dále se v okně zadává:

- **Výrobní řada** - uživatelská (parametry zadává uživatel), nebo kotva z katalogu programu (VSL, DYWIDAG...)
- **Umístění kotvy** - hloubka, délka, délka kořene, sklon...
- **Tuhost kotvy** - průměr kotvy d_s , nebo plocha průřezu kotvy A , modul pružnosti E
- **Předpínací síla**
- **Parametry nutné pro posouzení kotvy** (únosnost na přetržení, únosnost na vytržení ze zeminy, únosnost na vytržení ze zálivky)

Nová kotva

Typ kotvy :

tyčová předpínací

Výrobní řada :

uživatelská

Název :

— Parametry kotvy —

Hloubka : $z =$

3,00

[m]

Volná délka : $l =$

8,00

[m]

Délka kořene : $l_k =$

9,00

[m]

Sklon : $\alpha =$

15,00

[°]

Vzd. mezi : $b =$

2,00

[m]

— Tuhost —

Typ zadání :

zadat průměr

Průměr : $d_s =$

0,0

[mm]

Modul pružnosti : $E =$

195000,00

[MPa]

Předpínací síla : $F =$

300,00

[kN]

— Únosnost na přetržení —

dopočítat

Výpočtová pevnost materiálu :

$f_u =$

[MPa]

— Únosnost na vytržení ze zeminy —

počítat z efektivní napjatosti

Průměr kořene :

$d =$

[mm]

— Únosnost na vytržení ze zálivky —

počítat z parametrů betonu

Norma betonu :

EN 1992-1-1 (EC2)

Pevnost betonu v tlaku :

$f_{ck} =$

[MPa]

Součinitel soudržnosti :

$\eta_1 =$

[–]

Přidej

Storno

Zadání parametrů kotvy

Literatura:

Kotvy zařazené v katalogu

- VSL Systems Ltd. - VSL Ground Anchor Systems - web brochure
- Dywidag- Systems International - Dywidag Bar Anchors, Dywidag Strand anchors - web brochures

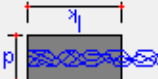
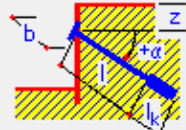
Kotvy pramencové předpínací

V dialogovém okně se v rozbalitelném seznamu vybere typ kotvy (**pramencová**).

Dále se v okně zadává:

- **Výrobní řada** - uživatelská (parametry zadává uživatel), nebo kotva z katalogu programu (VSL, DYWIDAG...)
- **Umístění kotvy** - hloubka, délka, délka kořene, sklon...
- **Tuhost kotvy** - průměr pramence d_I , počet pramenců n (nebo plocha průřezu pramence A_I , a počet pramenců n), modul pružnosti E
- **Předpínací síla**
- **Parametry nutné pro posouzení kotvy** (únosnost na přetržení, únosnost na vytržení ze zeminy, únosnost na vytržení ze zálivky)

- 955 / 1317 -

Nová kotva		
Typ kotvy :	<input type="text" value="pramencová"/>	
Výrobní řada :	<input type="text" value="uživatelská"/>	
Název :	<input type="text" value=""/>	
— Parametry kotvy —		
Hloubka :	$z = $ <input type="text" value="3,00"/> [m]	
Volná délka :	$l = $ <input type="text" value="8,00"/> [m]	
Délka kořene :	$l_k = $ <input type="text" value="9,00"/> [m]	
Sklon :	$\alpha = $ <input type="text" value="15,00"/> [°]	
Vzd. mezi :	$b = $ <input type="text" value="2,00"/> [m]	
— Únosnost na přetržení —		
		<input type="text" value="dopočítat"/>
Výpočtová pevnost materiálu :		$f_u = $ <input type="text" value="1860,00"/> [MPa]
— Únosnost na vytržení ze zeminy —		
		<input type="text" value="počítat z efektivní napjatosti"/>
Průměr kořene :		$d = $ <input type="text" value="100,0"/> [mm]
— Únosnost na vytržení ze zálivky —		
		<input type="text" value="počítat z parametrů betonu"/>
Typ zadání :		<input type="text" value="zadat průměr"/>
Průměr pramence : $d_1 = $		<input type="text" value="30,0"/> [mm]
Počet pramenců : $n = $		<input type="text" value="3"/>
Modul pružnosti : $E = $		<input type="text" value="195000,00"/> [MPa]
— Tuhost —		
Předpínací síla : $F = $	<input type="text" value="300,00"/> [kN]	
<input type="button" value="+ Přidej"/> <input type="button" value="X Storno"/>		

Zadání parametrů kotvy

Literatura:

Kotvy zařazené v katalogu

- *VSL Systems Ltd. - VSL Ground Anchor Systems - web brochure*
- *Dywidag- Systems International - Dywidag Bar Anchors, Dywidag Strand anchors - web brochures*

Kotva šroubovací - Helix

V dialogovém okně se v rozbalitelném seznamu vybere typ kotvy (**Helix**).

Dále se v okně zadává:

- **Výrobní řada** - uživatelská (parametry zadává uživatel), nebo kotva z katalogu programu (Helical Anchors, MacLean, Chance...). U **katalogových kotev** je dále specifikován typ kotvy pomocí dalších údajů (**typ dřívku, počet Helixů, tloušťka a materiál plechu Helixů**) - pokud zvolená kombinace není vyráběna, je název kotvy prázdný a nejde zadávání ukončit.
- **Umístění kotvy** - hloubka, délka, sklon...
- **Profil dřívku**
- **Tuhost kotvy** - modul pružnosti E
- **Parametry nutné pro posouzení kotvy** (**únosnost na přetržení**, únosnost na vytržení ze zeminy - viz níže)

Nová kotva

Typ kotvy :

šroubovací - Helix

Výrobní řada :

uživatelská

Název :

Počet desek :

4

— Parametry kotvy —

Hloubka :

z =

3,00

[m]

Celková délka :

l =

10,00

[m]

Sklon :

α =

15,00

[°]

Vzd. mezi :

b =

2,00

[m]

— Dřík —

Profil dříku :

čtverec

Délka strany dříku : a =

57,1

[mm]

— Tuhost —

Modul pružnosti : E =

195000,00

[MPa]

— Únosnost na přetržení —

dopočítat

Výpočtová pevnost materiálu : f_u =

1860,00

[MPa]

— Únosnost na vytržení ze zeminy —

zadat

R_e =

[kN]

Číslo	Průměr d_p [mm]	Vzdálenost l_p [mm]
1	203,2	127,0
2	254,0	609,6
3	304,8	762,0
4	355,6	914,4

+

 Přidej

×

 Storno

Zadání parametrů kotvy

Výpočet únosnost na vytržení ze zeminy:

Volba "Zadat"

Tato volba je povinná pro **uživatelské kotvy**. Zadává se přímo únosnost proti vytržení ze zeminy R_e [kN, lbf]. Tabulka se zadáním rozměrů a umístění jednotlivých Helixů slouží pouze k vykreslení kotvy.

Volba "Počítat"

Tato volba je umožněna jen pro kotvy z databáze kotev, kde velikost a rozmístění jednotlivých helixů je určeno výrobcem. Únosnost na vytržení ze zeminy je dána vyrazem:

$$R_e = \sum_{i=1}^n \min \left(R_{h,i} ; A_i \left(c N_c + \sigma_z N_q \right) \right)$$

kde:

- n - počet disků - Helixů
- $R_{h,i}$ - maximální únosnost konkrétního disku
- c - soudržnost zeminy
- σ_z - geostatické napětí
- N_c, N_q - Meyerhofovy koeficienty únosnosti
- A_i - plocha konkrétního disku

Koeficienty únosnosti lze dopočítat **standardním** způsobem :

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)^2$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

kde: φ - úhel vnitřního tření zeminy (pro $\varphi = 0$ je $N_c = 2 + \pi$)

nebo podle **návrhového manuálu CHANCE**:

$$N_q = 0.5(12\varphi)^{\varphi/54}$$

$$N_c = 0$$

- 957 / 1317 -

Maximální únosnost jednoho helixu $R_{h,i}$ je určena výrobcem.

Literatura:

Chance - Technical Design Manual, Edition 4

Kotvy zařazené v katalogu

- Helical Anchors, Inc. - Product Catalog
- MacLean-Dixie - Helical Foundation Systems - Engineering Reference Manual
- Chance - Civil Construction Product Catalog, Vol. I.

Kotvy tyčové nepředpínací

V dialogovém okně se v rozbalitelném seznamu vybere typ kotvy (**tyčová nepředpínací**).

Dále se v okně zadává:

- **Výrobní řada** - uživatelská (parametry zadává uživatel), nebo kotva z katalogu programu (VSL, DYWIDAG...)
- **Umístění kotvy** - hloubka, délka, sklon...
- **Tuhost kotvy** - průměr kotvy d_s , nebo plocha průřezu kotvy A , modul pružnosti E
- **Parametry nutné pro posouzení kotvy** (únosnost na přetržení, únosnost na vytržení ze zeminy)

Zadání parametrů kotvy

Literatura:

Kotvy zařazené v katalogu

- VSL Systems Ltd. - VSL Ground Anchor Systems - web brochure
- Minova Bohemia, s.r.o. - Injekční zavrtávací a kotevní tyče MAI SDA R a T, Technický list

Kotevní táhla

V dialogovém okně se v rozbalitelném seznamu vybere typ kotvy (**kotevní táhlo**).

Dále se v okně zadává:

- **Umístění kotvy** - hloubka, délka, vzdálenost mezi kotvami
- **Tuhost kotvy** - průměr kotvy d_s , nebo plocha průřezu kotvy A , modul pružnosti E
- **Parametry nutné pro posouzení kotvy** (únosnost na přetržení, únosnost na vytržení ze zeminy - viz níže)

Nová kotva

Typ kotvy :
kotevní táhlo

Název :

Parametry kotvy

Hloubka :
z = 3,00 [m]

Celková délka :
l = 10,00 [m]

Vzd. mezi :
b = 2,00 [m]

Tuhost

Typ zadání :
zadat průměr

Průměr :
d_s = 0,0 [mm]

Modul pružnosti : E = 195000,00 [MPa]

Únosnost na přetržení

dopočítat

Výpočtová pevnost materiálu :
f_u = 1860,00 [MPa]

Únosnost na vytržení ze zeminy

počítat

Šířka kotevního prvku :
b_D = 1,00 [m]

Výška kotevního prvku :
h_D = 1,00 [m]

☐ Kotevní prvek v jiné zemině

Přiřazená zemina :
(nepřiřazeno)

Přidej

Storno

Zadání kotevního táhla

Výpočet pro kotevní táhlo

Kotevní táhlo se skládá z táhla o určité délce a kotevního prvku.

Únosnost na vytržení ze zeminy je dána výslednicí pasivního odporu po výšce kotevního prvku, redukovanou součinitelem k :

$$R_e = k \cdot 0,5 \cdot (2 \cdot z_B \cdot h_D - h_D^2) \cdot K_p \cdot \gamma$$

Pro $h = 0$:

$$k = \frac{b_D}{b}$$

Pro $h \geq b - b_D$:

$$k = \frac{3 b_D}{b}$$

kde:

h	- výška nadloží nad kotevním prvkem
b_D	- šířka kotevního prvku
b	- vodorovná vzdálenost mezi kotevními prvky
h_D	- výška kotevního prvku
z_B	- hloubka spodní hrany kotevního prvku
K_p	- koeficient pasivního tlaku
γ	- objemová tíha zeminy

Pro mezilehlé hodnoty h je k interpolováno.

Výpočet výšky nadloží nad kotevním prvkem:

$$h = z - \frac{h_D}{2}$$

kde: z - hloubka kotevního táhla

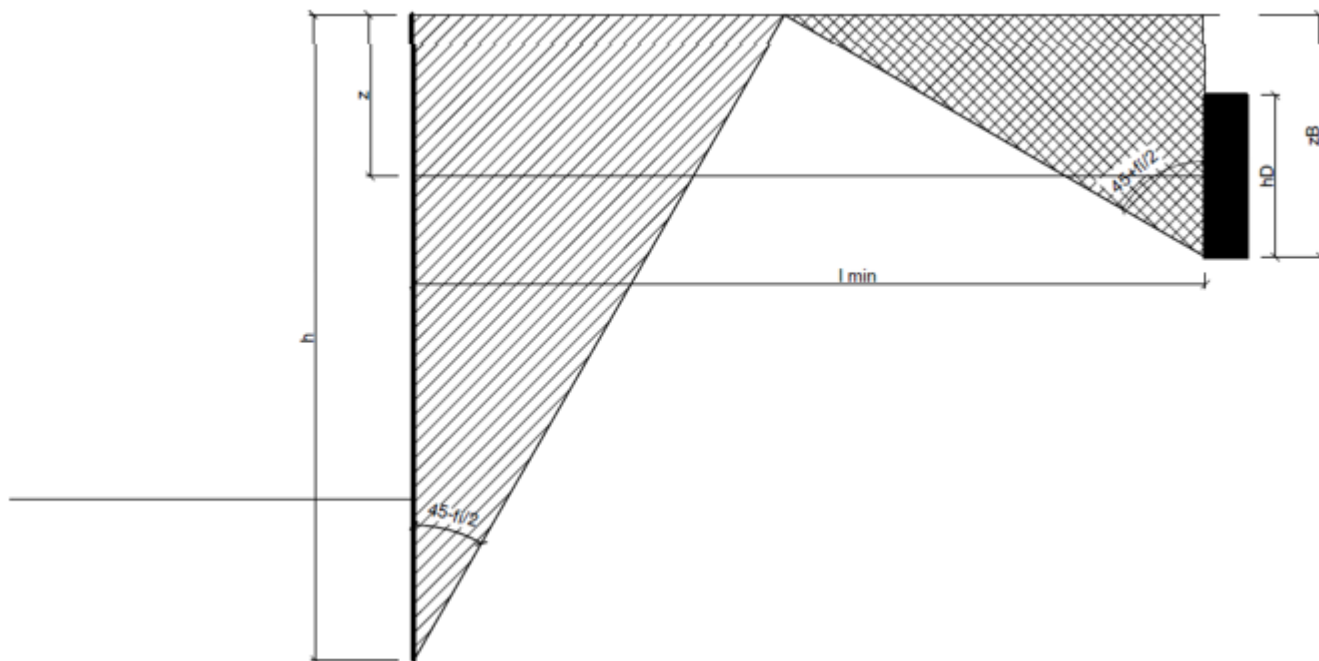
Plná únosnost na vytržení je aktivována pouze v případě, že nedojde k překrytí aktivního a pasivního zemního klínu.

- 959 / 1317 -

$$l_{\min} = h \tan\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) + z_B \tan\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)$$

kde: φ - úhel vnitřního tření zeminy
 h - výška pažicové konstrukce

V případě, že je délka táhla l kratší, než minimální délka l_{\min} , pasivní tlak je uvažován od průsečíku aktivního a pasivního klínu.



Princip stanovení minimální délky u kotevního táhla

Únosnost na přetržení

Způsob výpočtu se volí v sekci "Únosnost na přetržení".

Nová kotva

Typ kotvy:

Výrobní řada:

Název:

— Parametry kotvy —

Hloubka: $z =$ [m]

Volná délka: $l =$ [m]

Délka kořene: $l_k =$ [m]

— Únosnost na přetržení —

Výpočtová pevnost materiálu: $f_u =$ [MPa]

— Únosnost na vytržení ze zeminy —

Zadání způsobu výpočtu únosnosti kotvy na přetržení

Volba "Dopocítat"

Je počítána pro všechny typy kotev stejným způsobem podle následujícího vzorce:

$$R_t = f_u A$$

kde: f_u - výpočtová pevnost materiálu
 A - plocha posuzovaného díku kotvy

Volba "Zadat"

Zadáva se únosnost díku na přetržení R_t [kN, lbf]

V případě **pramencových kotev** je třeba zadávat **plochu jednoho pramence** (volba "zadat plochu") - celková plocha

prurezu je pak stanovna jako:

$$A = A_1 n$$

kde: A_1 - průřezová plocha pramence
 n - počet pramenců

V případě, že se zadává průměr pramence (volba "zadat průměr") je pak celková plocha prurezu stanovna jako:

$$A = \frac{\pi d_1^2}{4} n$$

kde: d_s - průřezová plocha pramence
 n - počet pramenců

Nová kotva

Typ kotvy: **pramencová**

Výrobní řada: **uživatelská**

Název:

— Parametry kotvy

Hloubka: $z = 3,00$ [m]

Volná délka: $l = 8,00$ [m]

Délka kořene: $l_k = 9,00$ [m]

Sklon: $\alpha = 15,00$ [°]

Vzd. mezi: $b = 2,00$ [m]

— Tuhost

Typ zadání: **zadat průměr**

Průměr pramence: $d_1 = 30,0$ [mm]

Počet pramenců: $n = 3$

Modul pružnosti: $E = 195000,00$ [MPa]

Předpínací síla: $F = 300,00$ [kN]

— Únosnost na přetržení

dopočítat

Výpočtová pevnost materiálu: $f_u = 1860,00$ [MPa]

— Únosnost na vytržení ze zeminy

počítat z efektivní napjatosti

Průměr kořene: $d = 100,0$ [mm]

— Únosnost na vytržení ze zálivky

počítat z parametrů betonu

Norma betonu: **EN 1992-1-1 (EC2)**

Pevnost betonu v tlaku: $f_{ck} = 20,00$ [MPa]

Součinitel soudržnosti: $\eta_1 = 0,70$ [—]

+ Přidej X Storno

Příklad zadání plochy průřezu pramencové kotvy

Únosnost na vytržení ze zeminy

Způsob výpočtu se volí v sekci "Únosnost na vytržení ze zeminy".

Nová kotva

Typ kotvy : **pramencová**

Výrobní řada : **uživatelská**

Název :

— Parametry kotvy —

Hloubka : $z = 3,00$ [m]

Volná délka : $l = 8,00$ [m]

Délka kořene : $l_k = 9,00$ [m]

Sklon : $\alpha = 15,00$ [°]

Vzd. mezi : $b = 2,00$ [m]

— Únosnost na přetržení —

dopočítat

Výpočtová pevnost materiálu : $f_u = 1860,00$ [MPa]

— Únosnost na vytržení ze zeminy —

počítat z efektivní napjatosti

Průměr kořene : $d = 100,0$ [mm]

— Únosnost na vytržení ze zálivky —

— Tuhost —

Zadání způsobu výpočtu únosnosti kotvy na vytržení ze zeminy

Výpočet pro kotvy tyčové předpínací, pramencové a tyčové nepředpínací

Volba "Počítat z efektivní napjatosti"

$$R_s = \pi d l_k \sigma_z \tan \varphi$$

kde:

- d - průměr kořene
- l_k - délka kořene
- σ_z - geostatické napětí v hloubce středu kořene
- φ - úhel vnitřního tření zeminy

Volba "Počítat z plášťového tření"

$$R_s = \pi d l_k f$$

kde:

- d - průměr kořene
- l_k - délka kořene
- f - plášťové tření

Volba "Zadat únosnost na bm"

$$R_s = R_{s,bm} l_k$$

kde:

- $R_{s,bm}$ - únosnost kořene proti vytržení ze zeminy na 1 **bm**
- l_k - délka kořene

Volba "Zadat"

Zadáva se únosnost proti vytržení ze zeminy R_e [kN , lbf]

Únosnost na vytržení ze zálivky

Způsob výpočtu se volí v sekci "Únosnost na vytržení ze zálivky".

— Tuhost —

Typ zadání : **zadat průměr**

Průměr pramence : $d_1 = 30,0$ [mm]

Počet pramenců : $n = 3$

Modul pružnosti : $E = 195000,00$ [MPa]

Předpínací síla : $F = 300,00$ [kN]

— Únosnost na vytržení ze zálivky —

počítat z parametrů betonu

Norma betonu : **EN 1992-1-1 (EC2)**

Pevnost betonu v tlaku : $f_{ck} = 20,00$ [MPa]

Součinitel soudržnosti : $\eta_1 = 0,70$ [—]

+ Přidej **✖ Storno**

Zadání způsobu výpočtu únosnosti kotvy na vytržení ze zálivky

Tato únosnost udává schopnost táhla odolávat vytržení z kořene a počítá se shodně pro tyčové předpínací i pramencové kotvy.

$$R_c = \pi d_s l_k \tau$$

Volba "Počítat ze smykové pevnosti"

kde: d_s (d_I) - průměr táhla (průměr pramence odpovídající ploše pramence)
 l_k - délka kořene
 τ - smyková pevnost zálivka - kotva

Volba "Počítat z parametrů betonu"

Jedná se o stejný výpočet jako v předchozím případě, smyková pevnost τ je vypočtena z parametrů betonu dle různých norem:

- EN 1992-1-1 (EC2)

$$\tau = 1,2 \eta_1 f_{ctd}$$

kde: η_1 - součinitel technologie (1,0 pro dobré podmínky soudržnosti, 0,7 v ostatních případech)
 f_{ctd} - pevnost betonu v tahu - získává se ze zadané f_{ck} pomocí vzorců; omezeno hodnotou pro beton C60/75

- ACI 318-11

$$\tau = 3,3 \sqrt{f_c'} \\ \tau \leq 100 \text{ psi (cca } 0,689 \text{ kPa)}$$

kde: f_c' - pevnost betonu v tlaku

- GB 50010-2010

$$\tau = \alpha f_t$$

kde: α - součinitel typu výztuže
 1,47 – 7-pramencové lano
 1,56 – 3-pramencové lano
 1,79 – prostá betonářská výztuž
 1,92 – žebrovaný ocelový drát
 f_t - výpočtová pevnost betonu v tahu; omezeno hodnotou pro beton C60

Volba "Zadat únosnost na bm"

$$R_c = R_{c,bm} l_k$$

kde: $R_{c,bm}$ - únosnost kořene [kN/bm , lbf/ft] proti vytržení ze zeminy na 1 bm
 l_k - délka kořene

Volba "Zadat"

Zadává se únosnost na vytržení ze zálivky R_c [kN , lbf].

Rozpěry - zatížení teplotou

Rozpěru lze zatížit **rovnoměrnou změnou teploty**. Zadává se součinitel teplotní roztažnosti α_t a rozdíl teploty Δt mezi aktuální a předchozí fází výpočtu.

Editace rozpěry

— Geometrie —

Hloubka rozpěry : $z =$ [m]

Délka : $l =$ [m]

Vzdálenost rozpěr : $b =$ [m]

Sklon : $\alpha =$ [°]

☐ Změna tuhosti

Typ zadání :

Modul pružnosti : $E =$ [MPa]

Plocha : $A =$ [mm²]

Předpínací síla : $F =$ [kN]

☒ Zatížení teplotou

Rozdíl teploty : $\Delta t =$ [°C]

Součinitel teplotní roztažnosti : $\alpha_t =$ [1/K]

OK + ↑ OK + ↓ **OK** Storno

Zatížení teplotou

Velikost **dodatečné síly v rozpěře** vlivem změny teploty je určena vztahem:

$$\Delta F_{temp} = \alpha_t \cdot \Delta t \cdot E \cdot A$$

kde:

- α_t - součinitel teplotní roztažnosti
- Δt - rozdíl teploty
- E - modul pružnosti
- A - plocha průřezu

Metoda závislých tlaků

Metoda závislých tlaků vychází z předpokladu, že zemina resp. hornina v okolí podzemní stěny se chová jako ideální pružno-plastická Winklerova hmota. Tato hmota je určena jednak **modulem reakce podloží k_h** , který charakterizuje přetvoření v pružné oblasti a dále omezujícími deformacemi, při jejichž překročení se hmota chová jako ideálně plastická.

Pro vlastní výpočet podzemní stěny jsou zavedeny tyto předpoklady:

- zemní tlak** působící na stěnu může nabývat libovolné hodnoty mezi **aktivním** a **pasivním** tlakem - nemůže však z tohoto intervalu vybočit
- na nedeformovanou konstrukci ($w = 0$) působí zatížení rovné **tlaku v klidu**

Tlak působící na deformovanou konstrukci je určen vztahy:

$$\sigma = \sigma_r - k_h \cdot w$$

$\sigma = \sigma_a$ pro: $\sigma < \sigma_a$

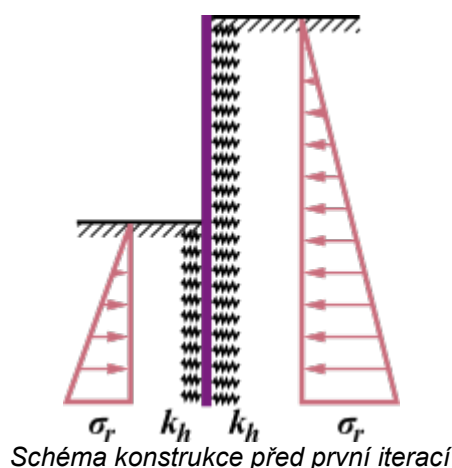
$\sigma = \sigma_p$ pro: $\sigma > \sigma_p$

kde:

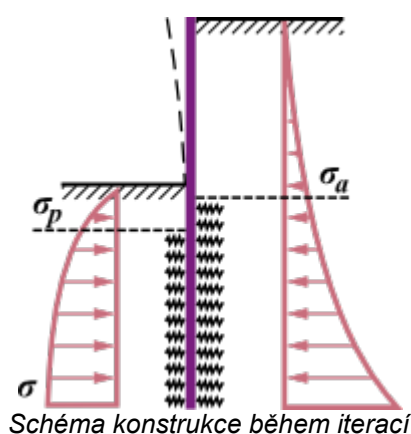
- σ_r - tlak v klidu
- k_h - modul reakce podloží
- w - deformace konstrukce
- σ_a - **aktivní zemní tlak**
- σ_p - **pasivní zemní tlak**

Postup výpočtu je tedy následující:

- Všem prvkům se přiřadí modul reakce podloží k_h a konstrukce se zatíží tlakem v klidu - viz obrázek:



- Provede se výpočet konstrukce a zkontroluje se splnění podmínek o velikosti tlaků na stěnu. V místech, kde tyto podmínky nejsou splněny, se přiřadí hodnota $k_h = 0$ a stěna se zatíží aktivním resp. pasivním tlakem - viz obrázek:



Iterace probíhá tak dlouho, než jsou všechny podmínky splněny.

Při výpočtu dalších fází budování se uvažuje s plastickou deformací stěny. Z tohoto důvodu je nutné vždy zadávat jednotlivé **fáze budování**, které odpovídají skutečnému postupu budování konstrukce.

Literatura:

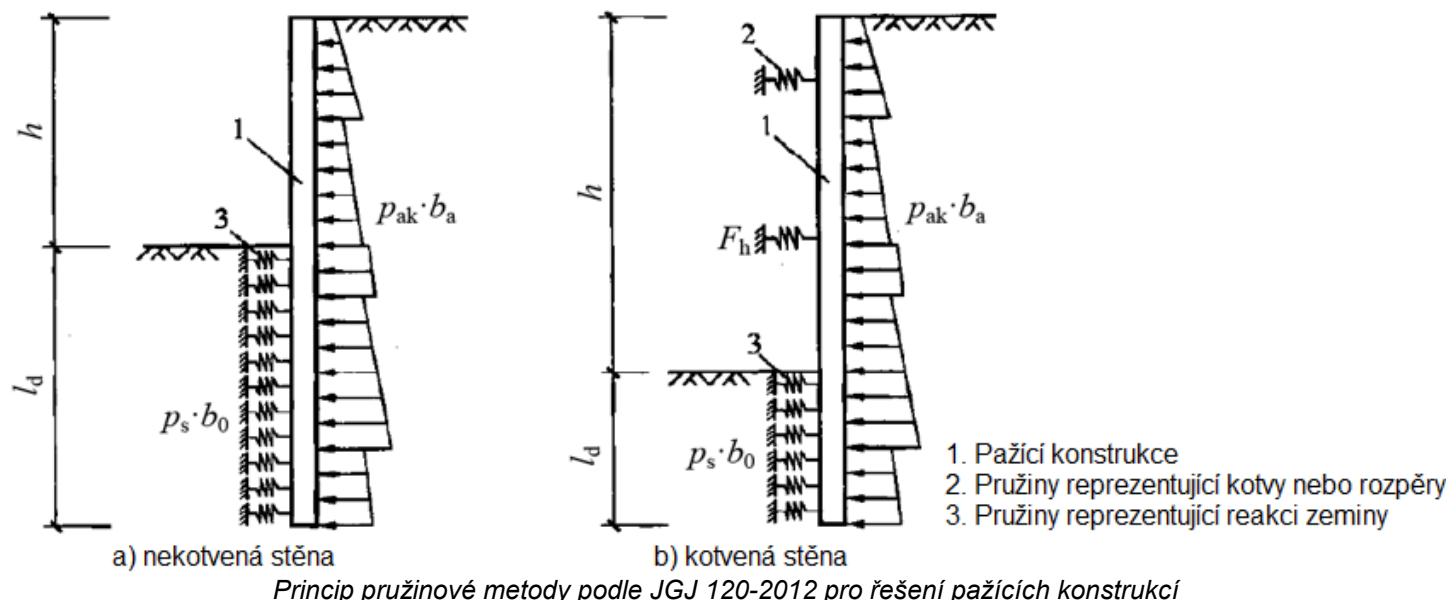
Barták, J.: *Progresivní postupy navrhování pažených stavebních jam*. VUT Brno, 1991.

Hurych, P.: *Metoda závislých tlaků*. Sborník konference "Automatizácia projektovania", Vysoké Tatry, 1978.

Pružinová metoda podle JGJ 120-2012

Tato metoda pro řešení **pažících konstrukcí** vychází z **čínské normy JGJ 120-2012** (Technical specification for retaining and protection of building foundation excavations). V principu se tato teorie podobá výpočtu podle **metody závislých tlaků**, rozdíl je ve způsobu uvažování **zemních tlaků**. Z následujícího obrázku plyne, že **za stěnou** (mimo prostor stavební jámy) působí **aktivní zemní tlak p_a** nebo **zemní tlak v klidu p_0** (zadáva se v rámu "Nastavení").

Před stěnou se uvažují pružiny (definované pomocí **modulu reakce podloží**), které modelují reakci zeminy ve vodorovném směru. Omezení velikosti pružin při dosažení mezních tlaků je stejné jako u **metody závislých tlaků**.



Literatura:

JGJ 120-2012 (Technical specification for retaining and protection of building foundation excavations).

Stanovení modulu reakce podloží

V programu je možné stanovit modul reakce podloží následujícími způsoby:

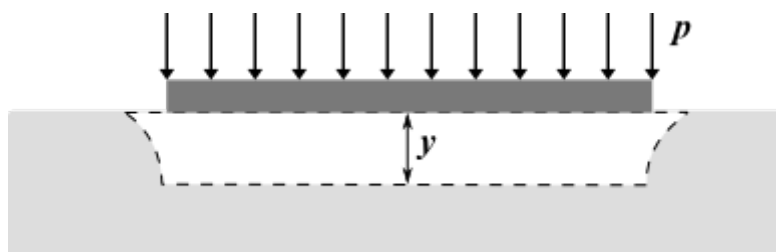
- **průběhem** (zadáva se průběh modulu reakce podloží k_h před a za konstrukcí)
- **jako parametr zeminy** hodnotou (lineární, resp. **nelineární - křivka**)
- podle **Schmitta**
- podle **Chadeissona**
- podle **CUR 166**
- **iterovat z přetvárných charakteristik zemín**
- na základě zadání výsledků **presiomrické zkoušky** (podle NF P 94-282, podle **Menarda**)
- na základě zadání výsledků **dilatometrické zkoušky (DMT)**
- podle **čínských norem** (metoda "c", "k" nebo "m")

Modul vodorovné reakce podloží odpovídá obecně tuhosti pružiny ve Winklerově modelu, který popisuje vztah mezi zatížením tuhé desky a jejím zatlačením do podloží vyjádřený rovnicí:

$$p = k \cdot y$$

kde:

- p - zatížení působící na kontaktu desky a povrchu podloží
- k - tuhost Winklerovy pružiny
- y - posun desky do podloží



Definice modulu reakce podloží

Modul reakce podle Schmitta

Pro výpočet **modulu reakce podloží** se používá vztah závislý na **edometrickém modulu** zeminy a ohybové tuhosti konstrukce, který publikoval Schmitt v časopise Revue Française de Géotechnique no. 71 a 74:

$$k_h = 2,1 \left(\frac{E_{osd}^{4/3}}{(EI)^{1/3}} \right)$$

kde: EI - ohybová tuhost konstrukce [MNm^2/m]
 E_{oed} - edometrický modul [MPa]

Tato metoda není k dispozici pro konstrukce z **plastových štětovic**.

Literatura:

Schmitt, P. (1995): "Estimating the coefficient of subgrade reaction for diaphragm wall and sheet pile wall design", in French. *Revue Française de Géotechnique*, N. 71, 2° trimestre 1995, 3-10.

Modul reakce podloží podle Chadeissona

R. Chadeisson (1961) odvodil na základě měření pažících konstrukcí v různých zeminách a výpočtu posunu konstrukce nutného k mobilizaci limitního pasivního tlaku graf pro určení **modulu reakce podloží**, který byl A. Monnetem (1994) vyjádřen následující rovnicí:

$$k_h = \left[20 EI \left(\frac{K_p \gamma \left(1 - \frac{K_0}{K_p} \right)}{0,015} \right)^4 \right]^{\frac{1}{5}} + A_p c' \frac{\operatorname{tgh} \left(\frac{c'}{30} \right)}{0,015}$$

kde: EI - ohybová tuhost konstrukce [kNm^2/m]
 γ - objemová tíha zeminy
 K_p - koeficient pasivního zemního tlaku [-]
 K_0 - koeficient tlaku zeminy v klidu [-]
 c' - efektivní soudržnost zeminy [kPa]
 A_p - součinitel vlivu koheze (1 - 15) [-]

Literatura:

K. J. Bakker, A. Bezuijen, W. Broere, E. A. Kwast: *Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground: Proceedings of the 5th International Symposium TC28. Amsterdam, the Netherlands, 15-17 June 2005*. CRC Press, 2013, strana 616, ISBN: 0415889138, 9780415889131.

Monnet, A.: *Module de réaction, coefficient de décompression, au sujet des paramètres utilisés dans la méthode de calcul élastoplastique*, *Revue française de Géotechnique*, 65, 1994, strany 67 - 72.

Mitew, M.: *Numerical analysis of displacements of a diaphragm wall*. Warsaw University of Technology, Polsko.

N. M. ILIEȘ, T. A. HULPUȘ, A. POPA: *Design of Anchored Walls: The Influence of Design Approaches and Design Methods*. Technical University of Cluj Napoca, Faculty of Civil Engineering, Rumunsko, 2010.

Modul reakce podloží podle CUR 166

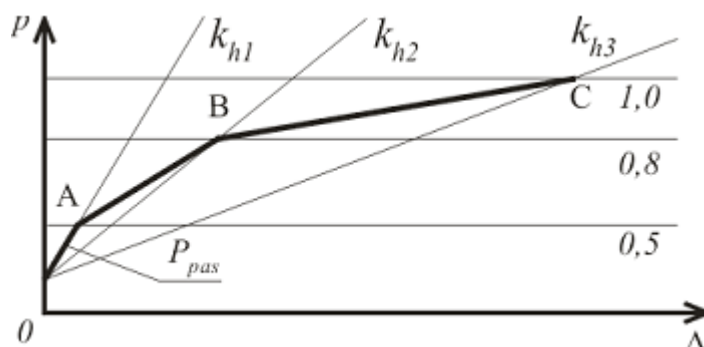
V následující tabulce jsou hodnoty **modulů reakce podloží** získané na základě vyhodnocení dat z nizozemské praxe (popsané v CUR 166). V tabulce jsou zobrazeny sečnové moduly, které program ve výpočtu automaticky přepočítá do sečnových modulů reakce podloží - viz **nelineární modul reakce podloží**.

	$k_{h,1} \text{ (kN/m}^3\text{)}$ $p_0 < p_h < 0,5p_{pas}$	$k_{h,2} \text{ (kN/m}^3\text{)}$ $0,5p_{pas} \leq p_h \leq 0,8p_{pas}$	$k_{h,3} \text{ (kN/m}^3\text{)}$ $0,8p_{pas} \leq p_h \leq 1,0$
Písek			
kyprý	12000 - 27000	6000 - 13500	3000 - 6750
středně ulehý	20000 - 45000	10000 - 22500	5000 - 11250
ulehlý	40000 - 90000	20000 - 45000	10000 - 22500
Jíl			
měkký	2000 - 4500	800 - 1800	500 - 1125
tuhý	4000 - 9000	2000 - 4500	800 - 1800
pevný	6000 - 13500	4000 - 9000	2000 - 4500
Rašelina			
měkká	1000 - 2250	500 - 1125	250 - 560
tuhá	2000 - 4500	800 - 1800	500 - 1125

kde: p_0 - hodnota tlaku v klidu [kN/m^2]

p_{pas} - pasivní zemní tlak [kN/m^2]

p_h vodorovný tlak odpovídající danému posunu konstrukce [kN/m^2]



Graf konstrukce modulu reakce podloží

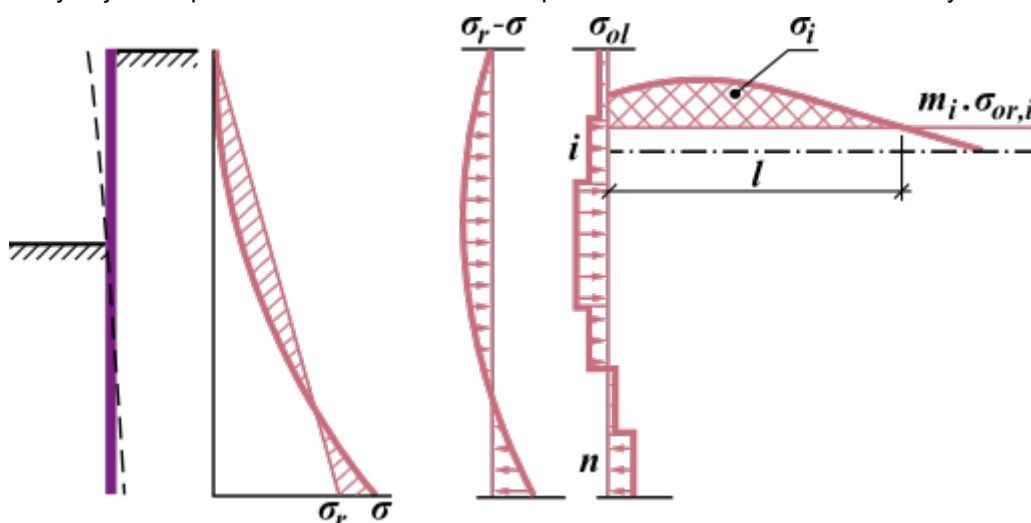
Literatura:

CUR 166 Damwandconstructies, available at Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving: P.O.Box 420, 2800 AK Gouda (NL).

Modul reakce podloží určený iterací

Program umožňuje automatický výpočet modulu reakce podloží z přetvárných charakteristik zemin iteračním postupem. Postup výpočtu vychází z předpokladu, že deformace pružného poloprostoru charakterizovaného deformačním modulem přetvárnosti E_{def} [MPa] při změně napjatosti odpovídající změně zemních tlaků, je stejná jako deformace podzemní stěny.

Snahou je tedy najít takové hodnoty k_h [MN/m^3], aby byla zachována spojitost deformací stěny a zeminy. Při výpočtu s manuální iterací modulu reakce podloží k_h se nepočítá s plastickou deformací konstrukce. Naopak při výpočtu s automatickou iterací modulu reakce podloží k_h se počítá s plastickou deformací konstrukce. Postup manuální iterace je schematicky objasněn pro stanovení modulu reakce podloží i -tého dílu nekotvené stěny na obrázku:



Stanovení modulu reakce podloží i -tého dílu

Pro změnu napjatosti $\sigma_r - \sigma$ se stanoví rovnoměrné zatížení jednotlivých dílů konstrukce σ_{ol} [MPa]. Dále se spočítá celková změna napjatosti za dílem i ($\bar{\sigma}_{il}$ [$MPa \cdot m$]), která je vyvolána přitížením masívu od dílů 1 až n ($\sigma_{ol,1} - \sigma_{ol,n}$). Celková změna napjatosti $\Delta \sigma_i$ je snížena o strukturní pevnost $m_i \cdot \sigma_{or,i}$ [MPa]. Novou hodnotu tuhosti pružiny pak určíme ze vztahu:

$$k_{n,i} = \frac{E_{def,i} \cdot \sigma_{ol,i}}{\bar{\sigma}_{il}}$$

kde:

- E_{def} - modul přetvárnosti pružného poloprostoru [MPa]
- σ_{ol} - rovnoměrné zatížení dílů konstrukce [MPa]
- $\bar{\sigma}_{il}$ - celková změna napjatosti za i -tým dílem konstrukce [$MPa \cdot m$]

Změna napětí v bodě masívu od přitížení se stanoví podle Bousinesqua. Při dosazení nové hodnoty k přímo do dalšího

výpočtu konstrukce by byla iterace nestabilní - proto je hodnota k , se kterou vstupujeme do dalšího výpočtu stěny stanovena z původní k_p a nové k_n hodnoty modulu reakce podloží.

$$k = k_p + 0,25 \cdot (k_n - k_p)$$

kde: k_p - původní hodnota modulu reakce podloží [MN/m^3]
 k_n - nová hodnota modulu reakce podloží [MN/m^3]

Maximální velikost modulu reakce podloží i -té vrstvy je omezena hodnotou:

$$k_{max,ip} = 10 \cdot E_{def,i}$$

kde: $E_{def,i}$ - modul přetvárnosti i -té vrstvy [MPa]

Celkový postup výpočtu při **manuální iteraci** modulu reakce podloží je následující:

1. Stanoví se matice příčinkových hodnot pro stanovení změny napětí v hloubce masívu za i -tým úsekem konstrukce od přitížení změnou napětí na ostatních úsecích konstrukce.
2. Dosadí se první aproximace modulu k_h před a za stěnou - předpokládá se trojúhelníkový průběh s hodnotou u paty stěny $k_h = 10 MN/m^3$.
3. Proveďte se výpočet pažící konstrukce.
4. Spočtou se nové hodnoty k_h a stanoví se nové hodnoty pro další výpočet.
5. Zobrazí se dialogové okno pro kontrolu iterace a program čeká na další příkaz. Zvolíme-li dalších n iterací, provedou se n -krát body 3 a 4 a poté se opět dostaneme zpět k bodu 5. Výpočet se ukončí v tomto dialogovém okně stisknutím tlačítka "Skončí".

Manuální iteraci řídí sám uživatel - reálnost vypočtených modulů je ponechána na jeho úvaze. **Automatickou iteraci** provádí program automaticky bez nutnosti zadávání následujícího počtu iterací pro stanovení modulu reakce podloží k_h .

Literatura:

Barták J.: *Progresivní postupy navrhování pažených stavebních jam*, VUT Brno, 1991.

Modul reakce podloží podle Menarda

Menard na základě vlastností a parametrů zeminy získaných ze zkoušek zatěžovací deskou a **presiometrem** odvodil následující vztah pro **modul vodorovné reakce podloží**:

$$k_h = \frac{E_M}{\frac{\alpha \cdot a}{2} + 0,133 \cdot (9 \cdot a)^\alpha}$$

kde: E_M - **presiometrický (Menardův) modul**, popř. lze nahradit edometrickým modulem zeminy [MPa]
 a - charakteristická délka závislá na hloubce vetknutí konstrukce, Menardem předpokládaná ve 2/3 délky vetknutí konstrukce pod konečnou hloubkou pažené jámy
 α - reologický koeficient zeminy

Orientační hodnoty reologického koeficientu zeminy α

	Jíly	Silty	Písky	Štěrk
Překonsolidované	1	2/3	1/2	1/3
Normálně konsolidované	2/3	1/2	1/3	1/4
Nekonsolidované	1/2	1/2	1/3	1/4

Literatura:

Menard, L. (1975): "The Menard Pressuremeter: Interpretation and Application of the Pressuremeter Test Results to Foundations Design", Sols-Soils, No. 26, Paris, France.

Modul reakce podloží podle NF P 94-282

Modul reakce podloží k_h podle **NF P94-282:2009-03** závisí na ohybové tuhosti **pažící konstrukce** $E_{str} I_{str}$ a **presiometrickém modulu** určeném podle Menarda E_M . Hodnota modulu reakce podloží se určí podle vztahu:

$$k_h = 2 \left(\frac{\left(\frac{E_M}{\alpha} \right)^{4/3}}{\left(\frac{E_{str} I_{str}}{B_0} \right)^{1/3}} \right) = 2 \left(\frac{\left(\frac{E_M}{\alpha} \right)^{4/3}}{(EI)^{1/3}} \right)$$

$$EI = \frac{E_{str} I_{str}}{B_0} = [MNm^2 / m]$$

- kde:
- k_h - modul reakce podloží [MN/m^3]
 - E_M - presiometrický modul určený podle Menarda [MPa]
 - α - empirický koeficient v závislosti na typu zeminy, resp. horniny [-]
 - $E_{str} I_{str}$ - ohybová tuhost pažící konstrukce [MNm^2]
 - B_0 - jednotková délka pažící konstrukce [1 *bm*]
 - E - modul pružnosti materiálu pažící konstrukce [MPa]
 - I - moment setrvačnosti průřezu [m^4/m]

Hodnoty empirického součinitele α [-] pro různé typy zemín

Typ zeminy	Rašelina	Jíl	Silt			Písek		Štěrk	
	α	E_M/p_{LM}	α	E_M/p_{LM}	α	E_M/p_{LM}	α	E_M/p_{LM}	α
Překonsolidované	-	> 16	1	> 14	2/3	> 12	1/2	> 10	1/3
Normálně konsolidované	1	9 - 16	2/3	8 - 14	1/2	7 - 12	1/3	6 - 10	1/4
Nekonsolidované	-	7 - 9	1/2	5 - 8	1-2	5 - 7	1-3	-	-

Hodnoty empirického součinitele α [-] pro různé typy hornin (podle stupně jejich porušení)

Typ horniny	α [-]
Neporušená, zdravá	2/3
Nepatrně porušená, neztvrdlá	1/2
Velmi porušená, ztvrdlá	1/3
Metamorfovaná	2/3

Literatura:

NF P94-282: březen 2009, strany 142 – 146.

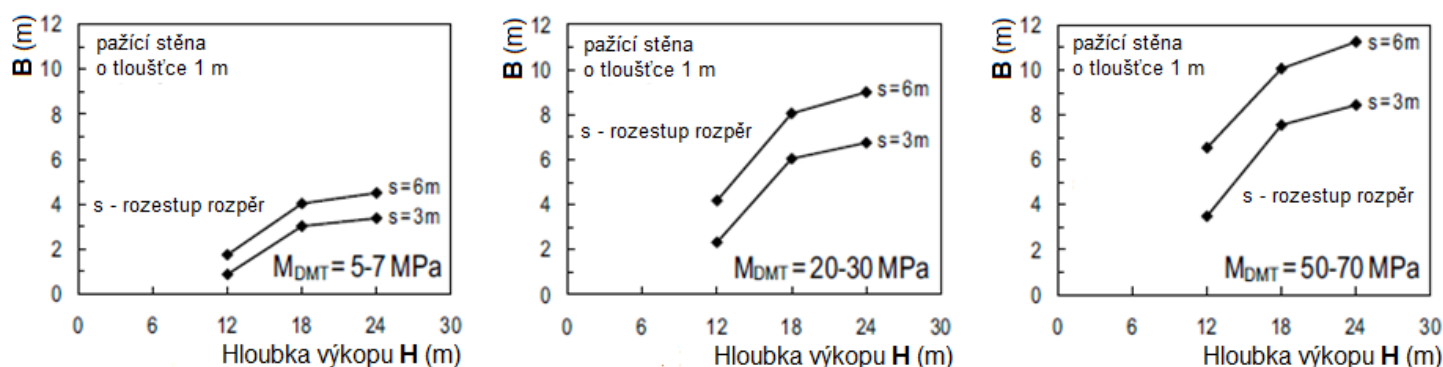
Modul reakce podloží určený na základě zkoušky DMT

Modul reakce podloží se určuje podle vztahu:

$$k_h = \frac{M_{DMT}}{B}$$

- kde:
- k_h - modul reakce podloží [MN/m^3]
 - M_{DMT} - dilatometrický modul určený ze zkoušek DMT [MPa]
 - B - charakteristická délka pažící konstrukce (koeficient redukce) [1 *bm*]

Orientační hodnoty koeficientu redukce B v závislosti na hloubce výkopu H [m] a velikosti dilatometrického modulu M_{DMT} [MPa] jsou uvedeny na následujícím obrázku.



Grafy pro určení koeficientu redukce B (zdroj: [2], obrázek 7, strana 999)

Literatura:

Monaco, P. and Marchetti, S.: *Evaluation of the coefficient of subgrade reaction for design of multi-propped diaphragm walls from DMT moduli*. Millpress, Rotterdam, 2004, strany 993 – 1002, ISBN 90 5966 009 9.

Modul reakce podloží podle čínských norem

Při výpočtu **modulu reakce podloží** podle **čínských norem** se pro **metodu "m"** vychází z předpisu **JGJ 120-2012** (Technical specification for retaining and protection of building foundation excavations).

Modul reakce podloží k_h se pro **metodu "m"** určí podle vztahu:

$$k_h = m(z - h)$$

kde:

- m - proporční součinitel [kN/m^4]
- z - hloubka daného bodu uvažovaná od úrovně původního terénu [m]
- h - hloubka bodu při výpočtu uvažovaná od dna příkopu v aktuální **fázi budování** [m]

Z výše uvedeného vztahu je zřejmé, že výpočet modulu k_h je lineární s hloubkou v místě uvažovaného bodu při výpočtu.

Proporční součinitel m by měly být určeny na základě výsledků zatěžovací zkoušky piloty namáhané vodorovným zatížením. Pokud tyto zkušební údaje nejsou k dispozici, čínská norma **JGJ 120-2012** uvádí následující empirický vztah pro odhad tohoto součinitele:

$$m = \frac{0.2 \varphi^2 - \varphi + c}{v_b}$$

kde:

- c - soudržnost zeminy [kPa]
- φ - úhel vnitřního tření zeminy [$^\circ$]
- v_b - vodorovná deformace **pažic konstrukce** u dna stavební jámy [mm]; pokud je posun menší než 10 mm , pak $v_b = 10 mm$

Metoda "c", resp. **metoda "k"** nejsou uvedeny v normě **JGJ 120-2012**, nicméně se v Číně hojně používají na základě praktických zkušeností. Modul reakce podloží k_h se určí podle vztahu:

$$k_h = a(z - h)^n$$

Pokud je exponent $n = 0,5$, jedná se o **metodu "c"** a platí, že $a = c$ ($kN/m^{3.5}$).

Pokud je exponent $n = 0$, jedná se o **metodu "k"** a platí, že $a = K$ (kN/m^3).

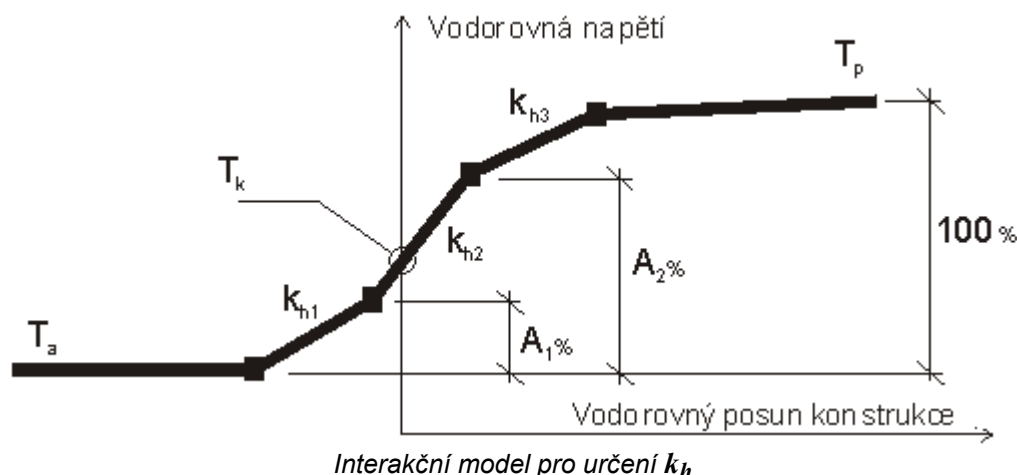
Je zřejmé, že pro **metodu "m"** je exponent $n = 1$.

Literatura:

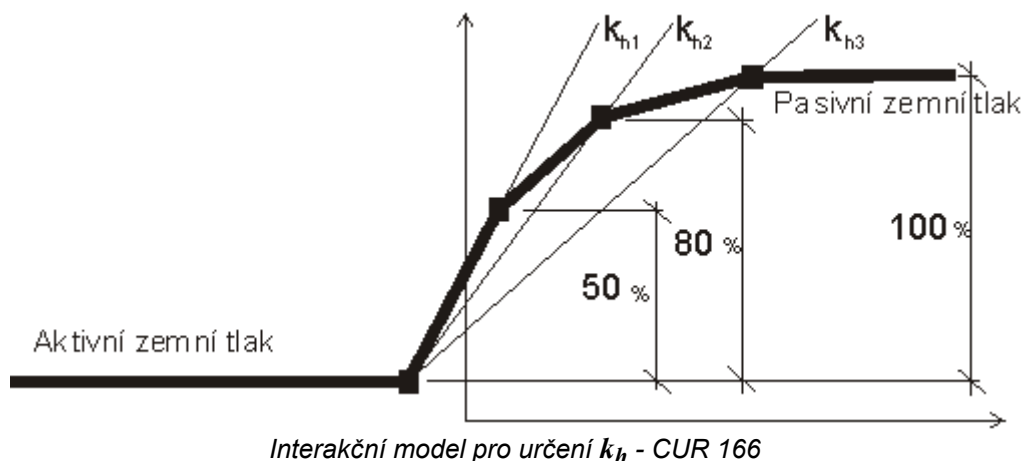
JGJ 120-2012 (Technical specification for retaining and protection of building foundation excavations).

Nelineární modul reakce podloží

Nelineární model vyjadřuje závislost modulu reakce podloží k_h na vodorovném posunu konstrukce - tj. změnu k_h mezi prahovými hodnotami odpovídající porušení pasivním zemním tlakem T_p a aktivním zemním tlakem T_a - viz obr. (modul reakce podloží je dán sklonem křivky, pro působení tlaku v klidu na konstrukci je možné uvažovat jeho hodnotu k_{h1}). Tento model také uvažuje pružné podpory a vynucené průhyby konstrukce, prostředí pro různé okrajové podmínky, místa rozpětí či kotvení apod.



Hodnoty modulu reakce podloží umožňuje program dopočítat z hodnot sečnových modulů reakce podloží (**CUR 166**) - viz obr.:



Záporové pažení

Při výpočtu záporového pažení (pilotová stěna, ocelový I-průřez nebo při vlastním zadání A , I , E , G) se zemní tlaky určí následujícím způsobem:

Do hloubky stavební jámy se počítá se zemními tlaky stanovenými na 1 *bm* šířky konstrukce. Pod dnem stavební jámy se zemní tlaky přenásobí součinitelem redukce k ("Koeficient redukce tlaků pod dnem jámy"). Tento koeficient lze buď zadat (v rámu "Geometrie" jako parametr úseku konstrukce), nebo ponechat s možností automatického dopočtu.

Je-li nad dnem stavební jámy zadána "Navážka zeminy" (rámeček "Hloubení"), pak se v tomto úseku počítají tlaky na plnou šířku stěny ($k = 1$).

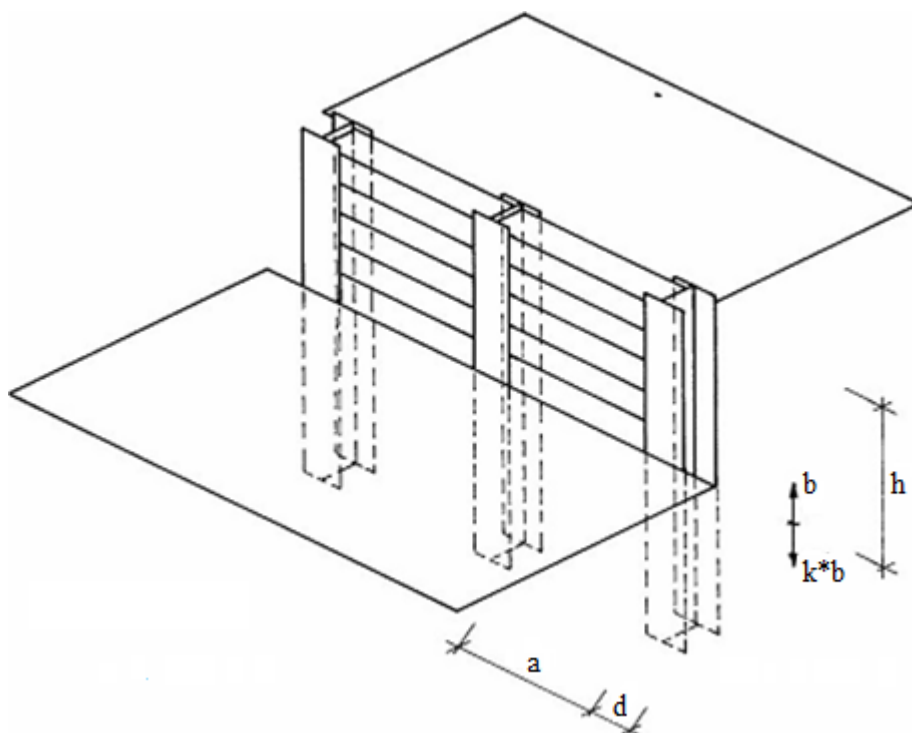
Koeficient redukce tlaků pod dnem jámy k lze přibližně stanovit (velmi konzervativně) podle vztahu:

$$k = \frac{d}{d + a}$$

kde: a - podélná vzdálenost zápor, resp. osová vzdálenost pilot

d - šířka záporu, resp. průměr piloty

Skutečná velikost koeficientu k rovněž závisí na typu zeminy a vytvoření prostorového efektu zemního tlaku. Reálné hodnoty tohoto koeficientu (plynouce především z experimentů) jsou zhruba dvakrát až třikrát vyšší než spočtené podle výše uvedeného vztahu.



Záporové pažení - schematické zobrazení konstrukce

Pažiny

Pažiny jsou uvažované jako **prostý nosník** podepřen v místě zápor. **Délka nosníku l** je stejná jako vzdálenost profilů konstrukce (zápor).

Maximální hodnoty vnitřních sil (ohybový moment a posouvající síla) se spočítají dle zvoleného **typu zatížení**:

- Obdélník:**

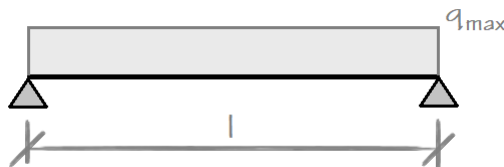


Schéma nosníku - obdélník

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot q_{max} \cdot h \cdot l^2$$

$$Q_{max} = \frac{1}{2} \cdot q_{max} \cdot h \cdot l$$

- Trojúhelník:**

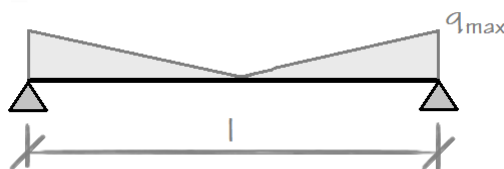


Schéma nosníku - trojúhelník

$$M_{max} = \frac{1}{24} \cdot q_{max} \cdot h \cdot l^2$$

$$Q_{max} = \frac{1}{4} \cdot q_{max} \cdot h \cdot l$$

kde:

q_{max}	- maximální tlak (do hloubky výkopu)
h	- výška profilu pažiny
l	- vzdálenost zápor

Převázky

Program automaticky spočte vnitřní síly na nosníku podle zvoleného **statického schématu** v rámu "Převázky".

Nosník může být zatížen **bodovým zatížením R** nebo **spojitým zatížením q** .

Hodnota spojitého zatížení q se spočte dle:

$$q = \frac{n \cdot F_{max}}{(n - 1) \cdot l + 2 \cdot l_o}$$

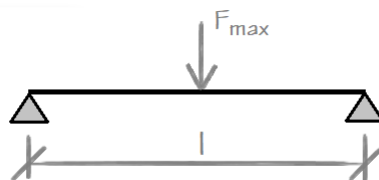
kde:

n	- počet podpěr
F_{max}	- maximální síla v kotvě (rozpěře)
l	- vzdálenost kotev (rozpěr)
l_o	- délka převislých konců ($l/2$)

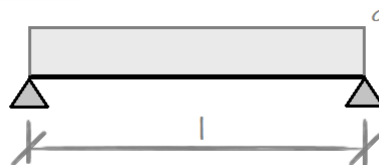
Pro převázky, které nejsou natočené ve směru kotvy nebo rozpěře, se zatížení redukuje hodnotou $\cos(\alpha)$.

Program umožňuje návrh převázek pro tato schémata:

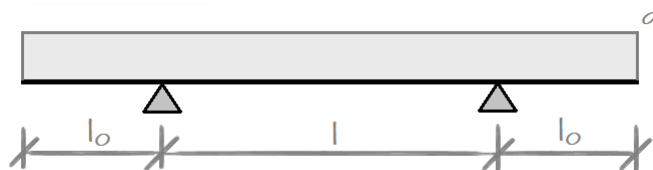
- Prostý nosník - bodové zatížení:**



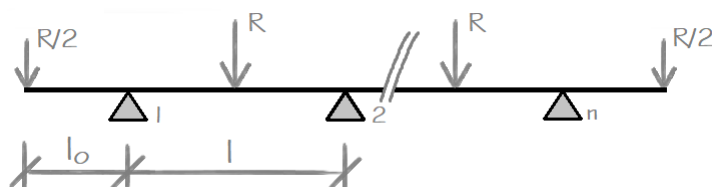
- **Prostý nosník - spojitě zatížení:**



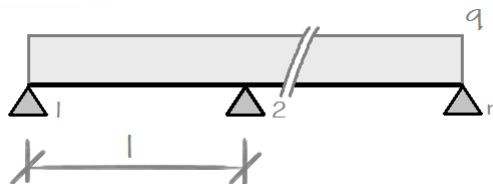
- **Prostý nosník s převislými konci - spojitě zatížení:**



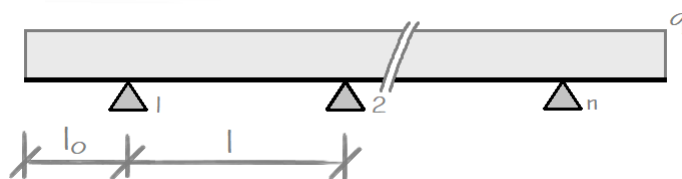
- **Spojité nosník s převislými konci - bodové zatížení:**



- **Spojité nosník - spojitě zatížení:**



- **Spojité nosník s převislými konci - spojitě zatížení:**



Pro případ **prostý nosník - bodové zatížení**, je kotva (resp. rozpěra) uvažována jako zatížení ve středu nosníku. Podpěry tvoří profily konstrukce stěny.

V ostatních případech jsou kotvy a rozpěry uvažovány v místech podpěr nosníku.

Poznámka: Převážky se posuzují pouze v rovině kolmé na konstrukci stěny resp. ve směru kotev.

Stěna tvořená dvěma řadami pilot

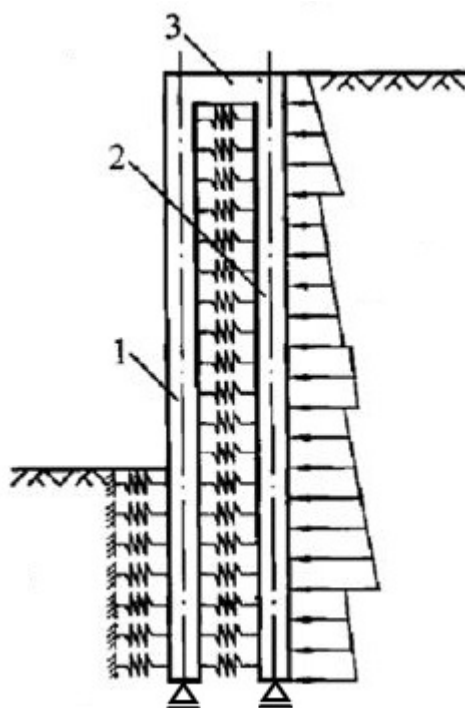
Program umožňuje v rámci "Geometrie" modelovat konstrukci tvořenou dvěma řadami pilot.

Konstrukce stěny se skládá ze tří částí:

- přední řada
- zadní řada
- spojovací nosník

Pro každou část se volí **průřez** samostatně. Propojení přední a zadní řady s nosníkem je uvažováno jako tuhé a stěna tvoří rámovou konstrukci.

Při **dimenzování** je uvažován **vliv normálové síly**.



Výpočtový model - 1) přední řada, 2) zadní řada, 3) spojovací nosník

Na konstrukci působí tři hlavní zatížení:

- zemní tlak působící za zadní řadou
- zemní tlak působící před přední řadou
- zemní tlak působící mezi přední a zadní řadou

Zemní tlak působící před a za stěnou se stanoví stejně jako v případě **standardní stěny**.

Tlak mezi přední a zadní řadou se spočte následujícím způsobem:

$$p_c = k_c \cdot \Delta v + p_{c0}$$

- kde:
- p_c - výslední tlak
 - k_c - součinitel tuhosti zeminy mezi přední a zadní řadou
 - Δv - rozdíl deformace na přední a zadní řadě
 - p_{c0} - počáteční zemní tlak působící mezi přední a zadní řadou

Pro výpočet **součinitelů tuhosti zeminy** platí:

$$k_c = \frac{E_{oed}}{s_y - d}$$

- kde:
- E_{oed} - **edometrický modul**
 - s_y - vzdálenost přední a zadní řady
 - d - průměr nebo výška průřezu

Počáteční zemní tlak mezi přední a zadní řadou určen vztahem:

$$p_{c0} = (2\alpha - \alpha^2) \cdot p_a$$

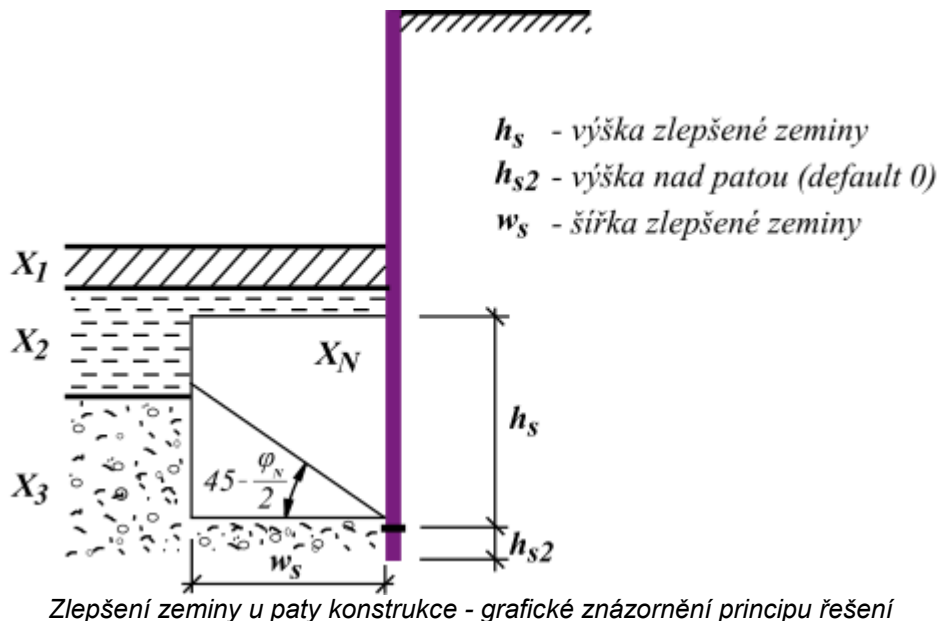
$$\alpha = \frac{s_y - d}{h \cdot \tan(45 - \varphi_m/2)}$$

- kde:
- α - výpočtový koeficient; pokud $\alpha > 1$ pak $\alpha = 1$
 - p_a - **aktivní zemní tlak**
 - s_y - vzdálenost přední a zadní řady konstrukce
 - d - průměr nebo výška průřezu
 - h - celková hloubka výkopu
 - φ_m - průměrná hodnota uhlu vnitřního tření

Zlepšení zeminy u paty konstrukce

V programu lze modelovat zlepšení vlastností zeminy v místě paty **pažící konstrukce**. Zesílení zeminy se provádí po osazení pilot, resp. stěn injektáží u paty stěny. Rozhodujícími parametry jsou **výška h_s** , resp. **šířka w_s zlepšené vrstvy** zeminy a **parametry zlepšené zeminy (φ , c)**.

Princip řešení je uveden na následujícím obrázku.



Princip výpočtu pro zlepšení zeminy u paty konstrukce je popsán zde:

$$\mu = \text{Min} \left(\frac{w_s \tan \left(45 - \frac{\varphi_N}{2} \right)}{h}; 1 \right)$$

$$X_i = X_{oi}(1 - \mu) + \mu X_N$$

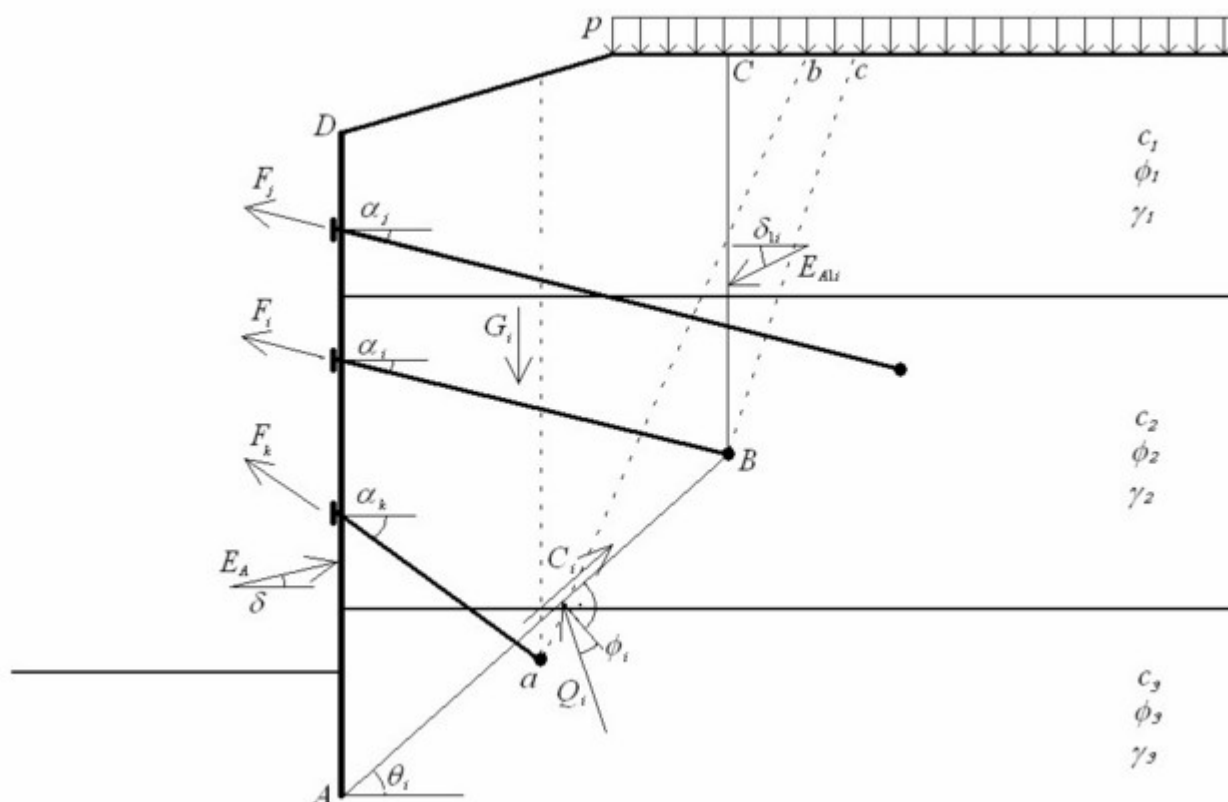
kde:	N	- nová vrstva zeminy se zlepšenými parametry
	μ	- poměr (pomocná veličina)
	X_i	- libovolná veličina v i -té vrstvě zeminy
	X_{oi}	- původní veličina v i -té vrstvě zeminy
	X_N	- nová veličina zlepšené zeminy
	w_s	- šířka zlepšené zeminy [m]
	h_s	- výška zlepšené zeminy [m]

Posouzení vnitřní stability konstrukce

Vnitřní stabilita kotevního systému pažící konstrukce se posuzuje pro každou vrstvu kotev zvlášť. Posudek se provádí tak, že se zjišťuje síla v kotvě, která uvede do rovnováhy soustavu sil působících na blok zeminy, vytknutý pažící konstrukcí, povrchem terénu, spojnicí teoretické paty pažící konstrukce se středem kořene kotvy a svislicí mezi středem kořene kotvy a povrchem terénu.

Teoretickou patou pažící konstrukce se rozumí bod na pažící konstrukci, v němž součet vodorovných sil pode dnem stavební jámy je nulový. Pokud tento bod leží pod patou stěny, je teoretickou patou sama pata stěny.

Výpočet se provádí pro běžný metr pažící konstrukce, síly v kotvách jsou tedy přepočítávány podle vzdáleností mezi kotvami v jednotlivých vrstvách.



Výpočet vnitřní stability

Schéma pro posouzení i -té vrstvy kotev je znázorněno na obrázku. Počítá se zde rovnováha sil na bloku **ABCD**. Do výpočtu rovnováhy vstupují tyto síly:

E_A - výslednice aktivního zemního tlaku na pažení (na úsečce **AD**)

E_{Ai} - výslednice aktivního zemního tlaku nad kořenem posuzované kotvy (na úsečce **BC**)

G_i - tíha i -tého bloku zeminy **ABCD**, do této tíhy se připočítává i přitížení povrchu terénu p , a to tehdy, je-li sklon θ_i smykové plochy **AB** větší, než průměrná hodnota úhlu vnitřního tření na této ploše, pro menší sklon smykové plochy **AB** se s přitížením povrchu terénu v rovnováze nepočítá

C_i - výslednice soudržnosti zeminy na smykové ploše **AB**

F_p - síly v ostatních kotvách, ale některé se ve výpočtu neuvažují; pouze "kratší" kotvy (v porovnání s i -tou kotvou) přispějí do výpočtu rovnováhy i -tého bloku; následující princip je použit při rozhodování, zda-li je daná kotva (m -tá) zahrnuta nebo vyloučena z výpočtu rovnováhy i -tého bloku:
nejprve je vybrána nižší z obou kotev (m -tá nebo i -tá); ze středu kořene této nižší kotvy je vedena rovinná smyková plocha pod úhlem $45^\circ - \phi_n/2$ od svislé roviny (úsečka **ab** nebo **Bc** na obrázku); ϕ_n je průměrná hodnota úhlu vnitřního tření nad kořenem nižší kotvy; pokud se i -tý kořen nachází nad m -tým a výše položený i -tý kořen je mimo oblast vymezenou rovinnou smykovou plochou, potom je m -tá kotva zahrnuta do výpočtu; pokud se i -tý kořen nachází pod m -tým a výše položený m -tý kořen je uvnitř oblasti, potom je m -tá kotva také zahrnuta do výpočtu; ve dvou zbývajících případech se kotvy nezapočtou, tj. pokud je i -tý kořen nad m -tým a i -tý je zároveň uvnitř vymezené oblasti nebo pokud je i -tý kořen pod m -tým a m -tý je mimo oblast. Z výše uvedeného vyplývá, že "kratší" kotva F_k je zahrnuta do výpočtu, zatímco "delší" kotva F_j tam uvažována není (viz obr.)

Q_i - reakce na smykové ploše **AB**

F_i - síla v posuzované kotvě, maximální přípustná hodnota této síly vyjde jako výsledek výpočtu rovnováhy na i -tém bloku.

Řešení rovnováhy sil na bloku spočívá v sestavení svislé a vodorovné součtové výminky. Ty tvoří soustavu dvou rovnic, v nichž neznámými jsou reakce podloží Q_i a maximální přípustná hodnota síly v kotvě F_i .

Výsledkem výpočtu stability jsou maximální přípustné kotevní síly pro každou řadu kotev. Ty se pak porovnávají se skutečnými silami zadanými v kotvách.

Posouzení dna

Standardní posouzení hydraulického zdvihu a vyplavování zeminy se provádí pouze v případě hydrodynamického tlaku vody, kdy je pata konstrukce založena v propustném podloží a voda může pod konstrukcí volně proudit. Toto posouzení vychází z normy **EN1997-1**.

Posouzení podle čínských norem (např. porušení dna podle Prandtlovy smykové plochy nebo vliv napjatých zvodní) lze provést i pro jiné působení podzemní vody. Tato posouzení nejsou standardně vyžadována a jsou dostupná pouze v případě výpočtu dle čínských norem.

Hydraulický zdvih a vyplavování zeminy

Posouzení hydraulického zdvihu

Stabilita zeminy proti porušení dna nadzdvížením v důsledku proudění vody v základové půdě (HYD) se pro posouzení podle mezních stavů ověřuje vztahem:

$$u_{dst} \leq \frac{\sigma_{stb}}{\gamma_h}$$

kde:

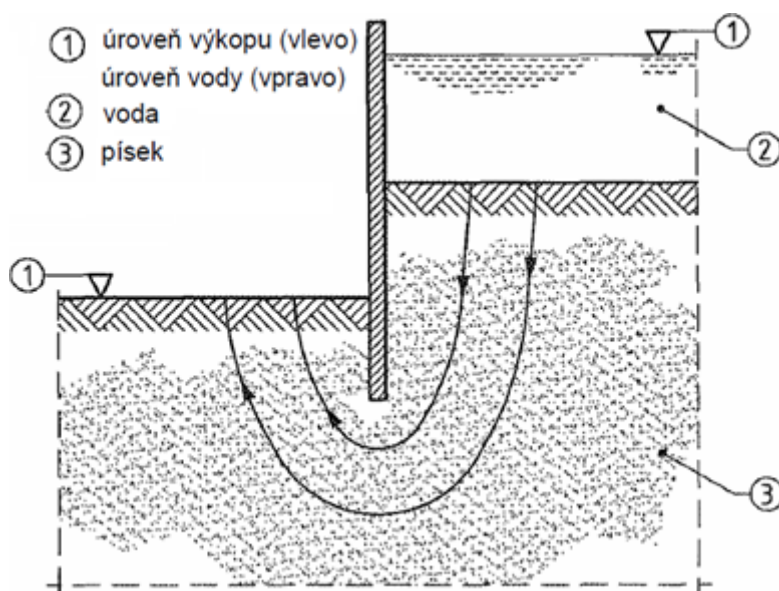
- u_{dst} - destabilizující celkový pórový tlak vody
- σ_{stb} - stabilizující svislé napětí, resp. stabilizující tíha zeminy
- γ_h - součinitel redukce únosnosti na hydraulický zdvih

Stabilita zeminy proti porušení dna nadzdvížením v důsledku proudění vody v základové půdě (HYD) se pro posouzení podle stupně bezpečnosti ověřuje vztahem:

$$\frac{\sigma_{stb}}{u_{dst}} \geq SF_h$$

kde:

- u_{dst} - destabilizující celkový pórový tlak vody
- σ_{stb} - stabilizující svislé napětí, resp. stabilizující tíha zeminy
- SF_h - stupeň bezpečnosti na hydraulický zdvih



Porušení nadzdvížením dna - schematické zobrazení pažící konstrukce

Posouzení vyplavování zeminy

Vyplavování zeminy (vlivem sufoze) se pro posouzení podle mezních stavů ověřuje vztahem:

$$i \leq \frac{i_c}{\gamma_p}$$

kde:

- i - hydraulický gradient
- i_c - kritický hydraulický gradient, kde $i_c = \gamma_{su} / \gamma_w$
- γ_p - součinitel redukce únosnosti na vyplavování zeminy

Vyplavování zeminy (vlivem sufoze) se pro posouzení podle stupně bezpečnosti ověřuje vztahem:

$$\frac{i_c}{i} \geq SF_p$$

kde:

- i - hydraulický gradient
- i_c - kritický hydraulický gradient, kde $i_c = \gamma_{su} / \gamma_w$

SF_p - stupeň bezpečnosti na vyplavování zeminy

Literatura:

Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla.

Posouzení dna podle čínských norem

V případě výpočtu podle čínských norem program umožňuje provést tři nezávislá posouzení:

- Nadzdvížení dna
- Hydraulický zdvih
- Vyplavování zeminy

Posouzení nadzdvížení dna podle čínských norem

Toto posouzení vychází z prandtlova řešení únosnosti základové půdy.

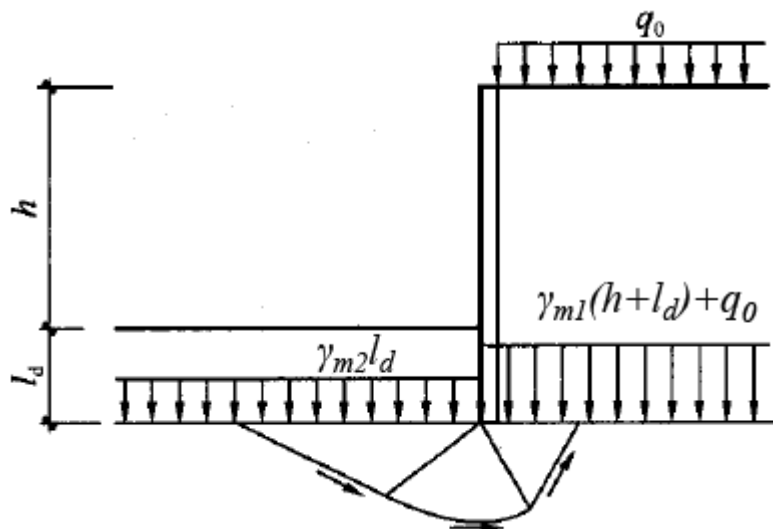


Schéma nadzdvížení dna - Prandtlova smyková plocha

Posouzení se provádí pomocí stupně bezpečnosti a je dáno vztahem:

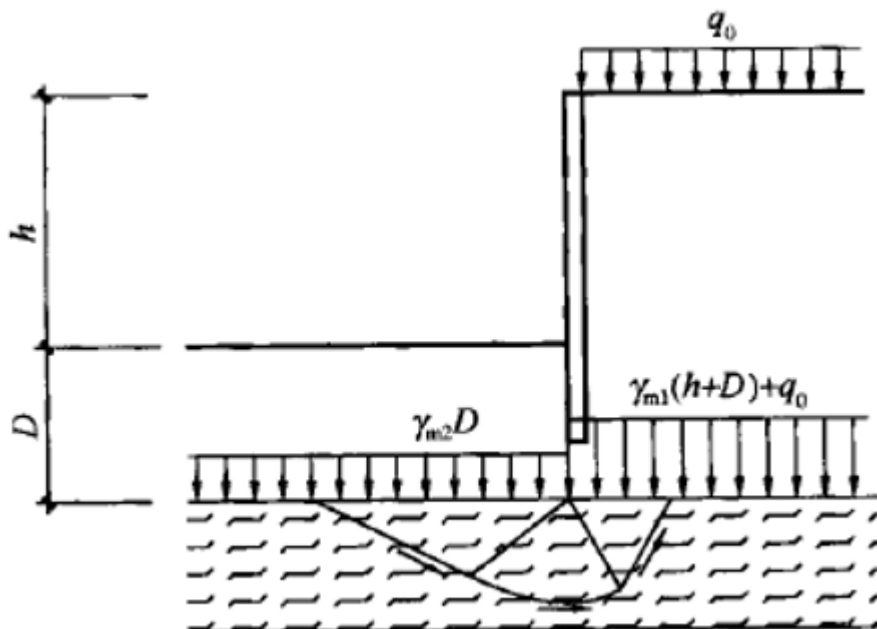
$$\frac{\gamma_{m2} l_d N_q + c N_c}{\gamma_{m1} (h + l_d) + q_0} \geq SF_u$$

$$N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \varphi}$$

$$N_q = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) e^{\pi \tan \varphi}$$

kde:	SF_u	- požadovaný stupeň bezpečnosti proti nadzdvížení dna
	γ_{m1}	- průměrná objemová tíha zeminy za konstrukcí
	γ_{m2}	- průměrná objemová tíha zeminy před konstrukcí
	l_d	- hloubka konstrukce v zemině
	h	- hloubka výkopu
	q_0	- přetížení povrchu
	N_c, N_q	- koeficienty únosnosti
	c, φ	- soudržnost a úhel vnitřního tření zeminy v místě paty stěny

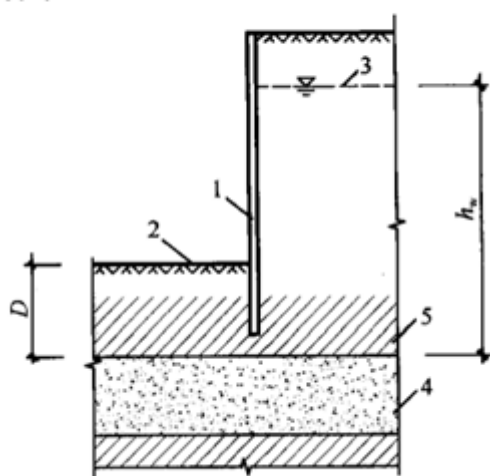
Poznámka: V případě, že se pod patou pažicí konstrukce nachází více vrstev, program provede posouzení ve všech hloubkách rozhraní těchto vrstev. Místo hloubky konstrukce v zemině (l_d) je tedy dosazena hloubka rozhraní od dna jámy (D).



Princip posouzení při uvažování vrstvy v hloubce D

Posouzení hydraulického zdvihu podle čínských norem

Toto posouzení závisí na **hloubce napjaté zvodně D** a **výšce její napjaté hladiny h_w** , do které by vystoupila hladina podzemní vody z této zvodně, kdyby nebyla omezena zhora nepropustnou vrstvou.



- ① Nepropustná stěna
- ② Dno výkopu
- ③ Napjatá hladina podzemní vody
- ④ Napjatá zvědeň
- ⑤ Nepropustná vrstva

Posouzení se provádí pomocí stupně bezpečnosti a je dáno vztahem:

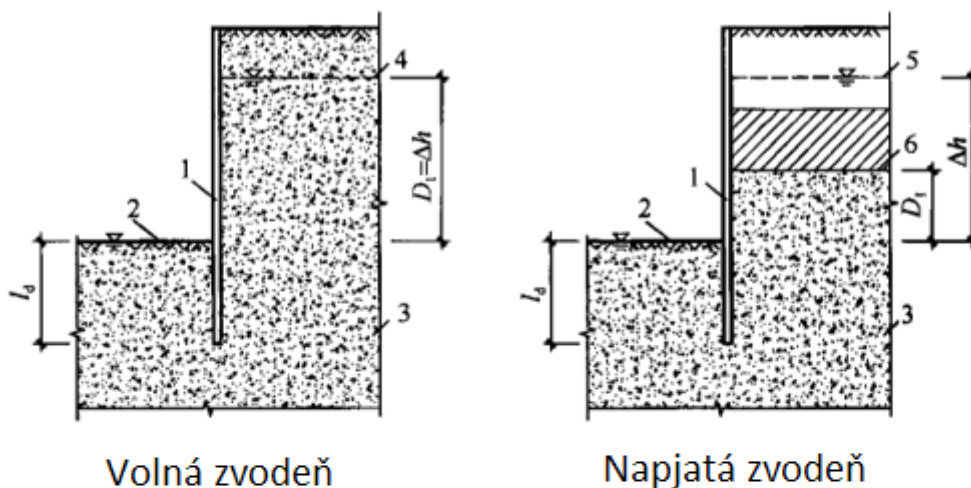
$$\frac{D\gamma}{h_w\gamma_w} \geq SF_h$$

kde:

SF_h	- požadovaný stupeň bezpečnosti proti hydraulickému zdvihu
D	- hloubka napjaté zvodně od dna výkopu
γ	- průměrná objemová tíha zeminy v hloubce D
h_w	- potenciální výška napjaté hladiny (od napjaté zvodně)
γ_w	- objemová tíha vody

Posouzení vyplavování zeminy podle čínských norem

Toto posouzení může být provedeno pro volnou i napjatou zvodeň.



- ① Nepropustná stěna
- ② Dno výkopu
- ③ Zvoděň (vlevo volná / vpravo napjatá)
- ④ Volná hladina podzemní vody
- ⑤ Napjatá hladina podzemní vody
- ⑥ Horní ohraničení napjaté zvodně

Posouzení se provádí pomocí stupně bezpečnosti a je dáno vztahem:

$$\frac{(2l_d + 0.8D_1) \gamma'}{\Delta h \gamma_w} \geq SF_p$$

- kde:
- SF_p - požadovaný stupeň bezpečnosti proti vyplavování zeminy
 - l_d - hloubka konstrukce v zemině
 - D_1 - hloubka dna výkopu od volné hladiny nebo horního ohraničení napjaté zvodně
 - γ' - objemová tíha nadlehčené zeminy
 - Δh - rozdíl hladiny uvnitř a vně stavební jámy
 - γ_w - objemová tíha vody

Sednutí terénu za pažením

Sednutí terénu za pažící konstrukcí může být spočteno na základě následujících teorií:

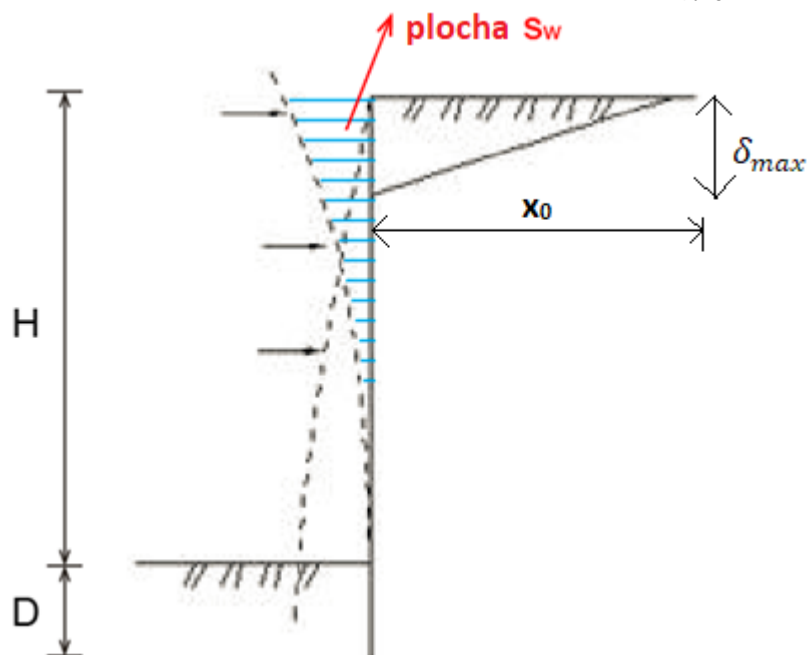
- trojúhelníková metoda
- indexová metoda
- parabolická metoda
- DG/TJ08-61-2010

Trojúhelníková metoda

Sednutí terénu za pažící konstrukcí se při použití trojúhelníkové metody určí následovně:

$$\delta_{max} = \frac{2 \cdot s_w}{x_0}$$

- kde:
- δ_{max} - maximální sednutí
 - s_w - plocha vytvořena deformovanou konstrukcí
 - x_0 - rozsah sednutí



Rozsah sednutí terénu x_0 je určen následovně:

$$x_0 = (H + D) \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$$

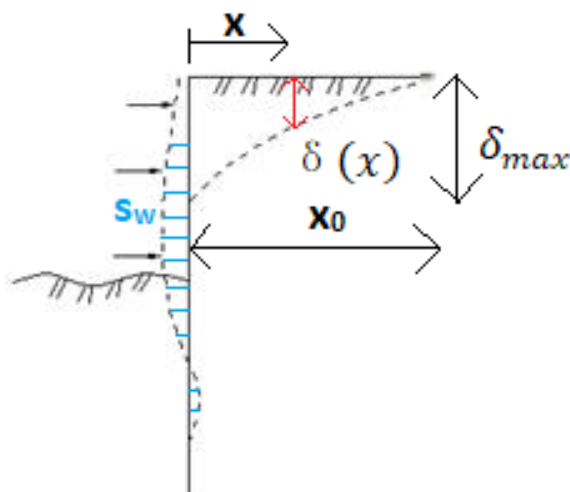
kde:

- H - hloubka výkopu
- D - délka konstrukce v zemině (pod dnem výkopu)
- φ - průměrný úhel vnitřního tření po výšce konstrukce

Indexová metoda

Sednutí terénu za pažící konstrukcí se při použití **indexové metody** určí následovně:

$$\delta_{max} = \frac{3 \cdot s_w}{x_0}$$



$$\delta(x) = e^{c(x_0 - x)} - 1$$

$$c = \ln\left(\frac{3s_w}{x_0} + 1\right) / x_0$$

kde:

- δ_{max} - maximální sednutí

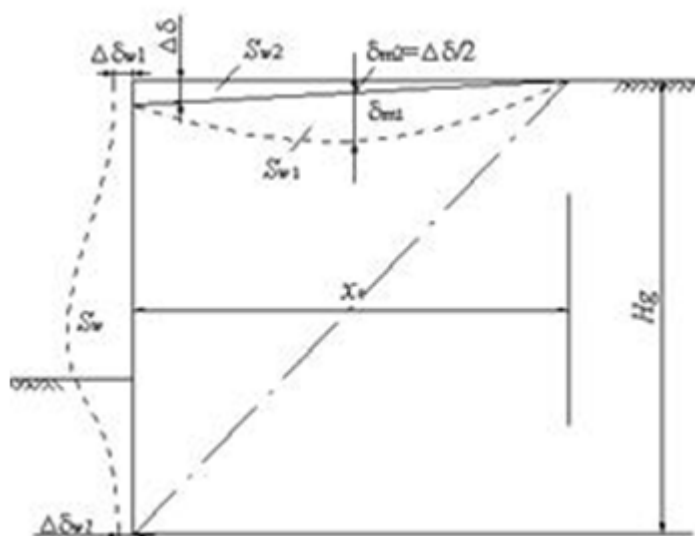
- s_w - plocha vytvořena deformovanou konstrukcí
- x_0 - rozsah sednutí
- $\delta(x)$ - sednutí v libovolném bodě ve vzdálenosti x
- x - vodorovná vzdálenost od pažící konstrukce

Poznámka: Rozsah sednutí terénu x_0 je určen shodným způsobem jako v případě *trojúhelníkové metody*.

Parabolická metoda

Sednutí terénu za pažící konstrukcí se při použití **parabolické metody** určí následovně:

$$\delta(x) = 4 \cdot \delta_{max} \cdot \frac{x \cdot (x_0 - x)}{x_0^2} + \Delta\delta \cdot \frac{x_0 - x}{x_0}$$



$$\Delta\delta = \frac{1}{2} \cdot (\delta_{w1} + \delta_{w2})$$

$$\delta_{max} = \frac{1.6 \cdot s_w}{x_0} - 0.3 \cdot \Delta\delta$$

- kde:
- δ_{max} - maximální sednutí
 - s_w - plocha vytvořena deformovanou konstrukcí
 - x_0 - rozsah sednutí
 - $\delta(x)$ - sednutí v libovolném bodě ve vzdálenosti x
 - x - vodorovná vzdálenost od pažící konstrukce
 - δ_{w1} - vodorovná deformace v hlavě pažící konstrukce
 - δ_{w2} - vodorovná deformace v patě pažící konstrukce

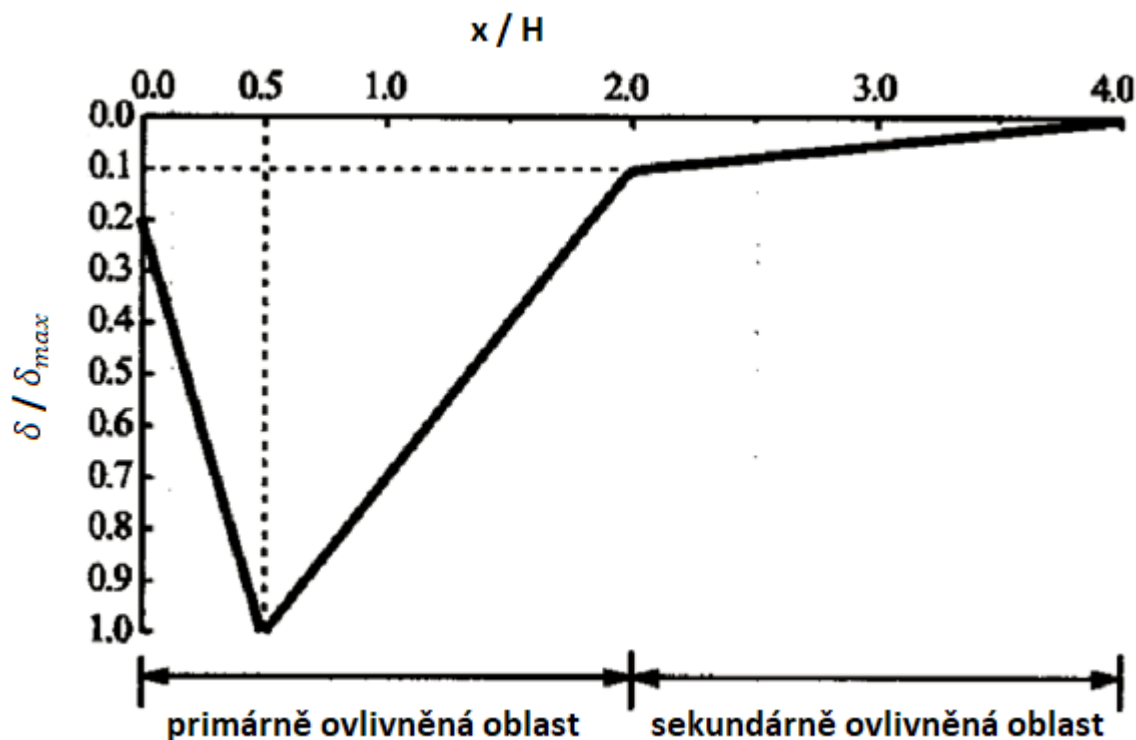
Poznámka: Maximální sednutí δ_{max} je stanoveno podle Peckovy teorie, zatímco průběh sednutí odpovídá parabolické křivce. Maximální hodnota $\delta(x)$ tedy neodpovídá hodnotě maximálnímu sednutí δ_{max} . Rozhodující maximální sednutí má být uvažováno jako δ_{max} .

Poznámka: Rozsah sednutí terénu x_0 je určen shodným způsobem jako v případě *trojúhelníkové metody*.

DG/TJ08-61-2010

Sednutí terénu za pažící konstrukcí vychází z čínské normy **DG/TJ08-61-2010** (Technical code for excavation engineering in Shanghai) a je doporučeno pro použití v **měkkých zeminách**.

Průběh sednutí terénu lze rozdělit do dvou úseků - **primárně a sekundárně ovlivněná oblast**.



Maximální sednutí δ_{max} je určeno dle rovnice:

$$\delta_{max} = 0.8\delta_{hm}$$

kde: δ_{max} - maximální sednutí
 δ_{hm} - maximální vodorovná deformace konstrukce

Rozsah sednutí za pažící konstrukcí x_0 je:

$$x_0 = 4H$$

kde: x_0 - rozsah sednutí
 H - hloubka výkopu

Přesný průběh sednutí $\delta(x)$ v celém rozsahu x_0 lze určit podle následujících rovnic:

$$\text{Pro } x \leq 0.5H, \delta(x) = \frac{1.6\delta_{max}}{H}x + 0.2\delta_{max}$$

$$\text{Pro } 0.5H < x \leq 2H, \delta(x) = -\frac{0.6\delta_{max}}{H}x + 1.3\delta_{max}$$

$$\text{Pro } 2H < x \leq 4H, \delta(x) = -\frac{0.05\delta_{max}}{H}x + 0.2\delta_{max}$$

kde: $\delta(x)$ - sednutí v libovolném bodě ve vzdálenosti x
 x - vodorovná vzdálenost od pažící konstrukce

Literatura:

DG/TJ08-61-2010 (Technical code for excavation engineering in Shanghai)

Využití pasivního odporu

Program umožňuje porovnat maximální možný a reálně využitý pasivní odpor pode dnem jámy. Přestože není toto posouzení standardně vyžadováno, může být užitečné při optimalizaci návrhu délky vetknutí konstrukce v zemině.

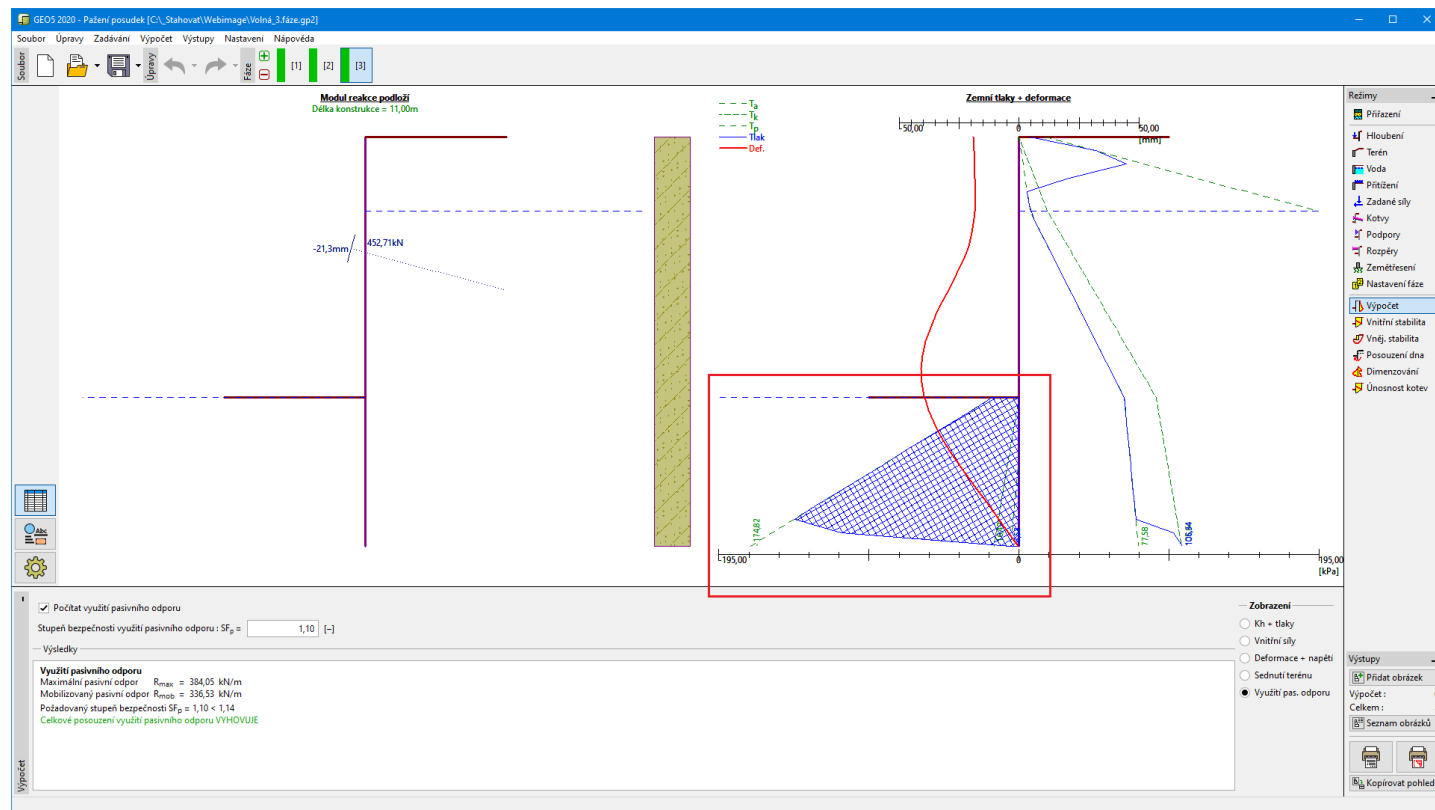
Posouzení se provádí vždy na stupně bezpečnosti:

$$SF_p < \frac{R_{max}}{R_{mob}}$$

kde:

- SF_p - požadovaný stupeň bezpečnosti využití pasivního odporu
- R_{max} - maximální pasivní odpor pode dnem jámy
- R_{mob} - mobilizovaný pasivní odpor pode dnem jámy

Mobilizovaný pasivní odpor R_{mob} je v programu znázorněn šrafováním:



Využití pasivního odporu

Svislá únosnost

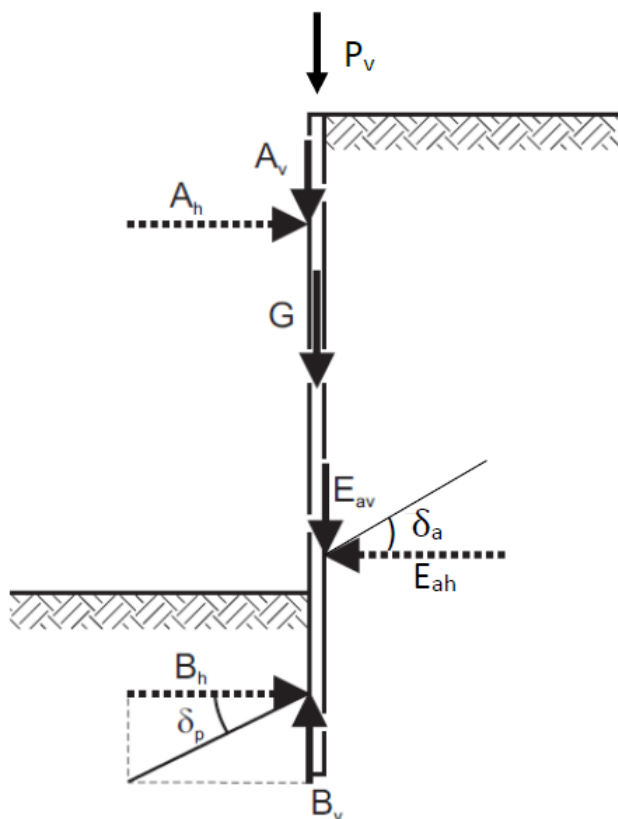
Program umožňuje ověřit:

- mobilizaci zemního odporu
- svislou únosnost

Obě posouzení lze provést na stupně bezpečnosti nebo dle německých norem EB9/EB84.

Mobilizace zemního odporu

Ověření mobilizace zemního odporu



Síly působící na konstrukci

Při posouzení na stupně bezpečnosti:

$$SF_f < \frac{P_v + A_v + G + E_{av}}{B_v}$$

Při posouzení EB9/EB84:

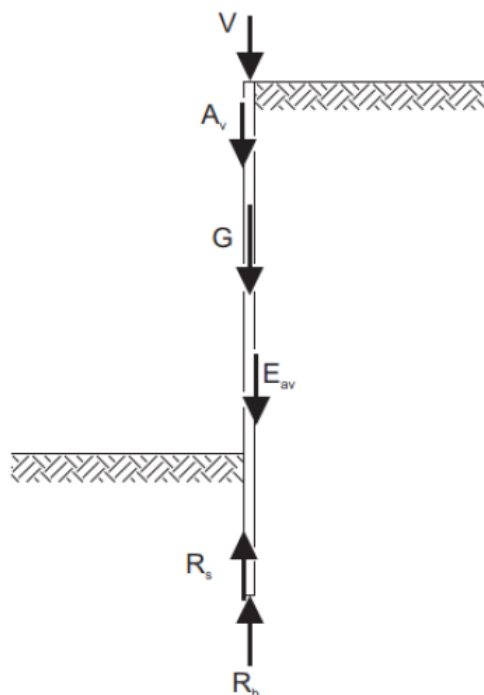
$$\begin{aligned} F_{vk} &> P_{vk} \\ F_{vk} &= P_v + A_v + G + E_{av} \\ P_{vk} &= B_v \end{aligned}$$

kde:

- SF_f - požadovaný stupeň bezpečnosti mobilizace zemního odporu
- P_v - stálé zatížení působící na zed'
- A_v - svislé síly od kotev
- G - vlastní tíha zdi
- E_{av} - třecí síla za zdí
- B_v - třecí síla před zdí

Ověření svislé únosnosti

Ověření svislé únosnosti



Síly působící na konstrukci

Při posouzení na stupně bezpečnosti:

$$SF_v < \frac{R_b + R_s}{V + A_v + G + E_{av}}$$

Při posouzení EB9/EB84:

$$F_{vd} < R_{vd}$$

$$F_{vd} = (P_v + A_v + G + E_{av}) \cdot \gamma_G + P_{v,t} \cdot \gamma_Q$$

$$R_{vd} = (R_b + R_s) / k_V$$

kde:	SF_v	- požadovaný stupeň bezpečnosti svislé únosnosti
	V	- zatížení působící na zed' (stálé i proměnné)
	P_v	- stálé zatížení působící na zed'
	$P_{v,t}$	- proměnné zatížení působící na zed'
	γ_G	- součinitel stálého zatížení
	γ_Q	- součinitel proměnného zatížení
	A_v	- svislé síly od kotev
	G	- vlastní tíha zdi
	E_{av}	- třecí síla za zdí
	B_v	- třecí síla před zdí
	R_b	- svislá únosnost paty
	R_s	- svislá únosnost pláště
	k_V	- součinitel redukce svislé únosnosti

Únosnost paty

Únosnost paty je dána vztahem:

$$R_b = A_b \cdot q_0$$

kde:	R_b	- únosnost paty
	A_b	- plocha paty
	q_0	- odpor v patě pažící konstrukce

Stanovení odporu q_0 by mělo být součástí geologického průzkumu.

Orientační hodnoty q_0 [MPa] lze nalézt v odborné literatuře pro různé typy zemin a pažících konstrukcí:

- pro štětovnice

	nesoudržná zemina		
q_c	7,5	15	25
q_0	7,5	15	20

- pro beraněné pilotové stěny

	q_0					
	nesoudržná zemina			soudržná zemina		
	q_c			c_u		
s/D_{eq}	7,5	15	25	100	150	200
0,035	2,200-5,000	4,000-6,500	4,500-7,500	0,350-0,450	0,550-0,700	0,800-0,950
0,100	4,200-6,000	7,600-10,200	8,7500-11,500	0,600-0,750	0,850-0,110	0,115-0,150

- pro vrtané pilotové stěny

	q_0					
	nesoudržná zemina			soudržná zemina		
	q_c			c_u		
s/D_{eq}	7,5	15	25	100	150	250
0,02	0,550-0,800	1,050-1,400	1,750-2,300	0,350-0,450	0,600-0,750	0,950-1,200
0,03	0,700-1,050	1,350-1,800	2,250-2,950	0,450-0,550	0,700-0,900	1,200-1,450
0,10	1,600-2,300	3,000-4,000	4,000-5,300	0,800-1,000	0,1200-0,1500	1,600-2,000

kde:

- q_c - odpor na hrotu zatlačované sondy, zkouška CPT [MPa]
- c_u - totální soudržnost zeminy [kPa]
- s - sednutí piloty
- D_{eq} - průměr piloty

Literatura:

EA-Pfähle, ISBN: 978-3-433-03005-9.

Únosnost na plášti

Svislá únosnost pláště je dána vztahem:

$$R_s = A_s \cdot q_s$$

kde:

- R_s - únosnost na plášti
- A_s - styčná plocha
- q_s - plášťové tření

Poznámka: U podzemních a pilotových stěn je styčná plocha dopočtena automaticky, u ostatních průřezů ji musí uživatel zadat [m²/m , ft²/ft].

Stanovení plášťového tření q_s by mělo být součástí geologického průzkumu.

Orientační hodnoty q_s [kPa] lze nalézt v odborné literatuře pro různé typy zemin a pažících konstrukcí:

- pro štětovnice

	nesoudržná zemina		
q_c	7,5	15	25
q_s	20	40	50

- pro beraněné pilotové stěny

	q_s					
	nesoudržná zemina			soudržná zemina		
	q_c			c_u		
s/D_{eq}	7,5	15	25	100	150	200
s_{sg}^*	30-40	65-90	85-120	20-30	35-50	45-65
$s_{sg}=s_g=0,1D_{eq}$	40-60	95-125	125-160	20-35	40-60	55-80

- pro vrtané pilotové stěny

	nesoudržná zemina		
q_c	7,5	15	25
q_s	55-80	105-140	130-170

- kde:
- q_c - odpor na hrotu zatlačované sondy, zkouška CPT [MPa]
 - c_u - totální soudržnost zeminy [kPa]
 - s_{sg}^* - sedání odpovídající zatížení na mobilizaci plášťového tření
 - $s_{sg}=s_g$ - limitní sedání

Literatura:

EA-Pfähle, ISBN: 978-3-433-03005-9

Stabilizační pilota

Program "**Stabilizační pilota**" provádí posouzení stabilizačních pilot (**výpočet vnitřních sil, deformací, dimenzování průřezu piloty**). Vlastní výpočet konstrukce odpovídá výpočtům v programu "**Pažení posudek**", hlavním rozdílem je odlišné **stanovení tlaků** resp. zatížení nad předpokládanou smykovou plochou a možnost **vetknutí pilot** do horniny.

Pokud je pro zadaný svah, resp. konstrukci nalezena nevyhovující smyková plocha, pak je možné stabilitu svahu **zvýšit vložením** stabilizační piloty (pro program "**Stabilita svahu**" se tento krok provádí v rámci "**Stabilizační piloty**"). Pilota musí být umístěna tak, aby se s danou smykovou plochou protínala a zároveň aby její pata byla dostatečně hluboko pod uvažovanou smykovou plochou. V části nad smykovou plochou působí na pilotu aktivní síla T , která se snaží pilotu posunout a pasivní síla P , která naopak pilotu stabilizuje. **Rozdílem aktivní a pasivní síly** je namáhání piloty, které zadaná pilota musí přenést, aby zvýšila stabilitu dané smykové plochy na požadovanou hodnotu SF_s .

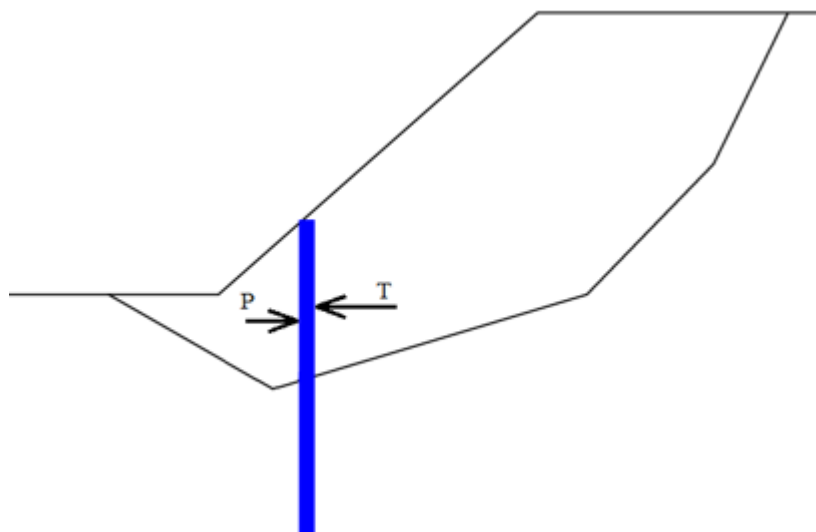


Schéma působení aktivní a pasivní síly na stabilizační pilotu

Jestliže je stabilita svahu SF bez piloty dostatečná, aktivní a pasivní síla jsou v rovnováze - pilota není namáhána žádným zatížením a nemá smysl ji používat. Pro výpočet sil působících na pilotu je proto důležité, aby požadovaný stupeň stability SF_s byl vyšší, než spočtený stupeň stability dané smykové plochy SF bez použití piloty, resp. aby požadovaná bezpečnost byla vyšší, než ta, kterou má daná smyková plocha bez použití piloty.

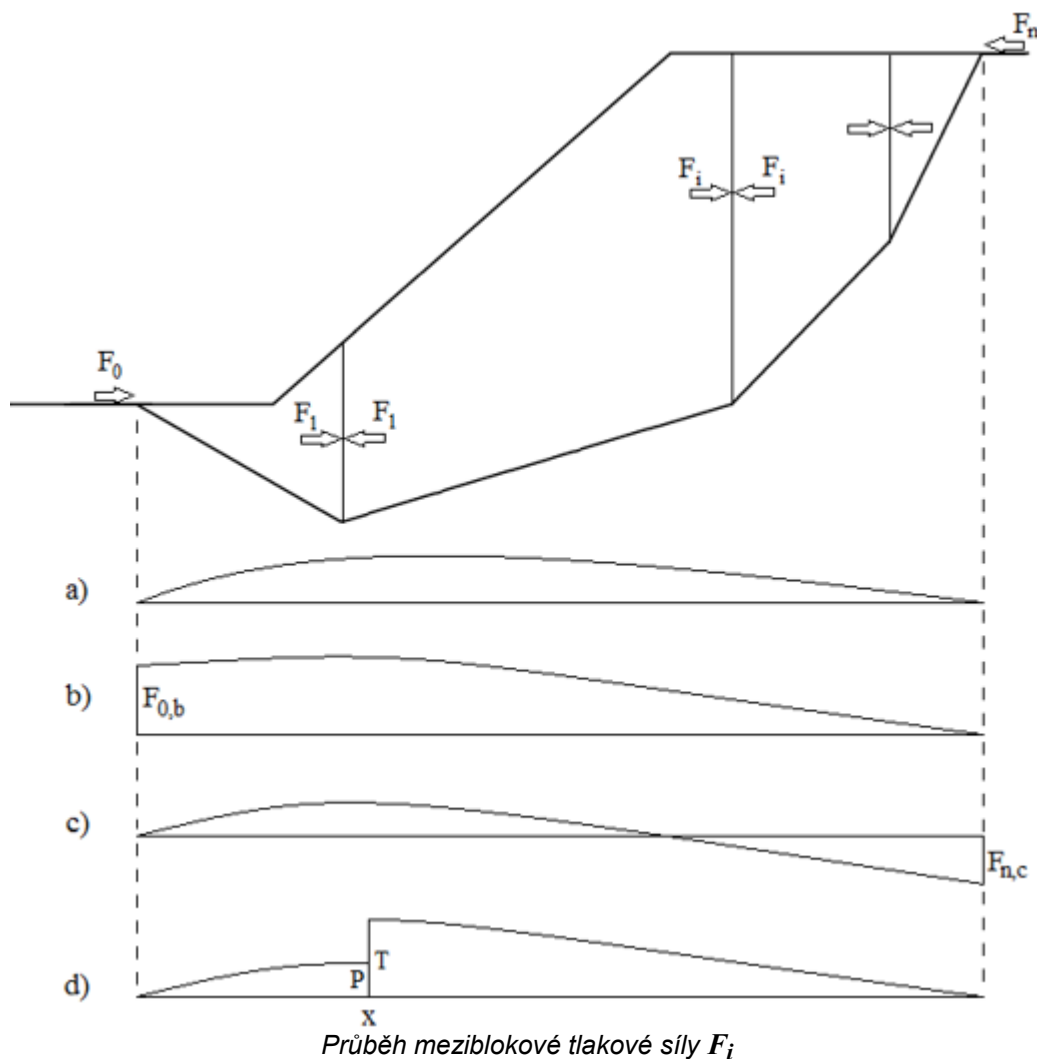
Stanovení sil působících na stabilizační pilotu

Síly, které působí na stabilizační pilotu, se určují výpočtem stability svahu. Při výpočtu stupně stability SF se počítá rovnováha sil na blocích zeminy nad smykovou plochou. Na svislých rovinách mezi jednotlivými bloky se předpokládá působení meziblokových sil F_i a stanovení hodnot těchto sil je jedním z kroků při výpočtu stupně stability. Pokud jsou bloky zeminy přesně ve stavu mezní rovnováhy, pak hodnoty meziblokových sil na začátku a na konci smykové plochy jsou nulové. Limitní stupeň stability SF_{lim} , pro nějž je této mezní rovnováhy dosaženo, je považován za skutečný stupeň stability dané smykové plochy. Průběh meziblokových sil po délce sesuvu se nazývá **tlaková čára**. Síly působící na stabilizační pilotu se stanovují z průběhu tlakových čar počítaných pro požadovaný stupeň stability SF_s .

Na následujícím obrázku jsou znázorněny různé typy průběhu meziblokových sil F_i (tlakové čáry). **Graf a)** znázorňuje průběh sil F_i ve stavu mezní rovnováhy, kdy na začátku i na konci průběhu jsou nulové hodnoty. Znamená to, že tohoto stavu bylo dosaženo pro hodnotu stupně stability SF_{lim} , který přesně vyjadřuje míru bezpečnosti dané smykové plochy.

Graf b) zobrazuje tlakovou čáru spočtenou pro vyšší stupeň stability, než odpovídá SF_{lim} . V horní části je zaveden předpoklad nulové síly F_n a v dolním konci smykové síly následně vychází nenulová hodnota síly $F_{0,b}$. Znamená to, že pokud by mělo být dosaženo stupně stability SF , musela by v patě svahu teoreticky působit tlaková síla o velikosti $F_{0,b}$.

Graf c) zobrazuje tlakovou čáru pro stupeň stability SF vyšší, než je SF_{lim} . Vychází z předpokladu nulové síly F_0 na dolním konci smykové plochy a na jejím horním konci pak vychází nevyrovnaná síla $F_{n,c}$. Pokud by mělo být pro stupeň stability SF dosaženo rovnováhy, musela by v horním konci smykové plochy teoreticky působit tahová síla této velikosti. Na **grafu d)** je zachycen uvažovaný průběh meziblokových sil v případě, že v bodě x je umístěna stabilizační pilota. Část průběhu pod zadanou pilotou vychází z grafu c) a je z ní v bodě x určena velikost pasivní síly P . Nad pilotou se uvažuje průběh podle grafu b) a v bodě x je stanovena velikost aktivní síly T . Rozdíl hodnot P a T je příslušná síla, kterou přenáší stabilizační pilota.



Legenda k obrázku:

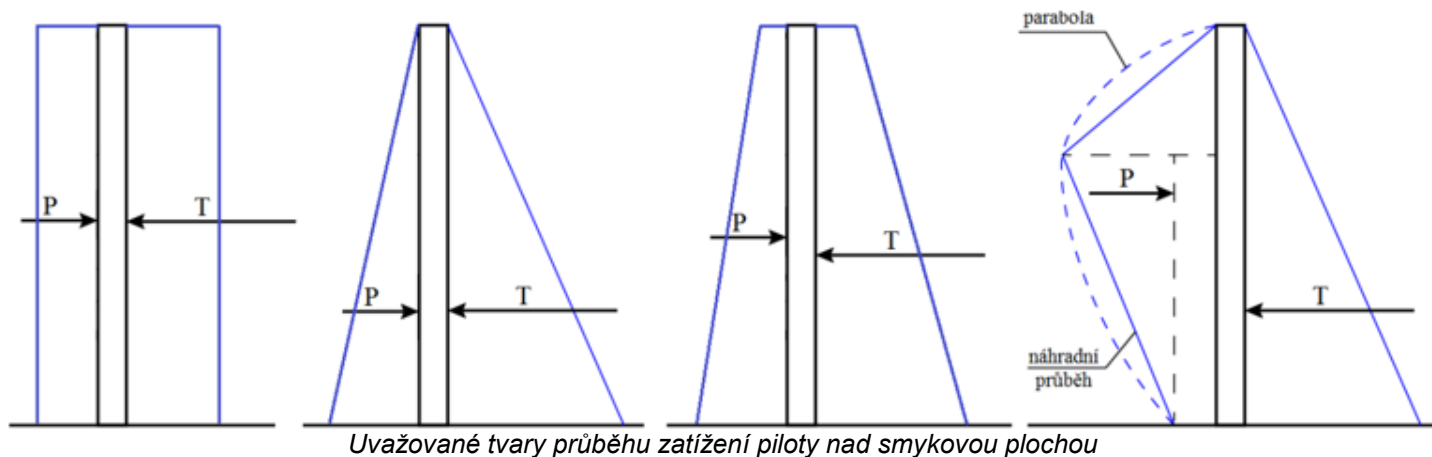
- a) průběh pro stupeň stability $SF = SF_{lim}$ ($F_0 = 0$ a $F_n = 0$)
- b) průběh pro stupeň stability $SF > SF_{lim}$ s nulovou hodnotou na horním konci

c) průběh pro stupeň stability $SF > SF_{lim}$ s nulovou hodnotou na spodním konci

d) průběh pro stupeň stability SF se stabilizační pilotou v bodě x

Průběhy tlaku nad smykovou plochou

Průběh zatížení stabilizační piloty nad smykovou plochou se stanoví z velikosti sil P a T . Předpokládá se průběh **konstantní, trojúhelníkový** nebo **lichoběžníkový** (pro program "**Stabilizační pilota**" se rozdělení aktivní a pasivní síly zadává v rámu "**Stanovení tlaku**"). Pro pasivní (vzdorující) sílu P lze též uvažovat průběh **parabolický**, který se pro zjednodušení aproximuje částí trojúhelníkovou a částí lichoběžníkovou.



Doporučení pro rozdělení aktivní síly

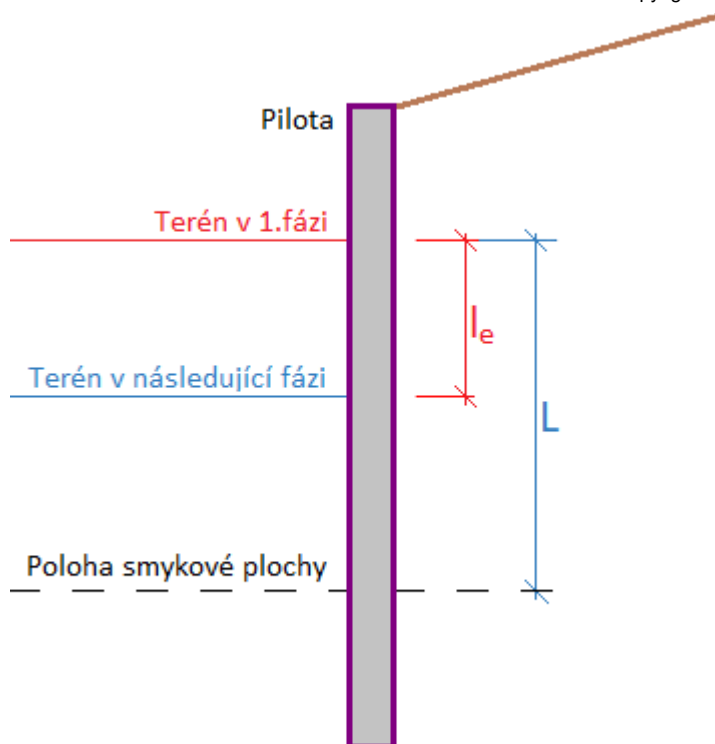
- Rozdělení dle trojúhelníku - vrstva nad smykovou plochou tvořena hrubozrnnými zeminami (štěrk)
- Rozdělení dle obdélníku - vrstva nad smykovou plochou tvořena jemnozrnnými zeminami (jíl)
- Rozdělení dle lichoběžníku - vrstva nad smykovou plochou tvořena hrubozrnnými i jemnozrnnými zeminami

Dopočet pasivní síly v následující fázi

Pokud dojde v následující fázi ke změně terénu před konstrukcí, může být **pasivní síla** v této fázi **automaticky dopočtena** dle vzorce:

$$F = \frac{L - l_e}{L} F_0$$

kde:	F	-	nově dopočtena pasivní síla
	L	-	hloubka smykové plochy pod terénem v první fázi
	l_e	-	vzdálenost mezi terénem v první a aktuální fázi
	F_0	-	původní pasivní síla



Šachta

Program Šachta v rámu "Výpočet" stanovuje **zatížení** působící na šachtu.

Spočtené zatížení je pak vstupem pro **výpočet vnitřních sil** v rámu "Dimenzování".

Výpočet zatížení na šachtu

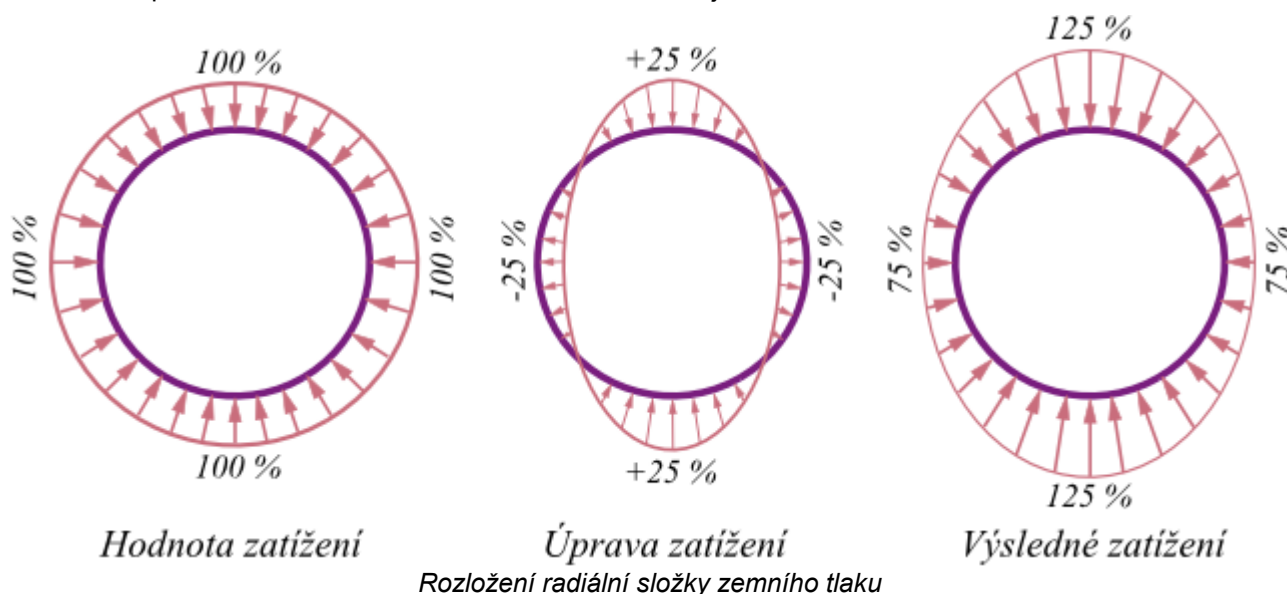
Zatížení od zemního tlaku, které působí na šachtu, se stanovuje v rámu "Výpočet". Pro určení zemního tlaku, který působí na kruhovou šachtu, má zásadní vliv deformace konstrukce šachty. Tuhá konstrukce šachty neumožňuje deformaci, a proto je vystavena většímu zatížení, než poddajná konstrukce. Naopak poddajná konstrukce šachty umožní dostatečnou deformaci a je tedy namáhána mnohem menším zatížením, než konstrukce tuhá.

V programu lze uvažovat, resp. posoudit tři druhy šachet:

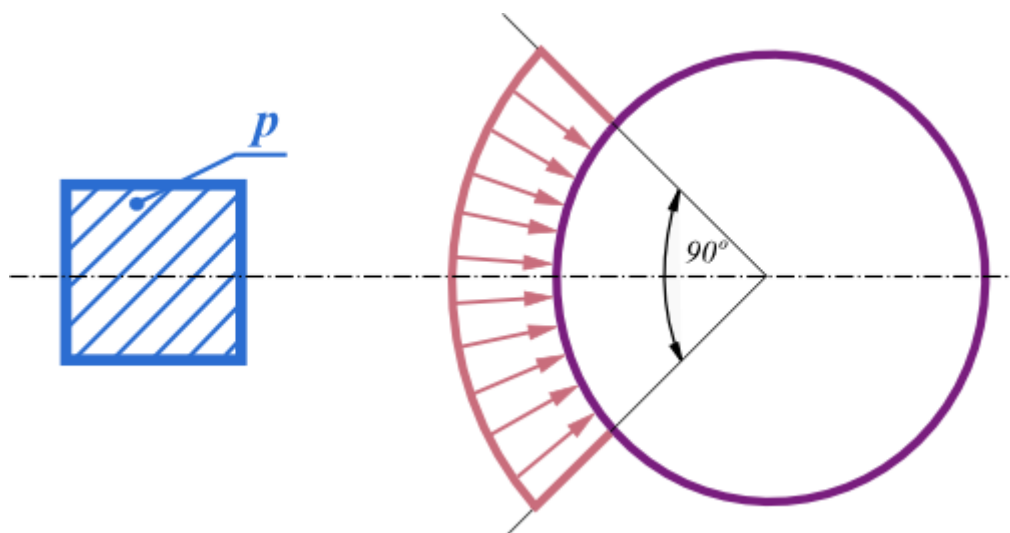
- **Poddajná** - posuzuje se na zatížení aktivním zemním tlakem (pro **bodové / omezené plošné přetížení**)
- **Polotuhá**
- **Tuhá** - posuzuje se na zemní tlak v klidu (pro **bodové / omezené plošné přetížení**)

Postup stanovení zatížení

Zatížení od zemního tlaku a celoplošného přetížení působí rovnoměrně a po celém obvodu je stejné. Toto zatížení způsobuje pouze namáhání konstrukce normálovou silou a je velice příznivé. Pro modelování reálného zatížení šachty program umožňuje spočtené zatížení dále upravit pomocí Koeficientu redukce zatížení ve smyslu norem DIN V 4034-1 či СНиП II-94-80. Doporučená hodnota Koeficientu redukce zatížení je 25 %.



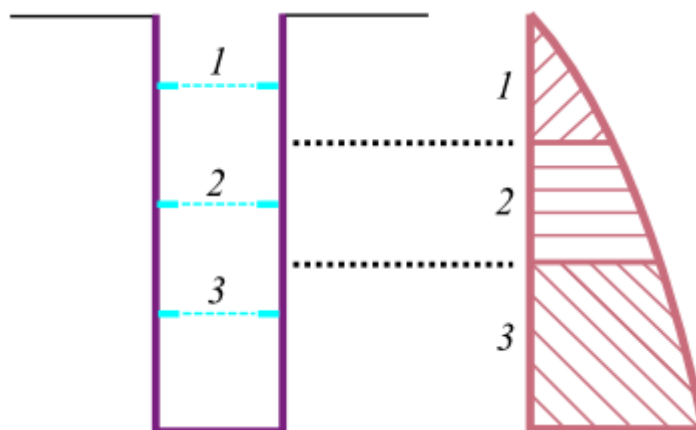
Zatížení od bodového / omezeného plošného přetížení je uvažováno podle následujícího obrázku. Koeficientem redukce zatížení není nijak upravováno.



Výpočet zemního tlaku na konstrukci šachty se zadaným přetížením (schéma - půdorys)

Přepočet zatížení na jednotlivé převázky

Pokud jsou zadány převázky, program počítá zatížení na zadané převázky. Zatížení působící na převázku se uvažuje v závislosti na jejich osové vzdálenosti, obdobně jako u trámového stropu.



Výpočet zatížení na převázku

Pokud převázky zadané nejsou, počítá se zatížení v zadané hloubce na 1 **bm** hloubky konstrukce.

Na základě spočteného zatížení se v programu následně stanoví průběhy **vnitřních sil** na konstrukci šachty.

Literatura:

Berezantzev, V. G.: *Earth pressure on the cylindrical retaining walls, Brussels conference on Earth pressure problems*, 1958.

ČSN 73 0037: *Zemní tlak na stavební konstrukce*, 1990.

DIN 4085: *Berechnung des Erddrucks*, 1987.

Exner, K.: *Hloubení jam, VŠB v Ostravě*, 1986.

Cheng, Y. M.; Hu, Y. Y.: *Active earth pressure on circular shaft lining obtained by simplified slip line solution with general tangential stress coefficient. Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 27 (1), 110-115, 2005.

Link, H.; Lutgendorf, H.; Stoss, K.: *Richtlinien zur Berechnung von Schachtauskleidungen in nicht standfestem Gebirge*, 1976.

Sedláček, M.: *Zatížení kruhových šachet prostorovým zemním tlakem. Příspěvek ke konferenci Zakládání staveb*, 2014.

Snášelová, K.: *Hloubení a vyztužování jam v extrémních podmínkách, ODIS VTEI pro uhelný průmysl*, 1987.

Tobar, T.; Meguid, M.: *Distribution of active earth pressure on vertical shafts, Geo Halifax*, 2009.

Valencia, T. T.: *An experimental study of the earth pressure distribution on cylindrical shafts, McGill University, Montreal*,

2009.

Walz, B.; Pulsfort, M.: *Raumliche Erddruck auf Schachtbauwerke in Abhängigkeit von der Wandverformung*, Bergische Universität Wuppertal, 1999.

Poddajná konstrukce šachty

Typickým příkladem **poddajné konstrukce** je šachta, která je prováděná hornickým způsobem. Při této technologii výstavby dochází nejprve k odtěžení zeminy a následně k instalaci primární výztuže. Vlivem technologických prostojů (odtěžení zeminy, nástřik betonu či instalace důlní výztuže) dochází k určité časové prodlevě, během níž je dojde k přeskupení napětí v zemině v okolí šachty a výsledná intenzita zemního tlaku na konstrukci šachty bude blízká aktivnímu zemnímu tlaku. Tuto skutečnost nejlépe vystihuje teorie podle V. G. Berezantseva (1958).

Zatížení na poddajnou šachtu se určí podle vzorce:

$$p_a = K_{a\gamma} \gamma h + K_{aq} q - K_{ac} c_{ef}$$

kde:

- γ - objemová tíha zeminy
- h - hloubka řezu
- q - velikost přetížení
- c_{ef} - soudržnost zeminy

$$K_{a\gamma} = \frac{\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)}{\eta - 1} \left(\frac{r_0}{h} - \frac{r_0}{h R_b^{\eta-1}} \right)$$

$$K_{aq} = \frac{1}{R_b^{\eta}} \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)$$

$$K_{ac} = \left[\frac{1 - \lambda + \eta}{\eta} - \frac{\xi}{R_b^{\eta}} \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) \right] \cot \varphi_{ef}$$

kde:

- r_0 - poloměr šachty
- φ_{ef} - úhel vnitřního tření zeminy
- $\xi = 1$
- $\lambda = 1$

$$\eta = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) - 1$$

$$R_b = 1 + \frac{h}{r_0} \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)$$

Literatura:

Berezantsev, V. G.: *Earth pressure on the cylindrical retaining walls*, Brussels conference on Earth pressure problems, 1958.

Polotuhá konstrukce šachty

Typickým příkladem **polotuhé konstrukce** je šachta z ocelových štětovnic. Při této technologii výstavby dojde nejprve k vybudování vlastní konstrukce šachty a teprve potom dochází k odtěžení zeminy. Ovšem vzhledem k subtilitě konstrukce šachty je umožněno částečné přeskupení napětí v zemině v okolí šachty. Výsledná intenzita zemního tlaku na konstrukci šachty se pohybuje mezi prostorovým aktivním zemním tlakem a prostorovým klidovým tlakem.

Zatížení na polotuhou šachtu je v programu uvažováno jako průměrná hodnota zatížení poddajné šachty a tuhé šachty.

Tuhá konstrukce šachty

Typickým příkladem **tuhé konstrukce** je šachta z převrtávaných pilot. Při této technologii výstavby dojde nejprve k vybudování vlastní konstrukce šachty a teprve poté dochází k odtěžení zeminy. Vlivem tuhé konstrukce (minimální deformace) nedojde k přeskupení napětí v zemině v okolí šachty a intenzita zemního tlaku bude odpovídat zemnímu tlaku v klidu. Tuto skutečnost nejlépe vystihují vztahy, které odvodili autoři Y. M. Cheng a Y. Y. Hu (2005).

Zatížení na tuhoun šachtu se určí podle vzorce:

$$p_a = K_{a\gamma} \gamma h + K_{aq} q - K_{ac} c_{ef}$$

- kde:
- γ - objemová tíha zeminy
 - h - hloubka řezu
 - q - velikost přetížení
 - c_{ef} - soudržnost zeminy

$$K_{a\gamma} = \frac{\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)}{(1 - \sin \varphi_{ef}) Z} \left(\left[1 + Z \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) \right]^{1 - \sin \varphi_{ef}} - 1 \right)$$

$$K_{aq} = \frac{1}{\left[1 + Z \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) \right]^{\sin \varphi_{ef}}} \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)$$

$$K_{ac} = \left[2 - \frac{1}{\left[1 + Z \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) \right]^{\sin \varphi_{ef}}} \sec^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right) \right] \cot \varphi_{ef}$$

- kde:
- r_0 - poloměr šachty
 - φ_{ef} - úhel vnitřního tření zeminy

$$\eta = \sin \varphi_{ef}$$

$$Z = \frac{h}{r_0}$$

r_0 poměr hloubky řezu h k poloměru šachty r_0

$$\xi = \sec^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)$$

$$R_b = 1 + \frac{h}{r_0} \tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_{ef}}{2}\right)$$

$$\lambda = 1 - \sin \varphi_{ef}$$

Literatura:

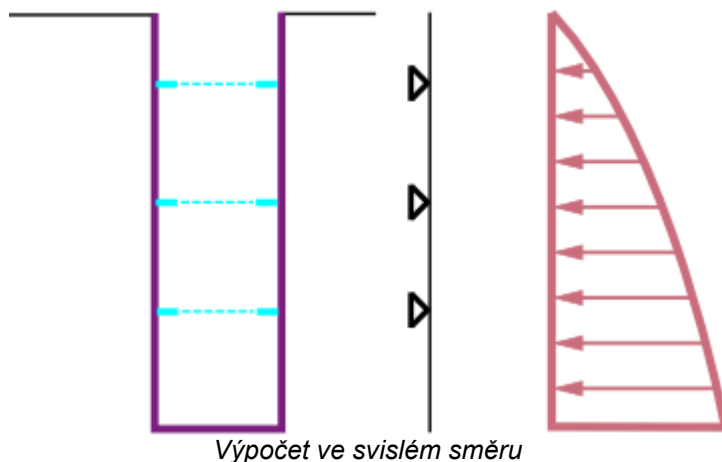
Cheng, Y. M.; Hu, Y. Y.: Active earth pressure on circular shaft lining obtained by simplified slip line solution with general tangential stress coefficient. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 27 (1), 110-115, 2005.

Výpočet vnitřních sil na šachtu (dimenzování)

Program umožňuje výpočet vnitřních sil na konstrukci ve svislém směru a vodorovném směru na základě stanoveného zatížení, které působí na šachtu.

Výpočet vnitřních sil ve svislém směru

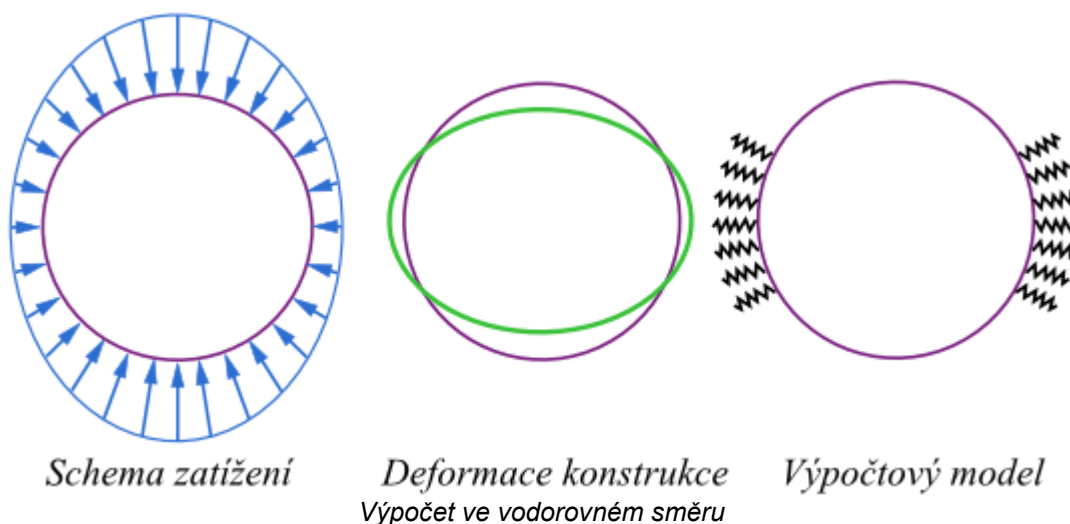
Schéma konstrukce je patrné z obrázku. Převázky jsou modelovány jako podpory, vlastní výpočet je proveden na 1 m šířky konstrukce. Konstrukce bez převázek resp. s jednou převázkou nelze ve svislém směru počítat.



Výpočet vnitřních sil ve vodorovném směru (polygonální metoda)

Při výpočtu vnitřních sil ve vodorovném směru se v programu používá polygonální metoda, při níž je tvar konstrukce zaveden do výpočtu střednicí a horizontální řez konstrukcí šachty (kruh) je rozdělen na jednotlivé pruty polygonu. Podepření prutů je modelováno pomocí nelineárně pružných liniových podpor, které působí pouze v tlaku. Tuhosti pružin jsou určeny zadaným modulem reakce podloží.

Na obrázku je vidět princip výpočtu - pokud se konstrukce deformuje směrem do středu, se zadanými pružinami se nepočítá.



Stabilita svahu

Program **Stabilita svahu** počítá stabilitu svahů a náspů s kruhovou resp. polygonální smykovou plochou.

Stabilita svahů je řešena na dvourozměrném modelu **zemního tělesa**. Zemina svahu může být pod hladinou **podzemní vody**, voda může i vystupovat nad povrch svahu a částečně nebo úplně jej zaplavovat. Na svahu může působit **přetížení** obecného tvaru a velikosti, umístěné buď na povrchu terénu, nebo uvnitř v zemním tělese. Do stability je započítán **vliv kotev**, jimiž může být svah zajištěn nebo mohou být v tělese svahu umístěny vodorovné výztužné prvky - **geovýtuhy**, resp. svislé prvky - **stabilizační piloty**. Výpočet může dále modelovat **vliv zemětřesení**.

V programu jsou zabudovány **dva způsoby výpočtu** - klasický výpočet podle stupně bezpečnosti (stupně stability) a výpočet podle teorie mezních stavů.

Smyková plocha může být modelována dvojím způsobem - jako **kruhová** (metody Bishop, Fellenius / Petterson, Spencer, Morgenstern-Price, Janbu, Šachuňanc, ITF) nebo **polygonální** (metody Sarma, Spencer, Morgenstern-Price, Janbu, Šachuňanc, ITF).

Zemní těleso

Zemní těleso je tvořeno vrstevnatým profilem. Je možno použít libovolný počet **vrstev**, přičemž každá vrstva je určena svou geometrií a materiálem. Materiálem vrstvy je zpravidla **zemina zadaných parametrů**. Při výpočtu se v zemním tělese stanovuje **geostatická napjatost**.

Vrstva může být zadána také jako **tuhé těleso**, taková vrstva pak představuje skalní podloží nebo opěrnou konstrukci. Tuhé těleso je v programu definováno tak, že jím smyková plocha neprochází.

Vliv vody

V řezu svahu může být zadána podzemní voda, a to jedním z pěti způsobů:

1) Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody se zadává jako polygon. Hladina vody může být libovolně zakřivená, může být celá pod povrchem nebo může vystupovat **nad povrch terénu**.

Vliv vody je započten jako pórový tlak, který působí v zemině a snižuje její smykovou únosnost. Pórový tlak se počítá jako tlak hydrostatický, t.j. objemová tíha vody se přenásobí redukovanou výškou hladiny:

$$u = \gamma_w h_r$$

kde: γ_w - objemová tíha vody
 h_r - redukovaná výška hladiny vody

$$h_r = h \cos^2 \alpha$$

kde: h - svislá vzdálenost bodu, ve kterém se počítá tlak a bodu na hladině
 α - sklon hladiny vody

Do výpočtu vstupuje vždy výslednice pórového tlaku na určitém úseku bloku:

$$U = ul$$

kde: u - pórový tlak v bodě
 l - délka úseku

Pod hladinou vody se počítá s objemovou tíhou nasycené zeminy γ_{sat} a vztlakem vody; nad hladinou vody se zadanou hodnotou objemové tíhy γ .

Smykové síly na smykové ploše se počítají podle vztahu:

$$T = (N - U) \tan \varphi + cd$$

kde: T - smyková síla na úseku smykové plochy
 N - normálová síla na úseku smykové plochy
 U - výslednice pórového tlaku na úseku smykové plochy
 φ - úhel vnitřního tření zeminy
 c - soudržnost zeminy
 d - délka úseku smykové plochy

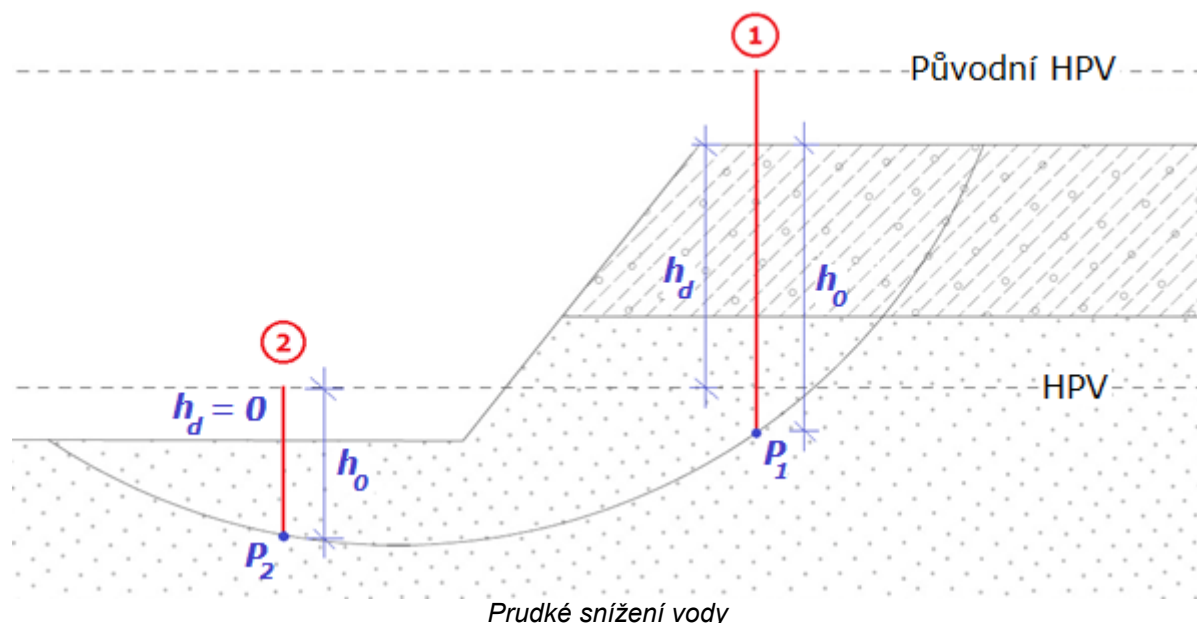
V případě totální napjatosti (zadává se v dialogovém okně "**Zeminy**") se použijí totální parametry a uvažuje se vždy nulový pórový tlak.

2) Hladina podzemní vody s vlivem sání

Nad zadanou hladinou vody je možno zadat **hladinu sání**. V oblasti mezi hladinou vody a hladinou sání se pak uvažuje záporná hodnota pórového tlaku u . Sání narůstá jako záporný hydrostatický tlak směrem od hladiny vody k úrovni hladiny sání.

3) Prudké snížení HPV

Nad zadanou hladinou vody je možno zadat **původní hladinu**, simulující stav těsně před prudkým snížením HPV.



Nejprve je vypočten počáteční pórový tlak u_0 :

$$u_0 = \gamma_w h_0$$

kde: h_0 - výška od původní hladiny k bodu **P**
 γ_w - objemová tíha vody

Výška h_0 je vzdálenost od bodu **P** (kde se vyjadřuje hodnota pórového tlaku) k původní hladině vody - to platí pro případ, kdy je původní hladina pod povrchem terénu. V případě původní hladiny nad terénem je výška h_0 uvažována od bodu **P** k úrovni terénu (viz řez 1 na obrázku). Pokud se obě vodní hladiny nachází nad terénem, potom je výška h_0 vzdáleností od bodu **P** k pokleslé hladině vody (viz řez 2 na obrázku).

Druhým krokem je určení úbytku pórového tlaku v oblasti mezi původní a pokleslou **HPV**:

$$\Delta u = \gamma_w h_d$$

kde: h_d - výška mezi původní a pokleslou hladinou vody
 γ_w - objemová tíha vody

Podobně jako v předchozím výpočtu tlaku, i zde mohou nastat tři možnosti polohy vodních hladin, tj. tři způsoby získání výšky h_d . Pokud jsou obě hladiny pod terénem, h_d je vzdálenost mezi původní a pokleslou hladinou vody. Je-li původní hladina nad terénem, výška h_d je uvažována od pokleslé hladiny vody pouze k úrovni terénu (viz řez 1 na obrázku). V posledním případě se obě hladiny mohou nacházet nad terénem, tj. rozdíl hladin h_d je nulový (viz řez 2 na obrázku).

Třetím krokem je určení konečné hodnoty pórového tlaku u . Úbytek tlaku Δu se přenásobuje součinitelem redukce počátečního pórového tlaku X který je nutno zadat pro každou zeminu v dialogovém okně v rámu "Zeminy". Do výpočtu vstupuje hodnota součinitele X zeminy, která je v místě určení pórového tlaku, tj. v místě bodu **P** (nikoliv zeminy, která je v oblasti mezi původní a pokleslou **HPV**). Je-li zemina propustná $X=1$, je-li prakticky nepropustná je $X=0$. Ve výpočtu se uvažuje konečná hodnota pórového tlaku:

$$u = u_0 - X \Delta u$$

kde: u_0 - počáteční pórový tlak
 X - součinitel redukce počátečního pórového tlaku
 Δu - úbytek pórového tlaku

4) Koeficienty pórového tlaku R_u

Koeficient pórového tlaku R_u udává poměr mezi pórovým tlakem a geostatickým napětím v zemině.

V oblasti, kde je R_u kladné, je uvažována zadaná objemová tíha nasycené zeminy γ_{sat} , v opačném případě objemová tíha zeminy γ .

Hodnoty R_u se zadávají pomocí izolinií, které spojují místa se stejnou hodnotou R_u . Hodnoty mezi izoliniemi se lineárně interpolují. Pórový tlak je vypočten jako geostatické napětí redukováné koeficientem R_u :

$$u = R_u \sum h_i \gamma_i$$

kde:

- R_u - koeficient pórového tlaku
- h_i - výška i -té vrstvy zeminy
- γ_i - objemová tíha i -té vrstvy zeminy

5) Hodnoty pórového tlaku

Podzemní vodu je možno popsat rovněž přímo hodnotami pórového tlaku u v řezu zemním tělesem.

V oblasti, kde je u kladné, je uvažována zadaná objemová tíha nasycené zeminy γ_{sat} , v opačném případě objemová tíha zeminy γ .

Hodnoty pórového tlaku se zadávají pomocí izolinií, které spojují místa se stejnou hodnotou pórového napětí. Hodnoty mezi izoliniemi se lineárně interpolují. Do výpočtu vstupuje hodnota pórového tlaku odečtená v konkrétním bodě řezu terénem.

6) Výpočtem proudění

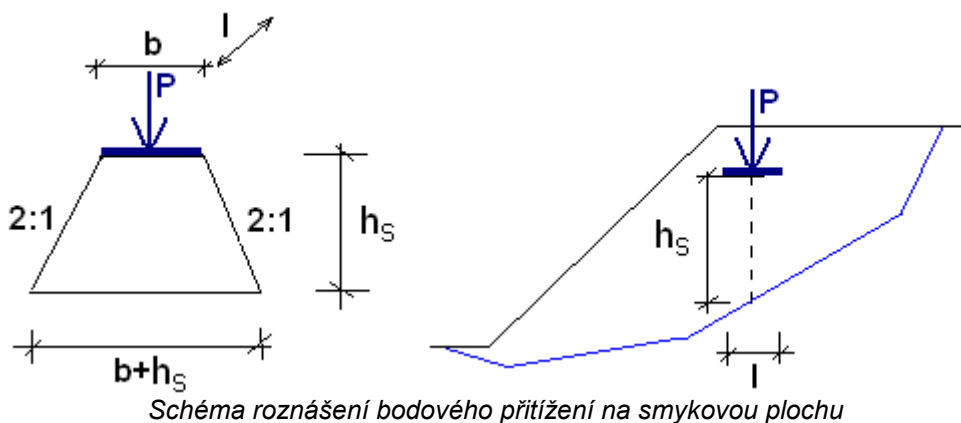
Poslední možnost slouží k **výpočtu pórových tlaků** v modulu "**Stabilita svahu - výpočet proudění**". Možnost je **dostupná pouze pro uživatele se zakoupeným modulem "Stabilita svahu - Proudění"**.

Přetížení

Do výpočtu stability svahu se započítává i přetížení svahu například vlivem okolních staveb. Přetížení má vždy charakter síly anebo spojitěho zatížení a může působit buď na povrchu terénu nebo uvnitř zeminového masivu.

Protože se většinou předpokládá, že přetížení je vyvoláno tíhou objektů spočívajících na tělese svahu, svislá složka přetížení, která má směr tíhy (hmotná složka), se přičítá k tíze bloků. Znamená to, že při výpočtu **vlivu zemětřesení** je tato složka rovněž přenásobována faktorem vodorovného zrychlení nebo svislého zemětřesení. Hmotná složka přetížení také ovlivňuje polohu těžiště bloku. Ty složky, které nemají směr tíhy, jsou do rovnováhy sil na bloku započítány jen jako nehmotné, nepočítají se tedy do setrvačných účinků při zemětřesení ani neovlivňují polohu těžiště bloku.

Přetížení se vždy počítá na 1 bm šířky svahu. Pokud je zadáno bodové zatížení, rozložené na plochu $b \cdot l$, přepočítává se před výpočtem na plošné zatížení, roznesené do úrovně smykové plochy pod úhlem 2:1. Roznos je znázorněn na obrázku.



Do výpočtu pak vstupuje výslednice plošného zatížení p , které má hodnotu:

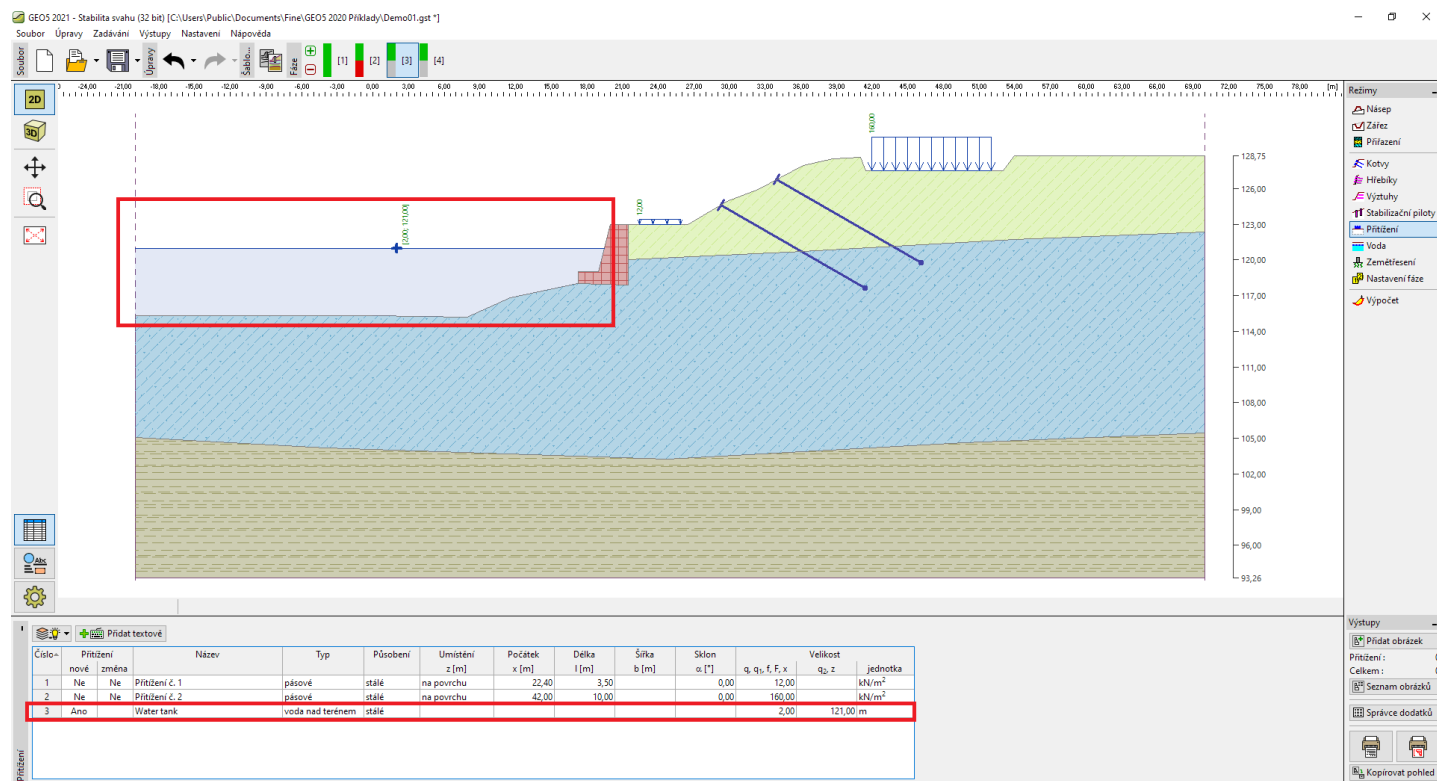
$$p = \frac{P}{(b + h_s) l}$$

Speciálním typem přetížení je **voda nad terénem**.

Přetížení vodou

Voda nad terénem je speciální typ přetížení, který modeluje hladinu vody, která nijak nevstupuje do zemního tělesa. To je typické například pro nádrže, které jsou od zeminového prostředí oddělené nepropustnými membránami.

V tomto případě se uvažuje zadaná hladina ve výpočtu stability svahu jako přetížení o velikosti hydrostatického tlaku, které působí kolmo na terén.



Zadané přitížení typu "Voda nad terénem"

Hladina je definovaná pouze jedním bodem o souřadnicích $[x, z]$. Program pak uvažuje hladinu vody v oblasti, která je ohraničena terénem či okrajem úlohy a protíná zadaný bod.

Pokud je v nádrži jiná kapalina než voda, program umožňuje zadat její objemovou tíhu. V tomto případě program počítá s hydrostatickým tlakem kapaliny o zadané objemové tíze a při výpočtu dle EN1997 používá **dílčí koeficient γ_w** .

V místě, kde je voda zadána jako přitížení, by neměl být uvažován nad terénem **standardní vliv vody**. V případě, že se toto stane, je zobrazeno upozornění ve výpočtu a výstupním protokolu. Stejně tak program upozorní, pokud se na jednom úseku překrývá více přitížení vodou.

Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil: $F_a = 1577,71 \text{ kN/m}$
 Sumace pasivních sil: $F_p = 3148,09 \text{ kN/m}$
 Moment sesouvající: $M_a = 81851,64 \text{ kNm/m}$
 Moment vzdorující: $M_p = 163322,95 \text{ kNm/m}$
 Stupeň bezpečnosti = $2,00 > 1,50$
 Stabilita svahu **VYHOVUJE**

Některé přitížení vodou se překrývá s hladinou vody nad terénem!

Posouzení stability svahu (Bishop)

Sumace aktivních sil: $F_a = 1578,72 \text{ kN/m}$
 Sumace pasivních sil: $F_p = 3748,88 \text{ kN/m}$
 Moment sesouvající: $M_a = 81903,92 \text{ kNm/m}$
 Moment vzdorující: $M_p = 194491,91 \text{ kNm/m}$
 Stupeň bezpečnosti = $2,37 > 1,50$
 Stabilita svahu **VYHOVUJE**

Některá přitížení vodou se překrývají!

Upozornění na překrývající se hladiny vody ve výpočtu

Kotvy

Umístění kotvy je určeno počátečním bodem, volnou délkou l , délkou kořene l_k a sklonem α . Dále se zadává předpínací síla, která v kotvě působí. Počáteční bod vždy leží na povrchu terénu, síla vždy působí směrem do masivu svahu. Síla v kotvě se při výpočtu rovnováhy na bloku připočítává k nehmotnému přitížení svahu.

Pro kotvy je připraven dvojitý způsob výpočtu:

- Dopočítat délky kotev** - do výpočtu je zahrnut vliv všech kotev, tj. jsou uvažovány jako "nekonečně" dlouhé. Dopočítávají se nutné volné délky kotev, což jsou vzdálenosti mezi hlavou kotvy a průsečíkem přímky, na níž kotva leží, se smykovou plochou. Kořen kotvy je pak umístěn vně smykové plochy. Tento způsob se použije nejčastěji při návrhu kotev, kdy chceme, aby kotva vždy aktivně působila na zvýšení stability svahu, a zajímá nás, jaká má být její minimální volná délka.

2. **Výpočet se zadanými délkami kotev** - do výpočtu jsou zahrnuty jen ty kotvy, jejichž konec kořene leží za smykovou plochou. Pokud smyková plocha protíná volnou délku kotvy, počítá se s plnou kotevní silou. Pokud smyková plocha prochází kořenem kotvy, síla v kotvě se lineárně redukuje od maximální hodnoty na začátku kořene do nuly na konci kořene. Tento způsob výpočtu použijeme tehdy, jestliže posuzujeme stávající stav svahu s již existujícími kotvami. Zde se může stát, že některé kotvy jsou příliš krátké na to, aby protnuly kritickou smykovou plochu, a tím vlastně stabilitě svahu nijak nepřispívají.

Hřebíky

U hřebu se přímo zadávají nebo počítají tyto únosnosti:

- kde:
- R_f - únosnost hlavy hřebu
 - R_t - pevnost hřebu na přetržení
 - T_p - únosnost hřebu na vytržení

Pevnostní charakteristiky hřebu jsou základním parametrem pro **výpočet celkové únosnosti hřebu**.

Pevnost hřebu na přetržení je počítána podle vztahu:

$$R_t = \frac{\pi d_s^2}{4} f_y$$

- kde:
- R_t - pevnost na přetržení
 - d_s - průměr hřebu
 - f_y - výpočtová pevnost materiálu hřebu

Únosnost hřebu na vytržení lze dopočítat jedním ze tří způsobů:

1. počítat z plášťového tření

$$T_p = \pi d g_s$$

- kde:
- T_p - únosnost hřebu na vytržení [kN/m]
 - d - průměr vrtu (hřebu)
 - g_s - **plášťové tření**, které je dáno buď jako parametr hřebu nebo jako **parametr zeminy**

2. počítat z efektivní napjatosti

$$T_p = \pi d (K_a \sigma_z \tan \varphi + c)$$

kde:

$$K_a = \frac{1 + K_0}{2} = \frac{1 + (1 - \sin \varphi)}{2}$$

- kde:
- T_p - únosnost hřebu na vytržení [kN/m]
 - d - průměr vrtu (hřebu)
 - σ_z - vertikální geostatické napětí
 - φ - efektivní úhel vnitřního tření zeminy
 - c - efektivní soudržnost zeminy

3. počítat podle HA 68/94

$$T_p = \pi d (\sigma_n \tan \varphi + c)$$

- kde:
- T_p - únosnost hřebu na vytržení [kN/m]
 - d - průměr vrtu (hřebu)
 - σ_n - průměrné radiální efektivní napětí
 - φ - efektivní úhel vnitřního tření zeminy
 - c - efektivní soudržnost zeminy

Průměrné radiální efektivní napětí σ_n je spočteno následovně:

$$\sigma_n = \frac{(1 + K_L) \sigma_z}{2}$$

kde: σ_z - vertikální geostatické napětí

$$K_L = \frac{1 + K_a}{2}$$

kde:

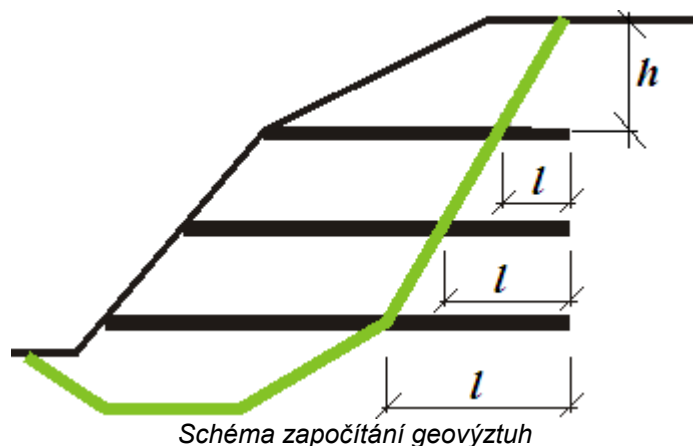
$$K_a = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi}$$

Únosnost hlavy hřebu se přímo zadává nebo se hlava uvažuje jako neukotvená, v tom případě je únosnost hlavy hřebu nulová.

Výztuhy

Výztuhy jsou výztužné prvky, které jsou uloženy v zemině a svou tahovou pevností přispívají ke zvýšení stability svahu. Pokud výztuha protíná smykovou plochu, pak se do rovnováhy sil na daném bloku připočítává síla, která působí ve výztuze. Pokud výztuha smykovou plochu neprotíná, pak stabilitu svahu nijak neovlivní.

Základní charakteristikou výztuhy je **pevnost na přetržení R_t** . Tato pevnost se do programů zadává jako výpočtová (s výjimkou programu RediRock wall), neboli jako pevnost výztuh redukovaná o koeficienty zohledňující vliv trvanlivosti, chemismu prostředí a uložení výztuhy. Síla přenášená výztuhou **nemůže být nikdy větší než zadané R_t** .



Druhou charakteristikou výztuh je **únosnost na vytržení T_p** . Tento parametr určuje kotevní délku, neboli délku výztuhy v zemině, při které dojde k plnému využití výztuhy na hodnotu R_t . Jelikož reálné hodnoty únosnosti na vytržení se obtížně získávají, nabízí program tři možnosti jejího výpočtu, resp. výpočtu síly F , kterou výztuha přenáší.

1) Dopočítat únosnost výztuhy

Síla F nutná k vytržení výztuhy je určena vztahem:

$$F = 2\sigma \tan \varphi Cl$$

kde:

- σ - normálové napětí od vlastní tíhy zeminy v průřezu výztuhy a smykové plochy
- φ - úhel vnitřního tření zeminy
- C - součinitel interakce (standardně 0,8)
- l - délka přesahu výztuhy za smykovou plochu směrem do zeminového masivu

2) Zadání kotevní délky výztuhy l_k

Zadává se kotevní délka l_k , která je určena nárůstem smykové pevnosti mezi výztuhou a zeminou od nuly do mezní hodnoty (měřeno od konce v zemině).

$$F = \frac{l}{l_k} R_t$$

kde:

- l - délka přesahu výztuhy za smykovou plochu směrem do zeminového masivu
- l_k - kotevní délka výztuhy

R_t - pevnost na přetržení

3) Zadat únosnost T_p výztuhy na vytržení ze zeminy

Síla F nutná k vytržení výztuhy je určena vztahem:

$$F = T_p l$$

kde: l - délka přesahu výztuhy za smykovou plochou směrem do zeminového masivu

T_p - únosnost výztuhy na vytržení ze zeminy

Síly ve výztuhách stanovené na základě únosnosti výztuh mohou nabývat poměrně vysokých hodnot. Po zavedení těchto sil do výpočtu se odpovídajícím způsobem zvyšuje stupeň stability dané smykové plochy. U rigorózních metod (Spencer, Janbu, Morgenstern-Price) může při zavedení sil ve výztuhách do výpočtu dojít k tomu, že metoda přestane konvergovat. Bývá to v případech, kdy tyto síly jsou tak velké, že se nepodaří dopočítat rovnováhu sil na blocích při současném dodržení předpokladů jednotlivých metod. Například předpokladu, že moment na konci smykové plochy je roven nule. V tomto případě se při výpočtu síly ve výztuhách zredukuje, a to na nejvyšší možnou úroveň, při níž je ještě metoda schopna zkonvergovat a dosáhnout akceptovatelných výsledků. Úroveň, na níž byly síly ve výztuhách pro výpočet zredukovány, se vypisuje v podrobném výpisu výsledků výpočtu stability. Pokud k redukci nedošlo a výpočet dosáhl konvergence s plnými hodnotami sil ve výztuhách, v podrobném výpisu se redukce nevypisuje.

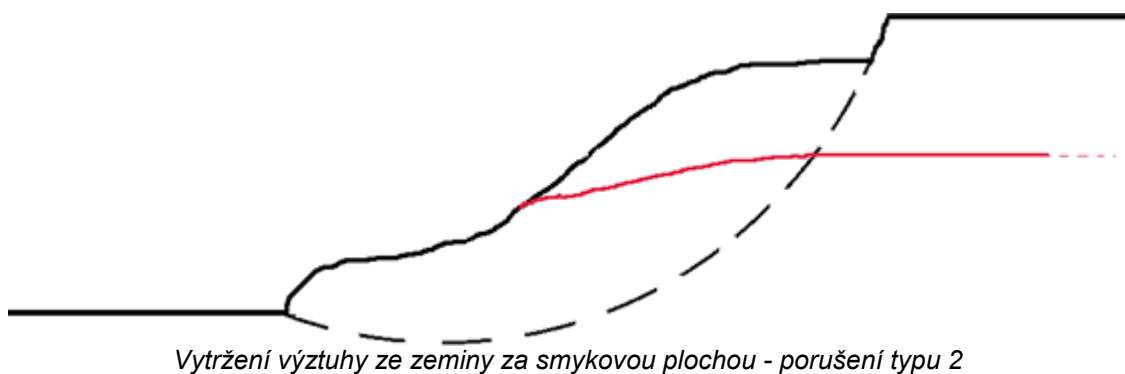
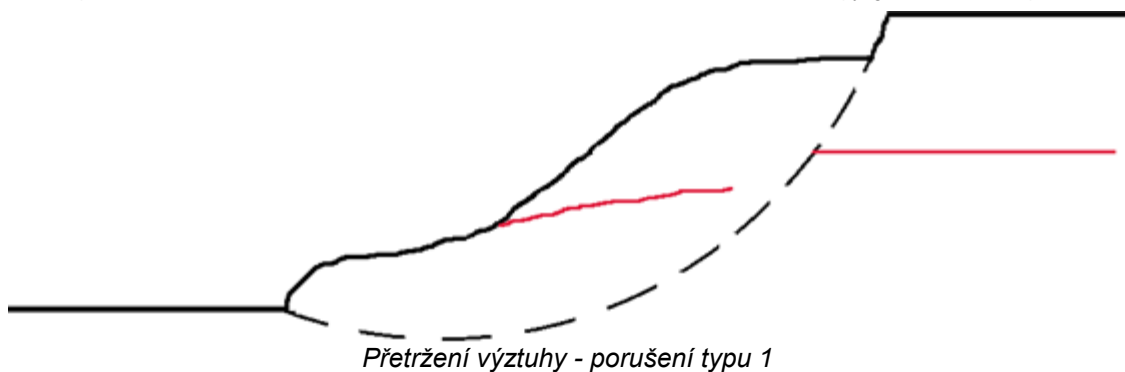
Uložení výztuhy

Uložení výztuhy se v programu uvažuje jako **pevné** nebo **volné**.

Pokud dojde u svahu s **výztuhou** k sesuvu, nastává jedno z možných porušení **výztuhy** podle následujících obrázků.

Je-li **výztuha** na svém začátku před smykovou plochou pevně ukotvena (například upevněním v obkladní konstrukci), zabrání se porušení typu 3 - vytržení výztuhy před smykovou plochou. Porušení typu 1 a 2 se ve výpočtu posuzuje vždy, porušení typu 3 pouze u výztuh, které mají uložení volné, jež tento typ porušení umožňuje.

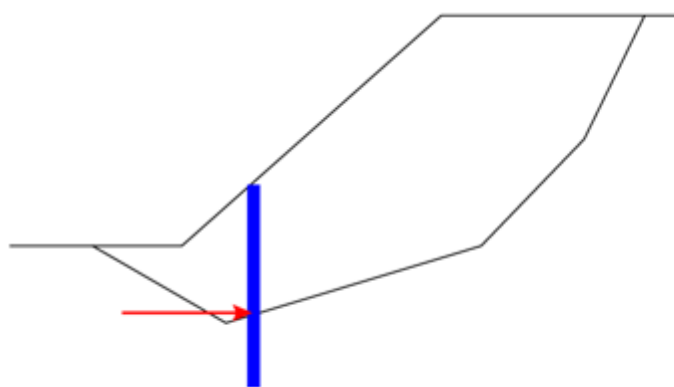
Dialogové okno "Nová výztuha" - zadání uložení výztuhy



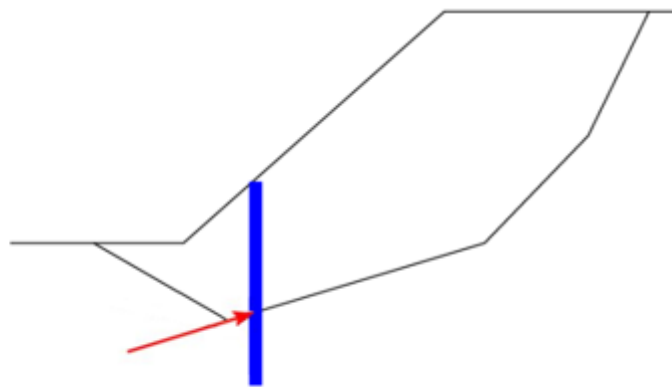
Stabilizační piloty

Stabilizační piloty jsou svislé konstrukční prvky, kterými je možné zvýšit stabilitu svahu. Pokud stabilizační pilota zasahuje do posuzované smykové plochy, pak se do výpočtu stupně stability dané smykové plochy zavádí pasivní (vzdorující) síla P odpovídající únosnosti piloty V_u . Tím je dosaženo vyšší hodnoty stupně stability SF .

Předpokládá se, že **pilota je vždy svislá**. Pasivní (vzdorující) síla P v místě průniku se smykovou plochou je uvažována buď ve vodorovném směru, nebo ve směru, který odpovídá sklonu smykové plochy v daném místě.



Vodorovná síla, kolmo na pilotu

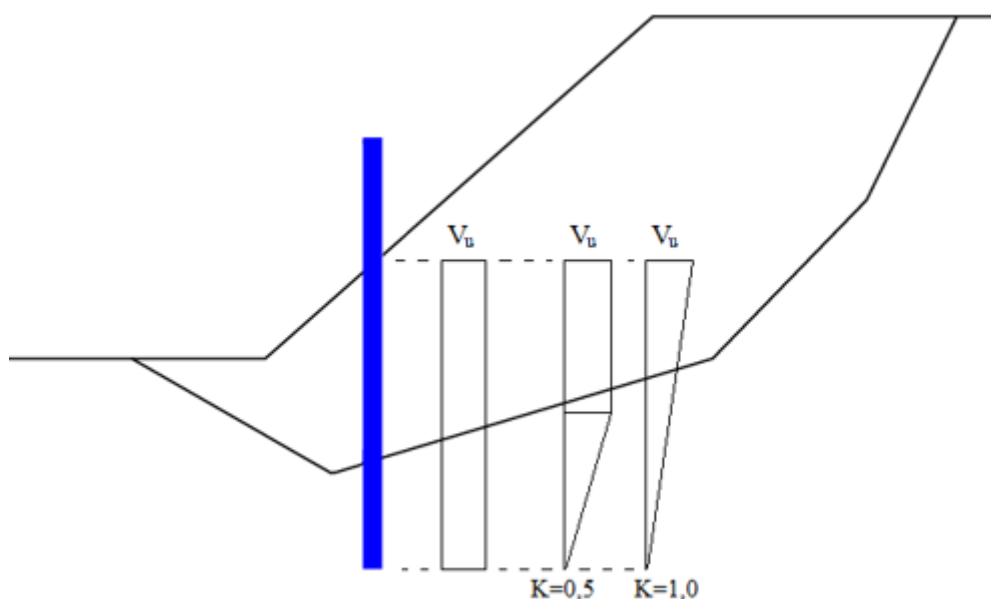


Síla ve směru sklonu smykové plochy

Zobrazení směru působení pasivní (vzdorující) síly

Hodnota pasivní (vzdorující) síly P je vždy stanovena na 1 **bm** šířky svahu s ohledem na vzdálenost pilot. Únosnost piloty

V_u může být zadána buď jako **konstantní hodnota** po celé délce piloty, nebo **lineárně narůstající** směrem od paty piloty vzhůru.



Konstantní a lineární průběh únosnosti V_u po délce piloty

Lineární nárůst únosnosti piloty je popsán **gradientem K** , což je poměr délky piloty, na níž je dosaženo maximální únosnosti V_u vzhledem k délce piloty pod povrchem terénu. Pokud se hodnota gradientu K blíží k nule, lineární průběh únosnosti V_u se blíží ke konstantnímu průběhu.

Program umožňuje stanovit **aktivní a pasivní síly** působící na piloty nad smykovou plochou a předat data do programu "Stabilizační pilota", ve kterém je možné provést další posouzení.

Vliv zemětřesení

Program umožňuje počítat vliv zemětřesení podle následujících norem:

- Standardní výpočet
- Výpočet vlivu zemětřesení podle čínské normy GB 50111-2006
- Výpočet vlivu zemětřesení podle čínské normy NB 35047-2015
- Výpočet vlivu zemětřesení podle čínské normy GB 50330-2013
- Výpočet vlivu zemětřesení podle čínské normy JTG B02-2013

Výhodou **čínských norem** je zavedení intenzity zemětřesení, podle které jsou v programu automaticky přiřazeny hodnoty součinitele K_h podle příslušných norem.

Vliv zemětřesení - standardní postup

Program umožňuje počítat účinky zemětřesení pomocí dvou proměnných - faktoru vodorovné akcelerace K_h a koeficientu svislého zemětřesení K_v .

Koeficient svislého zemětřesení K_v

Koeficient svislého zemětřesení způsobuje snížení ($K_v > 0$) resp. zvýšení ($K_v < 0$) objemové tíhy zeminy, vody v zemině a hmotného **přetížení** vynásobením hodnotou $1 - K_v$. Je nutné si uvědomit, že koeficient K_v může nabývat kladné i záporné hodnoty a při dostatečně velkém faktoru vodorovné akcelerace je nadlehčení svahu ($K_v > 0$) nepříznivější než jeho přetížení.

Faktor vodorovného zrychlení K_h

V běžném případě výpočet probíhá tak, že hodnota faktoru K_h je nula. Můžeme však této konstanty využít k simulování účinků zemětřesení a zadat její hodnotu různou od nuly. Tato hodnota vyjadřuje poměr vodorovného zrychlení ke zrychlení tíhovému. Se zvyšujícím se faktorem K_h se bude patřičně snižovat hodnota stupně stability SF .

Koeficient vodorovné akcelerace vnáší do výpočtu vodorovnou dodatečnou sílu, která působí v těžišti bloku o velikosti $K_h \cdot W_i$, kde W_i je celková tíha bloku, včetně hmotné složky přetížení svahu. Tato síla pak zvyšuje aktivní síly.

Následující tabulka udává, jaké hodnoty faktoru K_h odpovídají jednotlivým stupňům zemětřesení podle stupnice M-C-S.

Stupeň M-C-S	Vodorovné zrychlení	Faktor vodorovného
--------------	---------------------	--------------------

(MSK-64)	[mm/s ²]			zrychlení K_h		
1	0,0	-	2,5	0,0	-	0,00025
2	2,5	-	5,0	0,00025	-	0,0005
3	5,0	-	10,0	0,0005	-	0,001
4	10,0	-	25,0	0,001	-	0,0025
5	25,0	-	50,0	0,0025	-	0,005
6	50,0	-	100,0	0,005	-	0,01
7	100,0	-	250,0	0,01	-	0,025
8	250,0	-	500,0	0,025	-	0,05
9	500,0	-	1000,0	0,05	-	0,1
10	1000,0	-	2500,0	0,1	-	0,25
11	2500,0	-	5000,0	0,25	-	0,5
12		>	5000,0		>	0,5

Vliv zemětřesení podle čínské normy GB 50111-2006

Vliv zemětřesení se ve výpočtu stability zohledňuje zavedením vodorovných nebo svislých sil, které působí na jednotlivé bloky. Velikosti těchto sil se vypočítávají přenásobením tíhy bloku koeficienty, zavedené zemětřesné síly jsou tak přímo úměrné tíze bloků. Vodorovná síla od zemětřesení směřuje vždy ven ze svahu, svislá síla může směřovat vzhůru i dolů, směr je určen jejím znaménkem.

Vodorovná síla zemětřesení E_{hs} je dána vztahem:

$$E_{hs} = C_i C_z K_h G_s$$

a svislá síla zemětřesení E_{vs} je dána vztahem:

$$E_{vs} = C_0 C_i C_z K_v G_s$$

- kde:
- C_i - seismický součinitel důležitosti (importance coefficient)
 - C_z - komplexní součinitel vlivu (comprehensive influence factor)
 - C_0 - koeficient střetu (meeting coefficient)
 - K_h - faktor vodorovné akcelerace
 - K_v - faktor svislé akcelerace
 - G_s - tíha bloku

Vliv zemětřesení podle čínské normy NB 35047-2015

Vliv zemětřesení se ve výpočtu stability zohledňuje zavedením vodorovných nebo svislých sil, které působí na jednotlivé bloky. Velikosti těchto sil se vypočítávají přenásobením tíhy bloku koeficienty, zavedené zemětřesné síly jsou tak přímo úměrné tíze bloků. Koeficienty jsou závislé na poloze těžiště bloku, proto má každý blok jinou hodnotu koeficientu. Vodorovná síla od zemětřesení směřuje vždy ven ze svahu, svislá síla může směřovat vzhůru i dolů, směr je určen jejím znaménkem.

Vodorovná síla zemětřesení E_{hs} je dána vztahem:

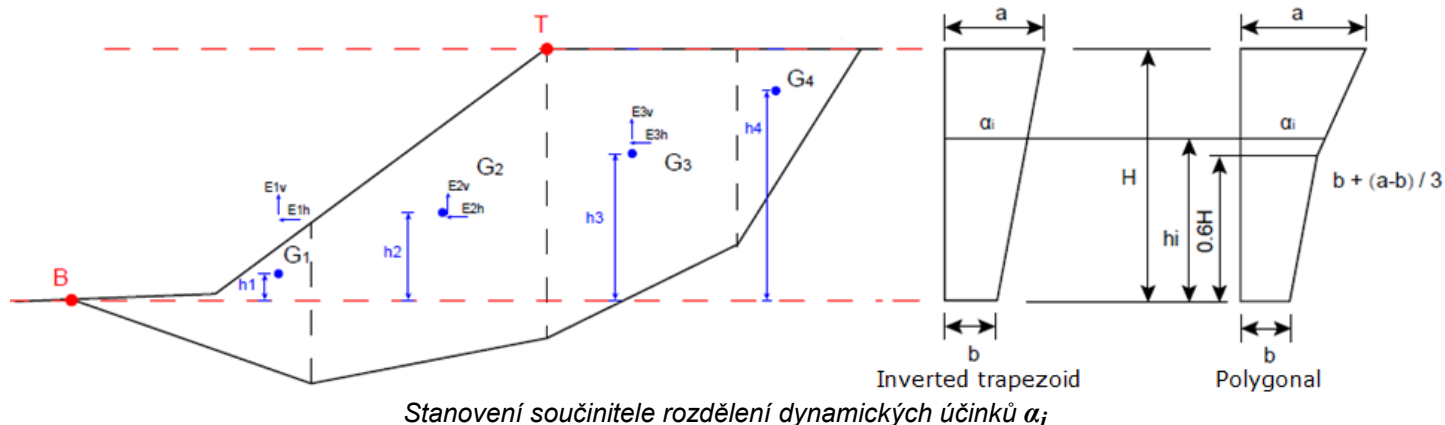
$$E_{hs} = C_i C_z \alpha_i K_h G_s$$

a svislá síla zemětřesení E_{vs} je dána vztahem:

$$E_{vs} = C_0 C_i C_z \alpha_i K_v G_s$$

- kde:
- C_i - seismický součinitel důležitosti (importance coefficient)
 - C_z - komplexní součinitel vlivu (comprehensive influence factor)
 - C_0 - koeficient střetu (meeting coefficient)
 - K_h - faktor vodorovné akcelerace
 - K_v - faktor svislé akcelerace
 - G_s - tíha bloku
 - α_i - součinitel rozdělení dynamických účinků po výšce tělesa sesuvu

Pro stanovení součinitele α_i lze uvažovat dva tvary průběhu po výšce: lichoběžníkový (inverted trapezoid) a polygonální. Způsob stanovení hodnoty součinitele α_i pro jednotlivé bloky je znázorněn na obrázku.



Body **B** a **T** určují výšku **H** pro rozsah průběhu součinitele α_i . Bod **B** je nejnižším bodem terénu nad smykovou plochou a bod **T** je nejvyšším bodem terénu nad smykovou plochou. G_i jsou těžiště jednotlivých bloků, a E_{ih} , E_{iv} jsou síly modelující vodorovné a svislé působení zemětřesení.

Vliv zemětřesení podle čínské normy GB 50330-2013

Vliv zemětřesení se ve výpočtu stability zohledňuje zavedením vodorovných nebo svislých sil, které působí na jednotlivé bloky. Velikosti těchto sil se vypočítávají přenásobením tíhy bloku koeficienty, zavedené zemětřesné síly jsou tak přímo úměrné tíze bloků. Vodorovná síla od zemětřesení směřuje vždy ven ze svahu, svislá síla může směřovat vzhůru i dolů, směr je určen jejím znaménkem.

Vodorovná síla zemětřesení E_{hs} je dána vztahem:

$$E_{hs} = C_i a_w G_s$$

a svislá síla zemětřesení E_{vs} je dána vztahem:

$$E_{vs} = C_i a_g G_s$$

- kde:
- C_i - seismický součinitel důležitosti
 - a_w - komplexní faktor vodorovné akcelerace
 - a_g - komplexní faktor svislé akcelerace
 - G_s - tíha bloku

Vliv zemětřesení podle čínské normy JTG B02-2013

Vliv zemětřesení se ve výpočtu stability zohledňuje zavedením vodorovných nebo svislých sil, které působí na jednotlivé bloky. Velikosti těchto sil se vypočítávají přenásobením tíhy bloku koeficienty, zavedené zemětřesné síly jsou tak přímo úměrné tíze bloků. Koeficienty jsou závislé na poloze těžiště bloku, proto má každý blok jinou hodnotu koeficientu. Vodorovná síla od zemětřesení směřuje vždy ven ze svahu, svislá síla může směřovat vzhůru i dolů, směr je určen jejím znaménkem.

Vodorovná síla zemětřesení E_{hs} je dána vztahem:

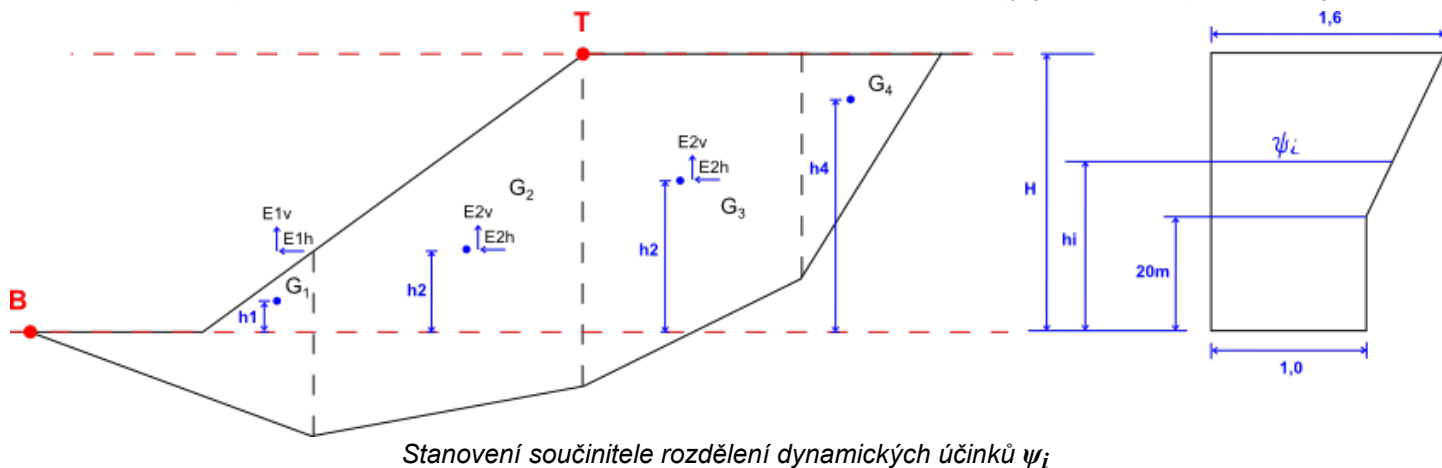
$$E_{hs} = C_i C_z \psi_i K_h G_s$$

a svislá síla zemětřesení E_{vs} je dána vztahem:

$$E_{vs} = C_i C_z K_v G_s$$

- kde:
- C_i - seismický součinitel důležitosti (importance coefficient)
 - C_z - komplexní součinitel vlivu (comprehensive influence factor)
 - K_h - faktor vodorovné akcelerace
 - K_v - faktor svislé akcelerace
 - G_s - tíha bloku
 - ψ_i - součinitel rozdělení dynamických účinků po výšce tělesa sesuvu

Způsob stanovení hodnoty součinitele ψ_i pro jednotlivé bloky je znázorněn na obrázku.



Body **B** a **T** určují výšku **H** pro rozsah průběhu součinitele ψ_i . Bod **B** je nejnižším bodem terénu nad smykovou plochou a bod **T** je nejvyšším bodem terénu nad smykovou plochou. G_i jsou těžiště jednotlivých bloků, a E_{ih} , E_{iv} jsou síly modelující vodorovné a svislé působení zemětřesení.

Posouzení - EN 1997

Při posouzení podle **EN 1997** je podstatná volba příslušného "**Návrhového přístupu**" a "**Dílčích součinitelů**" výpočtu. Ve všech návrhových přístupech dochází k **redukci sil a zatížení**.

Počítá se hodnota využití V_u , která se srovnává se 100 %. Hodnota využití je přitom dána vztahem:

$$V_u = \frac{M_a}{M_p} 100\% < 100\%$$

kde: M_a - sesouvající moment
 M_p - vzdorující moment

V **návrhovém přístupu 2** je vzdorující moment M_p stanoven z neredukovaných parametrů zemin, ale s vlivem redukce odporu na smykové ploše pomocí součinitele γ_{Rs} .

V **návrhovém přístupu 1** a **návrhovém přístupu 3** se pro stanovení celkového odporu M_p **redukuje parametry zemin** (úhel vnitřního tření, soudržnost).

Posouzení - mezní stavy, stupeň bezpečnosti

Parametry posouzení se zadávají v záložce "**Stabilitní výpočty**". Konstrukci lze posoudit podle teorie **mezních stavů** resp. **stupňů bezpečnosti**.

Posouzení podle **teorie mezních stavů**:

Parametry zemin (úhel vnitřního tření, soudržnost) jsou v tomto případě **redukovány výpočtovými součiniteli** zadanými v záložce "**Stabilitní výpočty**".

Počítá se hodnota využití V_u , která se srovnává se **100%**. Hodnota využití je přitom dána vztahem:

$$V_u = \frac{M_a}{M_p} 100\% < 100\%$$

kde: M_a - sesouvající moment
 M_p - vzdorující moment

Vzdorující moment M_p je stanoven s vlivem redukce součinitelem celkové stability konstrukce γ_s .

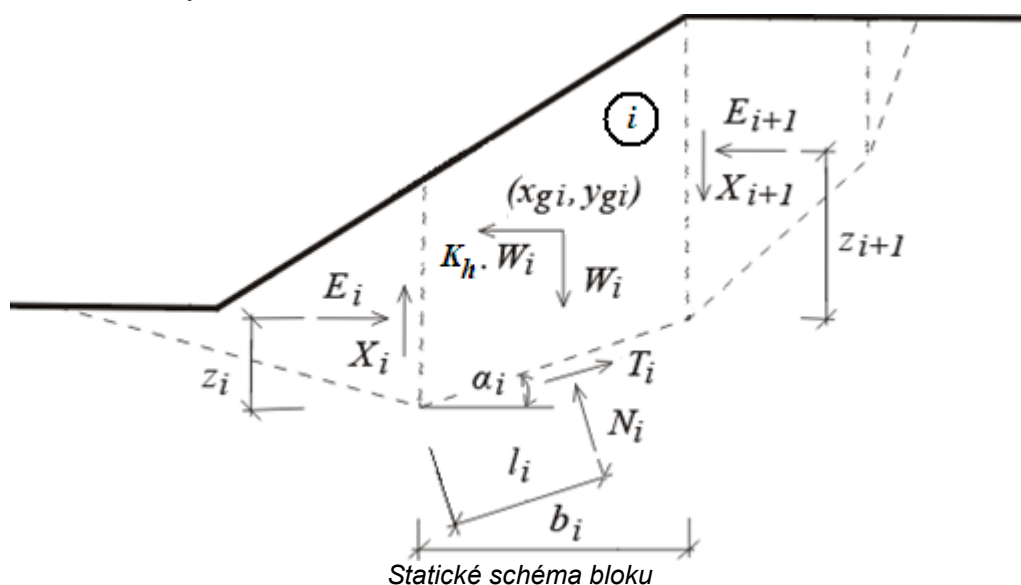
Posouzení podle **stupně bezpečnosti**:

$$\frac{M_p}{M_a} > SF_s$$

kde: M_a - sesouvající moment
 M_p - vzdorující moment
 SF_s - stupeň bezpečnosti

Polygonální smyková plocha

Řešení stability svahu při použití polygonální smykové plochy spočívá v nalezení stavu mezní rovnováhy sil, které působí na zemní těleso nad smykovou plochou. Aby bylo možno tyto síly definovat, rozdělí se zemina nad smykovou plochou na bloky dělicími rovinami. Tyto dělicí roviny jsou zpravidla voleny jako svislé, ale není to nutná podmínka, např. Sarmaova metoda počítá s obecně skloněnými **dělicími rovinami**.



Na obrázku jsou znázorněny síly, které působí na jednotlivé bloky zeminy. Je-li oblast nad smykovou plochou rozdělena na n bloků, máme pro výpočet následujících $6n-2$ neznámých: n hodnot normálových sil N_i na úsecích smykové plochy, n hodnot k nim příslušejících smykových sil T_i , $n-1$ hodnot normálových sil E_i mezi bloky zeminy, $n-1$ hodnot smykových sil X_i mezi bloky zeminy, $n-1$ hodnot z_i , určujících působíště sil E_i , n hodnot l_i , určujících působíště sil N_i a jednu hodnotu stupně stability SF . Hodnoty sil X_i mohou být v některých metodách nahrazeny hodnotou sklonu sil E_i .

Pro řešení rovnováhy máme k dispozici následující soustavu rovnic: n vodorovných součtových výminek na blocích, n svislých součtových výminek na blocích, n momentových výminek na blocích a n vztahů mezi silami N_i a T_i na blocích podle Mohr-Coulombovy teorie. Celkem máme tedy $4n$ rovnic pro $6n-2$ neznámých, z čehož plyne, že $2n-2$ hodnot neznámých je nutno předem zvolit. A právě volbou těchto hodnot se liší jednotlivé použité metody řešení.

Nejčastěji bývají voleny polohy působíšť jednotlivých sil nebo sklony sil mezi bloky. Řešení rovnováhy pak vede k iteračním postupům, kdy dopředu zvolené hodnoty musí jednak umožňovat splnění rovnováhy sil a jednak zajišťovat kinematickou přípustnost získaného řešení.

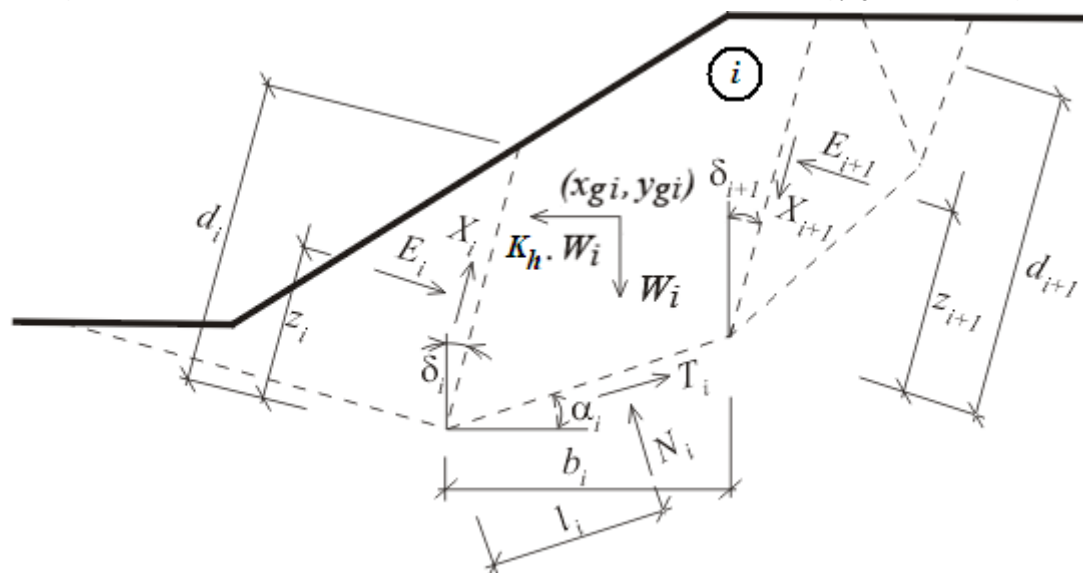
Program umožňuje výpočet pomocí následujících metod:

- Sarma
- Spencer
- Janbu
- Morgenstern-Price
- Šachuňanc
- Metoda ITF

Je možné **optimalizovat** smykovou plochu a zjistit její nejkritičtější polohu (nejnižší stupeň stability SF).

Sarma

Sarmova metoda je obecná proužková metoda mezní rovnováhy. Je založena na splnění rovnováhy sil i momentů na jednotlivých blocích. Bloky vzniknou rozdělením oblasti zeminy nad smykovou plochou rovinami, které obecně mohou mít **různý sklon**. Statické schéma bloků a sil, které na ně působí, je zachyceno na obrázku.



Statické schéma - Sarmova metoda

Zde E_i , X_i jsou normálové a smykové síly mezi bloky. N_i , T_i jsou normálové a smykové síly na úsecích smykové plochy. W_i je tíha bloku a $K_h \cdot W_i$ je vodorovná síla, pomocí níž je v Sarmově metodě dosaženo mezní rovnováhy. V každém bloku může být zadáno obecně šikmé **přetížení**. Toto přetížení je do výpočtu zahrnuto spolu s přetížením od vody, jejíž volná hladina je nad povrchem terénu, a se silami v **kotvách**. Všechny tyto síly jsou rozloženy na vodorovné a svislé složky a ty jsou pak načítány do sil FX_i , FY_i .

K_h je konstanta, která se nazývá faktor **vodorovného zrychlení** a je do výpočtu zavedena pro uvedení sil na blocích do rovnováhy. Mezi faktorem K_h a stupněm stability SF existuje závislost, pomocí níž se stupeň stability počítá. V běžném případě se stupeň stability SF počítá pro nulovou hodnotu součinitele K_h . Zavedení nenulové hodnoty faktoru K_h do výpočtu lze využít pro simulaci vodorovného zatížení terénu např. zemětřesením (viz dále).

Postup výpočtu

Výpočet limitní rovnováhy

Do výpočtu limitní rovnováhy vstupuje celkem $6n - 1$ neznámých, přičemž n je počet bloků, na něž dělíme oblast nad smykovou plochou. Jsou to:

- E_i - meziblokové síly
- N_i - normálové síly na smykové ploše
- T_i - smykové síly na smykové ploše
- X_i - smykové síly mezi bloky
- z_i - polohy působišť sil
- l_i - polohy působišť sil
- K_h - faktor vodorovného zrychlení

Pro jejich výpočet máme k dispozici $5n - 1$ rovnic, a to:

a) vodorovné součtové výminky na blocích:

$$T_i \cos \alpha_i - N_i \sin \alpha_i = K_h W_i - FX_i + X_{i+1} \sin \delta_{i+1} - X_i \sin \delta_i + E_{i+1} \cos \delta_{i+1} - E_i \cos \delta_i$$

b) svislé součtové výminky na blocích:

$$N_i \cos \alpha_i + T_i \sin \alpha_i = W_i - FY_i + X_{i+1} \cos \delta_{i+1} - X_i \cos \delta_i - E_{i+1} \sin \delta_{i+1} + E_i \sin \delta_i$$

c) momentové výminky na blocích:

$$N_i l_i - X_{i+1} b_i \sec \alpha_i \cos (\alpha_i + \delta_{i+1}) + E_{i+1} [z_{i+1} + b_i \sec \alpha_i \sin (\alpha_i + \delta_{i+1})] - E_i z_i - W_i (x_{gi} - x_i) + K_h W_i (y_{gi} - y_i) - FX_i r x_i + FY_i r y_i = 0$$

kde rx_i a ry_i jsou ramena sil FX_i a FY_i

d) vztahy mezi normálovými a smykovými silami podle Mohr-Coulombovy teorie:

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i b_i \sec \alpha_i$$

$$X_i = (E_i - PW_i) \tan \bar{\varphi}_i + \bar{c}_i d_i$$

- kde:
- PW_i - výslednice pórového tlaku na dělicích rovinách
 - $\bar{\varphi}_i$ - průměrná hodnota úhlu vnitřního tření na dělicí rovině
 - \bar{c}_i - průměrná hodnota soudržnosti na dělicí rovině

Je vidět, že $n - 1$ neznámých je třeba napřed odhadnout. Relativně malou nepřesnost způsobí odhad působíšť sil E_i . Tím se problém stane staticky určitým a vyřešením soustavy rovnic lze získat hodnoty všech neznámých. Hlavním výsledkem tohoto řešení je získání faktoru vodorovného zrychlení K_h .

Výpočet stupně stability SF

Stupeň stability SF se do výpočtu zavede tak, že se jím redukuje parametry zemin c a $\tan \varphi$. Pro redukované parametry se znovu provede výpočet rovnováhy a tím se získá faktor vodorovného zrychlení K_h odpovídající danému stupni stability SF . Tato iterace se opakuje tak dlouho, až získaný faktor K_h dosáhne nulové hodnoty nebo hodnoty zadané.

Vliv vnějšího zatížení

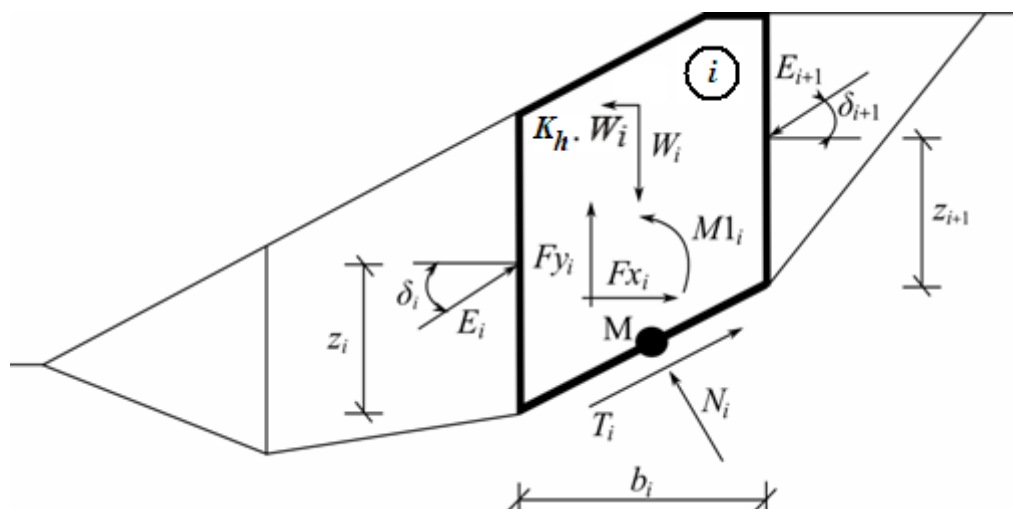
Posuzovaný svah může být zatížen na povrchu šikmým zatížením obecně lichoběžníkového tvaru. Toto zatížení je do výpočtu zahrnuto tak, že jeho svislá složka, pokud má směr tíhy (hmotná složka), je přičtena k tíze toho bloku, na němž spočívá. Tím se změní jednak samotná tíha tohoto bloku a jednak poloha jeho těžiště. Pokud svislá složka působí proti směru tíhy, je přičtena k síle FY_i . Vodorovná složka se přičte k síle FX_i .

Literatura:

Sarma, S. K.: *Stability analysis of embankments and slopes*, Géotechnique 23, 423-433, 1973.

Spencer

Spencerova metoda je obecná proužková metoda mezní rovnováhy. Je založena na splnění rovnováhy sil i momentů na jednotlivých blocích. Bloky vzniknou rozdělením oblasti zeminy nad smykovou plochou dělicími rovinami. Statické schéma bloků a sil, které na ně působí, je zachyceno na obrázku:



Statické schéma - Spencerova metoda

U každého bloku se předpokládá působení následujících sil:

- W_i - tíha bloku, včetně přitížení, které má charakter tíhy (hmotné) a včetně vlivu součinitele **vertikálního zemětřesení** K_v ,
- $K_h * W_i$ - vodorovná setrvačná síla modelující účinky zemětřesení, K_h je faktor **vodorovného zrychlení** při zemětřesení
- N_i - normálová síla na smykové ploše
- T_i - smyková síla na smykové ploše
- E_i, E_{i+1} - síly, jimiž na sebe působí sousední bloky, jsou odkloněny od vodorovné o úhel δ
- FX_i, FY_i - ostatní vodorovné a svislé síly působící na blok
- MI_i - moment od sil FX_i, FY_i otáčející kolem bodu **M**, což je střed i -tého úseku smykové plochy
- U_i - výslednice pórového tlaku na i -tém úseku smykové plochy

Pro výpočet limitní rovnováhy sil a momentů na blocích jsou ve Spencerově metodě zavedeny následující předpoklady:

- dělicí plochy mezi bloky jsou vždy svislé

- paprsek tíhy bloku W_i prochází středem i -tého úseku smykové plochy, bodem M
- normálová síla N_i působí ve středu i -tého úseku smykové plochy, v bodě M
- sklon meziblokových sil E_i je konstantní pro všechny bloky a má hodnotu δ , jen na počátku a na konci smykové plochy je $\delta = 0$

Řešení vychází z následujících vztahů:

$$N_i = N_{ef,i} + U_i \quad (1)$$

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} = N_{ef,i} \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} \quad (2)$$

$$N_{ef,i} + U_i - W_i \cos \alpha_i + K_h W_i \sin \alpha_i + F Y_i \cos \alpha_i - F X_i \sin \alpha_i + E_{i+1} \sin (\alpha_i - \delta_{i+1}) - E_i \sin (\alpha_i - \delta_i) = 0 \quad (3)$$

$$N_{ef,i} \frac{\tan \varphi_i}{SF} + \frac{c_i}{SF \cos \alpha_i} - W_i \sin \alpha_i - K_h W_i \cos \alpha_i + F Y_i \sin \alpha_i + F X_i \cos \alpha_i - E_{i+1} \cos (\alpha_i - \delta_{i+1}) + E_i \cos (\alpha_i - \delta_i) = 0 \quad (4)$$

$$E_{i+1} \cos \delta_{i+1} \left(z_{i+1} - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_{i+1} \sin \delta_{i+1} \frac{b_i}{2} - E_i \cos \delta_i \left(z_i - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_i \sin \delta_i \frac{b_i}{2} + M_{1,i} - K_h W_i (y_M - y_{g,i}) = 0 \quad (5)$$

kde:

- φ_i - úhel vnitřního tření zeminy na úseku smykové plochy
- c_i - soudržnost zeminy na úseku smykové plochy
- α_i - sklon úseku smykové plochy

Rovnice (1) je vztah mezi **efektivní** a **totální** hodnotou normálové síly na smykové ploše. Rovnice (2) je Mohr-Coulombova rovnice vyjadřující vztah mezi normálovou a smykovou silou na úseku smykové plochy. Rovnice (3) je součtová výminka ve směru kolmém k i -tému úseku smykové plochy, rovnice (4) je součtová výminka ve směru i -tého úseku smykové plochy. SF je stupeň stability svahu, kterým jsou redukovány parametry zemín. Rovnice (5) je momentová výminka k bodu M , v níž y_{gi} je vodorovná souřadnice působíště tíhy bloku a y_M je vodorovná souřadnice bodu M .

Úpravou rovnic (3) a (4) je získán rekurentní vztah:

$$E_{i+1} = \frac{[(W_i - F Y_i) \cos \alpha_i - (K_h W_i - F X_i) \sin \alpha_i - U_i + E_i \sin (\alpha_i - \delta_i)] \frac{\tan \varphi_i}{SF} + \frac{c_i}{SF \cos \alpha_i} - (W_i - F Y_i) \sin \alpha_i - (K_h W_i - F X_i) \cos \alpha_i + E_i \cos (\alpha_i - \delta_i)}{\sin (\alpha_i - \delta_{i+1}) \frac{\tan \varphi_i}{SF} + \cos (\alpha_i - \delta_{i+1})}$$

Z tohoto vztahu lze pro dané hodnoty δ a SF postupně dopočítat všechny meziblokové síly E , vycházející z faktu, že na počátku smykové plochy je hodnota E známá, a to $E_I = 0$.

Z momentové výminky (5) je získán další rekurentní vztah:

$$z_{i+1} = \frac{\frac{b_i}{2} [E_{i+1} (\sin \delta_{i+1} - \cos \delta_{i+1} \tan \alpha_i) + E_i (\sin \delta_i - \cos \delta_i \tan \alpha_i)] + E_i z_i \cos \delta_i - M_{1,i} + K_h W_i (y_M - y_{g,i})}{E_{i+1} \cos \delta_{i+1}}$$

Z tohoto vztahu se pro danou hodnotu δ určí všechna ramena meziblokových sil z , při známé hodnotě vlevo na počátku smykové plochy, kde $z_I = 0$.

Výpočet stupně stability SF probíhá dvojnásobným iteračním postupem s následujícími kroky:

1. Zvolí se prvotní hodnota úhlu δ , a to $\delta = 0$.
2. Pro danou hodnotu δ se ze vztahu (6) stanoví odpovídající stupeň stability SF , a to tak, že na horním konci smykové plochy musí být hodnota $E_{n+1} = 0$.
3. Pro hodnoty sil E stanovené v předchozím kroku se ze vztahu (7) vypočítá velikost úhlu δ , a to tak, aby na posledním bloku vpravo vyšla nulová hodnota momentu. Vztah (7) už neurčuje hodnotu z_{n+1} , ta je totiž nulová. Při této nulové hodnotě zde musí být splněna momentová výminka (5).
4. Iterace končí tehdy, pokud se úhel δ dalším opakováním kroku 2 a 3 nemění.

Aby proces iterace probíhal pokud možno stabilně, je třeba se vyhnout oblasti nestabilit řešení. K těmto nestabilitám dochází v těch bodech, kde při vyčíslování vztahů (6) a (7) dochází k dělení nulou. Ve vztahu (7) dochází k dělení nulou tehdy, je-li $\delta = \pi/2$ nebo $\delta = -\pi/2$. Proto hodnota úhlu δ musí ležet v intervalu $(-\pi/2; \pi/2)$.

Ve vztahu (6) dochází k dělení nulou tehdy, platí-li:

$$SF = \tan \varphi_i \tan (\delta_{i+1} - \alpha_i)$$

Další ošetření případné numerické nestability spočívá v kontrole velikosti parametru m_α . Musí být splněna následující podmínka:

$$m_{\alpha} = \cos \alpha_i + \frac{\sin \alpha_i \tan \varphi_i}{SF} > 0,2$$

Proto je před začátkem iterace nutné nalézt **nejvyšší** z kritických hodnot SF_{min} splňujících výše uvedené podmínky. Hodnoty ležící níže než je tato kritická hranice SF_{min} se vyskytují v oblasti nestabilit řešení, proto iterace začíná nastavením SF na hodnotu "**těsně**" nad SF_{min} a všechny výsledné hodnoty SF vystupující v iteraci jsou větší než SF_{min} .

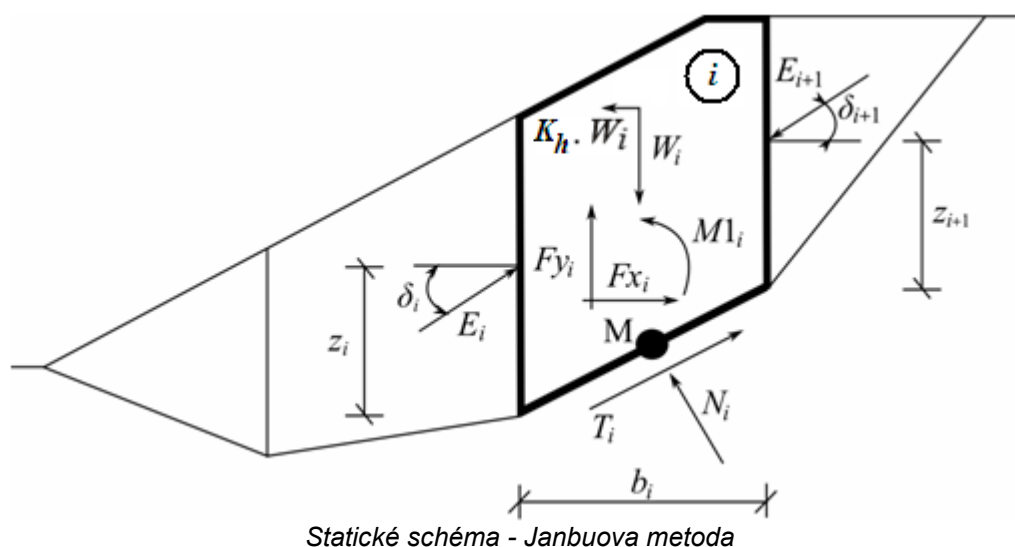
Obecně lze říci, že rigorózní metody konvergují hůře než metody jednodušší (Bishop, Fellenius). Příklady vykazující problémy s konvergencí zahrnují např. příliš strmé úseky smykové plochy, složitou geometrii, výrazný skokový nárůst přetížení atd. Pokud metoda nespočte výsledek, doporučujeme lehce změnit zadání, např. zadat méně strmou plochu, vložit více bodů do smykové plochy atd., příp. pro výpočet použít některou z jednodušších metod.

Literatura:

Spencer, E. 1967. A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel interslice forces. *Géotechnique*, 17(1): 11-26.

Janbu

Janbuova metoda je obecná proužková metoda mezní rovnováhy. Je založena na splnění rovnováhy sil i momentů na jednotlivých blocích (není splněna pouze momentová podmínka na posledním nejhornějším bloku). Bloky vzniknou rozdělením oblasti zeminy nad smykovou plochou dělicími rovinami. Statické schéma bloků a sil, které na ně působí, je zachyceno na obrázku:



Statické schéma - Janbuova metoda

U každého bloku se předpokládá působení následujících sil:

- W_i - tíha bloku, včetně přetížení, které má charakter tíhy (hmotné) a včetně vlivu součinitele **vertikálního zemětřesení** K_v
- $K_h \cdot W_i$ - vodorovná setrvačná síla modelující účinky zemětřesení. K_h je faktor **vodorovného zrychlení** při zemětřesení
- N_i - normálová síla na smykové ploše
- T_i - smyková síla na smykové ploše
- E_i, E_{i+1} - síly, jimiž na sebe působí sousední bloky. Jsou odkloněny od vodorovné o úhel δ_i , resp. δ_{i+1} , a leží ve výšce z_i , resp. z_{i+1} nad smykovou plochou
- Fx_i, Fy_i - ostatní vodorovné a svislé síly působící na blok
- M_i - moment od sil Fx_i, Fy_i otáčející kolem bodu **M**, což je střed i -tého úseku smykové plochy
- U_i - výslednice pórového tlaku na i -tém úseku smykové plochy

Pro výpočet limitní rovnováhy sil a momentů na blocích jsou v metodě Janbu zavedeny následující předpoklady:

- dělicí plochy mezi bloky jsou vždy svislé
- paprsek tíhy bloku W_i prochází středem i -tého úseku smykové plochy, bodem **M**
- normálová síla N_i působí ve středu i -tého úseku smykové plochy, v bodě **M**
- poloha meziblokových sil z_i je na každém bloku odhadnuta, na počátku a na konci smykové plochy je $z = 0$

Volba polohy meziblokových sil z_i může výrazně ovlivnit konvergenci metody - pokud je pro daný svah zvolen špatný odhad polohy sil, nelze splnit podmínky rovnováhy na blocích (výpočet nekonverguje). Výšky z_i nad smykovou plochou jsou nastaveny přibližně do jedné třetiny výšky rozhraní mezi bloky. V případě nesplnění rovnováhy program zkusí zvolit

odlišné počáteční polohy sil, např. v pasivní oblasti u paty svahu mírně nad třetinu výšky a v aktivní oblasti u koruny svahu naopak mírně pod třetinu výšky rozhraní.

Řešení vychází z následujících vztahů:

$$N_i = N'_i + U_i \quad (1)$$

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} = N'_i \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} \quad (2)$$

$$N'_i + U_i - W_i \cdot \cos \alpha_i + K_h \cdot W_i \cdot \sin \alpha_i + Fy_i \cdot \cos \alpha_i - Fx_i \cdot \sin \alpha_i + \quad (3)$$

$$E_{i+1} \cdot \sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) - E_i \cdot \sin(\alpha_i - \delta_i) = 0$$

$$N'_i \cdot \frac{\tan \varphi_i}{FS} + \frac{c_i}{FS} \cdot \frac{b_i}{\cos \alpha_i} - W_i \cdot \sin \alpha_i - K_h \cdot W_i \cdot \cos \alpha_i + Fy_i \cdot \sin \alpha_i + \quad (4)$$

$$Fx_i \cos \alpha_i - E_{i+1} \cdot \cos(\alpha_i - \delta_{i+1}) + E_i \cdot \cos(\alpha_i - \delta_i) = 0$$

$$E_{i+1} \cdot \cos \delta_{i+1} \left(z_{i+1} - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_{i+1} \cdot \sin \delta_{i+1} \cdot \frac{b_i}{2} - \quad (5)$$

$$E_i \cdot \cos \delta_i \left(z_i - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_i \cdot \sin \delta_i \cdot \frac{b_i}{2} +$$

$$M1_i - K_h \cdot W_i (y_M - y_{gi}) = 0$$

kde: φ_i - úhel vnitřního tření zeminy na úseku smykové plochy

c_i - soudržnost zeminy na úseku smykové plochy

α_i - sklon úseku smykové plochy

Rovnice (1) je vztah mezi **efektivní** a **totální** hodnotou normálové síly na smykové ploše. Rovnice (2) je Mohr-Coulombova rovnice vyjadřující vztah mezi normálovou a smykovou silou na úseku smykové plochy. Rovnice (3) je součtová výminka ve směru kolmém k i -tému úseku smykové plochy, rovnice (4) je součtová výminka ve směru i -tého úseku smykové plochy. FS je stupeň stability svahu, kterým jsou redukovány parametry zemín. Rovnice (5) je momentová výminka k bodu M , v níž y_{gi} je svislá souřadnice působíště tíhy bloku a y_M je svislá souřadnice bodu M .

Ze součtových výminek rovnováhy (3) a (4) je získán rekurentní vztah (6):

$$E_{i+1} = \frac{\left[(W_i - Fy_i) \cdot \cos \alpha_i - (K_h \cdot W_i - Fx_i) \cdot \sin \alpha_i - U_i + E_i \cdot \sin(\alpha_i - \delta_i) \right] \cdot \frac{\tan \varphi_i}{FS} + \quad (6)$$

$$+ \frac{c_i}{FS} \cdot \frac{b_i}{\cos \alpha_i} - (W_i - Fy_i) \cdot \sin \alpha_i - (K_h \cdot W_i - Fx_i) \cdot \cos \alpha_i + E_i \cdot \cos(\alpha_i - \delta_i)}{\sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) \cdot \frac{\tan \varphi_i}{FS} + \cos(\alpha_i - \delta_{i+1})}$$

Z tohoto vztahu lze pro dané hodnoty úhlů δ_i a FS postupně dopočítat všechny meziblokové síly E_i , vycházejíce z faktu, že na počátku smykové plochy je hodnota E známá, a to $E_I = 0$.

Z momentové výminky (5) je odvozen vztah pro výpočet úhlů δ_i (7):

$$\delta_{i+1} = \arctan \left(\frac{2 \cdot z_{i+1}}{b_i} + \tan \alpha_i \right) - \arcsin \frac{E_i \left(\cos \delta_i \left(z_i - \frac{b_i \cdot \tan \alpha_i}{2} \right) + \sin \delta_i \cdot \frac{b_i}{2} \right) - M1_i}{E_{i+1} \sqrt{\left(z_{i+1} + \frac{b_i \cdot \tan \alpha_i}{2} \right)^2 + \left(\frac{b_i}{2} \right)^2}} \quad (7)$$

Z tohoto vztahu se pro dané hodnoty ramen z_i určí úhly meziblokových sil δ_i , hodnoty úhlů na počátku a na konci smykové plochy jsou nulové $\delta_i = 0$.

Výpočet stupně stability SF probíhá iteračním postupem s následujícími kroky:

1. Zvolí se prvotní hodnota úhlů $\delta_i = 0$ a polohy sil z_i přibližně do třetiny výšky rozhraní.
2. Pro dané hodnoty úhlů δ_i se ze vztahu (6) stanoví odpovídající stupeň stability SF , a to tak, že na horním konci smykové plochy musí být hodnota $E_{n+1} = 0$
3. Pro hodnoty sil E_i stanovené v předchozím kroku se ze vztahu (7) vypočítá velikost úhlů δ_i .
4. Iterace končí tehdy, pokud se stupeň bezpečnosti SF dalším opakováním kroku 2 a 3 nemění.

Aby proces iterace probíhal pokud možno stabilně, je třeba se vyhnout oblasti nestabilit řešení. K těmto nestabilitám dochází v těch bodech, kde při vyčíslování vztahu (6) dochází k dělení nulou, tj. platí vztah:

$$FS = \tan \varphi_i \cdot \tan (\delta_{i+1} - \alpha_i)$$

Další ošetření případné numerické nestability spočívá v kontrole velikosti parametru m_α . Musí být splněna následující podmínka:

$$m_\alpha = \cos \alpha_i + \frac{\sin \alpha_i \cdot \tan \varphi_i}{FS} > 0,2$$

Proto je před začátkem iterace nutné nalézt *nejvyšší* z kritických hodnot SF_{min} splňujících výše uvedené podmínky. Hodnoty ležící níže než je tato kritická hranice SF_{min} se vyskytují v oblasti nestabilit řešení, proto iterace začíná nastavením SF na hodnotu „těsně“ nad SF_{min} a všechny výsledné hodnoty SF vystupující v iteraci jsou větší než SF_{min} .

Obecně lze říci, že rigorózní metody konvergují hůře než metody jednodušší (Bishop, Fellenius). Příklady vykazující problémy s konvergencí zahrnují např. příliš strmé úseky smykové plochy, složitou geometrii, výrazný skokový nárůst přetížení atd. Pokud metoda nespočte výsledek, doporučujeme lehce změnit zadání, např. zadat méně strmou plochu, vložit více bodů do smykové plochy atd., příp. pro výpočet použít některou z jednodušších metod.

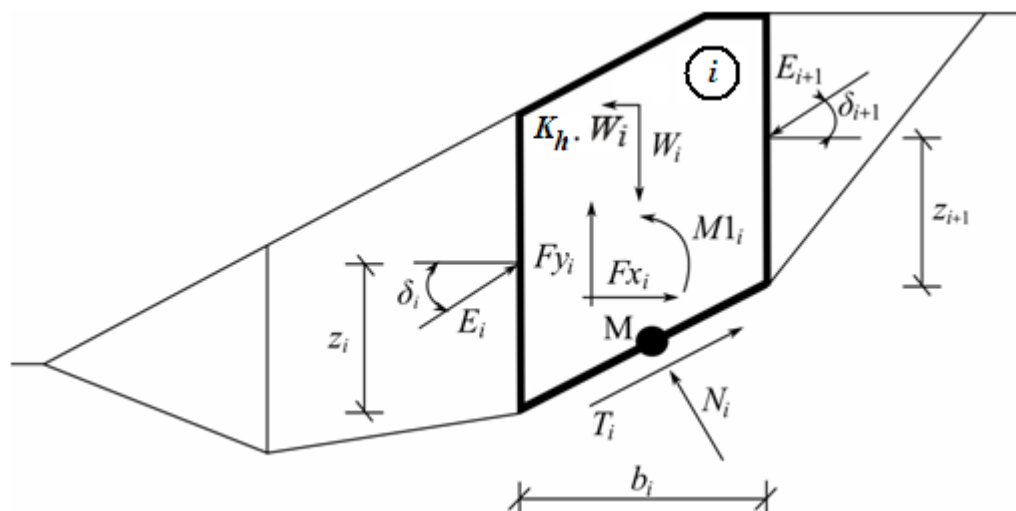
Literatura:

Janbu, N. 1954. *Application of Composite Slip Surface for Stability Analysis*. European Conference on Stability Analysis, Stockholm, Sweden.

Janbu, N. 1973. *Slope Stability Computations*. Embankment Dam Engineering - Casagrande Volume, R.C. Hirschfeld and S.J. Poulos, eds., John Wiley and Sons, New York, pp 47-86.

Morgenstern-Price

Morgenstern-Prícova metoda je obecná proužková metoda mezní rovnováhy. Je založena na splnění rovnováhy sil i momentů na jednotlivých blocích. Bloky vzniknou rozdělením oblasti zeminy nad smykovou plochou dělicími rovinami. Statické schéma bloků a sil, které na ně působí, je zachyceno na obrázku:



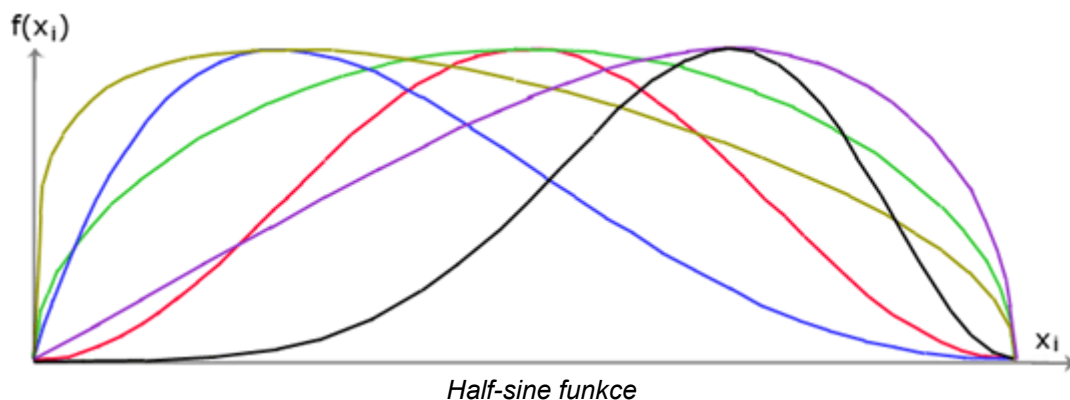
Statické schéma - Morgenstern-Prícova metoda

U každého bloku se předpokládá působení stejných sil jako v metodě **Spencer**. Pro výpočet limitní rovnováhy sil a momentů na blocích jsou v metodě Morgenstern-Price zavedeny následující předpoklady:

- dělicí plochy mezi bloky jsou vždy svislé

- paprsek tíhy bloku W_i prochází středem i -tého úseku smykové plochy, bodem **M**
- normálová síla N_i působí ve středu i -tého úseku smykové plochy, v bodě **M**
- sklon meziblokových sil E_i je rozdílný na každém bloku (δ_i), na počátku a na konci smykové plochy je $\delta = 0$

Z předchozího výčtu vyplývá, že jediným rozdílem mezi metodou **Spencer** a Morgenstern-Price je odlišná volba sklonu meziblokových sil δ_i . První odhad úhlů δ_i je realizován pomocí poloviční funkce sinus (Half-sine) - při výpočtu je automaticky zvolena jedna z funkcí na obrázku. Volba tvaru funkce má na výsledky stupně stability minimální vliv, ovšem vhodná volba může zlepšit konvergenci metody. Funkční hodnota Half-sine funkce $f(x_i)$ v bodě rozhraní x_i vynásobená parametrem λ dává hodnotu úhlu δ_i .



Řešení vychází z rovnic (1) - (5), uvedených v metodě **Spencer**, tj.:

$$N_i = N'_i + U_i \quad (1)$$

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} = N'_i \tan \varphi_i + c_i \frac{b_i}{\cos \alpha_i} \quad (2)$$

$$N'_i + U_i - W_i \cdot \cos \alpha_i + K_h \cdot W_i \cdot \sin \alpha_i + Fy_i \cdot \cos \alpha_i - Fx_i \cdot \sin \alpha_i + E_{i+1} \cdot \sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) - E_i \cdot \sin(\alpha_i - \delta_i) = 0 \quad (3)$$

$$N'_i \cdot \frac{\tan \varphi_i}{FS} + \frac{c_i}{FS} \cdot \frac{b_i}{\cos \alpha_i} - W_i \cdot \sin \alpha_i - K_h \cdot W_i \cdot \cos \alpha_i + Fy_i \cdot \sin \alpha_i + \quad (4)$$

$$Fx_i \cos \alpha_i - E_{i+1} \cdot \cos(\alpha_i - \delta_{i+1}) + E_i \cdot \cos(\alpha_i - \delta_i) = 0 \quad (5)$$

$$E_{i+1} \cdot \cos \delta_{i+1} \left(z_{i+1} - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_{i+1} \cdot \sin \delta_{i+1} \cdot \frac{b_i}{2} -$$

$$E_i \cdot \cos \delta_i \left(z_i - \frac{b_i}{2} \tan \alpha_i \right) - E_i \cdot \sin \delta_i \cdot \frac{b_i}{2} +$$

$$M1_i - K_h \cdot W_i (y_M - y_{gi}) = 0$$

kde:

- φ_i - úhel vnitřního tření zeminy na úseku smykové plochy
- c_i - soudržnost zeminy na úseku smykové plochy
- α_i - sklon úseku smykové plochy

- rovnice (1) je vztah mezi **efektivní** a **totální** hodnotou normálové síly na smykové ploše.
- rovnice (2) je Mohr-Coulombova rovnice vyjadřující vztah mezi normálovou a smykovou silou na úseku smykové plochy (N_i a T_i).
- rovnice (3) je součtová výminka ve směru kolmém k i -tému úseku smykové plochy
- rovnice (4) je součtová výminka ve směru i -tého úseku smykové plochy.
- rovnice (5) je momentová výminka k bodu **M**.

Ze součtových výminek rovnováhy (3) a (4) je získán rekurentní vztah (6):

$$E_{i+1} = \frac{\left[(W_i - Fy_i) \cdot \cos \alpha_i - (K_h W_i - Fx_i) \cdot \sin \alpha_i - U_i + E_i \cdot \sin(\alpha_i - \delta_i) \right] \cdot \frac{\tan \varphi_i}{FS} + \sin(\alpha_i - \delta_{i+1}) \cdot \frac{\tan \varphi_i}{FS} + \cos(\alpha_i - \delta_{i+1})}{+ \frac{c_i}{FS} \cdot \frac{b_i}{\cos \alpha_i} - (W_i - Fy_i) \cdot \sin \alpha_i - (K_h W_i - Fx_i) \cdot \cos \alpha_i + E_i \cdot \cos(\alpha_i - \delta_i)} \quad (6)$$

Z tohoto vztahu lze pro dané hodnoty δ_i a SF postupně dopočítat všechny meziblokové síly E_i , vycházejíce z faktu, že na počátku smykové plochy je hodnota E známá, a to $E_I = 0$.

Z momentové výminky (5) je získán další rekurentní vztah (7):

$$z_{i+1} = \frac{\frac{b_i}{2} \cdot [E_{i+1}(\sin \delta_{i+1} - \cos \delta_{i+1} \cdot \tan \alpha_i) + E_i(\sin \delta_i - \cos \delta_i \cdot \tan \alpha_i)] + E_i \cdot z_i \cdot \cos \delta_i - M1_i + K_h W_i \cdot (y_M - j)}{E_{i+1} \cdot \cos \delta_{i+1}} \quad (7)$$

Z tohoto vztahu se pro dané hodnoty úhlů δ_i určí všechna ramena meziblokových sil z_i , při známé hodnotě vlevo na počátku smykové plochy, kde $z_I = 0$.

Výpočet stupně stability SF probíhá dvojnásobným iteračním postupem s následujícími kroky:

1. Zvolí se prvotní hodnota úhlů δ_i pomocí funkce Half-sine ($\delta_i = \lambda \cdot f(x_i)$).
2. Pro dané hodnoty úhlů δ_i se ze vztahu (6) stanoví odpovídající stupeň stability SF , a to tak, že na horním konci smykové plochy musí být hodnota $E_{n+1} = 0$.
3. Pro hodnoty sil E_i stanovené v předchozím kroku se ze vztahu (7) vypočítá velikost úhlů δ_i , a to tak, aby na posledním bloku vpravo vyšla nulová hodnota momentu (funkční hodnoty $f(x_i)$ zůstávají po celou dobu výpočtu stejné, iteruje se pouze parametr λ). Vztah (7) už neurčuje hodnotu z_{n+1} , ta je totiž nulová. Při této nulové hodnotě zde musí být splněna momentová výminka (5).
4. Iterace končí tehdy, pokud se úhly δ_i (resp. parametr λ) dalším opakováním kroku 2 a 3 nemění.

Aby proces iterace probíhal pokud možno stabilně, je třeba se vyhnout oblasti nestabilit řešení. K těmto nestabilitám dochází v těch bodech, kde při vyčíslování vztahů (6) a (7) dochází k dělení nulou. Ve vztahu (7) dochází k dělení nulou tehdy, je-li $\delta_i = \pi/2$ nebo $\delta_i = -\pi/2$. Proto hodnota úhlu δ_i musí ležet v intervalu $(-\pi/2 ; \pi/2)$.

Ve vztahu (6) dochází k dělení nulou tehdy, platí-li:

$$FS = \tan \varphi_i \cdot \tan(\delta_{i+1} - \alpha_i)$$

Další ošetření případné numerické nestability spočívá v kontrole velikosti parametru m_α . Musí být splněna následující podmínka:

$$m_\alpha = \cos \alpha_i + \frac{\sin \alpha_i \cdot \tan \varphi_i}{FS} > 0,2$$

Proto je před začátkem iterace nutné nalézt *nejvyšší* z kritických hodnot SF_{min} splňujících výše uvedené podmínky. Hodnoty ležící níže než je tato kritická hranice SF_{min} se vyskytují v oblasti nestabilit řešení, proto iterace začíná nastavením SF na hodnotu „těsně“ nad SF_{min} a všechny výsledné hodnoty SF vystupující v iteraci jsou větší než SF_{min} .

Obecně lze říci, že rigorózní metody konvergují hůře než metody jednodušší (Bishop, Fellenius). Příklady vykazující problémy s konvergencí zahrnují např. příliš strmé úseky smykové plochy, složitou geometrii, výrazný skokový nárůst přetížení atd. Pokud metoda nespočte výsledek, doporučujeme lehce změnit zadání, např. zadat méně strmou plochu, vložit více bodů do smykové plochy atd., příp. pro výpočet použít některou z jednodušších metod.

Literatura:

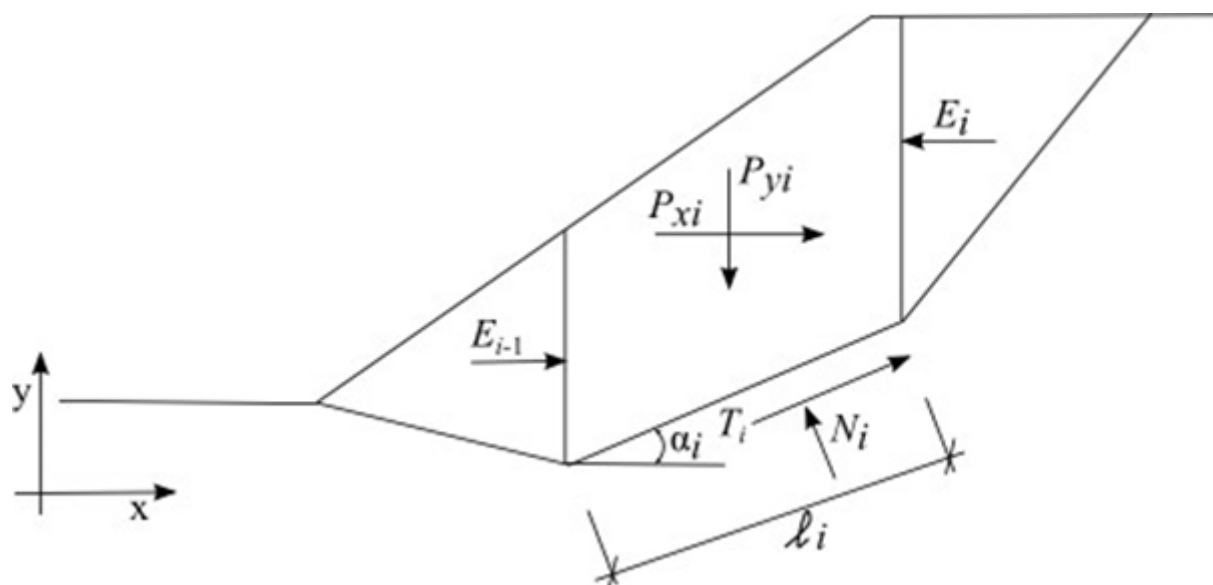
Morgenstern, N.R., and Price, V.E. 1965. The analysis of the stability of general slip surfaces. *Géotechnique*, 15(1): 79-93.

Morgenstern, N.R., and Price, V.E. 1967. A numerical method for solving the equations of stability of general slip surfaces. *Computer Journal*, 9: 388-393.

Zhu, D.Y., Lee, C.F., Qian, Q.H., and Chen, G.R. 2005. A concise algorithm for computing the factor of safety using the Morgenstern-Price method. *Canadian Geotechnical Journal*, 42(1): 272-278.

Šachuňanc

Šachuňancova metoda je obecná proužková metoda mezní rovnováhy. Je založena na splnění rovnováhy sil na jednotlivých blocích. Bloky vzniknou rozdělením oblasti nad smykovou plochou dělicími rovinami. Statické schéma bloků a sil, které na ně působí, je zachyceno na obrázku:



Statické schéma - Šachuňancova metoda

U každého bloku se předpokládá působení následujících sil:

kde:	P_{yi}	-	svislá výslednice sil na bloku (tíha bloku, přitížení bloku, zemětřesení, kotevní síla, ...)
	P_{xi}	-	vodorovná výslednice sil na bloku (prítlážení bloku, zemětřesení, kotevní síla, geovýtluhy, ...)
	E_{i+1}, E_i	-	meziblokóvé síly
	N_i	-	reakce pod blokem kolmá k úseku smykové plochy
	T_i	-	třecí síla na úseku smykové plochy
	α_i	-	sklon úseku smykové plochy
	l_i	-	délka úseku smykové plochy
	φ_i	-	úhel vnitřního tření zeminy na úseku smykové plochy
	c_i	-	soudržnost zeminy na úseku smykové plochy

Pro výpočet limitní rovnováhy sil na blocích jsou v Šachuňancově metodě zavedeny následující předpoklady:

- dělicí plochy mezi bloky jsou vždy svislé
- sklon meziblokóvé síly E_i je nulový, síly působí vodorovně

Postup řešení:

Síly P_{yi} a P_{xi} se nejprve pomocí vztahů (1), (2) transformují do směrů sil T_i a N_i . Přitom pro kladný úhel α_i (stejně jako na schématu) síla P_{Ni} směřuje proti síle N_i , síla P_{Qi} směřuje proti síle T_i .

$$P_{Ni} = P_{xi} \sin \alpha_i + P_{yi} \cos \alpha_i \quad (1)$$

$$P_{Qi} = P_{yi} \sin \alpha_i - P_{xi} \cos \alpha_i \quad (2)$$

Mezi silami na úseku smykové plochy platí vztah:

$$T_i = (N_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i \quad (3)$$

kde: U_i - pórový tlak na úseku smykové plochy.

Na bloku platí součtové výminky rovnováhy:

Výminka ve směru kolmém k úseku smykové plochy:

$$N_i = P_{Ni} + E_{i-1} \sin \alpha_i - E_i \sin \alpha_i \quad (4)$$

Výminka ve směru rovnoběžném s úsekem smykové plochy:

$$T_i = P_{Qi} + E_i \cos \alpha_i - E_{i-1} \cos \alpha_i \quad (5)$$

Dosazením vztahu (3) do rovnice (5) se získá rovnice:

$$(N_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i = P_{Qi} + E_i \cos \alpha_i - E_{i-1} \cos \alpha_i \quad (6)$$

Dále dosazením vztahu (4) do rovnice (6) se získá rovnice:

$$(P_{Ni} + E_{i-1} \sin \alpha_i - E_i \sin \alpha_i - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i = P_{Qi} + E_i \cos \alpha_i - E_{i-1} \cos \alpha_i \quad (7)$$

A po úpravách:

$$\begin{aligned} (P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + (E_{i-1} - E_i) \sin \alpha_i \tan \varphi_i + c_i l_i &= P_{Qi} + (E_i - E_{i-1}) \cos \alpha_i \\ (P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - P_{Qi} &= (E_i - E_{i-1})(\cos \alpha_i + \sin \alpha_i \tan \varphi_i) \end{aligned} \quad (8)$$

Použitím matematického vztahu:

$$\cos \alpha + \sin \alpha \tan \beta = \frac{\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta}{\cos \beta} = \frac{\cos(\alpha - \beta)}{\cos \beta} \quad (9)$$

přejde rovnice (8) do tvaru:

$$(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - P_{Qi} = (E_i - E_{i-1}) \frac{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}{\cos \varphi_i} \quad (10)$$

A po dalších úpravách:

$$(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - P_{Qi} + E_{i-1} \frac{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}{\cos \varphi_i} = E_i \frac{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}{\cos \varphi_i} \quad (11)$$

vyplyne rekurentní vztah pro meziblokové síly E_i :

$$E_i = \frac{[(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - P_{Qi}] \cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} + E_{i-1} \quad (12)$$

V této fázi se do výpočtu zavádí stupeň stability K_u . Stupeň stability je hodnota, pomocí níž jsou síly působící na jednotlivé bloky zeminy uvedeny do stavu mezní rovnováhy. Mezní rovnováhy je dosaženo tím, že se hodnotou stupně stability přenásobí aktivní síly, tzn. síly, které svým působením přispívají k pohybu hmoty nad smykovou plochou směrem dolů. Aktivní síly jsou ve výrazu (12) obsaženy v členu P_{Qi} . Tento člen obsahuje jednak síly aktivní, které přispívají k sesuvu svahu a jednak síly, které sesuvu brání. Aktivní síly, které přispívají sesuvu svahu, budou označeny $P_{Qi,sd}$, síly které sesuvu brání, budou označeny $P_{Qi,ud}$. Tím získá vztah (12) tvar:

$$E_i = \frac{[(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - K_u P_{Qi,sd} - P_{Qi,ud}] \cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} + E_{i-1}$$

(13)

Pokud je hodnota P_{Qi} kladná, pak přispívá k pohybu svahu a bude považována za aktivní sílu $P_{Qi,sd}$. Pokud je hodnota P_{Qi} záporná, pak brání sesuvu svahu a bude považována za $P_{Qi,ud}$. Proto tedy odečítání hodnoty $P_{Qi,ud}$, která je záporná, ve vztahu (13) je vlastně přičítání kladné hodnoty, proto lze formálně zapsat:

$$E_i = \frac{[(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i - K_u P_{Qi,sd} + |P_{Qi,ud}|] \cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} + E_{i-1} \quad (14)$$

Na začátku smykové plochy je hodnota $E_0 = 0$. Pro hodnotu E_I tedy platí:

$$E_1 = \frac{[(P_{N1} - U_1) \tan \varphi_1 + c_1 l_1 - K_u P_{Q1,sd} + |P_{Q1,ud}|] \cos \varphi_1}{\cos(\alpha_1 - \varphi_1)} \quad (15)$$

Hodnota E_2 je potom dána:

$$E_2 = \frac{[(P_{N2} - U_2) \tan \varphi_2 + c_2 l_2 - K_u P_{Q2,sd} + |P_{Q2,ud}|] \cos \varphi_2}{\cos(\alpha_2 - \varphi_2)} + \frac{[(P_{N1} - U_1) \tan \varphi_1 + c_1 l_1 - K_u P_{Q1,sd} + |P_{Q1,ud}|] \cos \varphi_1}{\cos(\alpha_1 - \varphi_1)} \quad (16)$$

Podobně lze stanovit hodnoty všech dalších meziblokových sil, přičemž platí, že na posledním bloku na konci smykové plochy musí být $E_n = 0$. To lze podle předchozích vztahů vyjádřit jako:

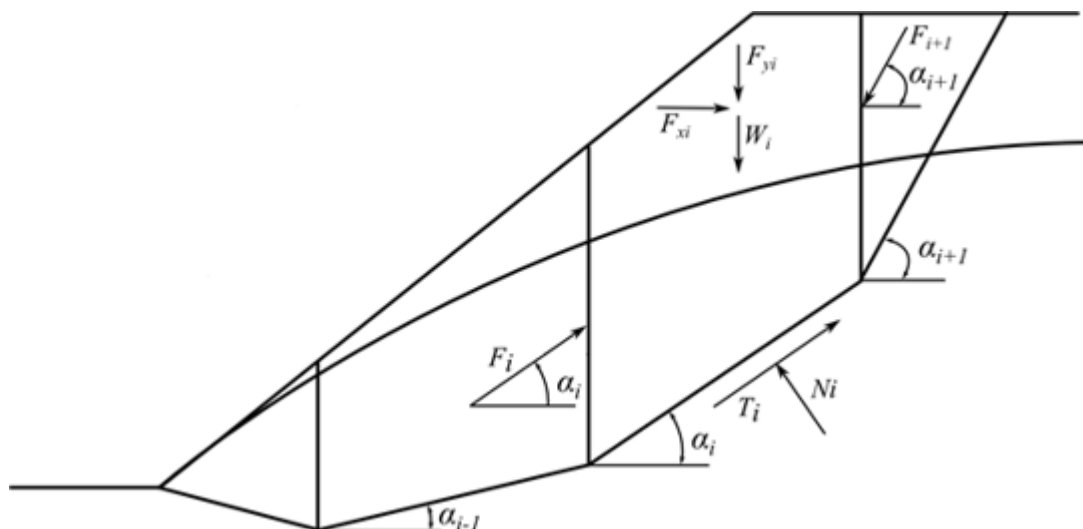
$$E_n = \sum_{i=1}^n [(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i + |P_{Qi,ud}|] \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} - K_u \sum_{i=1}^n P_{Qi,sd} \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} = 0 \quad (17)$$

Z této rovnice přímo vyplývá vztah pro výpočet stupně stability K_u :

$$K_u = \frac{\sum_{i=1}^n [(P_{Ni} - U_i) \tan \varphi_i + c_i l_i + |P_{Qi,ud}|] \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}}{\sum_{i=1}^n P_{Qi,sd} \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}} \quad (18)$$

Metoda ITF

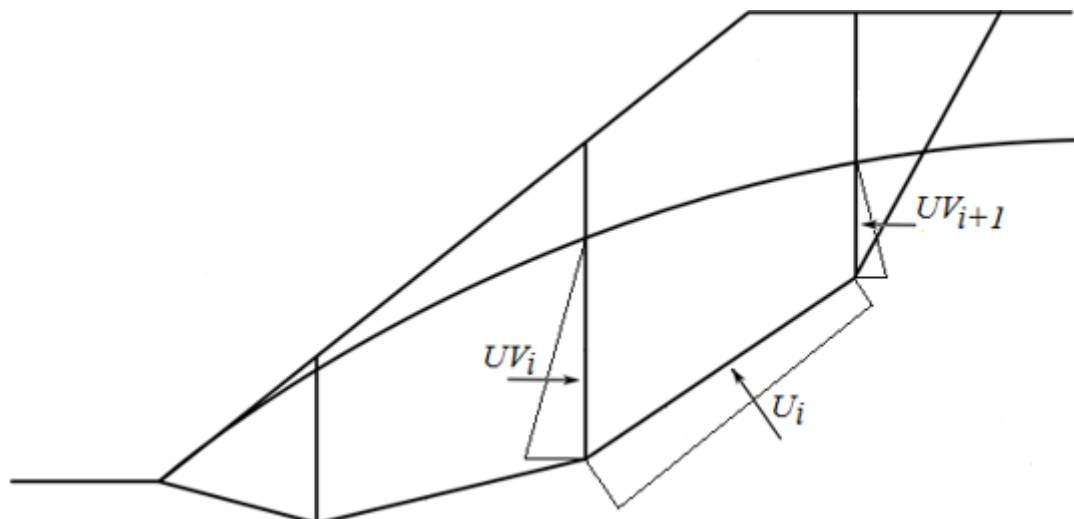
Metoda ITF je metoda mezní rovnováhy. Vychází ze součtové výminky sil na jednotlivých blocích a neuvažuje momentovou výminku. Princip metody a zavedené předpoklady jsou patrné na obr. 1.



Obr. 1 Schéma sil působících na bloku

Působení sil na bloku vychází z následujících předpokladů:

- kde:
- W_i - tíha bloku, pro část bloku, která je pod vodou, se tíha počítá z objemové tíhy nasycené zeminy γ_{sat}
 - Fy_i - ostatní svislé zatížení působící na blok
 - Fx_i - ostatní vodorovné zatížení působící na blok
 - F_i, F_{i+1} - jsou meziblokové síly, které působí pod úhly α_i a α_{i+1}



Obr. 2 Schéma působení pórového tlaku na blok

- U_i - výslednice pórového tlaku na úseku smykové plochy
- UV_i, UV_{i+1} - výslednice pórového tlaku na bočních hranách bloku

Ve výpočtu jsou síly UV_i a UV_{i+1} zahrnuty ve vodorovných silách Fx_i .

Ze součtové výminky ve směru kolmém k úseku smykové plochy vyplývá vztah:

$$N_i = (W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha + F_{i+1} \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - U_i \quad (1)$$

Mezi silami na úseku smykové plochy platí vztah:

$$T_i = N_i \tan \varphi_i + c_i l_i \quad (2)$$

- kde:
- φ_i - úhel vnitřního tření zeminy
 - c_i - soudržnost zeminy
 - l_i - délka úseku smykové plochy na i -tém bloku

Ze součtové výminky ve směru i -tého úseku smykové plochy (pod úhlem α_i) plyne vztah pro velikost meziblokové síly F_i :

$$F_i = (W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i - T_i + F_{i+1} \cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) \quad (3)$$

Dosazením rovnic (1) a (2) do vztahu (3):

$$F_i = (W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i - \\ - \left[(W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha_i + F_{i+1} \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - U_i \right] \tan \varphi_i + c_i l_i + \\ + F_{i+1} \cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i)$$

a formální úpravou získáme výsledný tvar výminky rovnováhy:

$$F_i = (W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i - \\ - \left[(W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha_i - U_i \right] \tan \varphi_i + c_i l_i + \\ + F_{i+1} [\cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) \tan \varphi_i] \quad (4)$$

Podmínka rovnováhy bude splněna zavedením stupně stability SF do výpočtu. Stupeň stability se do výpočtu zavede tak, že se jím vydělí charakteristiky pevnosti zeminy c a $\tan \varphi$. Rovnice (4) pak získá tvar:

$$F_i = (W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i - \\ - \left\{ [(W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha_i - U_i] \tan \varphi_i + c_i l_i \right\} / SF + \quad (5) \\ + F_{i+1} [\cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) \tan \varphi_i / SF]$$

Z rovnice (5) lze následně vypočítat stupeň stability SF , a to iteračním postupem. Iterace probíhá tak, že v nejvyšším (koncovém) bodě smykové plochy se zavede síla F_n o velikosti 0 kN . Pro zvolený stupeň stability SF se pak podle vztahu (5) vypočítají velikosti všech meziblokových sil F_i . Tento postup se opakuje pro různě volené hodnoty stupně stability SF až do chvíle, kdy je nalezen výsledný stupeň stability SF , pro nějž vyjde síla F_0 na počátku smykové plochy (u paty svahu) o velikosti 0 kN . Na smykové ploše se počítá s vyloučením tahu. Pokud při výpočtu rovnováhy vychází záporná hodnota normálové síly N_i , což znamená, že zemina je zde namáhána tahem, uvažuje se do dalšího výpočtu nulová hodnota této síly a smyková síla T_i na úseku smykové plochy je stanovena pouze ze soudržnosti zeminy.

Metoda ITF je poměrně citlivá na tvar smykové plochy. Pokud smyková plocha obsahuje ostré lomy, výsledný stupeň stability vychází větší, než odpovídá skutečnosti. Doporučuje se, aby rozdíl sklonů sousedních úseků smykové plochy nebyl větší než 10° . V programu je zabudována kontrola lomů smykové plochy, a pokud je u zadané smykové plochy zjištěn větší rozdíl sklonů sousedních úseků, program zobrazuje hlášení, že výsledky mohou být nadhodnocené. Tento problém zpravidla nenastává u kruhové smykové plochy, ale při použití polygonální smykové plochy je třeba mít tento efekt na zřeteli.

Metoda ITF - explicitní řešení

Explicitní řešení metody ITF spočívá v tom, že je jinak do výpočtu zaveden stupeň stability. Matematické řešení pak nevyžaduje iterační postup, výsledný stupeň stability je spočítán přímým výpočtem. Při explicitním řešení zpravidla vychází vyšší hodnota stupně stability, což může toto řešení někdy zcela znehodnocovat. Zejména v případech, kdy smyková plocha je polygonální a obsahuje ostré lomy.

Řešení vychází z rovnice rovnováhy (4), do níž zavádí stupeň stability SF . Ten je zaveden tak, že se jím násobí aktivní složky sil, to je ty složky, které působí ve směru sesuvu. Podmínka rovnováhy pak má tvar:

$$F_i = [(W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i] SF - \\ - \left\{ [(W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha_i - U_i] \tan \varphi_i + c_i l_i \right\} + \quad (6) \\ + F_{i+1} [\cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) \tan \varphi_i]$$

Pro přehlednost zavedeme složku aktivních sil:

$$A_i = (W_i + Fy_i) \sin \alpha_i - Fx_i \cos \alpha_i$$

dále složku pasivních sil:

$$P_i = [(W_i + Fy_i) \cos \alpha_i + Fx_i \sin \alpha_i - U_i] \tan \varphi_i + c_i l_i$$

a pomocnou funkci:

$$\psi_i = \cos(\alpha_{i+1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i+1} - \alpha_i) \tan \varphi_i$$

Rovnici (6) pak lze vyjádřit stručně:

$$F_i = A_i SF - P_i + F_{i+1} \psi_{i+1} \quad (7)$$

Vydeme ze známé hodnoty síly $F_n = 0$ a sestavíme výrazy pro meziblokové síly F :

$$F_{n-1} = A_{n-1} SF - P_{n-1} \\ F_{n-2} = A_{n-2} SF - P_{n-2} + (A_{n-1} SF - P_{n-1}) \psi_{n-1} \\ F_{n-3} = A_{n-3} SF - P_{n-3} + (A_{n-2} SF - P_{n-2}) \psi_{n-2} + (A_{n-1} SF - P_{n-1}) \psi_{n-1} \psi_{n-2}$$

Etc....

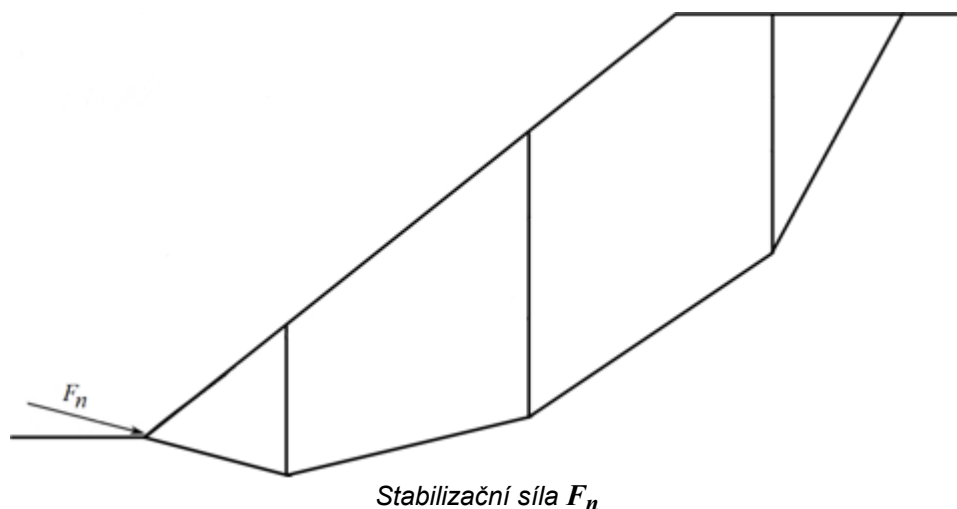
$$F_0 = \left[A_0 + \sum_{i=1}^{n-1} \left(A_i \prod_{j=1}^i \psi_j \right) \right] SF - P_0 - \sum_{i=1}^{n-1} \left(P_i \prod_{j=1}^i \psi_j \right) \quad (8)$$

A protože síla F_0 na dolním počátku smykové plochy má být rovna 0 kN , lze stupeň stability SF vyjádřit vztahem:

$$SF = \frac{P_0 + \sum_{i=1}^{n-1} \left(P_i \prod_{j=1}^i \psi_j \right)}{A_0 + \sum_{i=1}^{n-1} \left(A_i \prod_{j=1}^i \psi_j \right)} \quad (9)$$

Stabilizační síla v patě smykové plochy

Pokud stabilita svahu nevyhovuje (stupeň stability je menší než jeho požadovaná hodnota), dopočítává se při použití metody ITF tzv. stabilizační síla. Tato síla je zavedena tak, že působí na spodním konci smykové plochy, ve směru tečny ke smykové ploše. Její velikost je vypočtena z rovnováhy sil a uvádí svah do stavu mezní rovnováhy při požadované hodnotě stupně stability. Viz obrázek.



Hodnota stabilizační síly může být použita jako kritérium při optimalizaci. Optimalizace standardně probíhá tak, že se hledá smyková plocha, při níž vychází nejmenší hodnota stupně stability. Pro spočtený stupeň stability je vždy (pokud svah nevyhovuje) dopočtena odpovídající hodnota stabilizační síly v patě. V praxi bývá užitečné znát smykovou plochu, která sice nemá nejmenší hodnotu stupně stability, ale pro jejíž stabilizaci vychází nejvyšší hodnota stabilizační síly v patě. Optimalizace pro tento případ nabízí výpočet, kdy kritériem pro vyhledání smykové plochy je právě velikost této stabilizační síly. Tento způsob optimalizace lze použít pouze v případě, že stabilita svahu nevyhovuje, protože pro vyhovující svahy se hodnota stabilizační síly nepočítá. Pro vyhovující svah se optimalizuje vždy jen podle stupně stability.

Optimalizace polygonální

Optimalizace smykové plochy probíhá tak, že se postupně mění poloha jednotlivých bodů této plochy a zjišťuje se, která změna polohy daného bodu vede k největšímu snížení stupně stability SF . Krajní body smykové plochy se posouvají po povrchu terénu, vnitřní body plochy se pohybují ve svislém a vodorovném směru. Krok posunu je prvotně zvolen jako desetina nejmenší vzdálenosti sousedních bodů smykové plochy a při každém dalším běhu se krok zmenšuje na polovinu. Poloha bodů smykové plochy se optimalizuje postupně zleva doprava a optimalizace končí v okamžiku, kdy při posledním běhu nebyl žádný bod posunut.

Postup optimalizace polygonální smykové plochy může být ovlivněn výskytem **lokálního minima** stupně stability (vzhledem k rozvoji postupného pohybu uzlových bodů), a proto nemusí vždy vést k nalezení kritické smykové plochy. V případě složitého profilu svahu je proto vhodné zadat více výchozích poloh smykové plochy k optimalizaci. Doporučujeme též užití v kombinaci s optimalizačním postupem u kruhové smykové plochy tak, že je nejdříve vyšetřena kritická smyková plocha (plochy) na kruhové válcové ploše. Dále jsou v případě polygonální smykové plochy užité výsledky jako výchozí pro optimalizaci.

Postup optimalizace je možno **omezit určitými restrikcemi**. To je vhodné zejména tehdy, pokud chceme, aby nalezená smyková plocha procházela určitou oblastí, nebo naopak aby se určité oblasti vyhnula. Omezení optimalizace lze u polygonální smykové plochy provést dvěma způsoby.

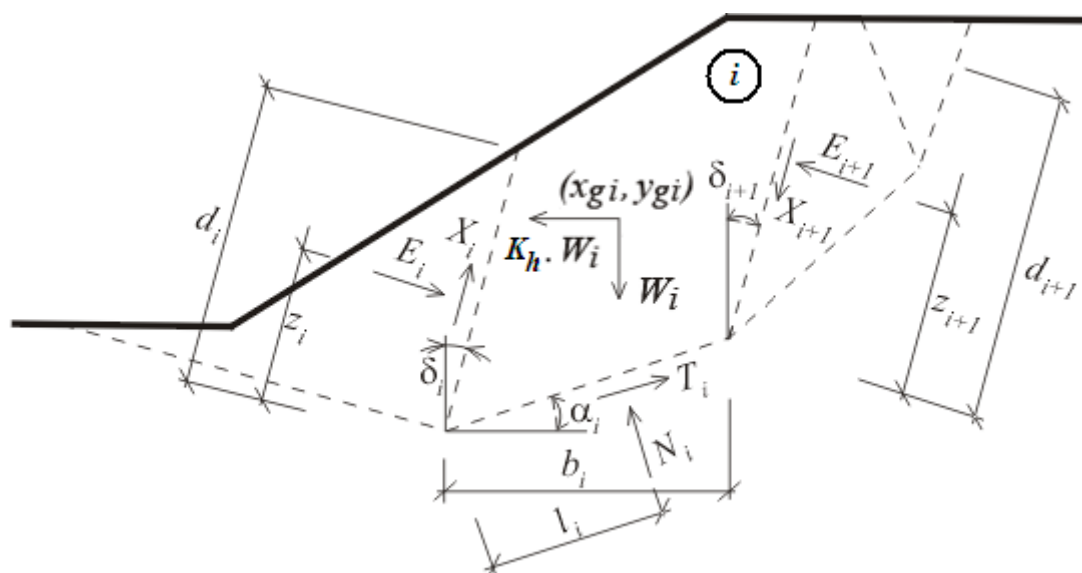
1. Omezení optimalizace se zadává jako množina úseček v tělese svahu. Smyková plocha se pak při optimalizaci těmito úsečkám vyhýbá.
2. Omezení optimalizace spočívá v zamezení posunu některých bodů zadané smykové plochy. Je možno bodu úplně zabránit v pohybu nebo umožnit pouze jeho svislý nebo pouze vodorovný posun (držet bod).

Pro metody ITF je možno zvolit jiný druh optimalizace, kdy kritériem je hodnota **stabilizační síly** v patě smykové plochy F_n . V tom případě optimalizace probíhá tak, že se hledá smyková plocha, pro niž vychází největší hodnota stabilizační síly bez ohledu na hodnotu stupně stability. Tento způsob optimalizace lze použít jen tehdy, pokud aktuální smyková plocha nevyhovuje. Pro vyhovující smykovou plochu je hodnota stabilizační síly F_n rovna nule a optimalizace hledá jen podle stupně stability FS .

Naklápění dělicích rovin

Naklápění dělicích rovin je umožněno pouze při výpočtu Sarmovou metodou. Z obrázku je patrné, že dělicí roviny mezi bloky nemusí být ani svislé, ani navzájem rovnoběžné. První fáze **optimalizace**, kdy se posouvají jednotlivé body smykové plochy, se děje při svislých dělicích rovinách mezi bloky. Při následném vzájemném naklápění dělicích rovin lze získat ještě nižší hodnotu stupně stability. Naklápění se opět provádí v bžích při omezeném kroku natočení a tento krok se

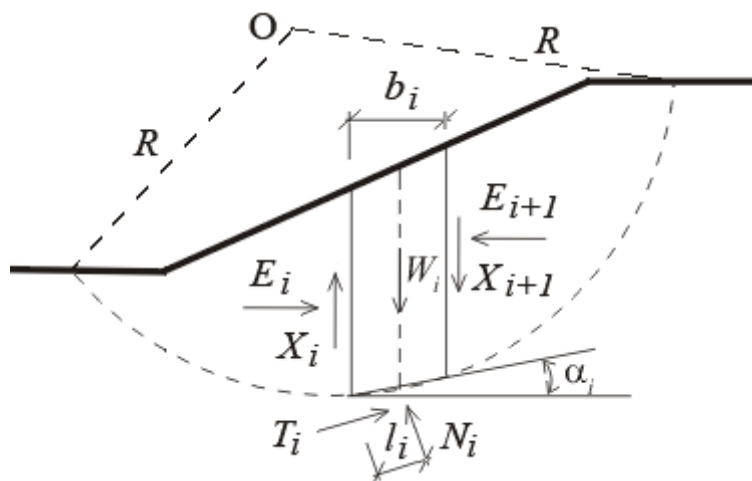
postupně zmenšuje. Tato fáze optimalizace končí tehdy, když krok natočení je 1° a při posledním běhu nebylo natočení žádné roviny změněno.



Statické schéma - Sarmova metoda

Kruhová smyková plocha

Všechny metody mezní rovnováhy předpokládají rozdělení zemního tělesa nad kruhovou smykovou plochou na bloky (dělicí roviny mezi bloky jsou vždy svislé). Statické schéma působících sil na blok je na obrázku.



Statické schéma - Bishopova metoda

Zde X_i a E_i jsou smykové a normálové síly mezi bloky, T_i a N_i jsou smykové a normálové síly na úsecích smykové plochy, W_i jsou tíhy jednotlivých bloků.

Jednotlivé proužkové metody se liší svými předpoklady a zdali splňují silové podmínky rovnováhy resp. momentovou podmínku kolem středu O.

Program umožňuje výpočet pomocí následujících proužkových metod:

- Fellenius / Petterson
- Bishop
- Spencer
- Janbu
- Morgenstern-Price
- Šachuňanc
- Metoda ITF

Je-li v řezu svahu zadána podzemní voda (jedním z pěti způsobů), projeví se to při výpočtu tíhy bloku a při výpočtu smykových sil (započtením pórového tlaku). Do vztahů mezi normálovými a smykovými silami se dosazují efektivní smykové parametry pevnosti zemin.

Zavedení sil v kotvách a vody nad terénem do výpočtu

Síly v kotvách jsou uvažovány jako vnější zatížení svahu, jsou vztaženy na běžný metr svahu [kN/m] a zavedeny do momentové výminky rovnováhy. Tyto síly mají přispět k dostatečné stabilitě svahu, pokud to nelze zajistit jiným vhodným způsobem. Velikost kotevních sil není samotným programem omezena, a proto je nutno zadávat **kotevní síly** o reálné velikosti.

Vliv vody nad terénem je uvažován jako soubor sil působících kolmo na povrch svahu a současně jako **pórový tlak** na smykové ploše, který je odvozen od polohy hladiny vody vůči smykové ploše. Síly od vody působící na povrch svahu jsou zavedeny do momentové výminky rovnováhy jako síly působící na příslušných ramenech ke středu smykové plochy.

Je možné **optimalizovat** smykovou plochu a zjistit její nejkritičtější polohu (nejnižší stupeň stability **SF**).

Fellenius / Petterson

Nejjednodušší z proužkových metod předpokládá pouze celkovou momentovou podmínku rovnováhy kolem středu kruhové smykové plochy. Smykové a normálové síly mezi bloky X_i a E_i se zanedbávají. Stupeň stability **SF** se získá přímo ze vztahu:

$$FS = \frac{1}{\sum_i W_i \cdot \sin \alpha_i} \cdot \sum_i [c_i \cdot l_i + (N_i - u_i \cdot l_i) \cdot \tan \varphi_i]$$

kde:

- u_i - **pórový tlak** na bloku
- c_i, φ_i - efektivní hodnoty parametrů zemin
- W_i - tíha bloku
- N_i - normálová síla na úseku smykové plochy
- α_i - sklon úseku smykové plochy
- l_i - délka úseku smykové plochy

Literatura:

Petterson KE (1955) *The early history of circular sliding surfaces*. *Geotechnique* 5:275-296.

Bishop

Bishopova zjednodušená metoda předpokládá nulové smykové síly mezi bloky X_i . Metoda je založena na splnění momentové podmínky a svislé silové podmínky rovnováhy.

Stupeň stability **SF** je vypočten postupným iterováním následujícího vztahu:

$$FS = \frac{1}{\sum_i W_i \cdot \sin \alpha_i} \cdot \sum_i \frac{c_i \cdot b_i + (W_i - u_i \cdot b_i) \cdot \tan \varphi_i}{\cos \alpha_i + \frac{\tan \varphi_i \cdot \sin \alpha_i}{FS}}$$

kde:

- u_i - **pórový tlak** na bloku
- c_i, φ_i - efektivní hodnoty parametrů zemin
- W_i - tíha bloku
- α_i - sklon úseku smykové plochy
- b_i - šířka bloku

Literatura:

Bishop, A.W. (1955) *"The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes"*, *Geotechnique*, Great Britain, Vol. 5, No. 1, Mar., pp. 7-17

Spencer

Tato metoda uvažuje nenulové síly mezi bloky. Výslednice smykové a normálové složky mezi bloky má konstantní sklon. Spencerova metoda je rigorózní metodou, tj. splňuje všechny tři podmínky rovnováhy - ve vodorovném i svislém směru a momentovou podmínku. Stupeň bezpečnosti **SF** je získán iterováním sklonu meziblokových sil a stupně **SF**. Podrobný popis metody lze nalézt ve výpočtu **polygonální plochy**.

Janbu

Janbuova metoda uvažuje nenulové síly mezi bloky. Metoda splňuje silovou podmínku rovnováhy na všech blocích ve vodorovném i svislém směru a momentovou podmínku na všech blocích kromě posledního (horního). Předpokladem metody je volba polohy meziblokových sil. Stupeň bezpečnosti **SF** je získán iterováním meziblokových sil, následně jsou dopočteny sklony těchto sil. Podrobný popis metody lze nalézt ve výpočtu **polygonální plochy**.

Morgenstern-Price

Tato metoda uvažuje nenulové síly mezi bloky. Výslednice smykové a normálové složky mezi bloky mají rozdílný sklon na každém bloku (průběh úhlů na blocích kopíruje poloviční funkci sinus, tj. Half-sine). Morgenstern-Priceova metoda je rigorózní metodou, tj. splňuje všechny tři podmínky rovnováhy - ve vodorovném i svislém směru a momentovou podmínku. Stupeň bezpečnosti SF je získán iterováním sklonu meziblokových sil a stupně SF . Podrobný popis metody lze nalézt ve výpočtu [polygonální plochy](#).

Šachuňanc

Podrobný popis metody lze nalézt ve výpočtu [polygonální smykové plochy](#).

Metoda ITF

Podrobný popis metody lze nalézt ve výpočtu [polygonální smykové plochy](#).

Optimalizace kruhová

Optimalizace spočívá v nalezení kruhové smykové plochy s nejmenší hodnotou stupně stability SF . Kruhová smyková plocha je dána 3body: dvěma body na povrchu terénu a jedním uvnitř zemního tělesa. Každý z bodů na povrchu má jeden stupeň volnosti a bod uvnitř tělesa má stupně volnosti dva. Smyková plocha je dána čtyřmi nezávislými parametry. Pro vyhledání čtveřice hodnot parametrů, která dává nejnepříznivější výsledky, byla na základě studia vlivu variací parametrů vybrána matice změny parametrů, která vede k rychlému a spolehlivému optimalizačnímu postupu. Za kritickou se považuje ta smyková plocha, pro níž je vypočten nejnižší stupeň stability. Parametry jednotlivých smykových ploch a výsledky z průběhu optimalizace je možné zobrazit v dokumentu.

Tento postup zpravidla vede k nalezení kritické smykové plochy, aniž by byl výrazněji ovlivněn existencí lokálních minim. Doporučujeme jeho užití v kombinaci s optimalizačním postupem u obecné smykové plochy tak, že je nejdříve vyšetřena kritická smyková plocha (plochy) na kruhové válcové ploše. Dále jsou v případě polygonální smykové plochy užity získané výsledky jako výchozí pro optimalizaci.

Postup optimalizace je možno **omezit určitými restrikcemi**. To je vhodné zejména tehdy, pokud chceme, aby nalezená smyková plocha procházela určitou oblastí, nebo naopak aby se určité oblasti vyhnula. Omezení optimalizace lze u kruhové smykové plochy provést dvěma způsoby.

1. Omezení optimalizace se zadává jako množina úseček v tělese svahu. Smyková plocha se pak při optimalizaci těmito úsečkám vyhýbá.
2. Omezení optimalizace spočívá v zamezení posunu počátečního nebo koncového bodu zadané smykové plochy.

Pro metody ITF je možno zvolit jiný druh optimalizace, kdy kritériem je hodnota **stabilizační síly** v patě smykové plochy F_n . V tom případě optimalizace probíhá tak, že se hledá smyková plocha, pro níž vychází největší hodnota stabilizační síly bez ohledu na hodnotu stupně stability. Tento způsob optimalizace lze použít jen tehdy, pokud aktuální smyková plocha nevyhovuje. Pro vyhovující smykovou plochu je hodnota stabilizační síly F_n rovna nule a optimalizace hledá jen podle stupně stability FS .

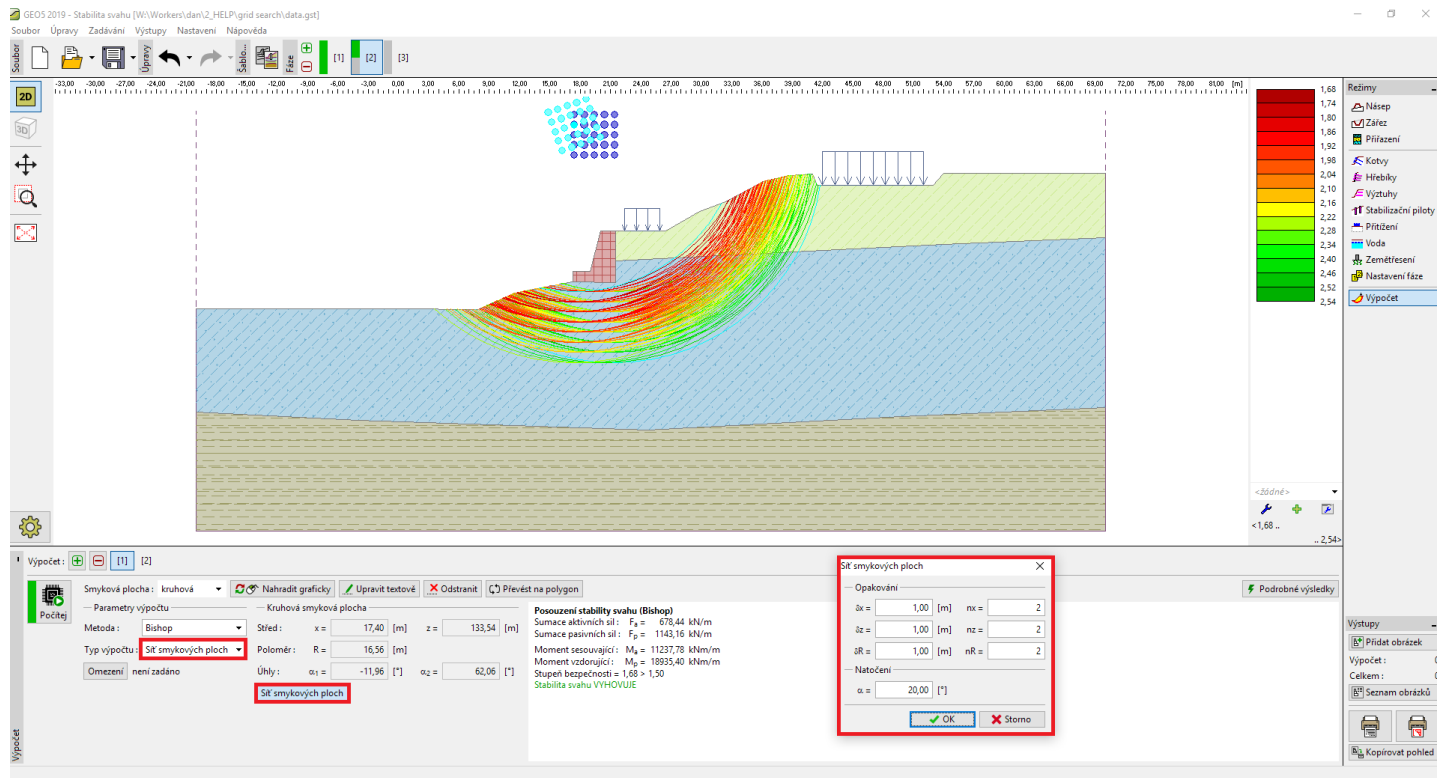
Sítě smykových ploch

U kruhových smykových ploch je někdy výhodné **zobrazení více smykových ploch najednou**. K tomu slouží výpočet pomocí sítě smykových ploch.

Výpočet sítě se provádí vždy od aktuálně zadané smykové plochy - proto doporučujeme nejprve provést standardní [optimalizaci kruhové smykové plochy](#).

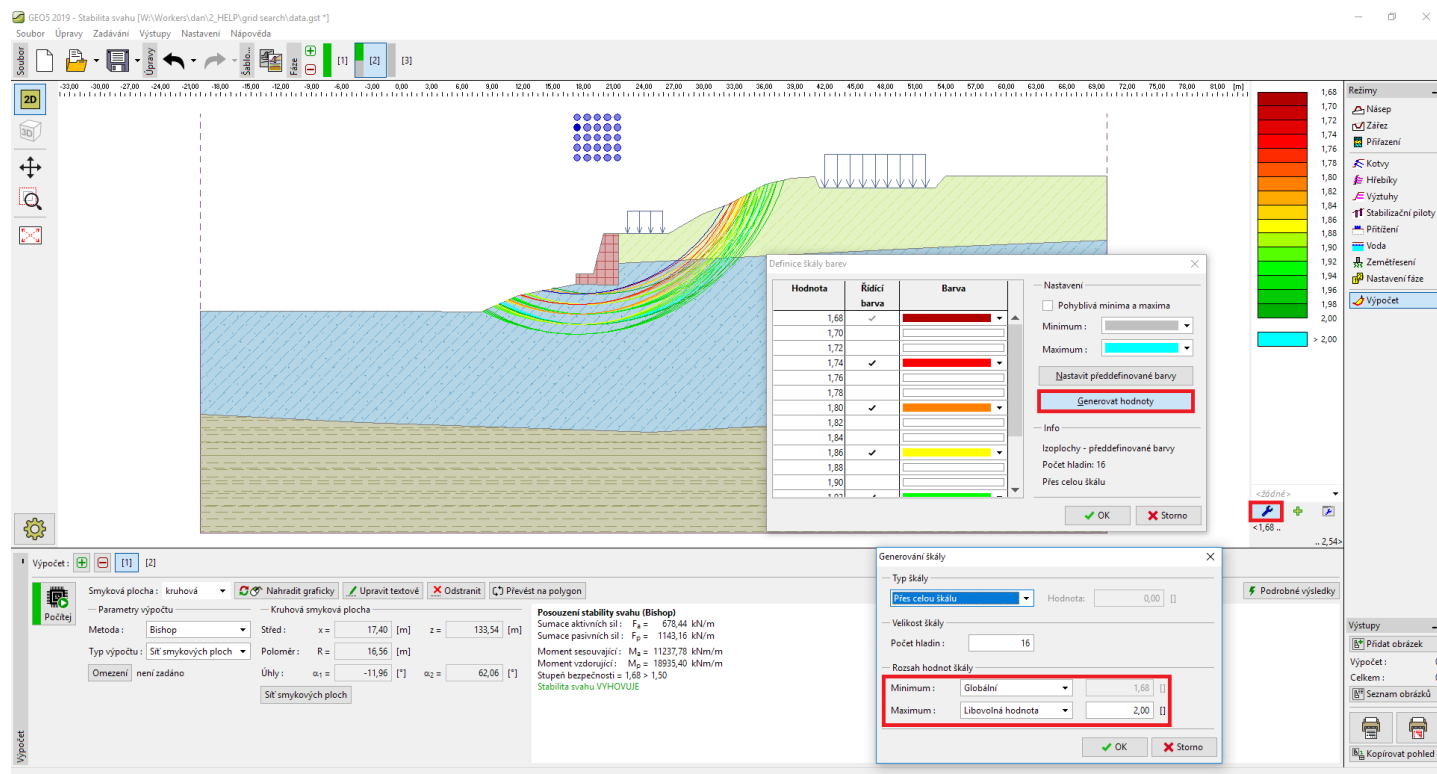
Při tomto typu výpočtu lze také zadat [omezení smykové plochy](#).

V dialogovém okně zadáme parametry sítě (kroky posunu středu a poloměru, natočení) - po spuštění výpočtu se provedou výpočty všech zadaných smykových ploch a zobrazí se v [nastavené barevné škále](#).



Nastavení parametrů sítě smykových plochy

Pro znázornění je občas výhodné uvažovat jen stupně bezpečnosti **do určité hodnoty** - to lze nastavit v okně "Definice škály barev" - tlačítkem "Generovat hodnoty". Smykové plochy mimo zadaný rozsah se nevykreslují.



Generování škály do určité hodnoty

Tuto metodu lze použít i jako **ruční optimalizaci**:

- vyjdeme ze zadané smykové plochy a provedeme výpočet
- nejhorší nalezená smyková plocha se zobrazí modře a její střed tučně
- po dalším provedení výpočtu se vyjde z této smykové plochy a síť pro výpočet se vygeneruje znovu
- postup můžeme opakovat do doby, kdy je výsledně nalezený střed smykové plochy ve středu sítě

V každém případě je tento postup méně spolehlivý než **standardní algoritmus optimalizace smykové plochy** a

doporučujeme ho používat velmi opatrně.

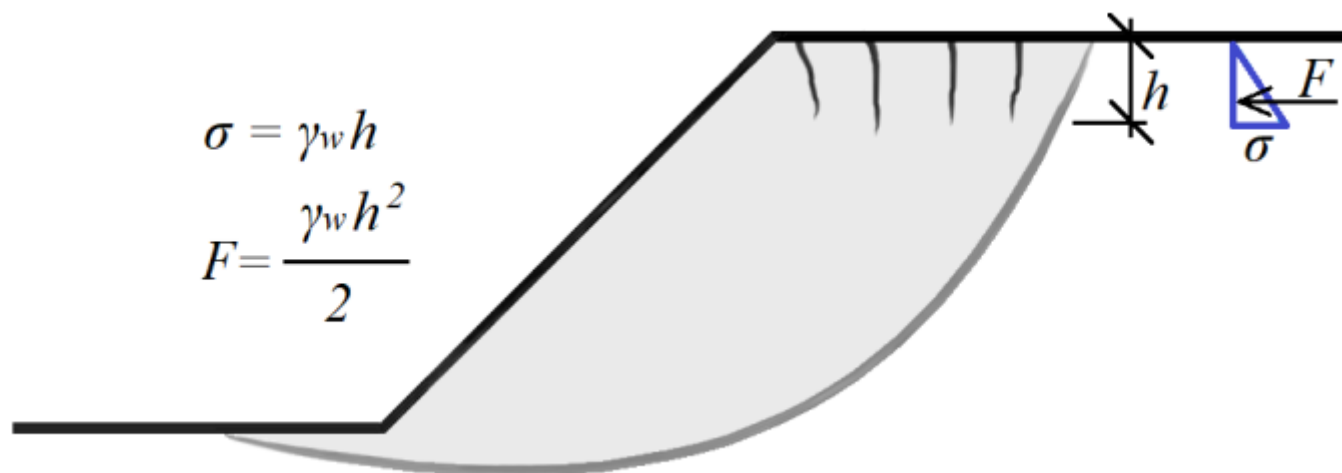
Foliace

Zeminy mohou mít zadánu foliaci. To znamená, že pod úhlem zadaným určitým intervalem, který se zadává jako parametr zeminy <Zač. Sklon ; Kon. Sklon> má zemina výrazně jiné (většinou horší) parametry (c a φ).

Pokud se sklon úseku smykové plochy nebo sklon rozhraní mezi bloky pohybuje v intervalu <Zač. Sklon ; Kon. Sklon>, počítá se zde s těmito změněnými parametry c a φ .

Vliv tahových trhlin

Program umožňuje započítat vliv tahových trhlin na povrchu terénu vyplněných vodou. Jediným vstupním údajem je hloubka tahových trhlin h . Vliv tahových trhlin se projeví při výpočtu normálových a smykových sil na úsecích smykové plochy nacházejících se ve vrstvě s tahovými trhlinami - v úseku s tahovou trhlinou se uvažují nulové smykové parametry zeminy ($c = 0$, $\varphi = 0$). Dále je do výpočtu zavedena vodorovná síla F od zatížení vodou v tahové trhlině (viz obrázek):

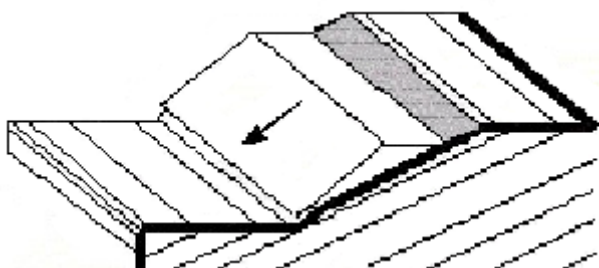


Vliv tahových trhlin

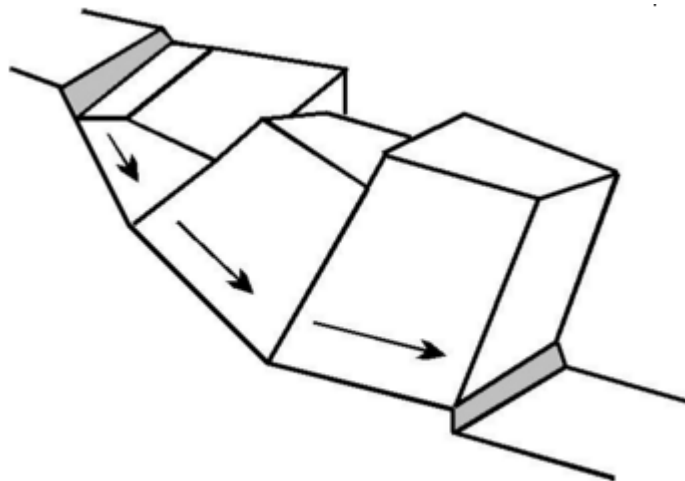
Skalní svah

Program pro výpočet stability skalního svahu počítá s následujícími typy porušení skalních stěn:

- Smykem po rovinné smykové ploše
- Posun po polygonální smykové ploše
- Sesutí horninového klínu



Porušení skalní stěny smykem po rovinné smykové ploše



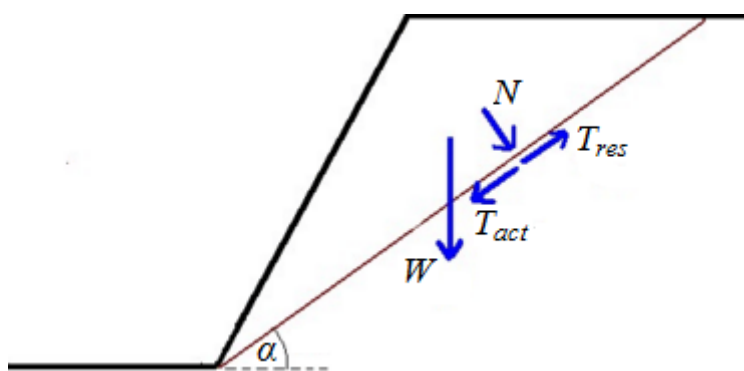
Posun po polygonální smykové ploše



Sesutí horninového klínu

Rovinná smyková plocha

Při porušení po rovinné smykové ploše se horninový blok posunuje směrem dolů po smykové ploše. Horninový klín může být zadán s tahovou trhlinou. Základem výpočtu stability je stanovení **normálové síly** N působící na smykovou plochu, **posouvající síly** T_{act} (aktivní) a smykových **vzdorujících sil** T_{res} (pasivních).



Znáznornění působících sil na rovinné smykové ploše

Pro určení **pasivních sil** T_{res} jsou nejdůležitějšími vstupními údaji **podmínky smykové pevnosti** a **normálová síla** N působící na smykovou plochu. Výpočet **aktivní síly** T_{act} a **normálové síly** N je dále ovlivněn vlastní tíhou bloku (závisí na geometrii a **objemové tíze horniny**), **kotvením bloku**, **přetížením**, **vlivem vody** a **seismickými účinky**. Aktivní síla T_{act} a normálová síla N se získají sumací všech sil vstupujících do výpočtu.

Program nabízí několik typů rovinných smykových ploch:

- Hladkou
- **Zvlněnou**
- **Schodovitou**

Výsledné posouzení lze provést podle zvolené **metodiky posouzení** v závislosti na zadání v rámu "Nastavení".

Schodovitá smyková plocha

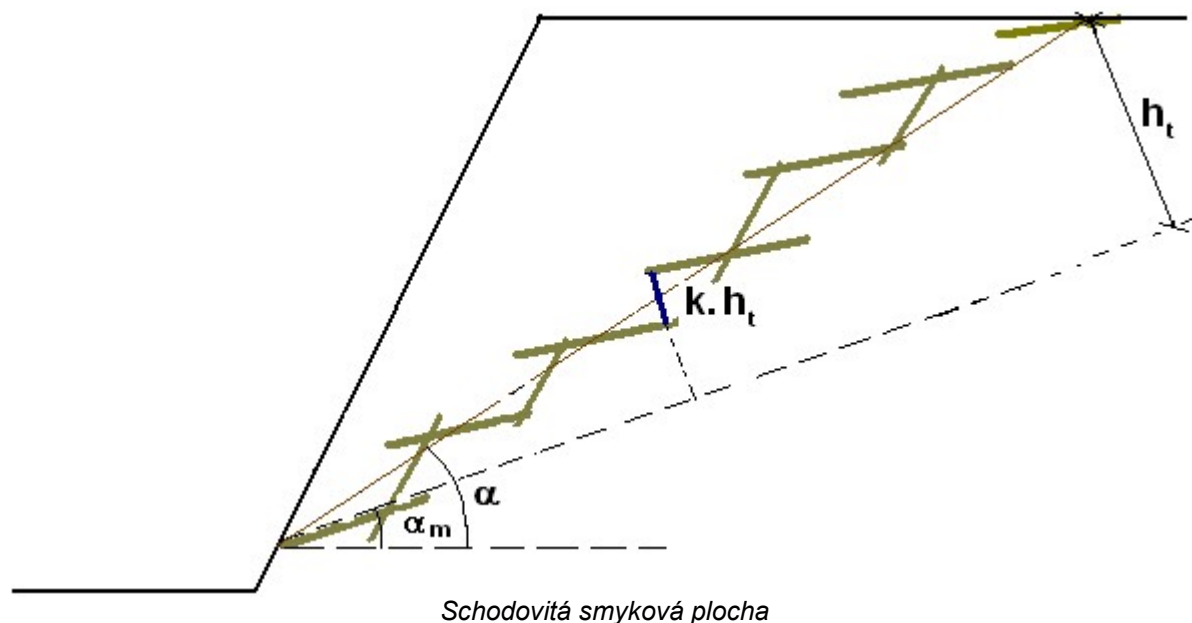
Pokud se v horninovém masivu nachází soustava rovnoběžných neprůběžných puklin ukloněných k líci skalní stěny a druhá soustava je nevýrazná, je možné v horninovém masivu uvažovat vytvoření schodovité (zazubené) smykové plochy. Vliv této plochy umožňuje program zavést pomocí teorie Calla a Nicholase, kdy smykový odpor na schodovité smykové

ploše se zvýší o hodnotu $\Delta\tau$:

$$\Delta\tau = \sigma_n \operatorname{tg} \nu + T$$

$$T = \sum k \cdot h_t \cdot T_0$$

- kde:
- σ_n - normálové napětí působící kolmo na smykovou plochu
 - ν - úhel zvlnění
 - T - efektivní tahová pevnost schodů z neporušené horniny
 - k - část z výšky h_t připadající na schody tvořené neporušenou horninou (nevzniklé druhotnou soustavou ploch) $\sum k \in \langle 0,1 \rangle$
 - h_t - kolmá výška schodovitěho klínu spočívajícího na ploše sklonu hlavní soustavy ploch nespojitosti
 - T_0 - **pevnost neporušené horniny v tahu**



Literatura:

W.S. Dershowitz, H.H. Einstein - Characterizing rock joint geometry with joint system models *Journal Rock Mechanics and Rock Engineering*, Springer Wien ISSN 0723-2632 , Issue Volume 21, Number 1 / January, 1988 Pages 21-51.

Pevnost horniny v tahu

Pevnost horniny v tahu T_e je **20 až 30x** menší než pevnost horniny v prostém tlaku σ_c .

Pevnosti v prostém tahu T_0 pro vybrané neporušené horniny [**MPa**]

Bazalt (čedič)	3 - 18
Rula	7 - 16
Žula	11 - 21
Vápenec	3 - 5
Mramor	7 - 12
Křemenec	4 - 23
Pískovec	5 - 11
Krystalická břidlice	5 - 12
Břidlice	2 - 17
Tuf	2 - 4

Zvlněná smyková plocha

Pokud je smyková plocha zvlněná (uvažováno v měřítku 1 až 10 **m**) - lze zvlnění smykové plochy zohlednit pomocí úhlu zvlnění ν :

$$\nu = \alpha - \min(\alpha_i)$$

- kde:
- α - sklon smykové plochy

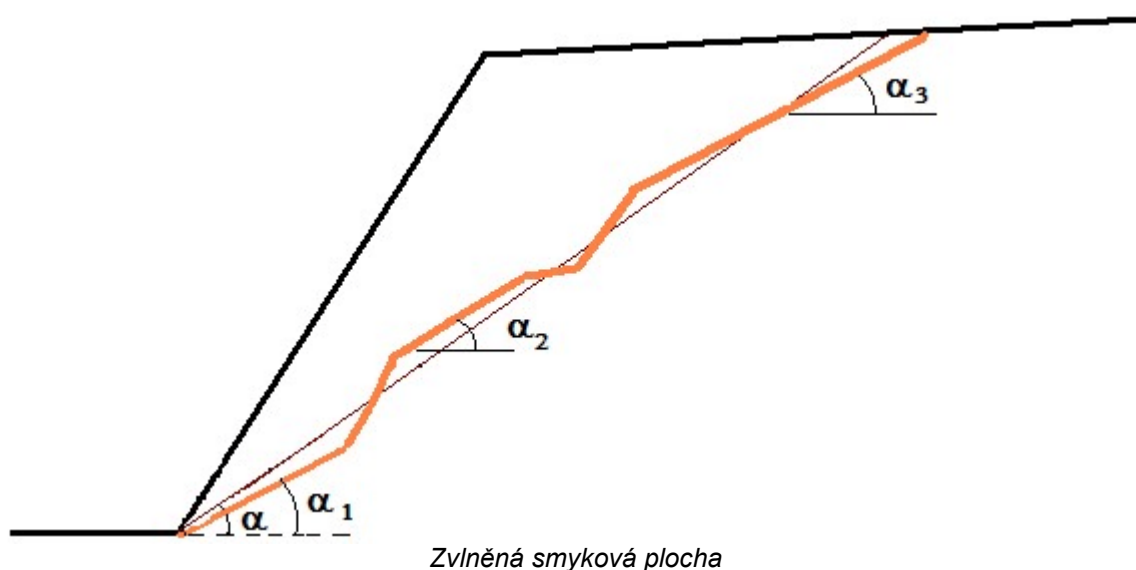
α_i - sklon i-té vlny smykové plochy

Zvlnění má za následek nárůst smykové pevnosti τ na smykové ploše o hodnotu $\Delta\tau$:

$$\Delta\tau = \sigma_n \cdot \operatorname{tg} v$$

kde: σ_n - normálové napětí působící kolmo na smykovou plochu

v - úhel zvlnění



Literatura:

Miller, S.M. (1988). *Modeling Shear Strength at Low Normal Stresses for Enhanced Rock Slope Engineering*, Proc. Of 39th Highway Geology Symp, 346-356.

Kotvení skalního svahu

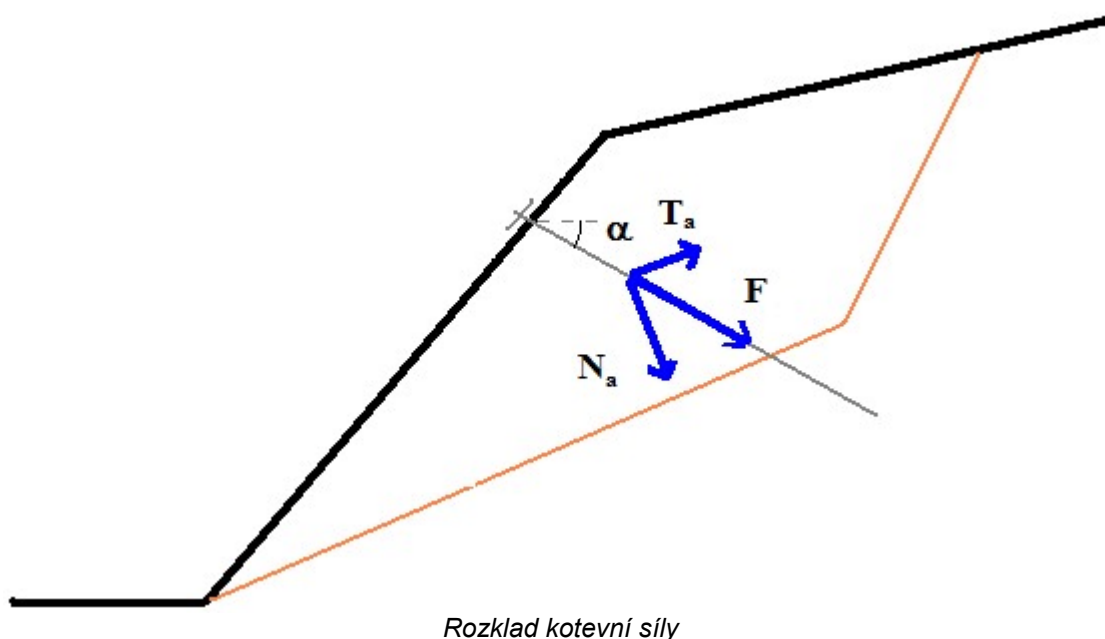
Při výpočtu skalního svahu na rovině smykové ploše je možné zadat dva typy kotev:

Aktivní

Aktivní kotvou se rozumí předpínaná kotva, kdy jsou kotevní síly aktivovány před posunem horninového bloku. Normálová síla zvyšuje normálové napětí na smykové ploše a tím smykové vzdorující síly, tečná složka je přičtena (resp. odečtena) k posouvajícím (aktivním) silám.

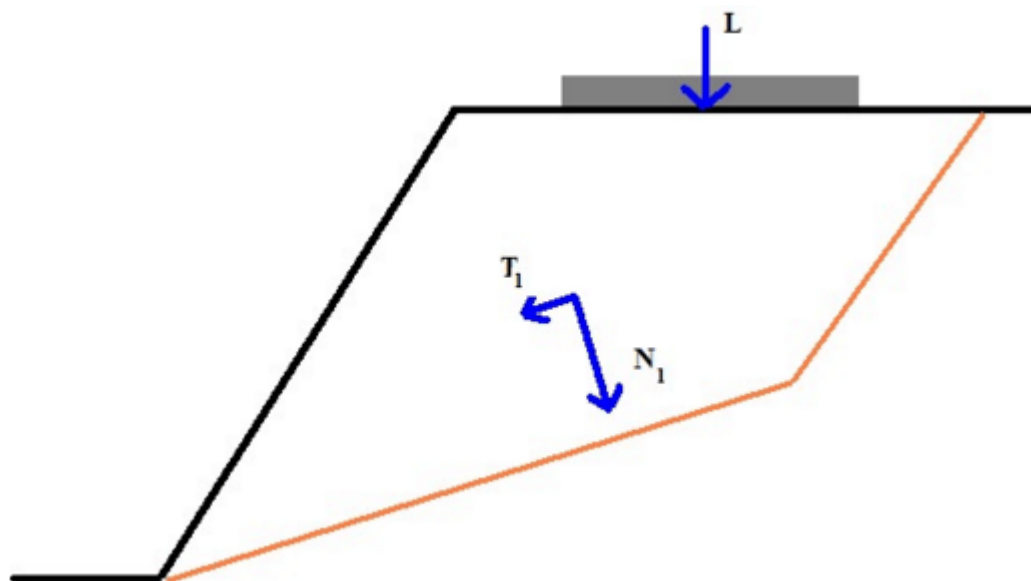
Pasivní

Pasivní kotva je aktivována posunem horninového bloku (tj. nepředpínané kotvy). Normálová síla zvyšuje normálové napětí na smykové ploše a tím smykové vzdorující síly, tečná složka je přičtena ke vzdorujícím (pasivním) silám.



Přetížení skalního svahu

Ze zadaného přetížení se spočte výslednice L . Normálová složka N_l výslednice zvyšuje normálové napětí na smykové ploše a tím smykové vzdorující síly T_{res} , tečná složka T_l je přičtena (resp. odečtena) k posouvajícím (aktivním) silám T_{act} .



Rozklad přetížení

Vliv vody na smykové ploše

Program umožňuje počítat s těmito vlivy vody:



Bez podzemní vody, voda není uvažována



Hydrostatický tlak, HPV nad patou svahu



Hydrostatický tlak, HPV je i v tahové trhlíně



Hydrostatický tlak, HPV v tahové trhlíně, max. v tahové trhlíně



Hydrostatický tlak, voda působí jen v tahové trhlíně



Vlastní průběh jen na smykové ploše



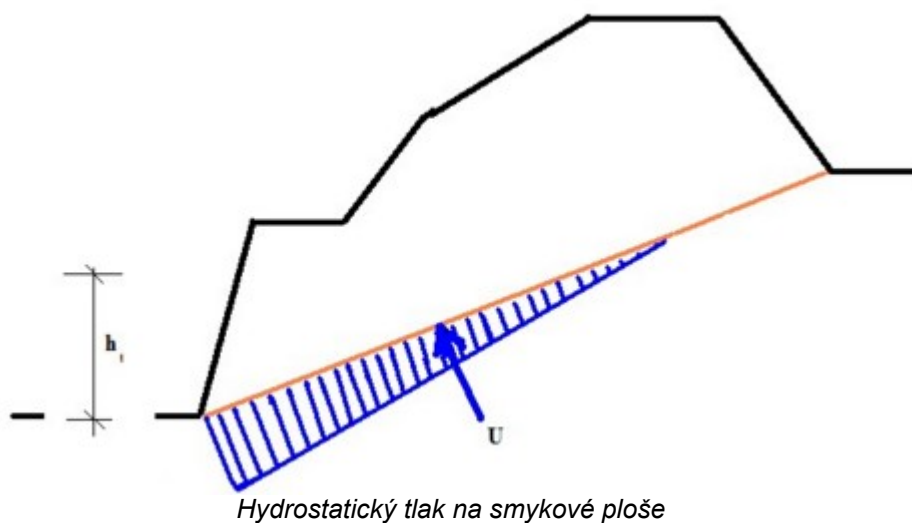
Vlastní průběh

HPV nad patou svahu



Hydrostatický tlak, HPV nad patou svahu

Smyková plocha je plně či částečně pod hladinou podzemní vody (voda nemůže odtéct ze smykové plochy), maximum tlaku od vody je u paty stěny.



Hodnota tlaku od vody u paty svahu u je dána vztahem:

$$u = \gamma_w h_t$$

kde:

- γ_w - objemová tíha vody
- h_t - výška HPV nad patou svahu

Výsledná tlaková síla od vody působící kolmo na smykovou plochu je dána vztahem:

$$U = \frac{1}{2} \gamma_w h_t \left(\frac{h_t}{\sin \alpha} \right)$$

kde:

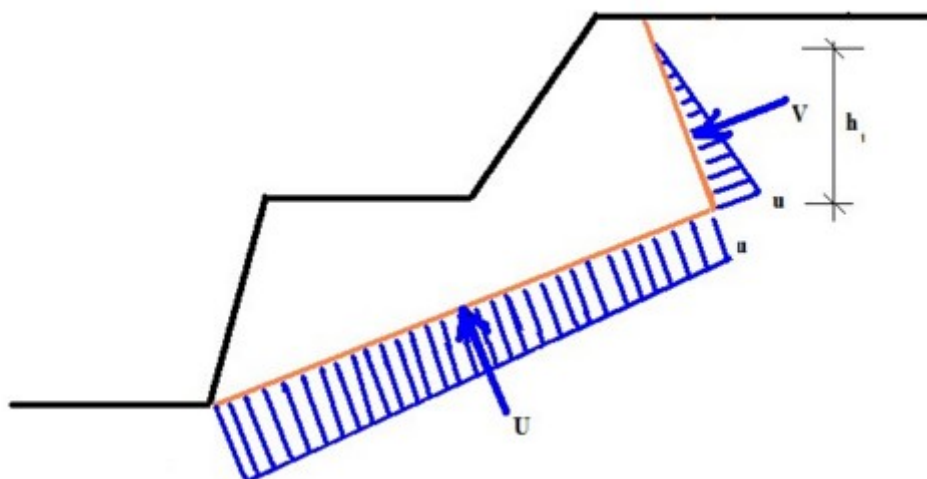
- γ_w - objemová tíha vody
- h_t - výška HPV nad patou svahu
- α - sklon smykové plochy od vodorovné

HPV i v tahové trhlině



HPV i v tahové trhlině

Smyková plocha je plně pod hladinou podzemní vody, HPV prochází tahovou trhlinou či je v úrovni terénu, max. hodnota vztaku je u paty stěny.



Hydrostatický tlak na smykové ploše a tahové trhlině, max. hodnota u paty svahu

Hodnota vztaku u průsečíku smykové plochy a tahové trhliny je dána vztahem:

$$u = \gamma_w h_t$$

kde:

- γ_w - objemová tíha vody
- h_t - výška HPV nad průsečíkem smykové plochy a tahové trhliny

Výsledná tlaková síla V od vody působící kolmo na tahovou trhlinu je dána vztahem:

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_t \left(\frac{h_t}{\cos \varphi} \right)$$

kde:

- γ_w - objemová tíha vody
- h_t - výška HPV nad průsečíkem smykové plochy a tahové trhliny
- φ - odklon tahové trhliny od svislé

Hodnota hydrostatického tlaku u_1 paty svahu je dána vztahem:

$$u_1 = \gamma_w H_w$$

kde:

- γ_w - objemová tíha vody
- H_w - výška HPV nad patou svahu

Výsledná tlaková síla U od vody působící kolmo na smykovou plochu je dána vztahem:

$$U = \frac{1}{2} (u + u_1) \left(\frac{H_w - h_t}{\sin \alpha} \right)$$

kde:

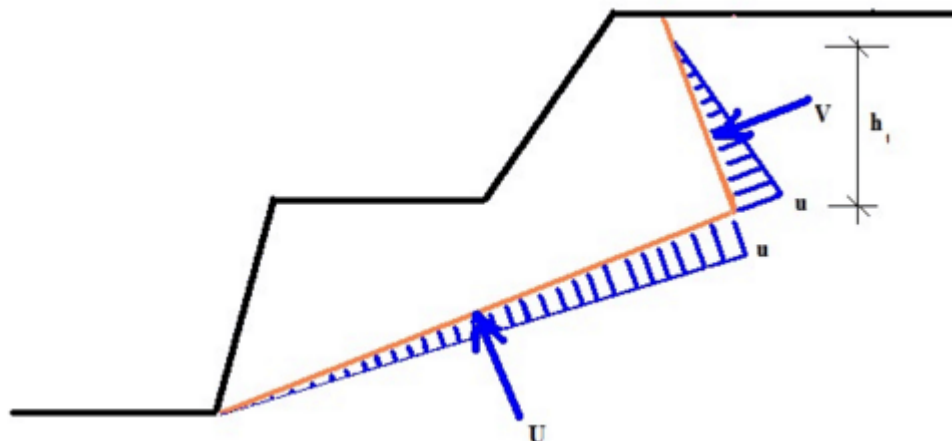
- u - tlak vody na průsečíku smykové plochy a tahové trhliny
- u_1 - tlak od vody v patě svahu
- h_t - výška HPV nad průsečíkem smykové plochy a tahové trhliny
- α - odklon smykové plochy od vodorovné
- H_w - výška HPV nad patou svahu

HPV v tahové trhlině, max. v tah. trhlině



HPV v tahové trhlině

Smyková plocha je plně pod hladinou podzemní vody, HPV prochází tahovou trhlinou či je v úrovni terénu (voda může v patě svahu volně odtékat), max. hodnota vztaku je v průsečíku tahové trhliny a smykové plochy.



Hydrostatický tlak na smykové ploše a tahové trhlině

Hodnota vztlaku u v místě průsečíku smykové plochy a tahové trhliny je dána vztahem:

$$u = \gamma_w h_t$$

kde:

- γ_w - objemová tíha vody
- h_t - výška HPV nad průsečíkem smykové plochy a tahové trhliny

Výsledná tlaková síla V od vody působící kolmo na tahovou trhlinu je dána vztahem:

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_t \left(\frac{h_t}{\cos \varphi} \right)$$

kde:

- γ_w - objemová tíha vody
- h_t - výška HPV nad průsečíkem smykové plochy a tahové trhliny
- φ - odklon tahové trhliny od svislé

Hodnota tlaku u_1 paty svahu je nulová.

Výsledná tlaková síla U od vody působící kolmo na smykovou plochu je dána vztahem:

$$U = \frac{1}{2} u_1 \left(\frac{H_w - h_t}{\sin \alpha} \right)$$

kde:

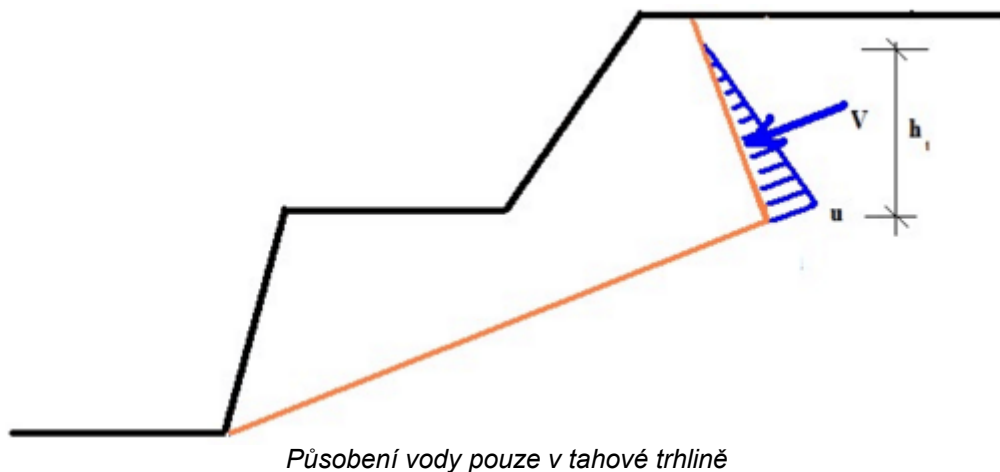
- u - tlak vody na průsečíku smykové plochy a tahové trhliny
- h_t - výška HPV nad průsečíkem smykové plochy a tahové trhliny
- α - odklon smykové plochy od vodorovné
- H_w - výška HPV nad patou svahu

Voda působí jen v tahové trhlině



Voda působí jen v tahové trhlině

Smyková plocha je plně suchá (neumožňuje průsak vody), HPV prochází tahovou trhlinou či je v úrovni terénu, maximální hodnota vztlaku se nachází v průsečíku tahové trhliny se smykovou plochou.



Hodnota vztaku u průsečíku smykové plochy a tahové trhliny je dána vztahem:

$$u = \gamma_w h_t$$

kde:

- γ_w - objemová tíha vody
- h_t - výška HPV nad průsečíkem smykové plochy a tahové trhliny

Výsledná tlaková síla V od vody působící kolmo na tahovou trhlinu je dána vztahem:

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_t \left(\frac{h_t}{\cos \varphi} \right)$$

kde:

- γ_w - objemová tíha vody
- h_t - výška HPV nad průsečíkem smykové plochy a tahové trhliny
- φ - odklon tahové trhliny od svislice

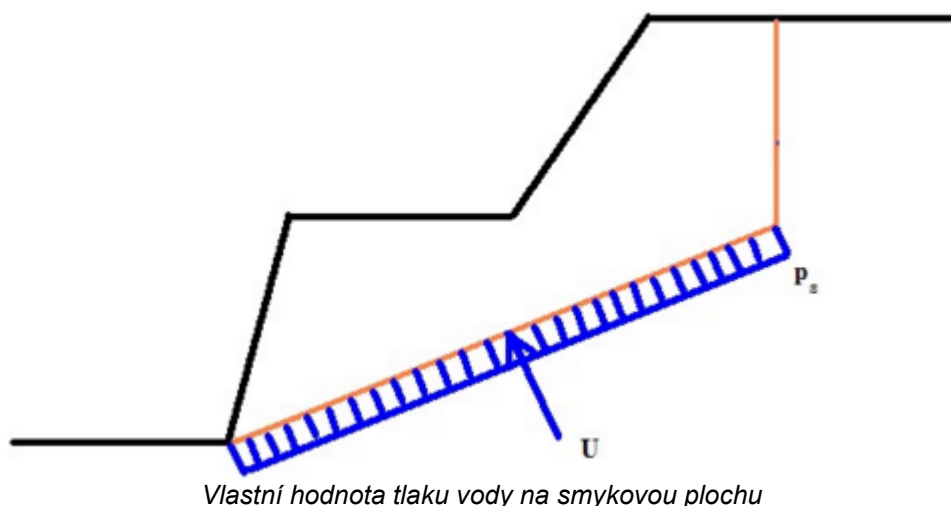
Hodnota tlaku od působení vody na smykovou plochu je nulová.

Vlastní průběh jen na smykové ploše



Vlastní průběh jen na smykové ploše

Program umožňuje ruční zadání konstantní hodnoty tlaku od vody působící na smykovou plochu p_s [kPa].



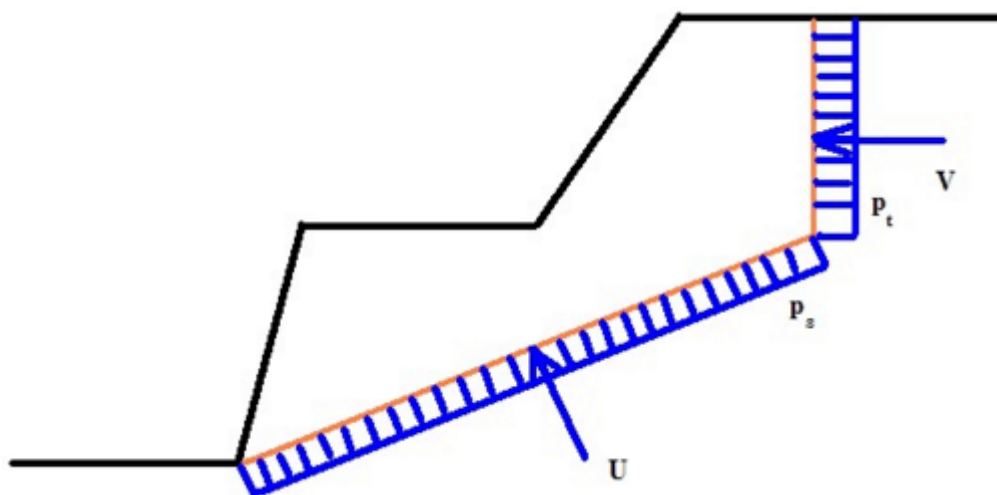
Vlastní průběh



Vlastní průběh

Program umožňuje ruční zadání konstantní hodnoty tlaku od vody působící na smykovou plochu p_s [kPa] a v tahové

trhlině p_t [kPa].



Vlastní hodnoty tlaku vody na smykové ploše a v tahové trhlině

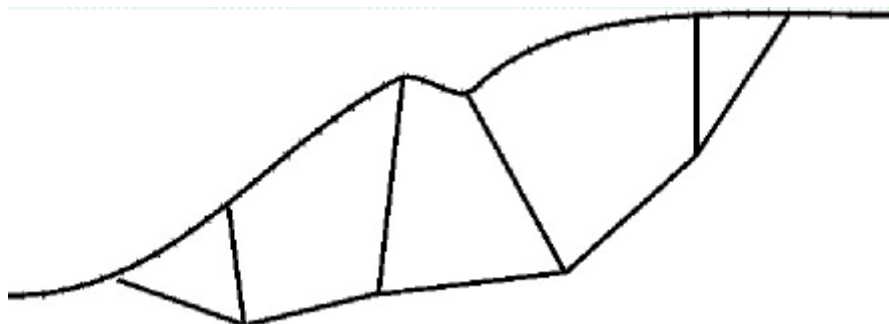
Polygonální smyková plocha

Program počítá stabilitu horninových bloků posouvajících se po polygonální smykové ploše. Vzhledem k tomu, že je obecné řešení značně složité, používá program pro výpočet následující předpoklady:

- pohyb skalních bloků je pouze translační
- bloky se posouvají po polygonální smykové ploše tvořené rovinnými či mírně zvlněnými plochami
- bloky horniny jsou od sebe odděleny spárami, jejichž směry jsou známy
- skutečné deformace vlastní horniny uvnitř horninových bloků jsou zanedbatelné
- na polygonální smykové ploše a na spárách mezi bloky platí podmínky porušení podle **Mohr-Coulomba**
- na celé polygonální smykové ploše se předpokládá stejný stupeň stability
- všechny horninové bloky jsou v kontaktu (není možné rozevření spáry mezi bloky)

Pro určení stability horninových bloků na polygonální smykové ploše jsou nejdůležitějšími vstupními údaji **Mohr-Coulombovy** parametry smykové pevnosti na smykové ploše a ve spárách oddělujících jednotlivé bloky. Výpočet je dále ovlivněn tíhou bloku (závisí na **geometrii bloků** a **objemové tíze horniny**), **kotvením bloků**, **přetížením bloků**, **vlivem vody** a **seismickými účinky**.

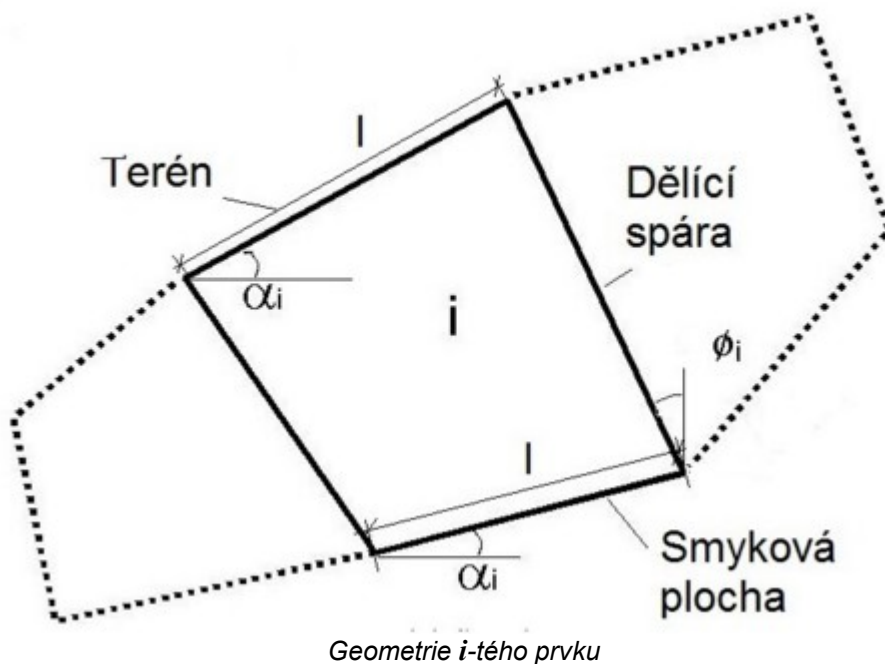
Základní princip výpočtu je popsán [zde](#).



Polygonální smyková plocha

Geometrie bloku horniny

Geometrie bloku je určena jednak sklonem α a délkou příslušné polygonální smykové plochy l a sklonem dělících spar oddělujících blok φ a jednak sklonem α a délkou horní plochy bloku l vnějšího povrchu skalního svahu (tvořícího terén). Délky ploch se mohou zadávat celkovou hodnotou či délkou vodorovného a svislého průmětu. Je nutné dodržet podmínku, že všechny horninové bloky jsou v kontaktu (není možné rozevření spáry mezi bloky).



Síly od kotev, přetížení

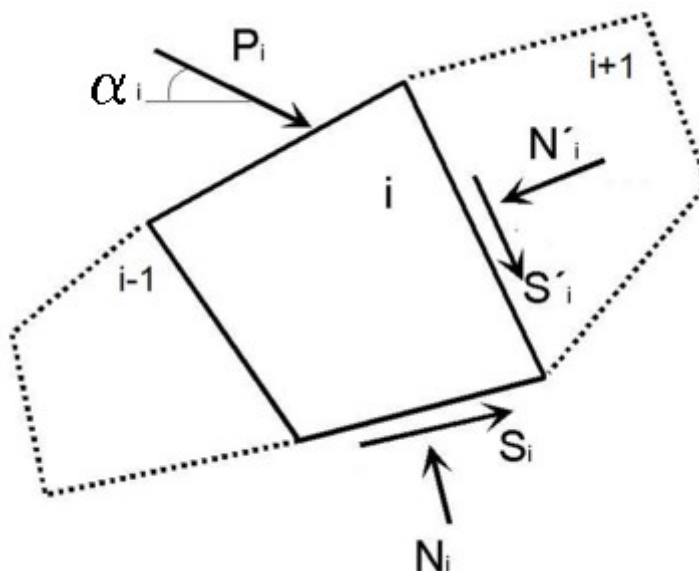
Je možné zadat síly od kotev a přetížení horninových bloků. Program ze zadaných sil dopočítá výslednici vnějších sil P_i [kN/m] působících na i -tý blok. Do výslednice vnějších sil se započítávají známé síly působící na blok včetně působení vody na smykové ploše a ve spáře mezi bloky.

Přetížení působící na blok

Je možné zadat celoplošné, pásové a lichoběžníkové přetížení terénu. Program dopočítá účinky zadaného zatížení na jednotlivé horninové bloky.

Síly od kotev

Zadanou předpínací sílu kotvy upraví program podle zadané vodorovné vzdálenosti kotev na $1bm$.



Vnější síly působící na i -tém prvku

Vliv vody

Vliv vody je možné do výpočtu zavést následujícími způsoby: **obecným tvarem HPV**, **vodorovnou hladinou HPV** nebo přímo **zadáním vlivu vody na bloky**.

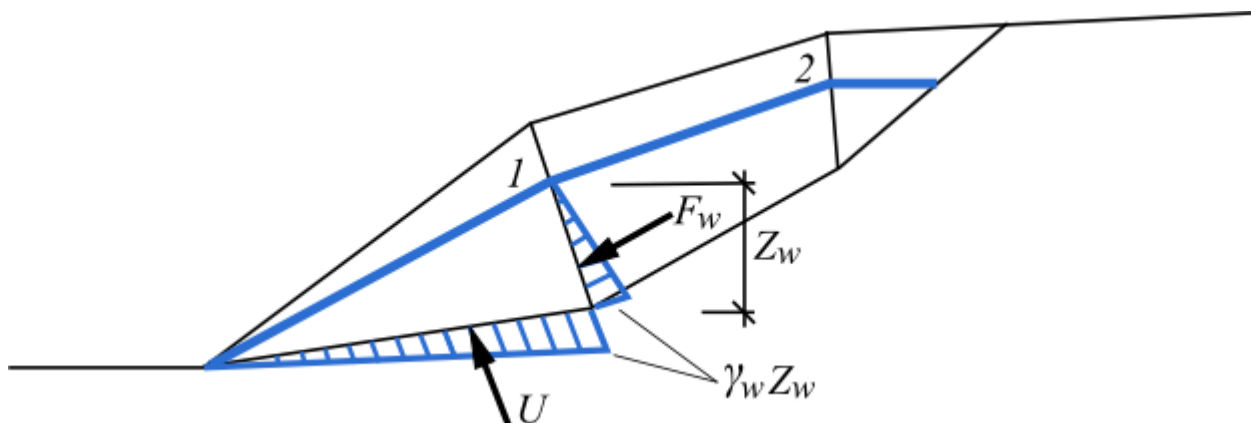
Obecný tvar HPV

Obecný tvar HPV se zadává ve tvaru polygonu. Napětí na smykové ploše se uvažuje lineární podle vztahu $u = \gamma_w \cdot z_w$.

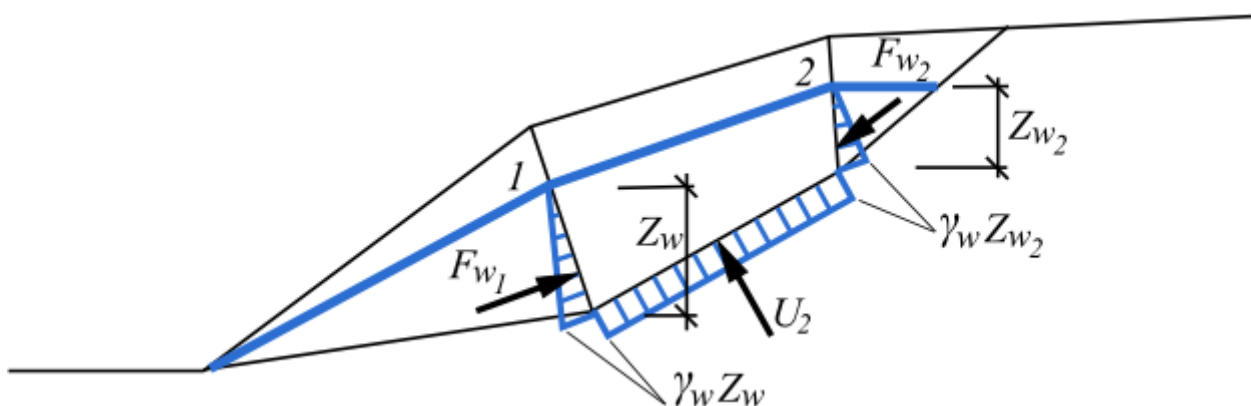
kde: γ_w - objemová tíha vody

z_w - výška nad smykovou plochou do které vystoupá HPV ve spáře

Ze zatěžovacích obrazců napětí od vody se spočítají výslednice sil U (tlak působící na ponořenou část smykové plochy na běžný metr šířky), resp. F_w (tlak působícího na ponořenou část spáry na běžný metr šířky).



Síly od vody působící na blok - voda ze spáry může volně odtékat



Síly od vody působící na blok - voda ze spáry nemůže odtékat

Vodorovná hladina HPV

Uvažuje se vodorovná (horizontální) hladina podzemní vody zadaná konstantní výškou h_w nad patou svahu (od počátku souřadného systému). Vliv vody se uvažuje od úrovně HPV k danému bodu na svislici.

Voda zadaná na blocích

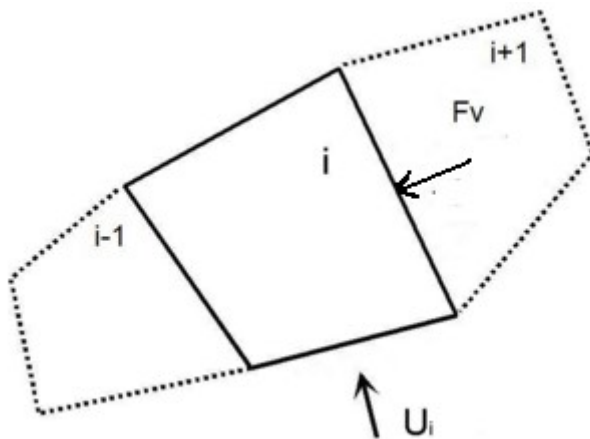
Vliv vody je možné uvažovat na spáře mezi bloky nebo na smykové ploše a zadává se jako vnější zatížení:

Síla od vody na vnitřní kluznou plochu (voda mezi bloky) F_v

Je nutné jej zavádět do výpočtu vždy, když se očekává přítomnost vody ve spárách mezi bloky a zadává se výslednicí F_v v kN (uvažuje se tlak působící na ponořenou část spáry na běžný metr šířky).

Síla od vody na vnější smykovou plochu (vztlak) U

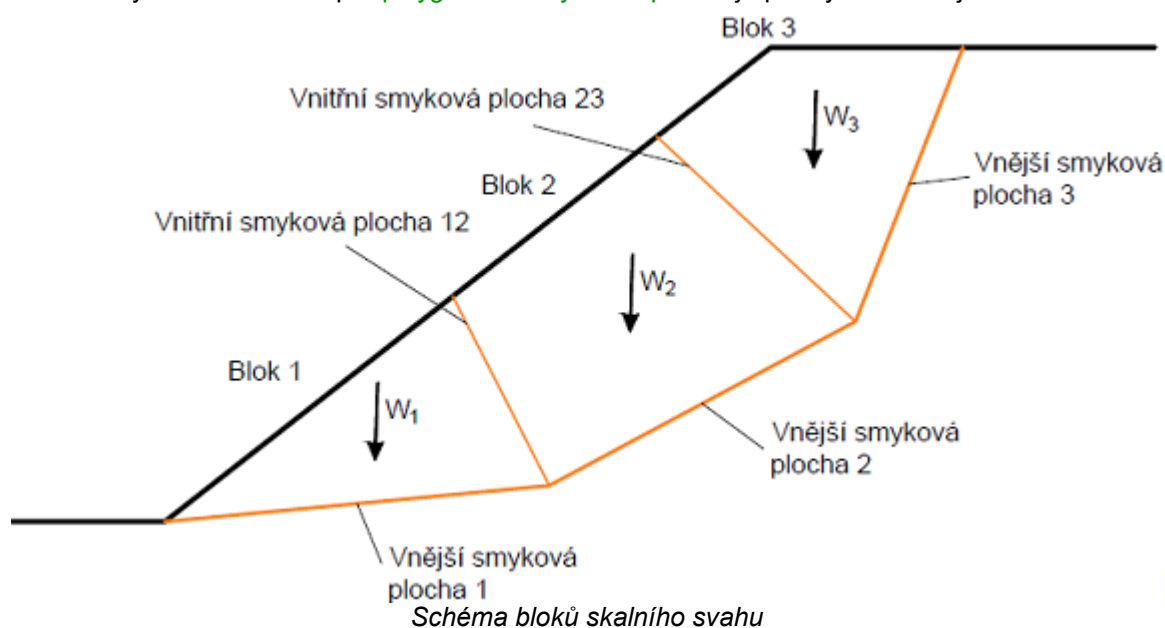
Zadává se hydrostatický tlak na každou smykovou plochu polygonu (vnější kluznou plochu) zvlášť jako vnější zatížení (vztlak) U v kN , které se může redukovat vzhledem k propustnosti smykové plochy (uvažuje se tlak působící na ponořenou část smykové plochy na běžný metr šířky).



Tlakové síly od vody působící na horninový blok

Princip výpočtu

Princip výpočtu stability skalního svahu pro **polygonální smykovou plochu** je patrný z následujících obrázků.

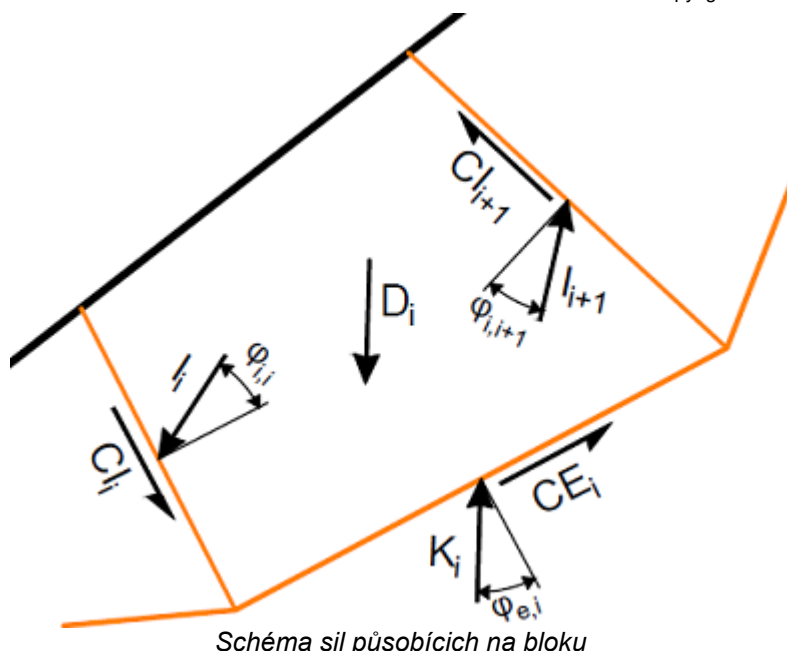


Výpočet se provádí sekvenčním způsobem pro všechny bloky od bloku s nejvyšším číslem k bloku č. 1. Na každém bloku se posuzuje stabilita vzhledem k požadovanému stupni bezpečnosti a počítají se síly, které se přenášejí na následující blok. Nejnižší hodnota stability, spočtená na všech blocích, je prezentována jako výsledná stabilita skalního svahu.

Vektor \vec{D}_i reprezentující výslednici všech aktivních sil působících na blok i je dán vztahem:

$$\vec{D}_i = \vec{W}_i + \vec{P}_i + \vec{E}_i + \vec{U}_i + \vec{V}_i + \vec{H}_i + \vec{B}_i$$

- kde:
- \vec{W}_i - výslednice vlastní tíhy horninového bloku
 - \vec{P}_i - výslednice vnějších zatížení působících na bloku
 - \vec{E}_i - výslednice sil od zemětřesení na bloku
 - \vec{U}_i - výslednice tlaku vody působícího na vnější smykové ploše
 - \vec{V}_i - výslednice tlaku vody působícího na dělicích plochách
 - \vec{H}_i - síla od přitížení bloku vodou nad terénem
 - \vec{B}_i - výslednice sil v kotvách na bloku



- kde:
- \mathbf{D} - vektor výslednice vnějších sil
 - \mathbf{CI} - vektor výslednice soudržnosti na vnitřní smykové ploše
 - \mathbf{CE} - vektor výslednice soudržnosti na vnější smykové ploše
 - \mathbf{I} - mezibloková reakce na dělicí ploše z vyššího bloku
 - \mathbf{K} - reakce na vnější smykové ploše

Pro posouzení stability bloku i se stanoví výsledná síla \mathbf{R} , která se skládá z výslednice vnějších sil \mathbf{D} a ze sil, které na blok působí z předchozího bloku:

$$\vec{R}_i = \vec{D}_i - \vec{I}_{i+1} - \vec{CI}_{i+1}$$

Pokud působením síly \mathbf{R} vzniká na vnější smykové ploše tah, posuzuje se stabilita bloku proti usmyknutí po vnitřní smykové ploše.

$$T_i = R_{N,i} \tan \varphi_i + CI_i$$

$$\frac{T_i}{R_{T,i}} \geq SF$$

- kde:
- T_i - výsledná vzdorující síla
 - φ_i - úhel tření na vnitřní smykové ploše
 - $R_{N,i}$ - normálová složka výsledné síly \mathbf{R}
 - $R_{T,i}$ - smyková složka výsledné síly \mathbf{R}
 - CI_i - výslednice soudržnosti na smykové ploše

Pokud síla \mathbf{R} působí na vnější smykovou plochu tlakem, hledá se stupeň stability FS, pro nějž je splněna rovnováha sil na bloku za předpokladu vyloučeného tahu. K síle \mathbf{R} se přidají výslednice soudržnosti na vnitřní a vnější smykové ploše a výsledná síla musí být v rovnováze s reakcemi \mathbf{I} a \mathbf{K} . Sklony sil \mathbf{I} a \mathbf{K} jsou dány úhly vnitřního tření φ_M . Při tom platí, že

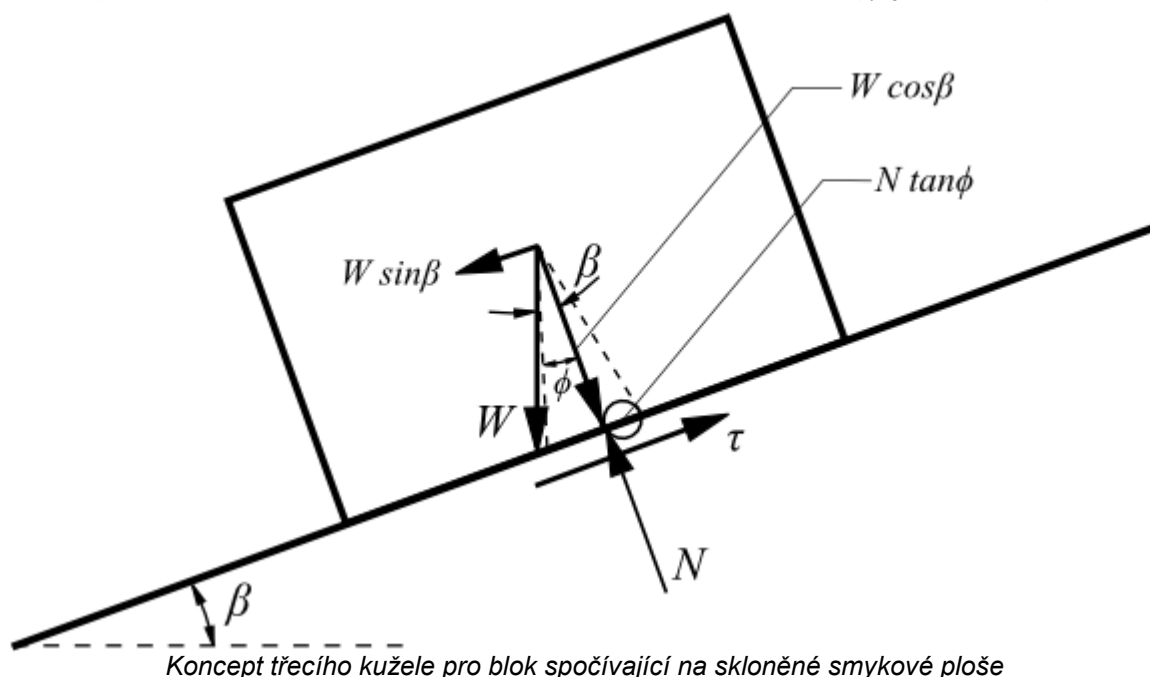
$$\tan \varphi_M = \frac{\tan \varphi}{FS}$$

$$-\left(\vec{R}_i + \frac{\vec{CI}_i}{FS} + \frac{\vec{CE}_i}{FS}\right) = \vec{K}_i + \vec{I}_i$$

Výsledný stupeň stability, pro který je podmínka rovnováhy splněna, se pak porovnává s požadovaným stupněm bezpečnosti SF .

Koncept třecího kužele

Koncept třecího kužele je kombinací kinematického a kinetického výpočtu, který slouží k nalezení potenciální **plochy smykového porušení**. Princip řešení je znázorněn na následujícím obrázku.



Vzdorující síly jsou vyjádřeny pomocí následující podmínky:

$$N \tan \phi = c A + W \cos \beta \tan \phi$$

kde:

A	- plocha bloku spočívající na kluzné ploše
c	- soudržnost na kluzné ploše
W	- výslednice vlastní tíhy horninového bloku
N	normála ke smykové ploše
ϕ	- úhel vnitřního tření

Literatura:

Goodman, R. E.: *Introduction to Rock Mechanics*: John Wiley & Sons, New York, 1989, 562 p.

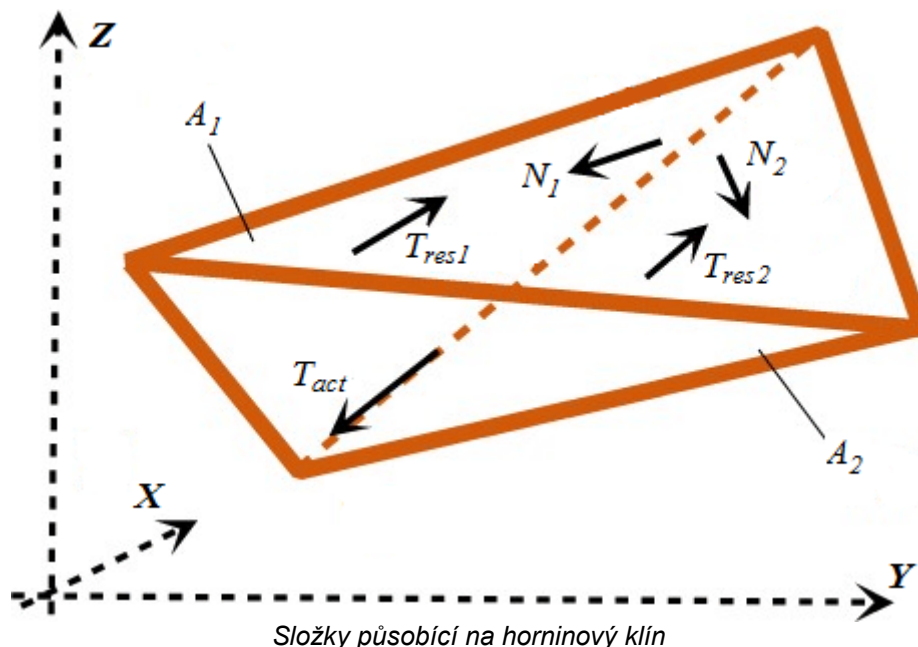
Horninový klín

Program řeší stabilitu horninového klínu, který je vklíněn mezi dvě plochy (roviny) a pohybuje se ve směru průsečnice (úžlabí) těchto ploch. Horninový klín může být zadán s tahovou trhlinou. Sklon této průsečnice musí být výrazně větší než je úhel vnitřního tření dělicích rovin, přičemž spádnicí obou dělicích ploch musí směřovat k průsečnici. Dále se předpokládá, že se úžlabí nachází ve stabilním skalním tělese.

Základem výpočtu je stanovení **normálové síly** N , **posouvající síly** T_{act} (aktivní) a smykové **vzdorující (pasivní) síly** T_{res} působících na smykové plochy A_1 a A_2 . Aktivní síla T_{act} a normálová síla N se získají sumací všech sil vstupujících do výpočtu po provedení trojrozměrného **rozkladu působících sil**.

Pro určení **pasivní síly** T_{res} jsou nejdůležitějšími vstupními údaji smykové parametry smykových ploch A_1 a A_2 podle **Mohr-Coulomba** a **normálová síla** N na smykových plochách A_1 a A_2 . Výpočet **aktivní síly** T_{act} a **normálové síly** N je dále ovlivněn tíhou klínu (závisí na **geometrii horninového klínu** a **objemové tíze horniny**), kotvením klínu, přetížením klínu, **vlivem podzemní vody** a **seismickými účinky**.

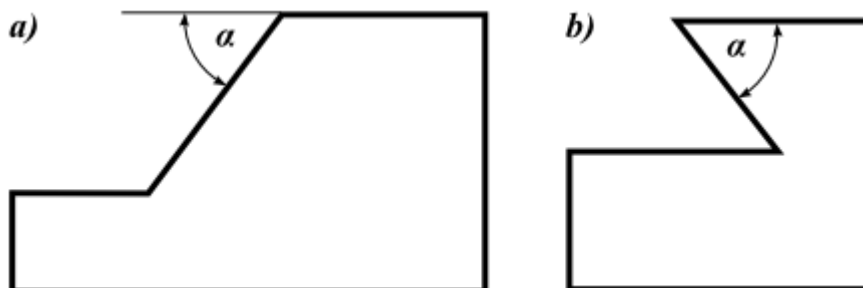
Výsledné posouzení lze provést podle zvolené **metodiky posouzení** v závislosti na zadání v rámu "Nastavení".



Geometrie horninového klínu

Při zadávání pomocí sklonu a směru spádnice se zadává prostorová orientace skalní stěny, povrchu terénu (horní stěny), smykových ploch N_1 a N_2 a popř. tahové trhliny, kdy:

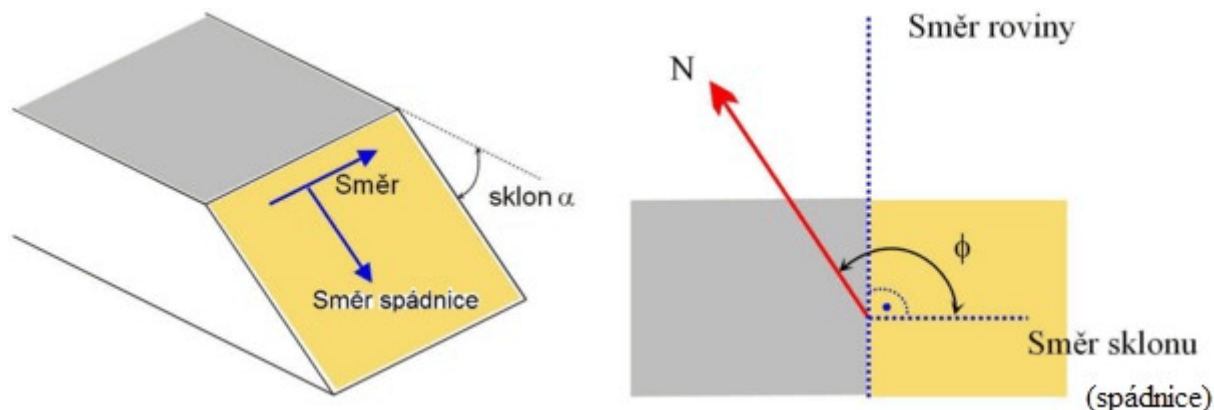
- Sklonem plochy** (úhel sklonu) se myslí úhel α , o který je plocha odkloněna od vodorovné (může nabývat hodnot 0° až 90°). Pokud je svah převislý (hrana svahu je před patou svahu - stěna ubíhá od hrany svahu směrem do masivu), pak je nutné zatrhnout tlačítko "**Převislá skalní stěna**" a úhel sklonu φ je uvažován v polorovině masivu. Program při zadávání ověřuje možnost překlopení horninového klínu s převislou stěnou. Pokud je možnost překlopení klínu reálná, upozorní na to program ve výpisu výsledků. Skutečné posouzení na překlopení případně rotaci horninového klínu však program neprovádí.



a) Nepřevislá skalní stěna b) Převislá skalní stěna

- Směrem sklonu** (spádnice) se myslí úhel φ , měřený jako úhel vodorovné projekce přímky kolmé na směr plochy od směru severu pravotočivě (spádnice odpovídá sklonu roviny), může nabývat hodnot 0° až 360° .

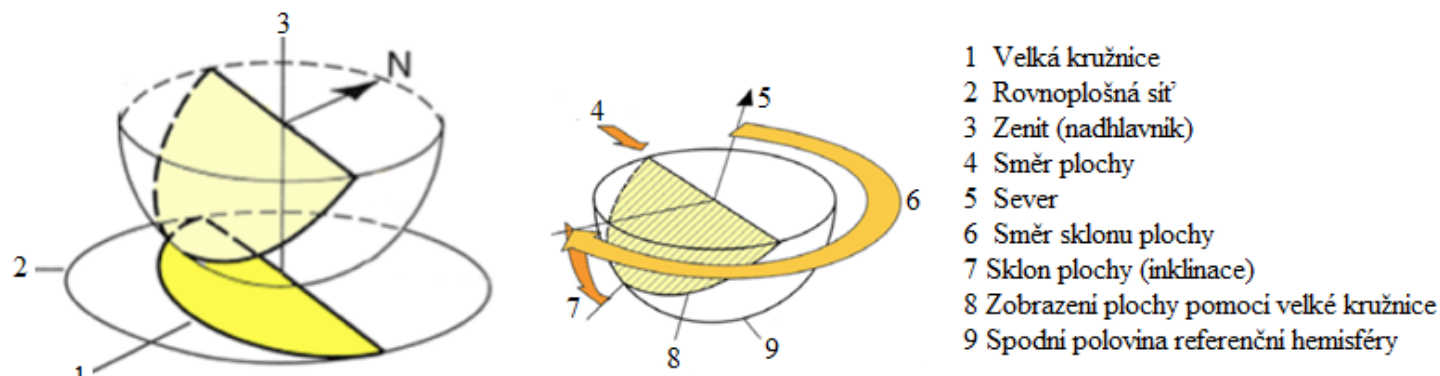
Program při zadání prostorové orientace rovin zobrazuje plochy pomocí **stereografické projekce**.



Popis orientace plochy pomocí sklonu a směru sklonu

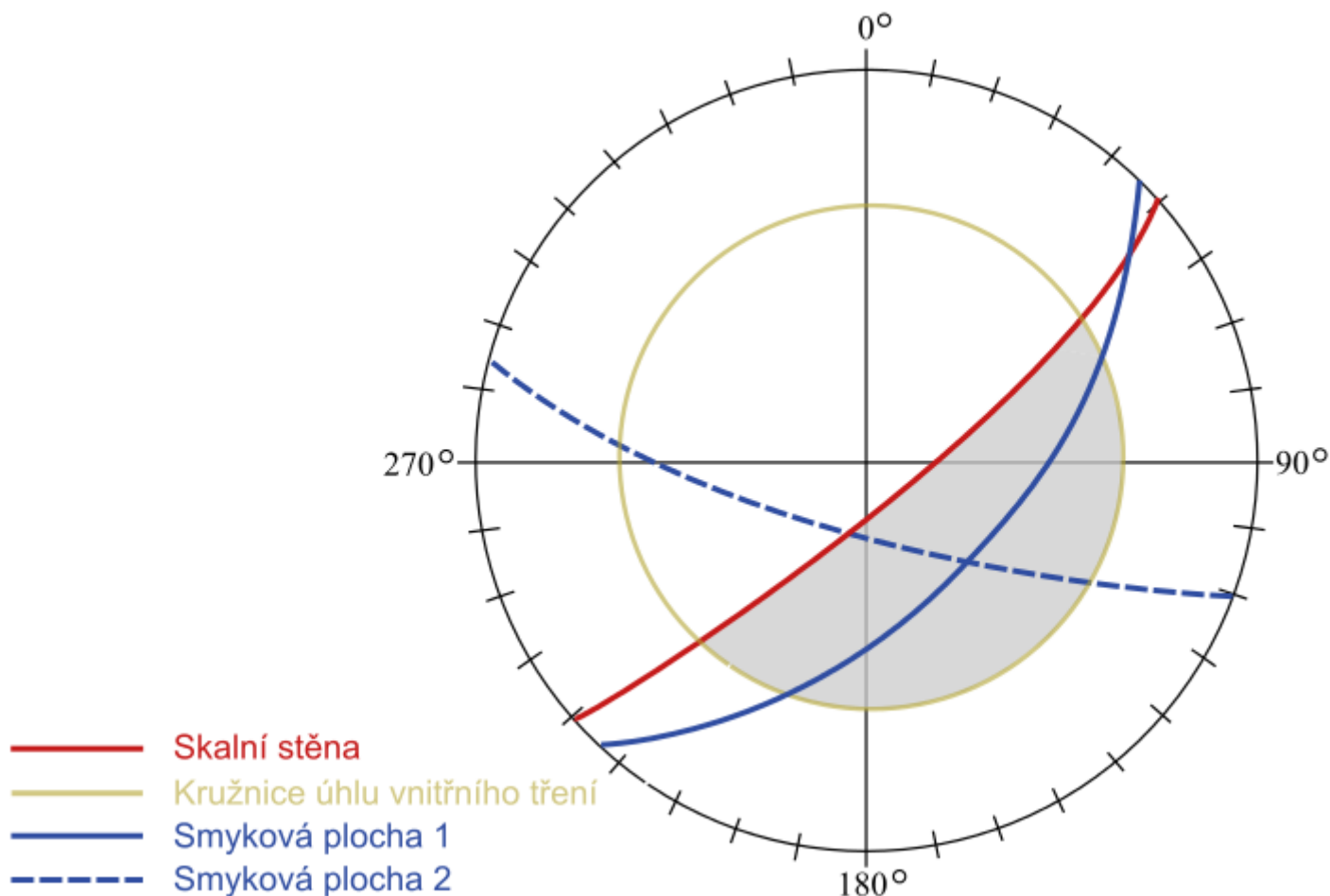
Stereografická projekce

Při zadání geometrie klínu a smykových ploch prostřednictvím prostorové projekce program zobrazuje zadané plochy pomocí velkých kružnic (v rovnoplošné síti) Lambertovy kuželové projekce na spodní hemisféru.



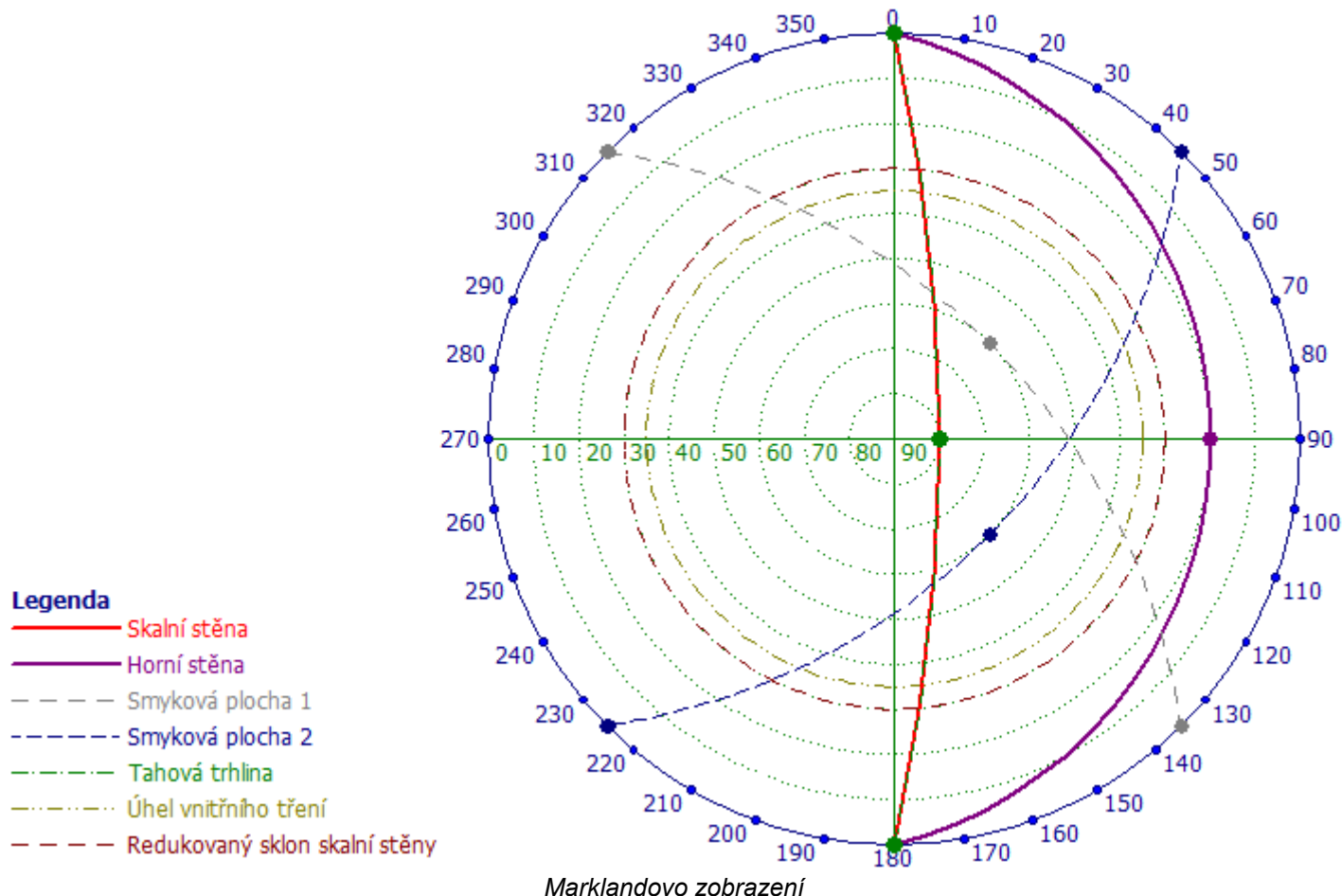
Princip stereografické projekce (Lambertova kuželová projekce)

Marklandovo zobrazení ve stereografické projekci umožňuje posoudit kinematiku horninového klínu. Na obrázku je vykreslena geometrie **horninového klínu** zobrazením jeho ploch pomocí velkých kružnic (skalní stěna, smykové plochy 1 a 2). Dále je v tomto zobrazení vykreslena kružnice úhlu vnitřního tření na smykových plochách. Pokud průsečík velkých kružnic zobrazujících smykové plochy 1 a 2 leží v oblasti označené šedou barvou, je pak možný posun horninového klínu po průsečnici smykových ploch (tj. kinematika horninového klínu). Oblast vyznačená šedou barvou je ohraničená velkou kružnicí zobrazující plochu skalní stěny a kružnicí zobrazující úhel vnitřního tření na smykových plochách.



Kinematika horninového klínu (Marklandovo zobrazení ve stereografické projekci)

Zobrazení geometrie horninového klínu je doplněno o prvky Marklandova vykreslení. Díky tomu je možné z dané stereografické projekce posoudit kinematiku daného horninového klínu.



Vliv podzemní vody

Program defaultně počítá stabilitu horninového klínu bez podzemní vody (voda není uvažována). Pokud chceme uvažovat vliv působení vody na horninový klín, zadáme výšku HPV od průniku průsečnice smykových ploch se skalní stěnou (HPV může být zadána po celé výšce horninového klínu). Program předpokládá, že diskontinuitami pod **HPV** může voda volně protékat (nejsou zataraseny např. ledem apod.).

Tlak vody působí kolmo na smykové plochy proti normálovým složkám pasivních sil. Pokud je výška y_w nad místem maximálního tlaku P_{max} rovna či větší než $Z/2$ a celá leží v horninovém klínu, uvažuje se její hodnota rovna $Z/2$ (případ A). Pokud je výška y_w nad místem maximálního tlaku P_{max} menší než $Z/2$ (případ B), je její hodnota redukována podle vztahu:

$$y_w = \left(\frac{1}{2} \cdot L^* \cdot \sin \delta \right) \cdot \left(\frac{\tan \alpha_1}{\tan \delta} - 1 \right)$$

kde:

- L^* - délka průsečíku smykových ploch A_1, A_2
- α_1 - sklon skalní stěny
- δ - sklon průsečíku smykových ploch

Výsledný tlak vody na smykové plochy 1 a 2 je dán vztahy:

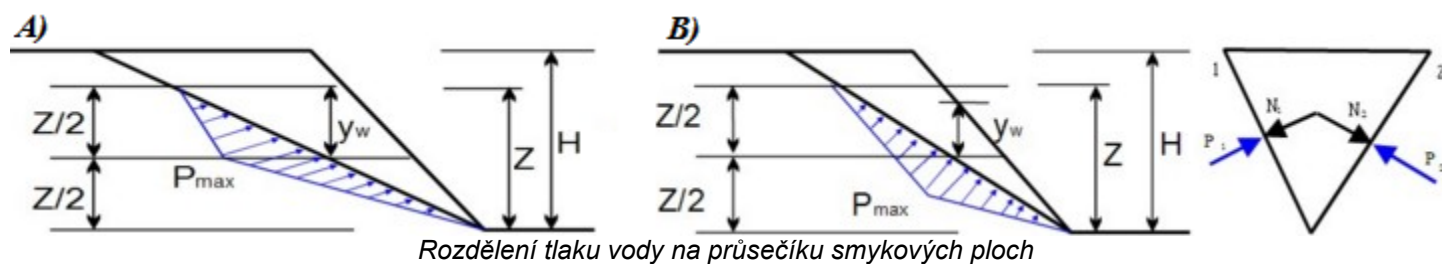
$$P_1 = \frac{1}{3} \cdot P_{max} \cdot A_1^w = \frac{1}{3} \cdot \gamma_w \cdot y_w \cdot A_1^w$$

$$P_2 = \frac{1}{3} \cdot P_{max} \cdot A_2^w = \frac{1}{3} \cdot \gamma_w \cdot y_w \cdot A_2^w$$

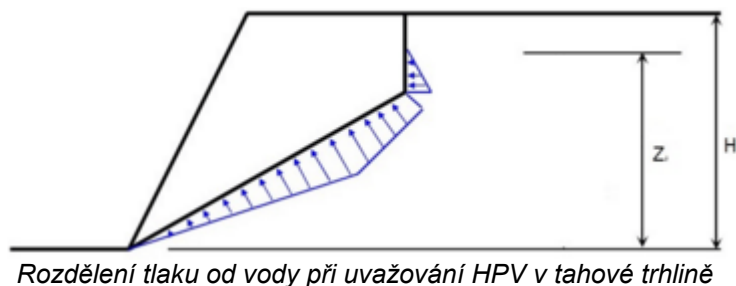
kde:

- Z - výška HPV nad průnikem průsečíku smykových ploch a skalní stěny
- P_{max} - maximální tlak vody na průsečík smykových ploch
- γ_w - objemová tíha vody ($\approx 10 \text{ kN/m}^3$)
- A_1^w - plocha ponořené části smykové plochy 1

A_2^w - plocha ponořené části smykové plochy 2



V případě tahové trhliny zcela či částečně zaplněné vodou se uvažuje jednak vliv na smykových plochách 1 a 2 (síly P_1 a P_2) zobrazené pomocí zatěžovacího obrazce na průsečnici smykových ploch a jednak vliv tlaku na tahovou trhlinu - síla P_3 (působící kolmo na tahovou trhlinu).



Rozklad působících sil

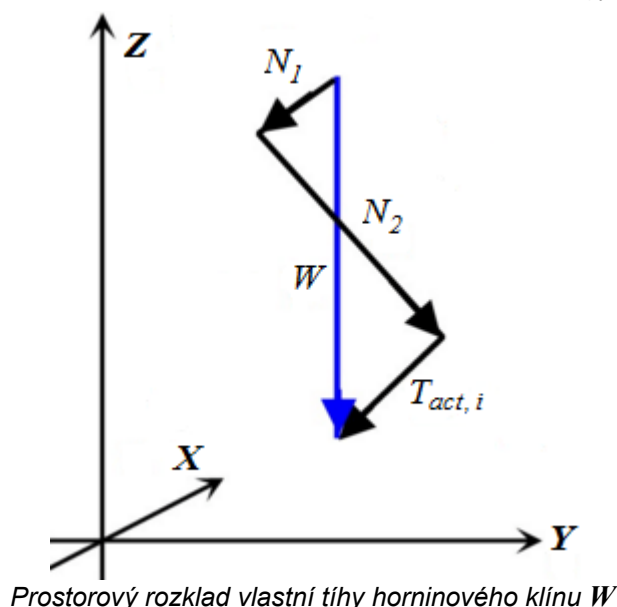
Síly působící na horninový blok (tíha horninového bloku, vnější zatížení, kotevní síla) se početně rozkládají do normál rovin A_1 a A_2 (mezi něž je blok vklíněn) a do směru jejich průsečnice. Rozkladem se získají jednotlivé složky normálové síly N_1 , N_2 působící na roviny A_1 a A_2 a složky vzdorujících (pasivních) sil T_{res1} , T_{res2} působících podél rovin A_1 a A_2 .

Dále se rozkladem získá **posouvající (aktivní) smyková síla** $T_{act,i}$ působící ve směru průsečnice smykových ploch. Výsledná hodnota **posouvající (aktivní) síly** T_{act} se získá sumací jednotlivých posouvajících složek $T_{act,i}$.

Vzdorující (pasivní) síla T_{res} se obdrží sumací složek T_{res1} , T_{res2} (např. od vnějšího zatížení) a tření na smykových rovinách A_1 a A_2 od působících normálových sil:

$$T_{res} = \sum T_{res,1} + \sum T_{res,2} + \sum (N_1 \tan \varphi_1 + c_1 A_1) + \sum (N_2 \tan \varphi_2 + c_2 A_2)$$

- kde:
- c_1 - soudržnost na smykové ploše A_1
 - c_2 - soudržnost na smykové ploše A_2
 - φ_1 - úhel vnitřního tření na smykové ploše A_1
 - φ_2 - úhel vnitřního tření na smykové ploše A_2
 - T_{res1} - síly na smykové vzdorující ploše A_1
 - T_{res2} - síly na smykové vzdorující ploše A_2



Posouzení

Posouzení lze provést podle zvolené **metodiky posouzení** v závislosti na zadání v rámu "Nastavení".

Posouzení podle stupně bezpečnosti

Při posouzení podle stupně bezpečnosti se počítá přímo hodnota stupně stability SF . Posouzení má tvar:

$$SF = \frac{T_{res}}{T_{act}} > SF_s$$

kde:

- T_{act} - posouvající síly na smykové ploše
- T_{res} - pasivní síly na smykové ploše
- SF - spočtený stupeň bezpečnosti
- SF_s - požadovaný stupeň bezpečnosti (zadáva se v záložce "Stabilitní výpočty")

Obvyklé hodnoty jsou např. - pro stěny stavebních jam $SF_s = 1,1$ až $1,25$, - pro skalní zářezy pozemních komunikací $SF_s = 1,2$ až $1,5$ apod.

Posouzení podle mezních stavů

Při posouzení podle mezních stavů jsou parametry hornin (úhel vnitřního tření popř tangenta úhlu vnitřního tření, soudržnost) redukovány dílčími součiniteli zadanými v záložce "Stabilitní výpočty". Posouzení má tvar:

$$T_{act} < \frac{T_{res}}{\gamma_s}$$

kde:

- T_{act} - posouvající síly na smykové ploše (aktivní)
- T_{res} - pasivní síly na smykové ploše
- γ_s - součinitel celkové stability konstrukce (zadáva se v záložce "Stabilitní výpočty")

Při výpočtu **polygonální smykové plochy** se spočtená hodnota srovnává se **100% využitím** (rovnovážný stav bez rezervy využití). Porovnání je dáno vztahem:

$$SF > SF_s$$

kde:

- SF - stupeň stability spočtený s redukovánými parametry zemin
- SF_s - požadovaný stupeň stability

Hornina - podmínky smykové pevnosti

Smyková pevnost je základním kritériem pro stanovení vzdorujících pasivních sil. Vzdorující síla se vypočte podle vztahu:

$$T_{res} = \tau l$$

kde:

- τ - smyková pevnost na smykové ploše

l - délka smykové plochy

Smykovou pevnost pro rovinnou smykovou plochu lze uvažovat podle následujících podmínek:

- Mohr - Coulomba
- Hoek - Browna
- Barton - Bandise

Mohr - Coulomb

Smyková pevnost τ [kPa] podle Mohr-Coulomba je dána vztahem:

$$\tau = c + \frac{N}{l} \operatorname{tg} \varphi$$

kde:

- N - normálová síla působící na smykovou plochu
- l - délka smykové plochy
- c - soudržnost horniny na smykové ploše
- φ - úhel vnitřního tření horniny na smykové ploše

Přibližné rozsahy parametrů Mohr-Coulombova kritéria pro vybrané horniny jsou uvedeny [zde](#).

Parametry Mohr - Coulomb

Určení smykových parametrů by mělo být v ideálním případě na základě zkoušek in-situ. Výsledky zkoušek in-situ a laboratorních zkoušek ukazují, že se pro většinu prasklin v horninovém masivu pohybuje úhel vnitřního tření od 27° do 47°. Orientační hodnoty úhlu vnitřního tření φ a soudržnosti c pro horniny v závislosti na klasifikaci RMR jsou uvedeny v následující tabulce:

Třída horniny	I	II	III	IV	V
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Úhel vnitřního tření φ [°]	> 45	35 - 45	25 - 45	15 - 25	< 15
Soudržnost c [kPa]	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100

Hoek - Brown

Hoek-Brownova podmínka popisuje porušení horniny na základě provedené analýzy stovek podzemních děl a skalních svahů následujícím vztahem:

$$\sigma_{1,ef} = \sigma_{3,ef} + \sigma_{ci} \left(\frac{m_b \sigma_{3,ef}}{\sigma_c} \right)^a$$

kde:

- $\sigma_{1,ef}$ - větší hlavní napětí při porušení horniny
- $\sigma_{3,ef}$ - menší hlavní napětí při porušení horniny
- σ_c - pevnost horniny v prostém tlaku
- σ_{ci} - jednoosá pevnost v tlaku neporušených kusů horniny
- m_b - nelineární parametry závislé na vlastnostech horniny
- a - parametr rozpukání horniny

Základní parametry modifikované Hoek-Brownovy podmínky je ideální získat na základě měření in-situ a laboratorních měření, pro stručnou orientaci je uveden stručný [rozsah parametrů](#). Pokud známe klasifikaci **horninového prostředí pomocí GSI**, pak je možné v programu zvolit [dopočet parametrů](#) Hoek-Brownovy podmínky.

Do vlastního výpočtu stability jsou Hoek-Brownovy parametry převáděny na [Mohr-Coulombovy](#), postup výpočtu je pak shodný jako u Mohr-Coulombovy podmínky smykové pevnosti.

Pro převod se používá řešení odvozené Hoekem, Carranza-Torresem a Corkumem (2002) pro případ řešení stability [skalního svahu](#):

Úhel vnitřního tření φ :

$$\varphi' = \arcsin \left[\frac{6 a m_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6 a m_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}} \right]$$

Soudržnost c :

$$c' = \frac{\sigma_{ci} [(1+2a)s + (1-a)m_b \sigma'_{3n}] (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + (6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}) / ((1+a)(2+a))}}$$

kde:

$$\sigma'_{3n} = \frac{\sigma'_{3\max}}{\sigma_{ci}}$$

Vztah pro maximální hodnotu menšího hlavního napětí $\sigma'_{3\max}$:

$$\frac{\sigma'_{3\max}}{\sigma'_c} = 0,72 \left(\frac{\sigma'_c}{\gamma H} \right)^{-0,91}$$

kde:

- γ - objemová tíha horniny
- H - výška skalního svahu
- σ_c - pevnost horniny v prostém tlaku, resp. jednoosá pevnost neporušeného horninového masivu

Literatura:

Stability analysis of rock slopes with a modified Hoek-Brown failure criterion, ANG Xiao-Li ; LIANG LI ; YIN Jian-Hua
International journal for numerical and analytical methods in geomechanics. ISSN 0363-9061, 2004, vol. 28, no2, pp. 181-190.

Hoek E, Carranza-Torres CT, Corkum B.: *Hoek–Brown failure criterion—2002 edition*. *Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium, Toronto, Canada*, vol. 1, 2002, strany 267 – 273.

Parametry Hoeka - Browna

Parametr rozpuštění horniny a

Parametr a je exponent nabývající hodnot od 0,5 do 0,65 (pro původní Hoekovu-Brownovu podmínku má hodnotu 0,5) a je závislý na stupni rozpuštění horniny.

Nelineární parametry $m_b = m$, s pro $a = 0,5$

(index r značí reziduální hodnoty)

	Karbonátové horniny s velice dobře vyvinutou štěpností, dolomit, vápenec, mramor	Zpevněné argelitické horniny, jílovec, filit, prachovec, břidlice, pelity	Arenitické horniny, psamity, pískovce, kvarzity	Jemně zrnité polyminerálové vyvřelé krystalické horniny, diabas, andesit, dolerit, ariolit	Hrubě zrnité polyminerální vyvřelé horniny a metamorfované horniny, krystalické břidlice, gabro, rula, amfibolit, křemenný diorit
Neporušené horninové vzorky, Laboratorní vzorky nemají plochy nespojitosti, $RMR = 100$ $Q = 500$	$m = 7,00$ $s = 1,00$ $m_r = 7,00$ $s_r = 1,00$	$m = 10,00$ $s = 1,00$ $m_r = 10,00$ $s_r = 1,00$	$m = 15,00$ $s = 1,00$ $m_r = 15,00$ $s_r = 1,00$	$m = 17,00$ $s = 1,00$ $m_r = 17,00$ $s_r = 1,00$	$m = 25,00$ $s = 1,00$ $m_r = 25,00$ $s_r = 1,00$
Horninový masiv velmi dobré kvality, Blokově neporušená hornina s nezávětralými puklinami, $RMR = 85$ $Q = 100$	$m = 2,40$ $s = 0,082$ $m_r = 4,10$ $s_r = 0,189$	$m = 3,43$ $s = 0,082$ $m_r = 5,85$ $s_r = 0,189$	$m = 5,14$ $s = 0,082$ $m_r = 8,78$ $s_r = 0,189$	$m = 5,82$ $s = 0,082$ $m_r = 9,95$ $s_r = 0,189$	$m = 8,56$ $s = 0,082$ $m_r = 14,63$ $s_r = 0,189$

Horninový masiv dobré kvality, Nepatrně porušené horniny s nezvětralými puklinami vzdálenými od sebe od 1 do 3 m RMR = 65 Q = 10	$m = 0,575$ $s = 0,00293$ $m_r = 2,006$ $s_r = 0,0205$	$m = 0,821$ $s = 0,00293$ $m_r = 2,865$ $s_r = 0,0205$	$m = 1,231$ $s = 0,00293$ $m_r = 4,298$ $s_r = 0,0205$	$m = 1,395$ $s = 0,00293$ $m_r = 4,871$ $s_r = 0,0205$	$m = 2,052$ $s = 0,00293$ $m_r = 7,163$ $s_r = 0,0205$
Horninový masiv uspokojivé kvality, Částečně zvětralé pukliny vzdálené od sebe od 0,3 do 1 m , RMR = 44 Q = 1	$m = 0,128$ $s = 0,00009$ $m_r = 0,947$ $s_r = 0,00198$	$m = 0,183$ $s = 0,00009$ $m_r = 1,353$ $s_r = 0,00198$	$m = 0,275$ $s = 0,00009$ $m_r = 2,030$ $s_r = 0,00198$	$m = 0,311$ $s = 0,00009$ $m_r = 2,301$ $s_r = 0,00198$	$m = 0,458$ $s = 0,00009$ $m_r = 3,383$ $s_r = 0,00198$
Horninový masiv špatné kvality, Četné zvětralé pukliny vzdálené od sebe od 30 do 500 mm , RMR = 23 Q = 0,1	$m = 0,029$ $s = 0,000003$ $m_r = 0,447$ $s_r = 0,00019$	$m = 0,041$ $s = 0,000003$ $m_r = 0,639$ $s_r = 0,00019$	$m = 0,061$ $s = 0,000003$ $m_r = 0,959$ $s_r = 0,00019$	$m = 0,069$ $s = 0,000003$ $m_r = 1,087$ $s_r = 0,00019$	$m = 0,102$ $s = 0,000003$ $m_r = 1,598$ $s_r = 0,00019$
Horninový masiv velice špatné kvality, Četné velice zvětralé pukliny s výplní vzdálené od sebe méně jak 50 mm , jemně zrnitá hlušinová hornina, RMR = 3 Q = 0,01	$m = 0,007$ $s = 0,0000001$ $m_r = 0,219$ $s_r = 0,00002$	$m = 0,010$ $s = 0,0000001$ $m_r = 0,313$ $s_r = 0,00002$	$m = 0,015$ $s = 0,0000001$ $m_r = 0,469$ $s_r = 0,00002$	$m = 0,017$ $s = 0,0000001$ $m_r = 0,532$ $s_r = 0,00002$	$m = 0,025$ $s = 0,0000001$ $m_r = 0,782$ $s_r = 0,00002$

Pevnost hornin v prostém tlaku σ_c , Poissonovo číslo ν a objemová tíha horniny γ

Pevnost hornin	Typy hornin (příklady)	Pevnost σ_c [MPa]	Poissonovo číslo ν [-]	Objemová tíha horniny γ [kN/m ³]
Nejtvrdší horniny	nejtvrdší, celistvé, pevné a hutné křemence a čediče, jiné mimořádně tvrdé horniny	>150	0,1	28,00 - 30,00
Velmi tvrdé horniny	velmi tvrdé žulové horniny, křemitý porfyr, velmi tvrdá žula, křemitá břidlice, méně tvrdé křemence, nejtvrdší pískovce a vápence	100 - 150	0,15	26,00 - 27,00
Tvrdé horniny	žula hutná a celistvá, velmi tvrdé pískovce a vápence, křemité rudné žíly, tvrdý slepenec, velmi tvrdé železné rudy tvrdé vápence, méně tvrdé žuly, pevné pískovce, mramory, dolomity, kyzy	80 - 100	0,20	25,00 - 26,00
Dosti tvrdé horniny	obvyčejný pískovec, železné rudy středně tvrdé písčité břidlice, břidličné pískovce	50 - 80	0,25	24,00
Středně tvrdé horniny	tvrdé hlinité břidlice, méně tvrdý pískovec a vápenec, měkký slepenec různorodé nepříliš tvrdé břidlice, hutný slín	20 - 50	0,25 - 0,30	23 - 24,00

Dostí měkké horniny	měkké břidlice, měkký vápenec, křída, kamenná sůl, zmrzlá země, antracit, obyčejný slín, rozrušený pískovec, měkké slepence a hlína promísená skalnami	5 - 20	0,30 - 0,35	22,00 - 26,00
Měkké horniny	hutný jíl, pevné hlíny (eluvia charakteru zemin), střední černé uhlí	0,5 - 5	0,35 - 0,40	20,00 - 22,0
				18,00 - 20,00

Dopočet parametrů Hoeka - Browna

Pokud známe hodnotu GSI (Geological Structure Index), pak je možné v programu zvolit dopočet parametrů Hoek-Brownovy podmínky podle následujících vztahů:

$$m_b = m_i \cdot e^{(GSI - 100 / 28 - 14 \cdot D)}$$

$$s = e^{(GSI - 100 / 9 - 3 \cdot D)}$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{(-GSI / 15)} - e^{(-20 / 3)} \right)$$

kde:

- GSI** - Geological structure index
- D** - koeficient porušení horninového masivu
- m_i** - pevnostní parametr neporušené horniny pro vrcholové podmínky

Hodnoty koeficientu porušení D pro skalní svah

Popis rozpojování a těžení	Hodnota koeficientu D
Trhací práce menšího rozsahu na skalních svazích s lokálním poškozením, jestliže je použito řízeného odstřelu. Nicméně, přesto dojde k porušení horniny v lici svahu (kvalitní trhací práce).	0,7
Trhací práce menšího rozsahu na skalních svazích s lokálním poškozením, jestliže je použito řízeného odstřelu. Nicméně, přesto dojde k porušení horniny v lici svahu (nekvalitní trhací práce).	1
Velmi velké otevřené svahy povrchových dolů nebo lomů, dotčené účinky rozsáhlých trhacích prací a redistribucí napětí při odtěžování horniny (pouze používání trhavin).	1
V některých měkkých horninových partiích velkých dolů nebo lomů může být těžení realizováno bez trhacích prací s menší mírou poškození svahů (mechanické rozpojování horniny).	0,7

Přibližné hodnoty pevnostního parametru neporušené horniny m_i (podle Hoeka)

Druh horniny	Reprezentativní horniny	m_i [-]
Vápencové horniny s dobře vyvinutou krystalovou štěpností	Dolomit, vápenec, mramor	≈ 7
Zpevněné jílovité horniny	Jílovec, siltovec, prachovitá břidlice, hlinitá břidlice	≈ 10
Píscité horniny s pevnými krystaly a špatně vyvinutou krystalovou štěpností	Pískovec, křemenec	≈ 15
Jemnozrnné vyvřelé krystalické horniny	Andesit, dolerit, diabas, ryolit	≈ 17

Hrubozrnné vyvřelé a přeměněné hornny	Amfibolit, gabro, rula, žula, křemitý diorit	≈ 25
---------------------------------------	--	------

Barton - Bandis

Podmínka smykové pevnosti horniny podle Bartona-Bandise má následující tvar:

$$\tau = \sigma_n \cdot \operatorname{tg} \left[\varphi_b + JRC \cdot \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right]$$

kde:

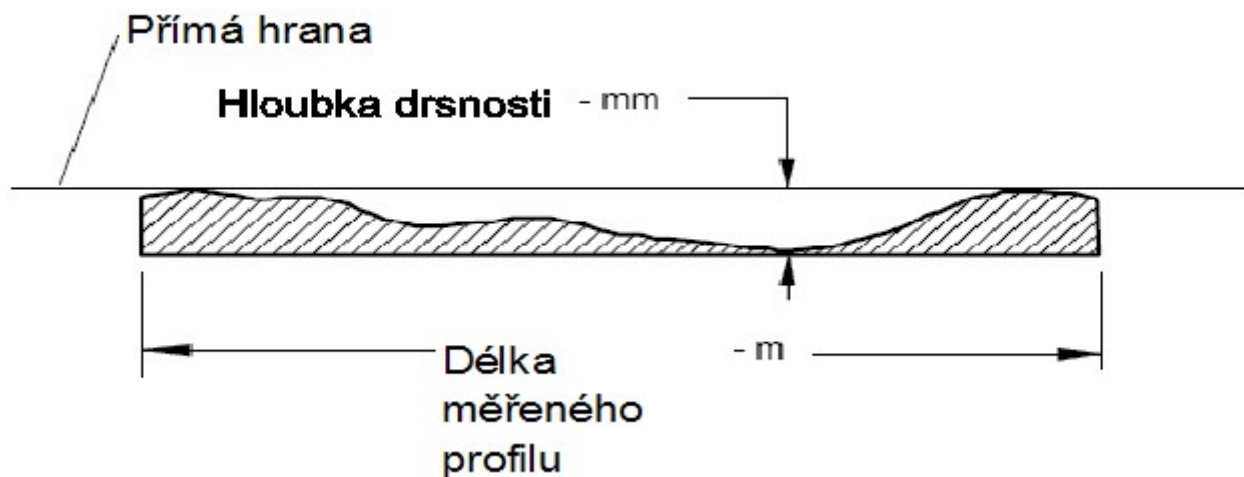
- JRC** - koeficient drsnosti smykové plochy
- σ_n** - normálové napětí působící kolmo na smykovou plochu
- JCS** - pevnost plochy nespojitosti v tlaku
- φ_b** - základní úhel vnitřního tření na smykové ploše

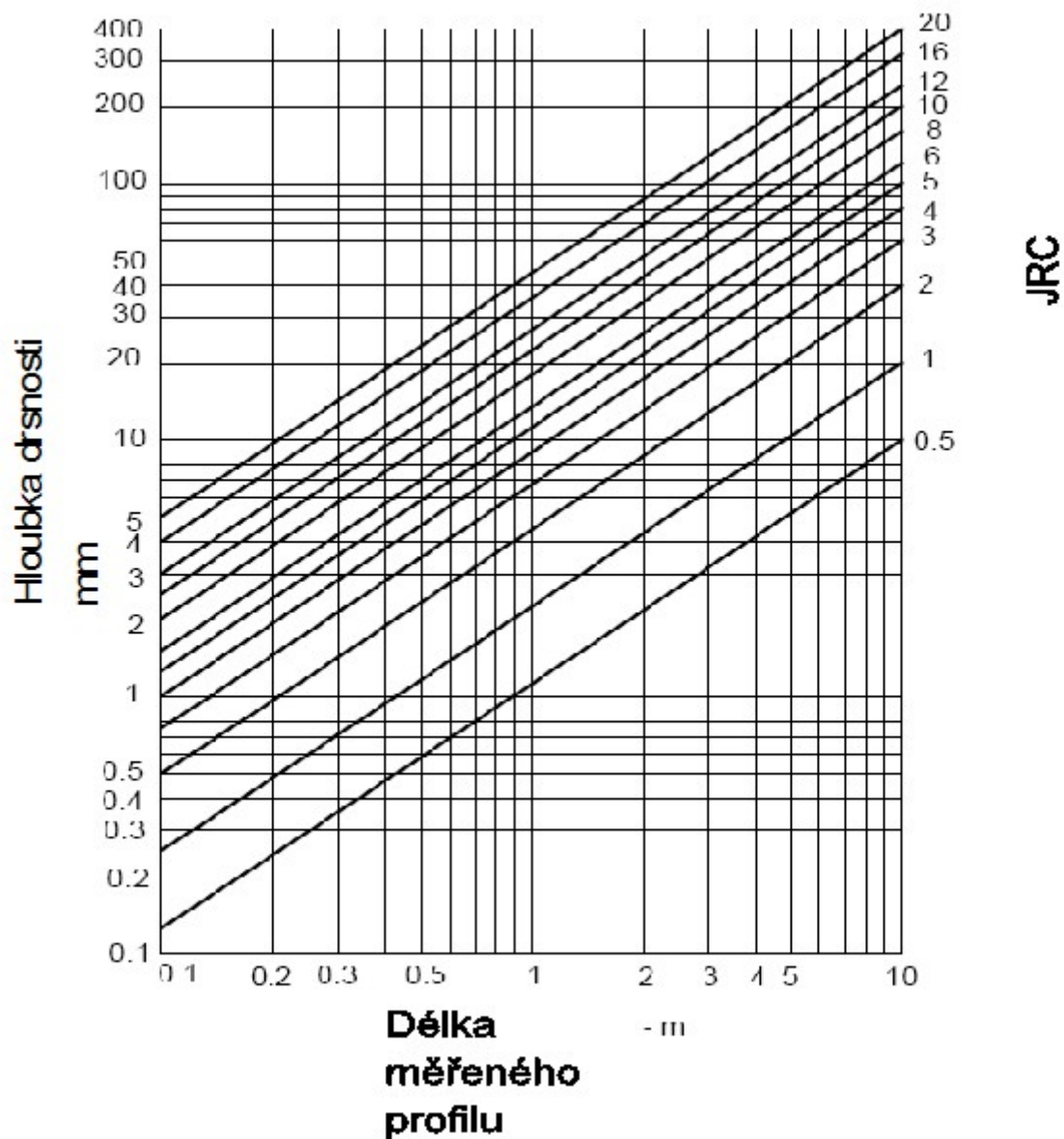
Určení smykových parametrů by mělo být v ideálním případě na základě zkoušek in-situ. Orientační rozsahy parametrů pro kritérium Barton-Bandise jsou uvedeny [zde](#).

Parametry podle Bartona - Bandise

Koeficient drsnosti smykové plochy JRC











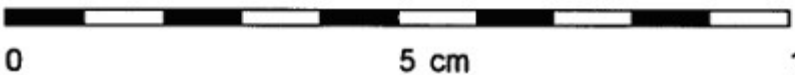
Pokud není možné určit hodnotu JRC profilometrem přímým měřením na povrchu trhliny, je možné použít odečet z Bartonova grafu (viz obrázek), kde je vynesena závislost JRC na délce profilu a hloubce drsnosti.





Graf pro určení JRC (podle Bartona)

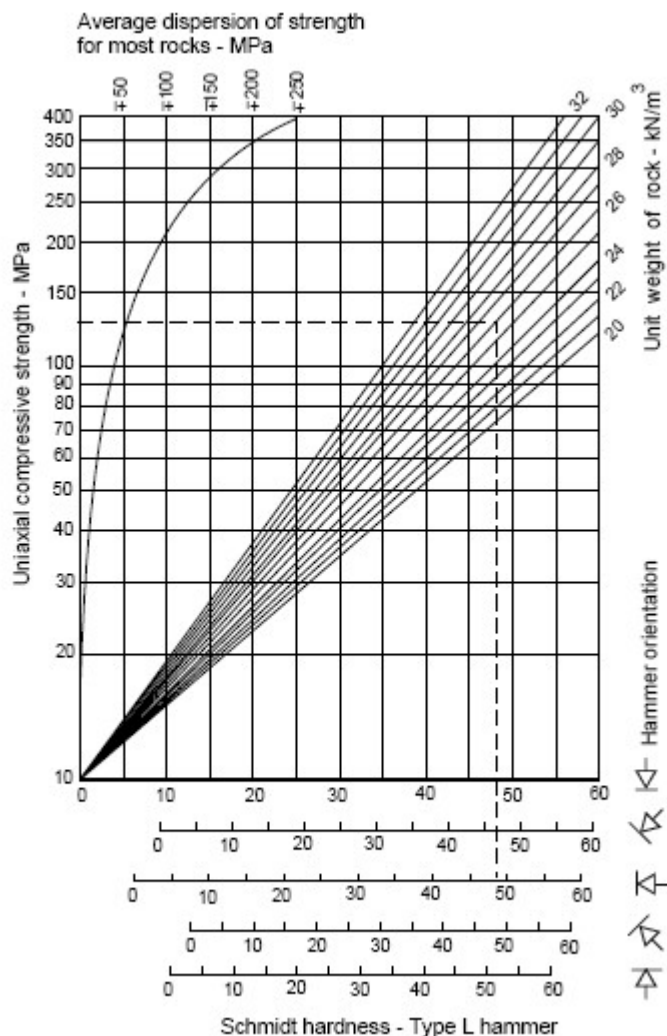
Na dalším obrázku je pro orientaci vynesena vztah drsnosti plochy a JRC.

	$JRC = 0 - 2$
	$JRC = 2 - 4$
	$JRC = 4 - 6$
	$JRC = 6 - 8$
	$JRC = 8 - 10$
	$JRC = 10 - 12$
	$JRC = 12 - 14$
	$JRC = 14 - 16$
	$JRC = 16 - 18$
	$JRC = 18 - 20$
	

Profily hrubosti a odpovídající hodnoty koeficientu JRC (Barton & Chubey 1977)

Pevnost v tlaku plochy nespojitosti JCS

Metody určení hodnoty pevnosti v tlaku plochy nespojitosti (smykové plochy) JCS jsou obecně doporučeny ISRM. Na následujícím obrázku je uveden graf odvozený Deereem a Millerem pro odečtení hodnoty JCS v závislosti na pevnosti horniny určené Schmidtovým kladívkem.



Základní úhel vnitřního tření na smykové ploše φ_b

Hodnota základního úhlu vnitřního tření na smykové ploše je přibližně rovna residuální hodnotě úhlu vnitřního tření φ_r , nicméně je obecně měřena v laboratořích pomocí smykových přístrojů (většinou na ploše 50*50 mm). Základní úhel smykového tření φ_B má obvyklý rozsah od 25° do 35° pro nezávětralé skalní povrchy.

Objemové tíhy hornin

Objemová tíha horniny γ

Pevnost hornin	Typy hornin (příklady)	Objemová tíha horniny γ [kN/m³]
Nejtvrdší horniny	nejtvrdší, celistvé, pevné a hutné křemence a čediče, jiné mimořádně tvrdé horniny	28,0 - 30,0
Velmi tvrdé horniny	velmi tvrdé žulové horniny, křemitý porfyr, velmi tvrdá žula, křemitá břidlice, méně tvrdé křemence, nejtvrdší pískovce a vápence	26,0 - 27,0
Tvrdé horniny	žula hutná a celistvá, velmi tvrdé pískovce a vápence, křemité rudné žíly, tvrdý slepenec, velmi tvrdé železné rudy tvrdé vápence, méně tvrdé žuly, pevné pískovce, mramory, dolomity, kyzy	25,0 - 26,0
Dosti tvrdé horniny	obvyčejný pískovec, železné rudy středně tvrdé pískité břidlice, břidličné pískovce	24,0
Středně tvrdé horniny	tvrdé hlinité břidlice, méně tvrdý pískovec a vápenec, měkký slepenec různorodé nepříliš tvrdé břidlice, hutný slín	23,0 - 24,0

Dosti měkké horniny	měkké břidlice, měkký vápenec, křída, kamenná sůl, zmrzlá země, antracit, obyčejný slín, rozrušený pískovec, měkké slepence a hlína promísená skalinami	22,0 - 26,0
Měkké horniny	hutný jíl, pevné hlíny (eluvia charakteru zemin), střední černé uhlí	20,0 - 22,0
		18,0 - 20,0

Vliv seismických účinků

Program umožňuje počítat účinky zemětřesení pomocí dvou proměnných - faktoru vodorovné akcelerace K_h a faktoru svislé akcelerace K_v .

Faktor akcelerace je bezrozměrné číslo, které udává seismické zrychlení podílem tíhového zrychlení. Vliv zemětřesení se zavádí seismickou silou S , která je rovna součinu koeficientu akcelerace a tíhy tělesa, na které seismické účinky působí (tj. horninový blok). Pro uvažování působení seismických účinků jen ve vodorovném směru je seismická síla dána následujícím vztahem:

$$S = K_h \cdot W$$

kde: K_h - koeficient vodorovné akcelerace

W - tíha horninového tělesa

Seismická síla působí vždy v těžišti horninového tělesa. Většinou se uvažuje jen působení seismických účinků ve vodorovném směru, nicméně program umožňuje zadat i svislý směr působení (pomocí faktoru svislé akcelerace K_v), poté se účinky obou směrů sčítají.

Stupeň M-C-S	Vodorovné zrychlení	Faktor vodorovné akcelerace
(MSK-64)	[mm/s ²]	K_h
1	0,0 - 2,5	0,0 - 0,00025
2	2,5 - 5,0	0,00025 - 0,0005
3	5,0 - 10,0	0,0005 - 0,001
4	10,0 - 25,0	0,001 - 0,0025
5	25,0 - 50,0	0,0025 - 0,005
6	50,0 - 100,0	0,005 - 0,01
7	100,0 - 250,0	0,01 - 0,025
8	250,0 - 500,0	0,025 - 0,05
9	500,0 - 1000,0	0,05 - 0,1
10	1000,0 - 2500,0	0,1 - 0,25
11	2500,0 - 5000,0	0,25 - 0,5
12	> 5000,0	> 0,5

Hodnoty faktoru K_h odpovídající jednotlivým stupňům zemětřesení podle stupnice M-C-S

Vyztužené násypy

Program provádí následující posouzení:

Posouzení

Posuzuje se vnější stabilita tzv. **fiktivní konstrukce**, která je tvořena lícem konstrukce a křivkou, která ohraničuje koncové body geovýtuh. Fiktivní konstrukce je zatížena **spočtenými silami působícími na konstrukci** a posouzena na **překlopení** a **posunutí** - stejně jako posouzení **gravitační zdi**.

Dimenzování

Program ze **spočtených sil působících na konstrukci** dopočítá síly v posuzovaném průřezu. Započtou se jen ty síly, které leží nad posuzovanou spárou (viz **obrázek**). Výztuhy se podílí **stabilizujícími silami**, které jsou rovny menší z obou hodnot únosností (na vytržení a přetržení). Poté je provedeno vlastní posouzení na **překlopení** a **posunutí**. Program také umožňuje automatické posouzení nejkritičtějšího průřezu.

Únosnost

Posuzuje se **únosnost základové půdy** pod **fiktivní konstrukcí**. Konstantní napětí v základové spáře je vyjádřeno ze všech **sil působících na konstrukci**, spočtených v rámu "**Posouzení**". Pokud je zadán základ, únosiost se počítá ze všech

sil, spočtených v rámu "Dimenzování" (musí být zaškrtnuta volba "Celá zed").

Posunutí po geovýtuzě

Posuzuje se **posunutí vyztuženého bloku zeminy** po geovýtuzě. Vyztužený blok je ohraničen lícem zdi, posuzovanou geovýtuhou, svislicí procházející koncovým bodem geovýtuzy a terénem. Na blok působí **aktivní zemní tlak**, stabilizující síly z geovýtuh zasahujících za hranice vyztuženého bloku a **další síly**. Program také umožňuje automatické posouzení **posunutí** po jednotlivých výztuhách a nalezení nejkritičtějšího výsledku.

Vnitřní stabilita

Jednotlivé geovýtuzy jsou **posuzovány** na **přetržení** a **vytržení** ze zeminového masivu.

Globální stabilita

Program umožňuje posoudit **celkovou stabilitu** svahu na **kruhové smykové ploše**. Smyková plocha může být **optimalizována**, tj. program automaticky vybere posouzení po nejkritičtější smykové ploše. Vlastní výpočet **stability** svahu může být proveden pomocí dvou proužkových metod: **Spencer** (rigorózní, přesnější metoda) a **Bishop** (konzervativnější, jednodušší, snadněji nalezne řešení splňující podmínky rovnováhy).

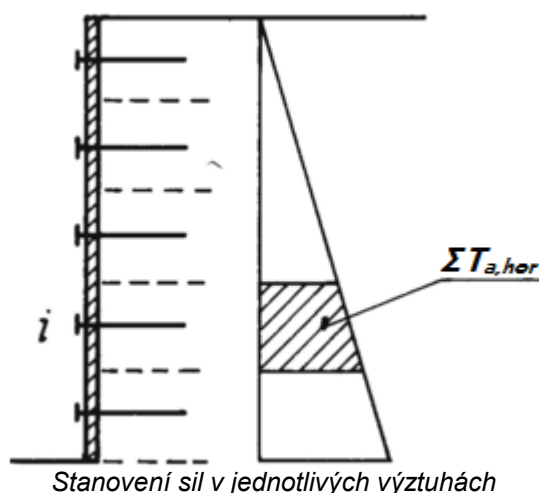
Stabilita svahu

Posouzení **celkové (globální) stability** programem "**Stabilita svahu**".

Vnitřní stabilita

Síla v geovýtuzě

Stanovení sil v jednotlivých geovýtuhách se provádí rozdělením spočteného zemního tlaku na jednotlivé etáže. Každá výztuha přenáší část aktivního tlaku, který působí **na příslušnou etáž**, tj. přenesená síla ve výztuzě $F_x = \Sigma T_{a,hor}$.



Tvar smykové plochy závisí na zvolené normě výpočtu.

Výpočet vnitřní stability se liší podle typu výztuh:

- **poddajné výztuzy** - Standard (rovná smyková plocha), AASHTO (Extensible), FHWA NHI-10-024
- **nepoddajné výztuzy** - AASHTO (Inextensible), JTGD30 - 2004 Highway China Code, TB 10025 Railway China Code, BS 8006 - Coherent Gravity Method

Zemní tlak je počítán jako **aktivní** pro **poddajné výztuzy**, resp. jako kombinace tlaků pro **nepoddajné výztuzy**.

Únosnost výztuhy na přetržení

Dlouhodobá návrhová pevnost výztuhy na přetržení R_t se vypočte ze **zadaných vlastností** geovýtuzy:

$$R_t = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} \cdot RF_D \cdot RF_{ID} \cdot FS_{UNC}}$$

- kde:
- R_t - dlouhodobá návrhová pevnost výztuhy
 - T_{ult} - krátkodobá charakteristická pevnost výztuhy
 - RF_{CR} - redukční součinitel dlouhodobého přetváření výztuhy (určen podle požadované životnosti výztuhy)
 - RF_D - redukční součinitel trvanlivosti výztuhy (určen podle pH zeminy)
 - RF_{ID} - redukční součinitel porušení výztuhy při ukládání do zeminy (určen podle velikosti zrn zeminy)

FS_{UNC} - celkový součinitel nejistoty modelu

Poznámka: Při výpočtu únosnosti na přetržení v programu **Redi-Rock Wall** se součinitel FS_{UNC} neuvažuje.

Únosnost výztuhy na vytržení

Únosnost na vytržení ze zemního masivu se vypočte ze **zadaných vlastností** geovýztuhy a normálové síly působící kolmo na její **plochu**:

$$T_p = 2 \cdot L \cdot C_i \cdot \sigma_z \cdot \tan \varphi$$

- kde:
- T_p - únosnost výztuhy na vytržení
 - L - délka výztuhy (od líce zdi ke konci)
 - C_i - součinitel interakce zeminy a geovýztuhy
 - σ_z - vertikální geostatické napětí
 - φ - úhel vnitřního tření zeminy

Poznámka: V programu **Redi-Rock Wall** se ve výpočtu únosnosti na vytržení zohledňuje **součinitel korekce na vytržení α** .

Posouzení únosnosti výztuhy na přetržení a vytržení může být provedeno podle **stupeň bezpečnosti** nebo podle **teorie mezních stavů**.

Posouzení - stupeň bezpečnosti

Výhodou tohoto posouzení je přehlednost a jednoznačnost, protože vlastnosti zemin ani působící síly se neredukují.

Posouzení na přetržení:

$$\frac{R_t}{F_x} > SF_{st}$$

- kde:
- F_x - **síla** přenesená výztuhou
 - R_t - dlouhodobá návrhová **pevnost** výztuhy
 - SF_{st} - stupeň bezpečnosti na přetržení geovýztuhy (zadáva se v záložce "**Výpočet zdí**")

Posouzení na vytržení:

$$\frac{T_p}{F_x} > SF_{po}$$

- kde:
- F_x - **síla** přenesená výztuhou
 - T_p - **únosnost** výztuhy na vytržení
 - SF_{po} - stupeň bezpečnosti na vytržení geovýztuhy (zadáva se v rámu "**Výpočet zdí**")

Posouzení - mezní stavy

V závislosti na nastavení v záložce "**Výpočet zdí**" se **redukuji** parametry zemin. Výsledkem je využití výztuhy, která se srovnává se **100 %**.

Posouzení na přetržení:

$$\frac{F_x}{R_t} \cdot 100 < 100\%$$

- kde:
- F_x - **síla** přenesená výztuhou
 - R_t - dlouhodobá návrhová **pevnost** výztuhy na přetržení

Posouzení na vytržení:

$$\frac{F_x}{T_p} \cdot 100 < 100\%$$

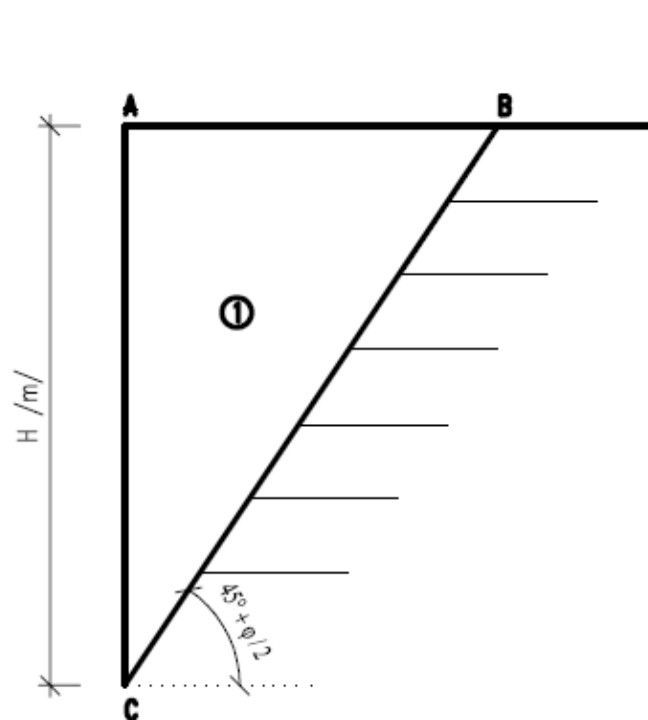
- kde:
- F_x - **síla** přenesená výztuhou

T_p - únosnost výztuhy na vytržení

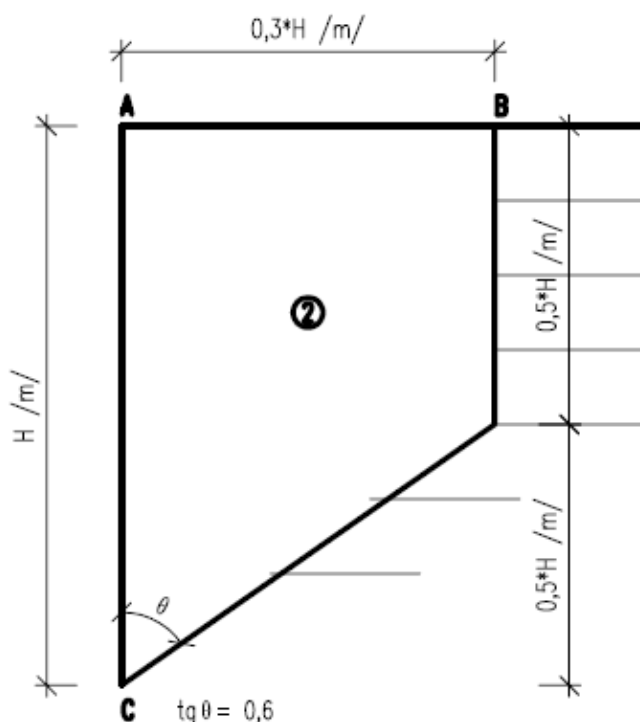
Tvary smykových ploch

Smyková plocha má různý tvar podle zvolené normy výpočtu:

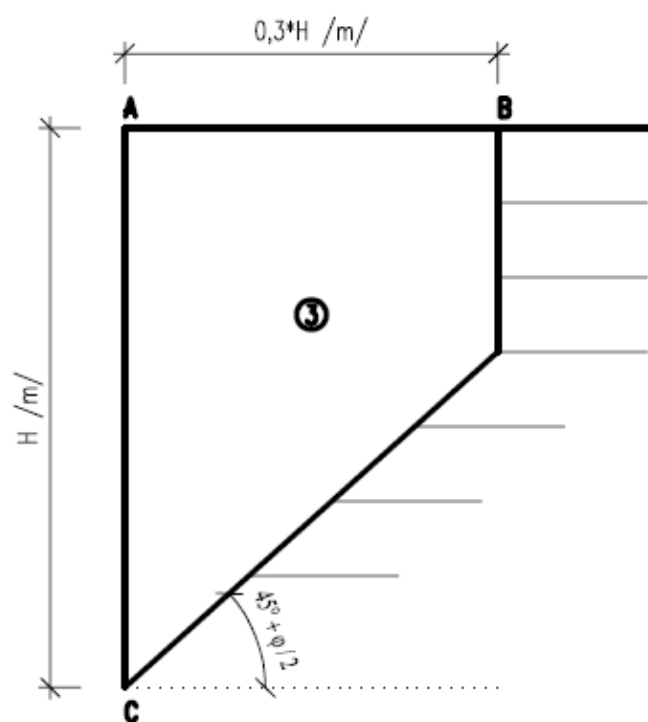
- **Rovná smyková plocha** - Standard, AASHTO - Extensible, FHWA NHI-10-024
- **Lomená smyková plocha** - AASHTO - Inextensible, JTGD30 - 2004 Highway China Code, TB 10025 Railway China Code, BS 8006 - Coherent Gravity Method.



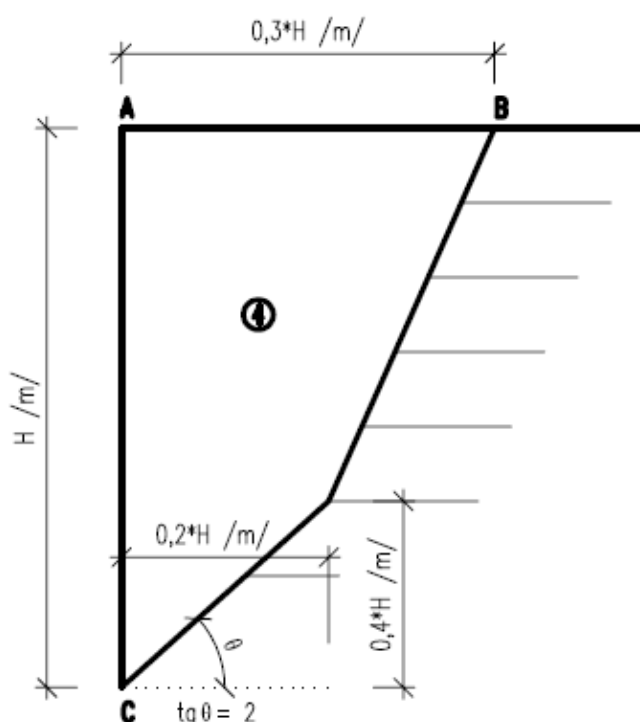
① STANDARD, AASHTO - EXTENSIBLE, FHWA NHI-10-024



② TB 10025 - 2006 RAILWAY CHINA CODE, AASHTO - INEXTENSIBLE



③ JTGD30 - 2004 HIGHWAY CHINA CODE



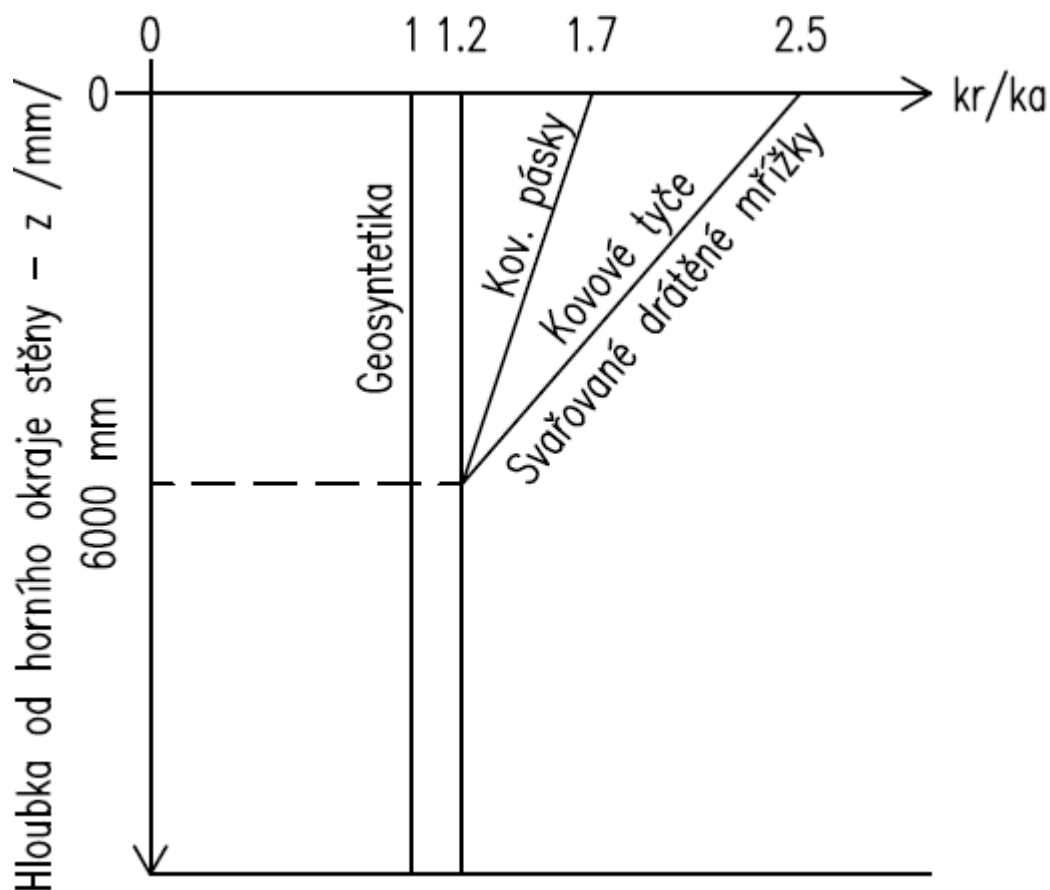
④ BS 8006 - COHERENT GRAVITY METHOD

Tvary smykových ploch podle jednotlivých norem výpočtu

Poddajné výztuhy - aktivní zemní tlak

Pro poddajné výztuhy (Standard - rovná smyková plocha, AASHTO - Extensible, FHWA NHI-10-024) se při výpočtu vnitřní

stability uvažuje působení **aktivního zemního tlaku**. Program umožňuje (podle norem AASHTO) přenásobit spočtený **zemní tlak** zadaným koeficientem k_r/k_a . Doporučené hodnoty jsou znázorněny na následujícím obrázku.



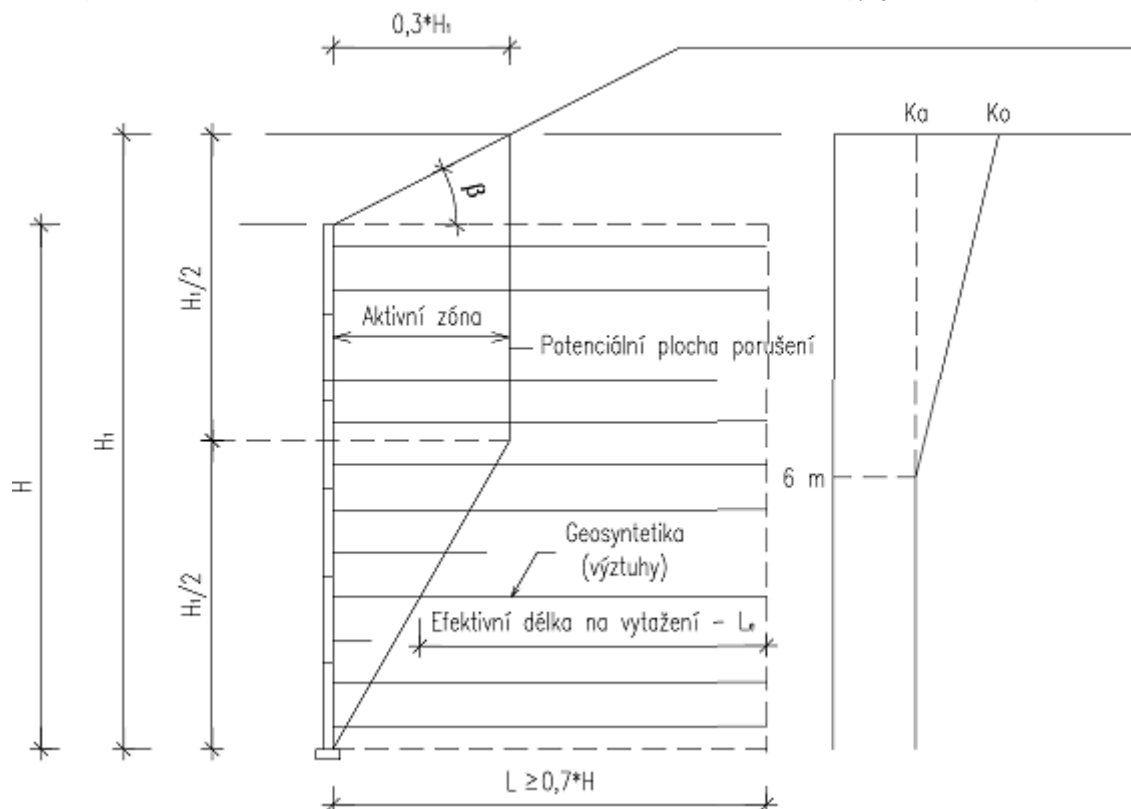
Průběh součinitele vodorovného napětí k_r/k_a s hloubkou pro poddajné výztuhy

Literatura:

AASHTO LRFD Bridge Design Specifications 2004 (SI)

Nepoddajné výztuhy - kombinace zemních tlaků

Pro nepoddajné výztuhy (AASHTO - Inextensible, JTGD30 - 2004 Highway China Code, TB 10025 Railway China Code, BS 8006 - Coherent Gravity Method) se při výpočtu **vnitřní stability** uvažuje kombinace působení **aktivního zemního tlaku** a **tlaku v klidu**.



Určení plochy porušení a průběh součinitele bočního tlaku K_a , resp. K_o s hloubkou pro nepoddajné výztuhy

Literatura:

AASHTO Highway Bridges

Výpočet únosnosti základu

Svislá únosnost základové půdy se posuzuje podle mezních stavů nerovností:

$$\sigma \leq \frac{R_d}{\gamma_{RV}}$$

nebo podle stupně bezpečnosti:

$$\frac{R_d}{\sigma} \geq SF_v$$

kde:

- σ - extrémní výpočtové kontaktní napětí v základové spáře
- R_d - výpočtová únosnost základové půdy
- γ_{RV} - součinitel svislé únosnosti základu (zadáva se v záložce "Patky")
- SF_v - stupeň bezpečnosti - svislá únosnost

Extrémní výpočtové kontaktní napětí v základové spáře je dáno vztahem:

$$\sigma = \frac{V}{A_{ef}}$$

kde:

- V - extrémní výpočtová svislá síla
- A_{ef} - **efektivní plocha** základu

Svislá únosnost základové půdy R_d je počítána pro tři základní typy podloží:

- **Odvodněné podloží**
- **Neodvodněné podloží**
- **Skalní podloží**

Tyto výpočty platí pouze pro homogenní zeminu. Je-li pod základovou spárou **nehomogenní zemina** (popřípadě je přítomna podzemní voda), pak se zadaný profil **převádí na homogenní zeminu**.

Únosnost základu na odvodněném podloží

Při odvodněných podmínkách je možné pro výpočet svislé únosnosti zvolit jeden z těchto postupů:

- **standardní postup**
- dle ČSN 73 1001 "Základová půda pod plošnými základy" schválené 8.6. 1987
- dle polské normy PN-81 B - 03020 "Gruntzy budowlane, Posudowanie bezpośrednie budowli, Obliczenia statyczne i projektowanie" z roku 1982
- dle Indické normy IS:6403-1981 "Code of Practice for Determination of Bearing Capacity of Shallow Foundations" z roku 1981
- dle EC 7-1 (EN 1997-1:2003) "Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla"
- dle manuálu NCMA
- dle čínské normy GB 50007-2002
- dle ruské normy SNiP 2.02.01-83
- dle národní přílohy dánské normy DS/EN 1997-1 DK NA:2013
- dle filipínské DPWH normy "Design Guidelines, Criteria and Standards: Volume 2C – Geological and Geotechnical Investigation - Annex G: Geotechnical Formulas"
- **dle Meyerhofa**
- **dle Vesice**
- **dle německé normy DIN 4017**
- **dle španělské normy CTE DB SE-C**
- **dle novozélandské normy B1/VM4**
- **dle ruské normy SP22.13330.2016**

Při zohlednění šikmého terénu a šikmé základové spáry se u všech postupů (s výjimkou německé normy DIN 4017 a španělské normy CTE DB SE-C) používá součinitelů podle Brinch - Hansena (viz **standardní postup**).

Při odvodněných podmínkách probíhá v době výstavby pod plošným základem zároveň objemová změna a přetvoření zeminy. V tomto případě se pevnost zeminy vyjadřuje pomocí efektivních hodnot úhlu vnitřního tření ϕ_{ef} a efektivní soudržnosti c_{ef} a předpokládá se, že v zemině působí pouze efektivní napětí, které se rovná totálnímu (konsolidovaný stav). Efektivní parametry ϕ_{ef} , c_{ef} považujeme za parametry maximální smykové pevnosti.

Vzhledem k tomu, že o odvodněných podmínkách rozhoduje více vlivů (rychlost přitěžování, propustnost zeminy, stupeň nasycení a stupeň předkonsolidace zeminy), musí o použití efektivních parametrů rozhodnout projektant podle konkrétní úlohy a zvážení všech okolností.

Při **seismickém výpočtu** provede program výpočet jak se zohledněním **vlivu zemětřesení**, tak i bez něj. Výsledná únosnost základu je pak vždy rovna menší z těchto hodnot.

Výpočet účinku zemětřesení

Výpočet únosnosti plošného základu při účinku zemětřesení je stanoven následovně:

$$p_{LE} = c \cdot N_{cE} + \gamma \cdot d \cdot N_{qE} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma E}$$

kde:	p_{LE}	-	seismická únosnost základové půdy
	c	-	soudržnost okolní zeminy
	γ		objemová tíha zeminy
	d		hloubka základové spáry
	B		šířka základu
	$N_{cE}, N_{qE}, N_{\gamma E}$	-	seismické součinitele únosnosti

$$N_{cE} = (N_{qE} - 1) \cdot \cot \varphi$$

$$N_{qE} = \frac{K_{pE}}{K_{AE}}$$

$$N_{\gamma E} = \tan \rho_{AE} \cdot \left(\frac{K_{pE}}{K_{AE}} - 1 \right)$$

kde:	K_{AE}, K_{pE}	-	seismické koeficienty zemního tlaku
	ρ_{AE}	-	kritický úhel porušení

φ

úhel vnitřního tření

$$K_{AE} = \frac{(\cos \alpha)^2}{\cos \theta \cdot \cos(\delta + \theta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin \alpha}{\cos(\delta + \theta)}}\right)^2}$$

$$K_{PE} = \frac{(\cos \alpha)^2}{\cos \theta \cdot \cos(\delta + \theta) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \cdot \sin \alpha}{\cos(\delta + \theta)}}\right)^2}$$

$$\rho_{AE} = \alpha + \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{[1 + (\tan \alpha)^2] \cdot [1 + \tan(\delta + \theta) \cdot \cot \alpha]} - \tan \alpha}{1 + \tan(\delta + \theta) \cdot (\tan \alpha + \cot \alpha)} \right)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{k_h}{1 - k_v}$$

$$\alpha = \varphi - \theta$$

kde: k_h - vodorovný seismický součinitel

k_v - svislý seismický součinitel

Poznámka: V případě, že vychází úhel α záporný, tj. $\varphi < \theta$, pak je seismická únosnost základové půdy $p_{LE} = 0$.

Literatura:

Richards Jr., R.; et al. SEISMIC BEARING CAPACITY AND SETTLEMENTS OF FOUNDATION. J.Geotech. Engrg. 1993, 4 (119)

Das, B. M. Principles of Soil Dynamics, 3rd ed.; California State University: Sacramento, 2016.

Standardní výpočet

Standardní řešení vychází z teorie J. Brinch - Hansena, který určuje únosnost základové půdy vztahem:

$$R_d = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q_0 \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d \cdot b_d \cdot g_d + \frac{b}{2} \cdot \gamma \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_b \cdot b_b \cdot g_b$$

přičemž:

součinitele únosnosti:

$$q_0 = \gamma_1 \cdot d$$

$$N_c = (N_d - 1) \cdot \cot g \varphi \quad \text{pro: } \varphi > 0$$

$$N_c = 2 + \pi \quad \text{pro: } \varphi = 0$$

$$N_d = tg^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg \varphi}$$

$$N_b = 1,5(N_d - 1) \cdot tg \varphi$$

součinitele tvaru základu:

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{b}{l}$$

$$s_d = 1 + \frac{b}{l} \cdot \sin \varphi$$

$$s_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{b}{l}$$

součinitele vlivu hloubky založení:

$$d_c = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{d}{b}}$$

$$d_d = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{d}{b}} \cdot \sin 2\varphi$$

$$d_b = 1$$

součinitele šikmosti zatížení:

$$i_c = i_d = i_b = (1 - tg \delta)^2$$

součinitele šikmé základové spáry:

$$b_e = b_d - \frac{(1 - b_d)}{N_e} \cdot \tan \varphi$$

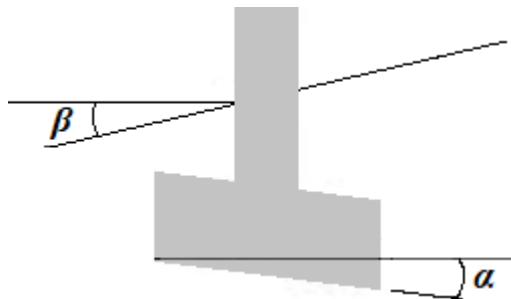
$$b_d = (1 - \alpha \cdot \tan \varphi)^2$$

$$b_b = b_d$$

součinitele vlivu šikmého terénu:

$$g_e = 1 - \frac{2 \cdot \beta}{\pi + 2}$$

$$g_d = g_b = (1 - 0,5 \cdot \tan \beta)^5$$



Značení úhlů u součinitelů b , g

kde:	c	- soudržnost zeminy
	q_0	- ekvivalentní rovnoměrné zatížení zohledňující vliv hloubky založení základu
	d	- hloubka základové spáry
	γ_1	- objemová tíha zeminy nad základovou spárou
	b	- šířka základu
	γ	- objemová tíha zeminy
	N_e, N_d, N_b	- součinitelé únosnosti
	s_e, s_d, s_b	- součinitelé tvaru základu
	d_e, d_d, d_b	- součinitelé vlivu hloubky založení
	i_e, i_d, i_b	- součinitelé vlivu šikmého zatížení
	b_e, b_d, b_b	- součinitelé šikmé základové spáry
	g_e, g_d, g_b	- součinitelé vlivu šikmého terénu
	φ	- úhel vnitřního tření zeminy
	l	- délka základu
	δ	- úhel odklonu výslednice sil od svislé
	β	- sklon terénu
	α	- sklon základové spá

Meyerhof

Toto řešení vychází z teorie G. G. Meyerhofa. Postup je shodný se **standardním postupem**, liší se pouze v níže vypsanych součinitelích:

součinitele únosnosti:

$$N_b = (N_d - 1) \cdot \tan(1,4 \cdot \varphi)$$

součinitele tvaru základu:

$$s_e = 1 + 0,2 \cdot K_p \cdot \frac{b}{l}$$

pro: $\varphi \leq 10^\circ$

$$s_d = 1$$

pro: $\varphi > 10^\circ$

$$s_d = 1 + 0,1 \cdot K_p \cdot \frac{b}{l}$$

$$s_b = s_d$$

kde:

$$K_p = \tan^2(45 + \frac{\varphi}{2})$$

součinitele vlivu hloubky založení:

pro: $\varphi = 0^\circ$

$$d_e = 1 + 0,2 \cdot \frac{d}{b}$$

$$d_d = d_b = 1$$

pro: $\varphi \neq 0^\circ$

$$d_e = 1 + 0,2 \cdot \frac{d}{b} \cdot \tan(45 + \frac{\varphi}{2})$$

$$d_d = d_b = 1 + 0,1 \cdot \frac{d}{b} \cdot \tan(45 + \frac{\varphi}{2})$$

součinitele šikmosti zatížení:

$$i_e = i_d = (1 - \frac{2 \cdot \delta}{\pi})^2$$

$$i_b = (1 - \frac{\delta}{\varphi})^2$$

kde:	d	-	hloubka základové spáry
	b	-	šířka základu
	l	-	délka základu
	φ	-	úhel vnitřního tření zeminy
	δ	-	úhel odklonu výslednice sil od svislé

Literatura:

J.-G. Sieffert and Ch. Bay-Gress: *Comparison of European bearing capacity calculation method for shallow foundations*, *Proc. Instn Civ. Engrs Geotech. Engng*, 2000, 143, Apr., 65-74

Braja M. Das: *Principles of Geotechnical Engineering, Sixth Edition*, Thomson India 2006, ISBN: 978-8131502020

Vesic

Toto řešení vychází z teorie A. S. Vesice. Postup je shodný se **standardním postupem**, liší se pouze v níže vypsanych součinitelích:

součinitele únosnosti:

$$N_b = 2 \cdot (N_d + 1) \cdot \tan \varphi$$

součinitele tvaru základu:

$$s_e = 1 + \frac{b}{l} \cdot \frac{N_d}{N_e}$$

$$s_d = 1 + \frac{b}{l} \cdot \tan \varphi$$

$$s_b = 1 - 0,4 \cdot \frac{b}{l}$$

součinitele vlivu hloubky založení:

pro: $d/b \leq 1$

$$d_e = 1 + 0,4 \cdot \frac{d}{b}$$

$$d_d = 1 + 2 \cdot \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \frac{d}{b}$$

$$d_b = 1$$

pro: $d/b > 1$

$$d_e = 1 + 0,4 \cdot \tan^{-1} \frac{d}{b}$$

$$d_d = 1 + 2 \cdot \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi) \cdot \tan^{-1} \frac{d}{b}$$

$$d_b = 1$$

součinitele šikmosti zatížení:pro: $\varphi = 0^\circ$

$$i_e = 1 - \frac{m \cdot H}{A \cdot a \cdot N_c}$$

pro: $\varphi \neq 0^\circ$

$$i_e = \frac{i_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1}$$

$$i_d = (1 - \tan \theta)^m$$

$$i_b = (1 - \tan \theta)^{m+1}$$

kde:

$$\tan \theta = \frac{H}{V + A \cdot c \cdot \cot \varphi}$$

$$m = \frac{2 + \frac{b}{l}}{1 + \frac{b}{l}}$$

kde:	d	-	hloubka základové spáry
	b	-	šířka základu
	l	-	délka základu
	φ	-	úhel vnitřního tření zeminy
	c	-	soudržnost zeminy
	δ	-	úhel odklonu výslednice sil od svislé
	H	-	vodorovná složka výslednice zatížení
	V	-	svislá složka výslednice zatížení

Literatura:

J.-G. Sieffert and Ch. Bay-Gress: Comparison of European bearing capacity calculation method for shallow foundations, Proc. Instn Civ. Engrs Geotech. Engng, 2000, 143, Apr., 65-74

Braja M. Das: Principles of Geotechnical Engineering, Sixth Edition, Thomson India 2006, ISBN: 978-8131502020

ALEKSANDAR SEDMAK VESIC: ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, 1973

DIN 4017

Toto řešení vychází z německé normy DIN 4017, která určuje únosnost základové půdy vztahem:

$$R_d = \gamma \cdot b' \cdot N_b \cdot s_b \cdot i_b \cdot g_b \cdot b_b + q_0 \cdot d \cdot N_d \cdot s_d \cdot i_d \cdot g_d \cdot b_d + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c$$

přičemž:

součinitele únosnosti:

$$\begin{aligned} g_0 &= \gamma_1 \cdot d \\ N_b &= (N_d - 1) \cdot \tan \varphi \\ N_d &= \tan^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{\pi \cdot \tan \varphi} \\ N_c &= (N_d - 1) / \tan \varphi \\ N_c &= 2 + \pi \end{aligned}$$

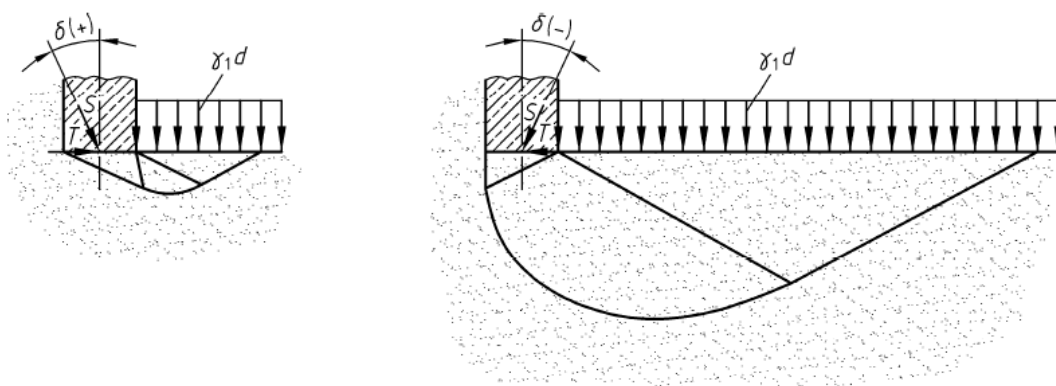
pro: $\varphi > 0$ pro: $\varphi = 0$ **součinitele tvaru základu:**

$$s_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{b'}{l'}$$

			$s_d = 1 - \frac{b'}{l'} \cdot \sin \varphi$ $s_c = \frac{s_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1}$ $s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{b'}{l'}$	pro: $\varphi > 0$ pro: $\varphi = 0$
součinitele šikmosti zatížení pro $\varphi > 0$:			$i_b = 1 - (\tan \delta)^{m+1}$ $i_d = 1 - (\tan \delta)^m$ kde:	pro: $\delta > 0^*$ pro: $\delta > 0$ $m = m_l \cdot \cos^2 \omega + m_b \cdot \sin^2 \omega$ $m_l = (2 + \frac{l'}{b'}) / (1 + \frac{l'}{b'})$ $m_b = (2 + \frac{b'}{l'}) / (1 + \frac{b'}{l'})$
			$i_b = \cos \delta \cdot (1 - 0,04 \cdot \delta)^{0,64+0,028 \cdot \varphi}$ $i_d = \cos \delta \cdot (1 - 0,0244 \cdot \delta)^{0,03+0,04 \cdot \varphi}$ $i_c = \frac{i_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1}$	pro: $\delta < 0$ pro: $\delta < 0$
součinitele šikmosti zatížení pro $\varphi = 0$:			$i_b = 0$ $i_d = 1$ $i_c = 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{T}{A' \cdot c}}$	
součinitele vlivu šikmého terénu:			$g_b = (1 - 0,5 \cdot \tan \beta)^6$ $g_d = (1 - \tan \beta)^{1,9}$ $g_c = \frac{N_d \cdot e^{-0,0349 \cdot \beta \cdot \tan \varphi} - 1}{N_d - 1}$	pro: $\varphi > 0$ pro: $\varphi > 0$ pro: $\varphi > 0$
			$g_b = 0$ $g_d = 1$ $g_c = 1 - 0,4 \cdot \tan \beta$	pro: $\varphi = 0$ pro: $\varphi = 0$ pro: $\varphi = 0$
součinitele šikmé základové spáry:			$b_b = b_d = b_c = e^{-0,045 \cdot \alpha \cdot \tan \varphi}$ $b_b = 0$ $b_d = 1$ $b_c = 1 - 0,0068 \cdot \alpha$	pro: $\varphi > 0$ pro: $\varphi = 0$ pro: $\varphi = 0$ pro: $\varphi = 0$
kde:	c	-	soudržnost zeminy	
	q_0	-	ekvivalentní rovnoměrné zatížení zohledňující vliv hloubky založení základu	
	d	-	hloubka základové spáry	
	γ_1	-	objemová tíha zeminy nad základovou spárou	
	b	-	šířka základu	
	γ	-	objemová tíha zeminy	
	N_c, N_d, N_b	-	součinitelé únosnosti	
	s_c, s_d, s_b	-	součinitelé tvaru základu	
	i_c, i_d, i_b	-	součinitelé vlivu šikmého zatížení	
	g_c, g_d, g_b	-	součinitelé vlivu šikmého terénu	
	b_c, b_d, b_b	-	součinitele šikmé základové spáry	
	φ	-	úhel vnitřního tření zeminy	
	l	-	délka základu	
	δ	-	úhel odklonu výslednice sil od svislé	
	β	-	sklon terénu	

- α - sklon základové spáry
 T - vodorovná složka výslednice zatížení
 ω - úhel mezi vodorovnou složkou výslednice zatížení T a osou symetrie základu ve směru efektivní délky l_{ef}

* Poznámka: Program provede výpočet pro obě orientace šikmosti zatížení a následně pracuje s nepříznivější hodnotou.



Orientace šikmosti zatížení

Literatura:

DIN 4017:2006-03

CTE DB SE-C

Toto řešení vychází ze španělské normy CTE DB SE-C, která určuje únosnost základové půdy vztahem:

$$R_k = c_k N_c d_c s_c i_c t_c + q_0 N_q d_q s_q i_q t_q + \frac{1}{2} b_{ef} \gamma N_\gamma d_\gamma s_\gamma i_\gamma t_\gamma$$

přičemž:

součinitele únosnosti:	$q_0 = \gamma_1 d$ $N_c = (N_q - 1) / \tan(\varphi)$ $N_c = \pi + 2$ $N_q = \tan^2(45 + \varphi/2) e^{\pi \tan(\varphi)}$ $N_\gamma = 1,5(N_q - 1) \tan(\varphi)$	pro: $\varphi > 0$ pro: $\varphi = 0$
součinitele vlivu hloubky založení:	$d_c = 1 + 0,34 \arctan(d/b_{ef})$ $d_q = 1 + 2(N_q/N_c) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \arctan(d/b_{ef})$ $d_q = 1$ $d_\gamma = 1$ $d_c = d_q = d_\gamma = 1$	pro: $\varphi > 0$ pro: $\varphi = 0$ pro: $d < 2,0m$
součinitele tvaru základu:	$s_c = 1 + 0,2(b_{ef}/l_{ef})$ $s_q = 1 + 1,5 \cdot \tan(\varphi) \cdot (b_{ef}/l_{ef})$ $s_\gamma = 1 - 0,3(b_{ef}/l_{ef})$	
součinitele šikmosti zatížení:	$i_c = \frac{i_q N_q - 1}{N_q - 1}$ $i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{b_{ef} l_{ef} c_k}} \right)$ $i_q = (1 - 0,7 \tan(\delta_B))^3 \cdot (1 - \tan(\delta_L))$ $i_\gamma = (1 - \tan(\delta_B))^3 \cdot (1 - \tan(\delta_L))$ $\tan(\delta_B) = H_B/V$ $\tan(\delta_L) = H_L/V$ $i_c = i_q = i_\gamma = 1$	pro: $\varphi > 0$ pro: $\varphi = 0$ pro: $H \leq 0,1V$

součinitele vlivu šikmého terénu:

$$t_c = e^{-2\beta \tan(\varphi)}$$

$$t_q = t_\gamma = 1 - \sin(\beta)$$

$$t_c = t_q = t_\gamma = 1$$

pro: $\beta \leq 5^\circ$

kde:	c	- soudržnost zeminy
	q_0	- ekvivalentní rovnoměrné zatížení zohledňující vliv hloubky založení základu
	d	- hloubka základové spáry
	γ_1	- objemová tíha zeminy nad základovou spárou
	b_{ef}	- efektivní šířka základu
	γ	- objemová tíha zeminy
	N_c, N_q, N_γ	- součinitelé únosnosti
	d_c, d_q, d_γ	- součinitelé vlivu hloubky založení
	s_c, s_q, s_γ	- součinitelé tvaru základu
	i_c, i_q, i_γ	- součinitelé šikmosti zatížení
	t_c, t_q, t_γ	- součinitele vlivu šikmého terénu
	φ	- úhel vnitřního tření zeminy
	l_{ef}	- efektivní délka základu
	δ_B	- úhel odklonu výslednice od svislé ve směru šířky základu
	δ_L	- úhel odklonu výslednice od svislé ve směru délky základu
	H	- celková vodorovná složka zatížení
	H_B	- vodorovná složka zatížení ve směru šířky základu
	H_L	- vodorovná složka zatížení ve směru délky základu
	V	- svislá složka zatížení
	β	- sklon terénu

Literatura:

CTE DB SE-C

B1/VM4

Toto řešení vychází z **NZ normy B1/VM4**. Postup je shodný se **standardním postupem**, liší se pouze v níže vypsanych součinitelích:

součinitele únosnosti:

$$N_b = 2 \cdot (N_d - 1) \cdot \tan \varphi$$

součinitele tvaru základu:

$$s_e = 1 + \frac{b}{l} \cdot \frac{N_d}{N_e}$$

$$s_d = 1 + \frac{b}{l} \cdot \tan \varphi$$

$$s_b = 1 - 0,4 \cdot \frac{b}{l}$$

součinitele vlivu hloubky založení:pro $\varphi = 0$ a $d/b \leq 1$:

$$d_e = 1 + 0,4 \cdot \frac{d}{b}$$

pro $\varphi = 0$ a $d/b > 1$:

$$d_e = 1 + 0,4 \cdot \tan^{-1} \frac{d}{b}$$

pro $\varphi > 0$:

$$d_e = d_d - \frac{1 - d_d}{N_d \cdot \tan(\varphi)}$$

pro $d/b \leq 1$:

$$d_d = 1 + 2 \cdot \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi)^2 \cdot \frac{d}{b}$$

pro $d/b > 1$:

$$d_d = 1 + 2 \cdot \tan \varphi \cdot (1 - \sin \varphi)^2 \cdot \tan^{-1} \frac{d}{b}$$

$$d_b = 1$$

součinitele šikmosti zatížení:

pro $\varphi = 0$:

$$i_e = 0,5 + 1 \cdot \sqrt{1 - \frac{H}{A' \cdot c}}$$

$$i_d = 1$$

pro $\varphi > 0$ a výslednice H ve směru L_{ef} :

$$i_d = i_b = 1 - \frac{H}{V + A \cdot c \cdot \cot \varphi}$$

$$i_e = \frac{i_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1}$$

pro $\varphi > 0$ a výslednice H ve směru B_{ef} :

$$i_d = \left(1 - \frac{0,7 \cdot H}{V + A \cdot c \cdot \cot \varphi}\right)^3$$

$$i_b = \left(1 - \frac{H}{V + A \cdot c \cdot \cot \varphi}\right)^3$$

$$i_e = \frac{i_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1}$$

kde:	d	-	hloubka základové spáry
	b	-	šířka základu
	l	-	délka základu
	φ	-	úhel vnitřního tření zeminy
	c	-	soudržnost zeminy
	H	-	vodorovná složka výslednice zatížení
	V	-	svislá složka výslednice zatížení

Literatura:

Acceptable Solutions and Verification Methods For New Zealand Building Code Clause B1 Structure, 1 December 2008

SP22.13330.2016

Toto řešení vychází z ruské normy **SP22.13330.2016**, která rozlišuje dva výpočty únosnosti:

1) Užitná únosnost (R)

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot M_{\gamma} \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_2 + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma_1 + M_c \cdot c$$

kde:	γ_{c1}, γ_{c2}	-	součinitelé prostředí
	k	-	$k = 1$ pro přímé určení pevnostních charakteristik zemín, jinak $k = 1,1$ (tabulkové zatřídění dle přílohy A)
	M_{γ}, M_q, M_c	-	součinitele únosnosti
	k_z	-	$k_z = 1$ pokud je $b < 10 \text{ m}$, jinak $k_z = 8/b + 0,2 \text{ [m]}$
	b	-	šířka základu (menší z půdorysných rozměrů)
	γ_1, γ_2	-	objemová tíha nad/pod základovou spárou
	c	-	soudržnost zeminy
	d_1	-	hloubka založení

Poznámka: Parametry φ , c , γ_2 jsou při výpočtu užité únosnosti (R) určeny váženým průměrem do hloubky z_{SP} , kde $z_{SP} = b/2$ pokud je $b < 10 \text{ m}$, jinak $z_{SP} = 4 + 0,1b \text{ [m]}$

2) Únosnost základové půdy (N)

$$N = \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot (N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot b_{ef} \cdot \gamma_2 + N_q \cdot s_q \cdot d \cdot \gamma_1 + N_c \cdot s_c \cdot c)$$

$$s_\gamma = 1 - 0,25 \cdot \frac{b_{ef}}{l_{ef}}$$

$$s_q = 1 + 1,5 \cdot \frac{b_{ef}}{l_{ef}}$$

$$s_c = 1 + 0,3 \cdot \frac{b_{ef}}{l_{ef}}$$

kde:	γ_c	- součinitel prostředí
	γ_n	- součinitel důležitosti konstrukce ($\gamma_n = 1,2$; $\gamma_n = 1,15$; $\gamma_n = 1,1$ pro konstrukce třídy I, II, III)
	N_γ, N_q, N_c	- součinitele únosnosti
	s_γ, s_q, s_c	- součinitele tvaru základu
	b_{ef}	- efektivní šířka základu
	γ_1, γ_2	- objemová tíha nad/pod základovou spárou
	c	- soudržnost zeminy
	d	- hloubka založení

Poznámka: Parametry φ , c , γ_2 jsou při výpočtu únosnosti základové půdy (N) určeny podél *prandtlovy smykové plochy*.

Literatura: SP22.13330.2016.

Součinitele prostředí

Součinitele prostředí γ_{c1} , γ_{c2} jsou určeny na základě následující tabulky dle typu zeminy a poměru délky a výšky základu L/H :

Zeminy	Součinitel γ_{c1}	Součinitel γ_{c2} pro tuhé základy s poměrem L/H :	
		4 a více	1,5 a méně
Hrubozrnné	1,4	1,2	1,4
Jemnozrnné písky	1,3	1,1	1,3
Jílovité písky	1,25	1,0	1,2
Jílovité písky - saturevané	1,1	1,0	1,2
Jíly s indexem konzistence $I_L \leq 0,25$	1,25	1,0	1,1
Jíly ($0,25 < I_L \leq 0,5$)	1,2	1,0	1,0
Jíly ($I_L > 0,5$)	1,1	1,0	1,0

Poznámky:

1. Pro základy s nízkou tuhostí by měl být součinitel γ_{c2} roven jedné.
2. Pro mezilehlé hodnoty L/H je součinitel γ_{c2} interpolován.
3. Pro sytké písky by měly být součinitele γ_{c1} a γ_{c2} rovné jedné.

Součinitel prostředí γ_c je určen na základě následující tabulky dle typu zeminy/horniny:

Typ zemin:	
Písky	1,0
Jílovité písky	0,9
Jíly	0,85

Typ hornin:	
Zdravé horniny	1,0
Navětralé horniny	0,9
Zcela zvětralé horniny	0,8

Literatura:

SP22.13330.2016.

Součinitele únosnosti M

Součinitele únosnosti M jsou určeny na základě následující tabulky dle úhlu vnitřního tření φ :

φ [°]	Součinitele únosnosti M		
	M_γ	M_q	M_c
0	0,00	1,00	3,14
1	0,01	1,06	3,23
2	0,03	1,12	3,32
3	0,04	1,18	3,41
4	0,06	1,25	3,51
5	0,08	1,32	3,61
6	0,10	1,39	3,71
7	0,12	1,47	3,82
8	0,14	1,55	3,93
9	0,16	1,64	4,05
10	0,18	1,73	4,17
11	0,21	1,83	4,29
12	0,23	1,94	4,42
13	0,26	2,05	4,55
14	0,29	2,17	4,69
15	0,32	2,30	4,84
16	0,36	2,43	4,99
17	0,39	2,57	5,15
18	0,43	2,73	5,31
19	0,47	2,89	4,48
20	0,51	3,06	5,66
21	0,56	3,24	5,84
22	0,61	3,44	6,04
23	0,66	3,65	6,24
24	0,72	3,87	6,45
25	0,78	4,11	6,67
26	0,84	4,37	6,90
27	0,91	4,64	7,14
28	0,98	4,93	7,40
29	1,06	5,25	7,67
30	1,15	5,59	7,95
31	1,24	5,95	8,24
32	1,34	6,34	8,55
33	1,44	6,76	8,88
34	1,55	7,22	9,22
35	1,68	7,71	9,58
36	1,81	8,24	9,97
37	1,95	8,81	10,37
38	2,11	9,44	10,80
39	2,28	10,11	11,25
40	2,46	10,85	11,73
41	2,66	11,64	12,24
42	2,88	12,51	12,79
43	3,12	13,46	13,37

44	3,38	14,50	13,98
45	3,66	15,64	14,64

Literatura:

SP22.13330.2016.

Součinitele únosnosti N

Součinitele únosnosti N jsou určeny na základě následující tabulky dle úhlu vnitřního tření φ a úhlu odklonu výslednice sil od svislé δ :

φ [°]		δ [°]									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	N_γ	0,00									
	N_q	1,00									
	N_c	5,14									
5	N_γ	0,20	0,05								
	N_q	1,57	1,26	$\delta' = 4,9$							
	N_c	6,49	2,93								
10	N_γ	0,60	0,42	0,12							
	N_q	2,47	2,16	1,66	$\delta' = 9,8$						
	N_c	8,34	6,57	3,38							
15	N_γ	1,35	1,02	0,61	0,21						
	N_q	3,94	3,45	2,84	2,06	$\delta' = 14,5$					
	N_c	10,98	9,13	6,88	3,94						
20	N_γ	2,88	2,18	1,47	0,82	0,6					
	N_q	6,40	5,56	4,64	3,64	2,69	$\delta' = 18,9$				
	N_c	14,84	12,53	10,02	7,26	4,65					
25	N_γ	5,87	4,50	3,18	2,00	1,05	0,58				
	N_q	10,66	9,17	7,65	6,13	4,58	3,60	$\delta' = 22,9$			
	N_c	20,72	17,53	14,26	10,99	7,68	5,58				
30	N_γ	12,39	9,43	6,72	4,44	2,63	1,29	0,95			
	N_q	18,40	15,63	12,94	10,37	7,96	5,67	4,95	$\delta' = 26,5$		
	N_c	30,14	25,34	20,68	16,23	12,05	8,09	6,85			
35	N_γ	27,50	20,58	14,63	9,79	6,08	3,38	1,60			
	N_q	33,30	27,86	22,77	18,12	13,94	10,24	7,04	$\delta' = 29,8$		
	N_c	46,12	38,36	31,09	24,45	18,48	13,19	8,63			
40	N_γ	66,01	48,30	33,84	22,56	14,18	8,26	4,30	2,79		
	N_q	64,19	52,71	42,37	33,26	25,39	18,70	13,11	10,46	$\delta' = 32,7$	
	N_c	75,31	61,63	49,31	38,45	29,07	21,10	14,43	11,27		
45	N_γ	177,61	126,09	86,20	56,50	32,26	20,73	11,26	5,45	5,22	
	N_q	134,87									$\delta' = 35,2$
	N_c	133,87									

Literatura:

SP22.13330.2016

Únosnost základu na neodvodněném podloží

Při neodvodněných podmínkách je možné pro výpočet svislé únosnosti zvolit jeden z těchto postupů:

- **standardní postup**
- dle ČSN 731001 "Základová půda pod plošnými základy" schválené 8.6. 1987
- dle Indické normy IS:6403-1981 "Code of Practice for Determination of Bearing Capacity of Shallow Foundations" z roku 1981
- dle EC 7-1 (EN 1997-1:2003) "Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla"
- dle národní přílohy dánské normy DS/EN 1997-1 DK NA:2013

- dle španělské normy CTE DB SE-C
- dle novozélandské normy B1/VM4

Při zohlednění šikmé základové spáry (s výjimkou španělské normy CTE DB SE-C) se používá navíc součinitelů podle Brinch - Hansena (viz **standardní postup**).

Při neodvodněných podmínkách proběhne v době výstavby pod plošným základem nejdříve okamžité sedání bez objemových změn, ale za smykových přetváření, a teprve po dokončení výstavby nastává primární a sekundární konsolidace a přetvoření zeminy. Při neodvodněných podmínkách se při stanovení pevnosti projeví vliv neutrálního napětí snížením její pevnosti. Pevnost zeminy vyjadřujeme v tomto případě pomocí totálních hodnot úhlu vnitřního tření φ_u a totální soudržnosti c_u (tyto parametry je možné považovat za minimální pevnosti). V závislosti na stupni konsolidace se pohybuje hodnota totálního úhlu vnitřního tření φ_u od θ do φ_{ef} , totální soudržnost c_u má vyšší hodnotu než c_{ef} .

Vzhledem k tomu, že o neodvodněných podmínkách rozhoduje více vlivů (rychlost přitěžování, propustnost zeminy, stupeň nasycení a stupeň předkonsolidace zeminy), musí o použití totálních parametrů rozhodnout projektant podle konkrétní úlohy a zvážení všech okolností. Obecně lze však konstatovat, že pro zeminy jemnozrnné se zpravidla používají totální charakteristiky.

Standardní výpočet

Jako standardní řešení je použit následující vztah:

$$R_d = (\pi + 2) \cdot c_u \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c + q$$

s bezrozměrnými součiniteli:

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{b}{l}$$

$$d_c = 1 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{d}{b}}$$

$$i_c = (1 - \operatorname{tg} \delta)^2$$

$$b_c = 1 - \frac{2 \cdot \alpha}{\pi + 2}$$

kde:	c_u	-	totální soudržnost zeminy
	b	-	šířka základu
	l	-	délka základu
	d	-	hloubka založení
	δ	-	úhel odklonu výslednice sil od svislé
	α	-	sklon základové spáry od vodorovné
	q	-	napětí v základové spáře vlivem hloubky založení

CTE DB SE-C

Toto řešení vychází ze španělské normy CTE DB SE-C, která určuje únosnost základové půdy vztahem:

$$R_k = c_u N_c d_c s_c i_c t_c + q_0$$

přičemž:

$$N_c = 2 + \pi$$

$$d_c = 1 + 0,34 \arctan(d/b_{ef})$$

$$s_c = 1 + 0,2(b_{ef}/l_{ef})$$

$$i_c = 0,5 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{b_{ef} l_{ef} c_u}} \right)$$

$$t_c = 1$$

$$q_0 = \gamma_1 d$$

pro $d < 2,0 \text{ m}$:

$$d_c = 1$$

pro $H \leq 0,1V$:

$$i_c = 1$$

kde:

- c_u - totální soudržnost zeminy
- b_{ef} - efektivní šířka základu
- l_{ef} - efektivní délka základu
- d - hloubka základové spáry
- H - celková vodorovná složka zatížení
- V - svislá složka zatížení
- γ_1 - objemová tíha zeminy nad základovou spárou
- q_0 - ekvivalentní rovnoměrné zatížení zohledňující vliv hloubky založení základu

Literatura:

CTE DB SE-C

B1/VM4

Toto řešení vychází z **NZ normy B1/VM4**, která určuje únosnost základové půdy vztahem:

$$R_d = N_e \cdot s_e \cdot d_e \cdot i_e \cdot c_u + q$$

součinitele únosnosti:

$$N_e = 2 + \pi$$

$$N_d = 1$$

součinitele tvaru základu:

$$s_e = 1 + \frac{b}{l} \cdot \frac{N_d}{N_e}$$

součinitele vlivu hloubky založení:

pro $d/b \leq 1$:

$$d_e = 1 + 0,4 \cdot \frac{d}{b}$$

pro $d/b > 1$:

$$d_e = 1 + 0,4 \cdot \tan^{-1} \frac{d}{b}$$

součinitele šikmosti zatížení:

pro $\varphi = 0$:

$$i_e = 0,5 + 1 \cdot \sqrt{1 - \frac{H}{A' \cdot c}}$$

kde:

- d - hloubka základové spáry
- b - šířka základu
- l - délka základu
- c_u - totální soudržnost zeminy
- H - vodorovná složka výslednice zatížení
- V - svislá složka výslednice zatížení

Literatura:

Acceptable Solutions and Verification Methods For New Zealand Building Code Clause B1 Structure, 1 December 2008

Únosnost základu na skalním podloží

Pro skalní masiv tvořený horninami skalními a poloskalními je možné pro výpočet výpočtové únosnosti R_d základu s vodorovnou základovou spárou použít následující metody:

- **standardní postup**

- postup podle ČSN 73 1001
- postup podle EC 7-1

Standardní výpočet

Únosnost základové půdy tvořené skalními a poloskalními horninami je dána vztahem podle Xiao-Li Yanga a Jian-Hua Yina¹:

$$R_d = s^{0,5} \sigma_c \cdot N_s + q_0 \cdot N_q + \frac{b}{2} \cdot \gamma_2 \cdot N_\gamma$$

přičemž:

$$s = e^{\frac{GSI - 100}{9 - 3 \cdot D}}$$

$$N_q = \frac{1}{2} \cdot sec^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \cdot e^{\left[\left(\frac{2}{3} \cdot \pi - \varphi \right) \cdot tg \varphi \right]}$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \cdot \frac{e^{\left[\left(\frac{\pi}{2} - \varphi \right) \cdot tg \varphi \right]}}{2 \cdot \cos \varphi}$$

kde:	s	-	nelineární parametr závisející na vlastnostech horniny (dle Hoeka a Browna)
	GSI	-	Geological Strength Index
	D	-	koeficient D zohledňující porušení horninového masivu
	N_q, N_γ	-	součinitele únosnosti závislé na úhlu vnitřního tření zeminy
	N_s	-	součinitel pevnosti horniny závislý na GSI a pevnostním parametru m_i
	φ	-	úhel vnitřního tření horniny
	σ_c	-	pevnost horniny v prostém tlaku $> 0,5 \text{ MPa}$
	q_0	-	ekvivalentní rovnoměrné zatížení zohledňující vliv hloubky založení základu
	γ_2	-	objemová tíha zeminy nad základovou sparou
	b	-	šířka základu

¹ Xiao-Li Yang, Jian-Hua Yin: Upper bound solution for ultimate bearing capacity with a modified Hoek-Brown failure criterion, International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 42 (2005), str. 550-560.

Výpočet podle ČSN 73 1001

Výpočet únosnosti základové půdy tvořené skalními a poloskalními horninami se počítá podle článků 97-99 normy ČSN 73 1001 "Základová půda pod plošnými základy" schválené 8.6.1987.

Vstupními parametry horniny pro výpočet jsou **objemová tíha γ** , **pevnost v prostém tlaku σ_c** , **Poissonovo číslo ν** a modul přetvárnosti E_{def} .

Literatura:

Československá státní norma ČSN 73 1001 Zakládání staveb, Základová půda pod plošnými základy, 8.6.1987, Český normalizační institut 31060, Praha

Výpočet podle EC 7-1 (EN 1997-1:2003)

Únosnost R_d základu s vodorovnou základovou sparou je určena podle vzorové metody pro odvození předpokládané únosnosti plošných základů na hornině uvedené v příloze G (informativní) EC 7-1 (EN 1997-1:2003) "Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla". Pro málo pevné a porušené horniny se sevřenými diskontinuitami včetně křídý s menší pórovitostí než 35 % je odvození předpokládané únosnosti založeno na zatřídění do skupin hornin uvedených dále v tabulce. Pro výpočet je nutné zadat také vzdálenost diskontinuit S_d , **objemovou tíhu horniny γ** , **Poissonovo číslo ν** a **pevnost horniny v prostém tlaku σ_c** . Předpokládá se, že konstrukce může přenést sedání rovné 0,5 % šířky základu. Hodnoty předpokládané únosnosti pro jiná sedání se mohou odvodit z přímé úměry. Pro slabé a porušené horniny s otevřenými nebo vyplněnými diskontinuitami se mají použít snížené hodnoty předpokládané únosnosti.

Skupiny hornin

Skupina	Typ horniny
1	Čisté vápence a dolomity Vápnité pískovce s nízkou pórovitostí
2	Vyvřeliny Oolitické a slínité vápence Dobře zpevněné pískovce Tvrdé vápnité jílovce Metamorfované horniny včetně břidlic a krystalických břidlic (plochá kliváž/foliace)
3	Značně slínité vápence Slabě zpevněné pískovce Břidlice a krystalické břidlice (strmá kliváž/foliace)
4	Slabě zpevněné jílovce a břidlice

Literatura:

Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules.

Parametry pro výpočet únosnosti základu

Parametry pro výpočet svislé únosnosti základu na skalním podloží

Níže jsou popsány tyto parametry používané programem GEO5 pro výpočet svislé únosnosti základu:

- Hodnoty koeficientu D zohledňujícího porušení horninového masivu
- Hodnoty pevnostního parametru m_i
- Pevnost hornin v prostém tlaku σ_c
- Poissonovo číslo hornin ν
- Objemová tíha horniny γ

Hodnoty koeficientu D zohledňujícího porušení horninového masivu

Popis horniny	Hodnota koeficientu D
Horninový masiv, zdravá, pevná hornina, ražba možná pomocí trhaviny či otevřeného TBM	0
Horninový masiv, méně pevná hornina, ražba možná pomocí mechanizace	0
Horninový masiv, méně pevná hornina, ražba pomocí mechanizace, vzhledem k uzavírání díla je nutné provádět výstroj dna či razit horizontálním členěním čelby	0,5
Horninový masiv, hornina špatné kvality, často zvětřalá, lokální nadvýlomy až 3 m	0,8
Skalní svah či výchoz, možno provést úpravy řízeným odstřelem	0,7
Skalní svah či výchoz, úprava trhavinou není možná bez větších porušení horniny	1,0
Povrchové doly, těžba pomocí trhaviny	1,0
Povrchové doly, těžba pomocí mechanizace	0,7

Hodnoty pevnostního parametru m_i

Druh horniny	Representativní horniny	m_i [-]
Vápencové horniny s dobře vyvinutou krystalovou štěpností	Dolomit, vápenec, mramor	≈ 7
Zpevněné jílovité horniny	Jílovec, siltovec, prachovitá břidlice, hlinitá břidlice	≈ 10
Písčité horniny s pevnými krystaly a špatně vyvinutou krystalovou štěpností	Pískovec, křemenec	≈ 15
Jemnozrnné vyvřelé krystalické horniny	Andesit, dolerit, diabas, ryolit	≈ 17
Hrubozrnné vyvřelé a přeměněné horniny	Amfibolit, gabro, rula, žula, křemitý diorit	≈ 25

Pevnost hornin v prostém tlaku σ_c , Poissonovo číslo ν a objemová tíha horniny γ

Pevnost hornin	Typy hornin (příklady)	Pevnost σ_c [MPa]	Poissonovo číslo ν	Objemová tíha horniny γ [kN/m ³]
Nejtvrdší horniny	nejtvrdší, celistvé, pevné a hutné křemence a čediče, jiné mimořádně tvrdé horniny	>150	0,10	28,00 - 30,00
Velmi tvrdé horniny	velmi tvrdé žulové horniny, křemitý porfyr, velmi tvrdá žula, křemitá břidlice, méně tvrdé křemence, nejtvrdší pískovce a vápence	100 - 150	0,15	26,00 - 27,00
Tvrdé horniny	žula hutná a celistvá, velmi tvrdé pískovce a vápence, křemité rudné žíly, tvrdý slepenec, velmi tvrdé železné rudy, tvrdé vápence, méně tvrdé žuly, pevné pískovce, mramory, dolomity, kyzy	80 - 100	0,20	25,00 - 26,00
Dosti tvrdé horniny	obvyčejný pískovec, železné rudy středně tvrdé, písčité břidlice, břidličné pískovce	50 - 80	0,25	24,00
Středně tvrdé horniny	tvrdé hlinité břidlice, méně tvrdý pískovec a vápenec, měkký slepenec, různorodé nepříliš tvrdé břidlice, hutný slín	20 - 50	0,25 - 0,30	23 - 24,00
Dosti měkké horniny	měkké břidlice, měkký vápenec, křída, kamenná sůl, zmrzlá země, antracit, obvyčejný slín, rozrušený pískovec, měkké slepence a hlína promísená skaliny	5 - 20	0,30 - 0,35	22,00 - 26,00
Měkké horniny	hutný jíl, pevné hlíny (eluvia charakteru zemin), střední černé uhlí	0,5 - 5	0,35 - 0,40	20,00 - 22,00 18,00 - 20,00

Vodorovná únosnost základu

Vodorovná únosnost základu se posuzuje podle mezních stavů nerovností:

$$H \leq \frac{R_{dh}}{\gamma_{RH}}$$

nebo podle stupně bezpečnosti:

$$\frac{R_{dh}}{H} \leq SF$$

přičemž:

$$R_{dh} = Q \cdot \tan \psi_d + a_d \cdot A_{ef} + S_{pd}$$

$$H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2}$$

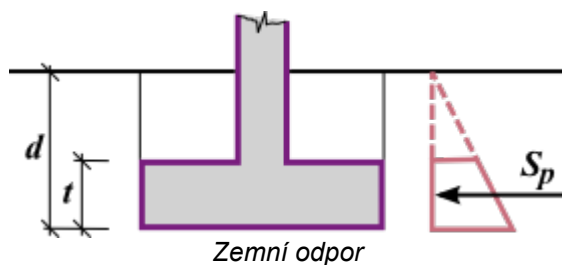
- kde:
- ψ_d - úhel tření mezi základem a zeminou
 - a_d - soudržnost mezi základem a zeminou
 - A_{ef} - **efektivní plocha** základu
 - S_{pd} - zemní odpor
 - H_x, H_y - složky vodorovné síly
 - Q - extrémní výpočtová svislá síla
 - γ_{RH} - součinitel vodorovné únosnosti základu (zadáva se v záložce "Patky")
 - SF - stupeň bezpečnosti

Při **metodice výpočtu podle EN 1997** je u odvozených podmínek vypuštěn člen se soudržností ($a_d \cdot A_{ef}$), u neodvozených podmínek je vypuštěn člen s třením mezi základem a zeminou ($Q \cdot \tan \psi_d$).

Výpočet závisí na výpočtovém úhlu vnitřního tření zeminy pod základovou spárou φ_d , výpočtové hodnotě soudržnosti zeminy pod základovou spárou c_d a výpočtové hodnotě zemního odporu S_{pd} . Je-li úhel vnitřního tření mezi zeminou a základem, resp. soudržnost mezi zeminou a základem menší než hodnoty zeminy pod základovou spárou, je nutné zadat

tyto hodnoty.

Zemní odpor se uvažuje podle obrázku:



Zemní odpor S_{pd} se získá pomocí redukce pasivního zemního tlaku (odporu), nebo tlaku v klidu, součiniteli podmínek působení:

$$S_{pd} = \frac{S_p}{\gamma_{mR}}$$

kde:

- S_p - pasivní zemní tlak, tlak v klidu resp. snížený pasivní tlak
- γ_{mR} - součinitel redukce zemního odporu (zadáva se v záložce "Patky") - pro výpočet podle ČSN je zavedena hodnota $\gamma_{mR} = 1,5$ pro pasivní tlak, $1,3$ pro tlak v klidu)

Součinitele zemního tlaku jsou počítány podle vztahů:

pro pasivní tlak

$$K_p = \tan(45 + 0,5 \cdot \varphi_d)$$

tlak v klidu odvodněných zemin

$$K_0 = 1 - \sin \varphi_d$$

tlak v klidu ostatních zemin

$$K_0 = \frac{\nu}{1 - \nu}$$

Při výpočtu **sníženého pasivního tlaku** se počítá výslednice sil od pasivního tlaku a tlaku v klidu.

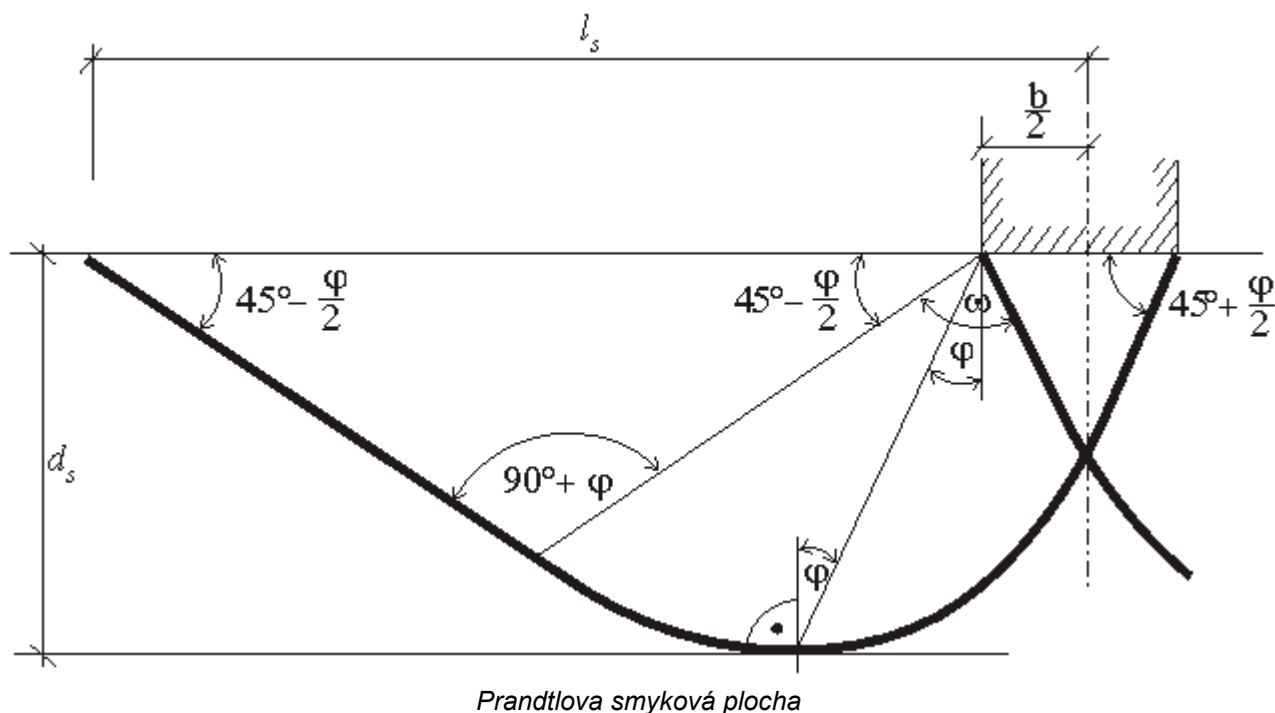
Pasivní odpor lze uvažovat pouze v případě, že deformace nutné k jeho aktivaci nevyvolají nepřípustná napětí či deformace ve vrchní stavbě.

Literatura:

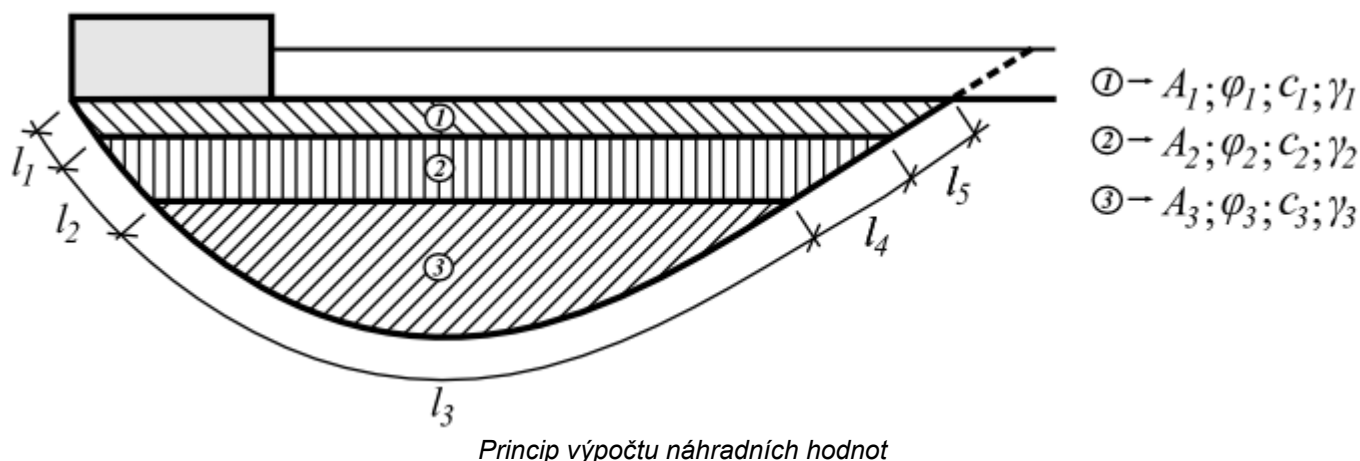
Československá státní norma ČSN 73 1001 Zakládání staveb, Základová půda pod plošnými základy, 8.6.1987, Český normalizační institut 31060, Praha

Převod na homogenní zeminu

Je-li pod základovou spárou nehomogenní zemina (popřípadě je přítomna podzemní voda), pak se zadaný profil převádí na homogenní zeminu podle Prandtlovy smykové plochy (viz obr.), podle které se předpokládá usmýknutí základu.



Výpočet náhradních hodnot φ (úhel vnitřního tření), c (soudržnost zeminy), γ (objemová tíha zeminy pod základem) je zřejmý z následujícího a dále uvedených vztahů. Objemová tíha zeminy nad základem se počítá stejným postupem.



$$\varphi = \frac{\varphi_1 (l_1 + l_5) + \varphi_2 (l_2 + l_4) + \varphi_3 l_3}{\sum_{i=1}^5 l_i}$$

$$c = \frac{c_1 (l_1 + l_5) + c_2 (l_2 + l_4) + c_3 l_3}{\sum_{i=1}^5 l_i}$$

$$\gamma = \frac{\gamma_1 A_1 + \gamma_2 A_2 + \gamma_3 A_3}{\sum_{i=1}^3 l_i}$$

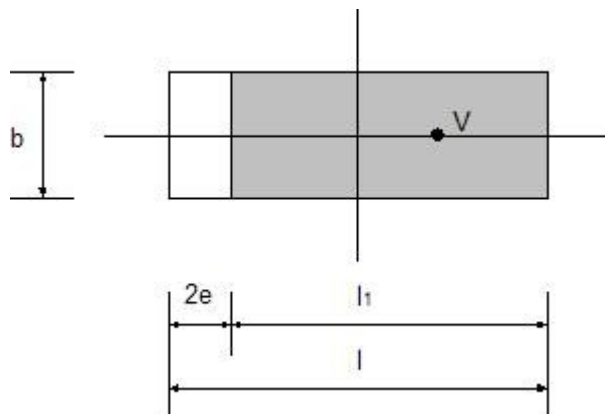
Efektivní plocha

Při výpočtu mimostředně zatížených základů je v programu GEO5 řešen rozměr efektivní plochy základu dvěma způsoby:

- tvar efektivní plochy je obdélníkový
- tvar efektivní plochy je obecný

Tvar obdélníkový

V těchto případech se používá zjednodušené řešení. Při osové mimostřednosti (moment působí jen v jedné rovině) se předpokládá rovnoměrné rozdělení kontaktního napětí σ , které bude působit jen pod částí základu l_I , která je kratší o dvojnásobek výstřednosti e než celá délka l .



Stanovení efektivní plochy při osové mimostřednosti

Pro výpočet kontaktního napětí se bude uvažovat jen efektivní plocha $b \cdot l_1$, tedy:

$$\sigma = \frac{V}{b(l - 2e)}$$

Při obecně mimostředném zatížení (základ je namáhán svislou silou V a ohybovými momenty M_1 a M_2) je namáhání nahrazeno mimostředně působící silou s excentricitami:

$$e_1 = \frac{M_1}{V}$$

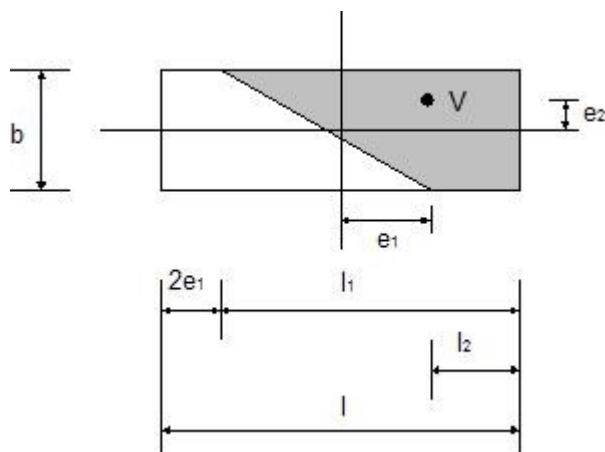
$$e_2 = \frac{M_2}{V}$$

Velikost efektivní plochy je určena z podmínky, že síla V musí působit centricky:

$$A_{ef} = b_{ef}l_{ef} = (b - 2e_2)(l - 2e_1)$$

Obecný tvar kontaktního napětí

Při mimostředném zatížení se hledá efektivní plocha za statického předpokladu, že výslednice zatížení V má působit v těžišti tlačené plochy. Teoreticky správné řešení je znázorněno na obr.



Stanovení napětí při obecné mimostřednosti - obecný tvar

Vzhledem ke značné složitosti určení přesné polohy neutrální osy (ta je určující pro stanovení efektivní plochy) je v programu GEO5 zabudováno řešení podle Hightera a Anderse¹⁾, kde jsou efektivní plochy určovány na základě grafů.

¹⁾ Highter, W.H. - Anders, J.C.: Dimensioning Footings Subjected to Eccentric Loads Journal of Geotechnical Engineering. ASCE, Vol. 111, No GT5, pp 659 - 665

Stanovení vnitřních sil v průřezu

Podélná výztuž základu se posuzuje na namáhání momentem a posouvající silou. Napětí v základové spáře lze uvažovat buď **konstantní** (ČSN) nebo **lineární** (EC). Napětí v jednotlivých směrech (x , y) se určují samostatně.

Při **lineárním průběhu napětí** v základové spáře se vypočte průběh napětí podle vztahů:

$$\sigma_1 = \frac{N}{d^2} \left(4d - 6 \left(\frac{d}{2} - e \right) \right)$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{d^2} \left(-2d + 6 \left(\frac{d}{2} - e \right) \right)$$

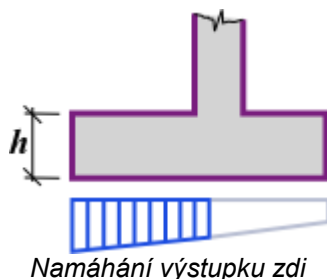
nebo při vyloučení tahu:

$$\sigma = \frac{2N}{3 \left(\frac{d}{2} - e \right)}$$

kde

- e - excentricita normálové síly N
- d - šířka základu
- N - normálová síla působící v základové spáře

Namáhání průřezu ohybovým momentem a posouvající silou se vypočte jako reakce konzoly podle obrázku:



Při **konstantním průběhu napětí** se vnitřní síly v průřezu určují podle vzorců:

$$M = \frac{1}{2} d_v^2 \sigma$$

$$Q = d_v \sigma$$

$$\sigma = \frac{N}{d - 2e}$$

kde:

- σ - maximální napětí v základové spáře
- d_v - délka výstupku
- e - excentricita normálové síly N
- d - šířka základu zdi
- N - normálová síla působící v základové spáře

Posouzení excentricity základu

Posouzení excentricity základu se provádí pro výpočet 1. MS (**únosnost základu**) a 2. MS (**sedání základu**).

Při výpočtu program provede posouzení pro následující případy:

- maximální excentricita ve směru délky patky: $e_x \leq e_{alw}$
- maximální excentricita ve směru šířky patky: $e_y \leq e_{alw}$
- maximální prostorová excentricita: $e_t \leq e_{alw}$

Hodnota maximální dovolené excentricity základu e_{alw} se zadává v rámu "**Nastavení**" v záložce "**Patky**".

Velikost prostorové excentricity e_t se určí podle vztahu:

$$e_t = \sqrt{e_x^2 + e_y^2}$$

kde:

- e_x - maximální excentricita ve směru délky patky
- e_y - maximální excentricita ve směru šířky patky

Pro určení efektivní plochy mimostředně zatíženého základu je postup výpočtu excentricit popsán [zde](#).

Pro plošný základ na skalním podloží, resp. pro založení na betonové desce je v některých případech nutné použít jiné hodnoty mezních excentricit.

Posouzení tažené patky

Výpočet tažené patky se provádí v případech, kdy je zadáno zatížení svislou silou N se zápornou hodnotou (síla působí nahoru). Posouzení tažené patky je provedeno podle příslušné **metodiky posouzení**. Při výpočtu program porovnává maximální tahovou sílu $N_{t,max}$ s odporem proti zvednutí R_t . Program uvažuje čtyři metody výpočtu únosnosti tažené patky (odporu proti zvednutí R_t):

- standardní postup
- kuželová metoda
- DL/T 5219-2005
- EN 50341

Standardní postup

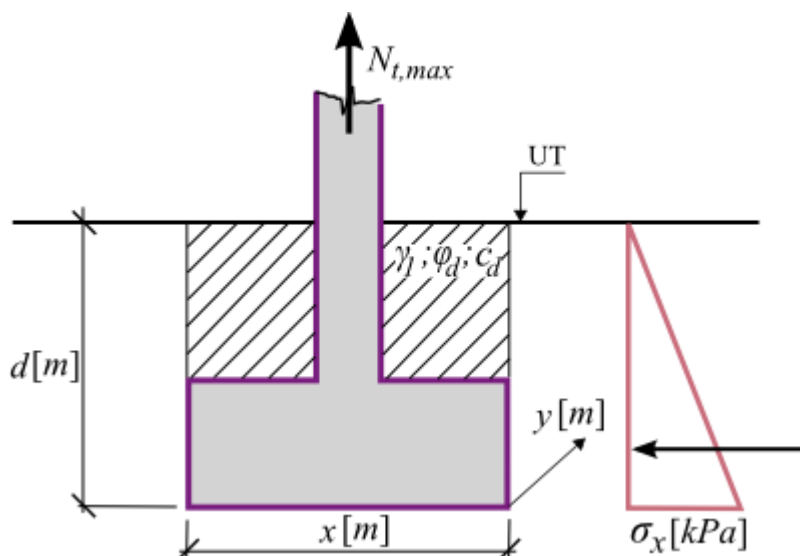
Odpor proti zvednutí R_t představuje vlastní tíhu nadloží zeminy a plošného základu, dále se uvažuje tření podél stěn základu + fiktivního bloku zeminy nad základem. Vlastnosti zemin se určí podle zvoleného **typu nadloží** v rámu "Založení". Pro volby "zadat tvar a zeminu zásypu" a "podle geologického profilu" se úhel vnitřního tření zeminy φ a soudržnost zeminy c určí z přiřazených zemin. Pro typ "zadat objemovou tíhu" se φ a c zásypu zadají v rámu "1. MS" v dialogovém okně "Posouzení tažené patky".

Dialogové okno "Posouzení tažené patky" - standardní postup

Únosnost tažené patky (odpor proti zvednutí) se určí podle vztahu:

$$R_t = (\sigma_x \tan \varphi_d + c_d) dp + G_p$$

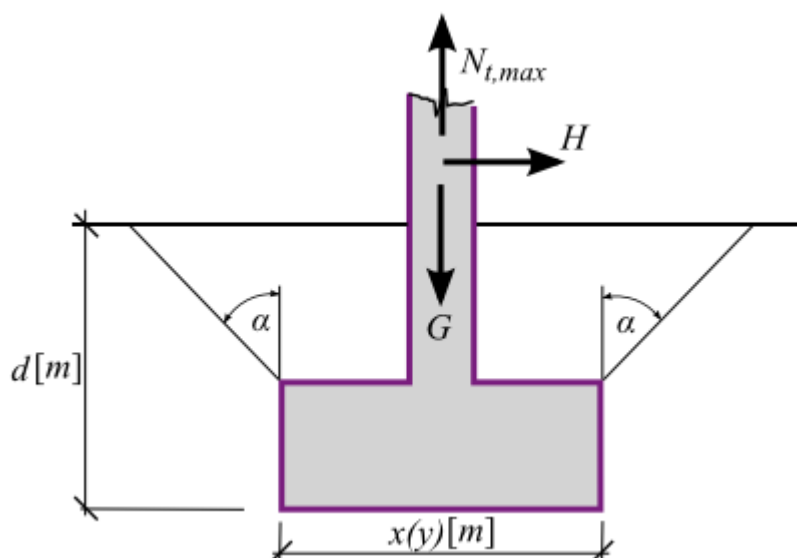
- kde:
- | | |
|-------------|--|
| σ_x | - zemní tlak v klidu od nadloží zeminy |
| φ_d | - návrhový úhel vnitřního tření nadloží zeminy |
| c_d | - návrhová soudržnost nadloží zeminy |
| d | - hloubka základové spáry |
| p | - obvod patky |
| G_p | - vlastní tíha základu |



Posouzení tažené patky - standardní postup

Kuželová metoda

Odpor proti zvednutí R_t představuje vlastní tíhu patky a dále vlastní tíhu nadloží zeminy ve tvaru kuželu, který je patrný z následujícího obrázku.



Princip kuželové metody - schematické zobrazení

V rámu "1. MS" se v dialogovém okně "**Posouzení tažené patky**" zadává úhel roznosu α . Při výpočtu odporu proti zvednutí R_t lze dále uvažovat vliv sousedního základu v jednom nebo obou směrech, který snižuje objem kužele zeminy.

Posouzení tažené patky ✕

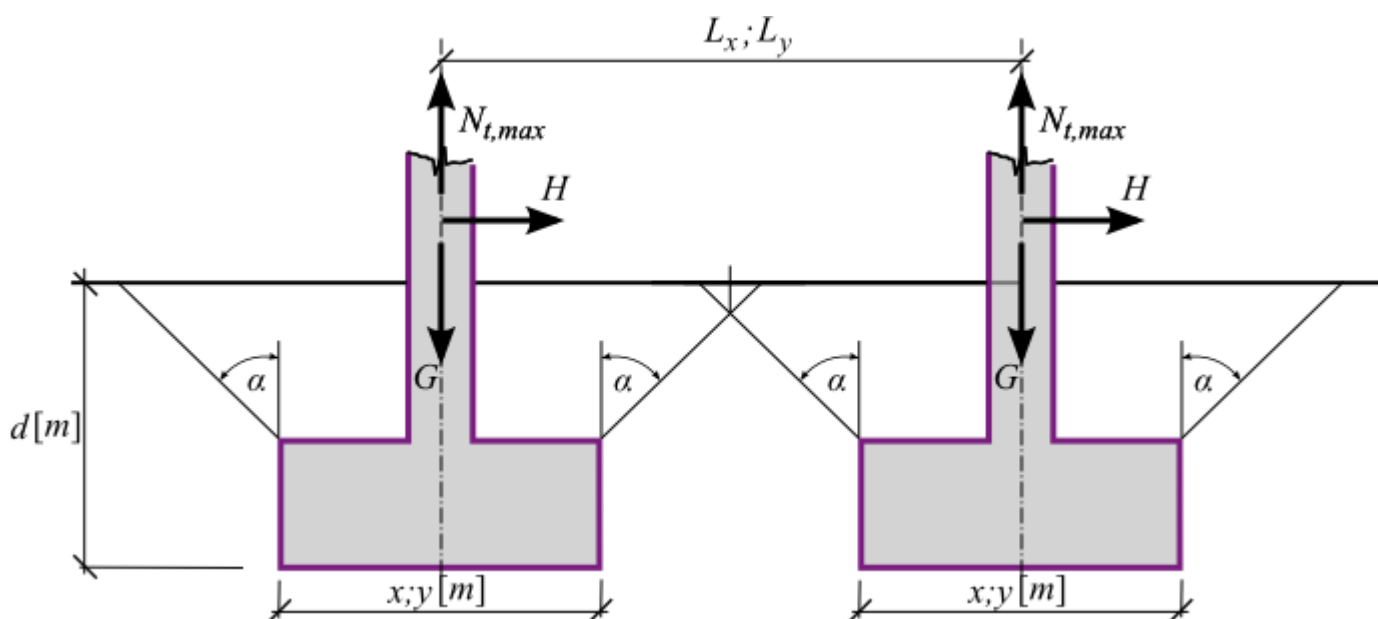
Úhel roznosu : $\alpha =$ [°]

— Uvažovat vliv sousedního základu —

☒ Vzdálenost mezi základy ve směru X $L_x =$ [m]

☒ Vzdálenost mezi základy ve směru Y $L_y =$ [m]

Dialogové okno "Posouzení tažené patky" - kuželová metoda



Vliv sousedního základu - schematické zobrazení

DL/T 5219 - 2005

Tento způsob posouzení vychází z čínské normy **DL/T 5219 - 2005**. Oproti **kuželové metodě** a **standardnímu postupu** se liší zavedením kritické hloubky h_c , která závisí na typu zeminy a tvaru základu. V dialogovém okně "**Posouzení tažené patky**" lze hodnotu kritické hloubky h_c buď přímo zadat anebo ji program automaticky dopočte v závislosti na zadaném typu zeminy a tvaru základu podle tabulky **6.3.1-1 - Kritická hloubka h_c** .

Tabulka 6.3.1-1 s hodnotami kritické hloubky podle čínské normy DL/T 5219-2005

Typ zeminy	Stav zeminy (Ulehlost, konzistence)	Kritická hloubka h_c pro tažený základ	
		Kruhový základ	Čtvercový základ
Písek, hlína	Ulehlá až středně ulehlá	$2,5D$	$3,0B$
Jíl	Tuhá až tvrdá	$2,0D$	$2,5B$
	Plastická	$1,5D$	$2,0B$
	Měkká	$1,2D$	$1,5B$

Poznámka 1: Pokud je pro obdélníkový základ poměr mezi jeho délkou L' a šířkou B menší než 3, pak se kritická hloubka h_c určí jako pro kruhový základ podle vztahu $D = 0,6 \cdot (B + L')$

Poznámka 2: Zemina se uvažuje v přirozeném stavu.

V rámu "**1. MS**" se v dialogovém okně "**Posouzení tažené patky**" jako další vstupní parametr výpočtu zadává úhel roznosu α . Vliv sousedního základu je popsán v **kuželové metodě**. Odklon sloupu θ nemá na výpočet únosnosti tažené patky (odporu proti zvednutí) žádný vliv.

Posouzení tažené patky

Kritická hloubka : počítat

Typ zeminy : písek, hlína

Úhel roznosu : $\alpha =$ 30,00 [°]

Odklon sloupu : $\theta =$ 10,00 [°]

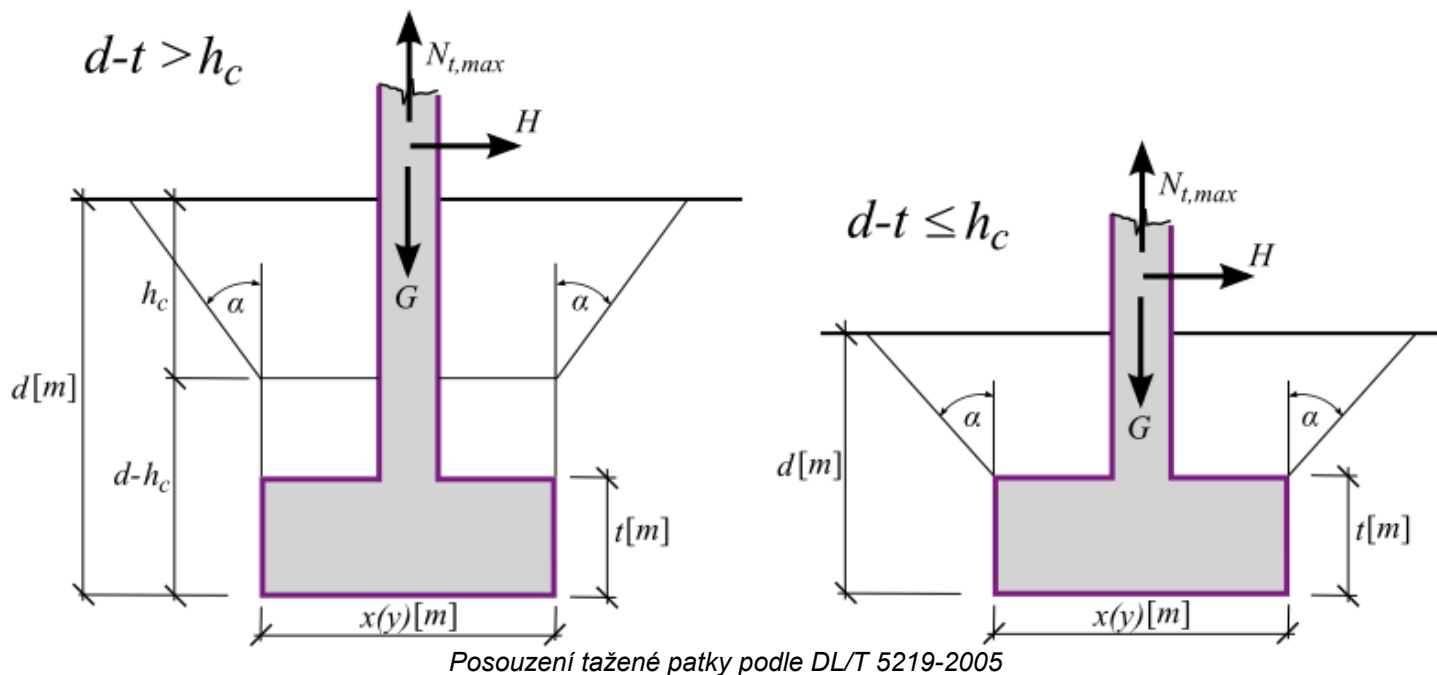
— Uvažovat vliv sousedního základu —

☒ Vzdálenost mezi základy ve směru X $L_x =$ 0,00 [m]

☒ Vzdálenost mezi základy ve směru Y $L_y =$ 0,00 [m]

OK Storno

Dialogové okno "Posouzení tažené patky" - DL/T 5219-2005



EN 50341

Odpor proti zvednutí R_t představuje vlastní tíhu nadloží zeminy a plošného základu, dále se uvažuje tření podél stěn základu a bloku zeminy nad základem. Vlastnosti zeminy se určí podle zvoleného **typu nadloží** v rámu "Založení". Pro volby "zadat tvar a zeminu zasypu" a "podle geologického profilu" se úhel vnitřního tření zeminy φ a soudržnost zeminy c určí z přiřazených zemín. Pro typ "zadat objemovou tíhu" se φ a c zasypu zadají v rámu "1. MS" v dialogovém okně "Posouzení tažené patky".

Posouzení tažené patky ✕

Úhel vnitřního tření : φ = [°]

Soudržnost zeminy : c = [kPa]

Dialogové okno "Posouzení tažené patky" - EN 50341

Únosnost tažené patky (odpor proti zvednutí) se určí podle vztahu:

$$R_t = R_s + R_b + G_f + G_b$$

kde:

R_s	- únosnost podél základu
R_b	- únosnost podél bloku zeminy
G_f	- tíha konstrukce základu
G_b	- tíha zasypu

Únosnost podél základu je spočtena ze vztahu:

$$R_s = pt \left(c + \frac{1}{2} K_r \gamma (2d - t) \tan(\varphi) \right)$$

$$K_r = 1 - \sin(\varphi)$$

kde:

p	- obvod základu
c	- soudržnost zeminy
K_r	- koeficient tlaku v klidu
γ	- tíha zeminy

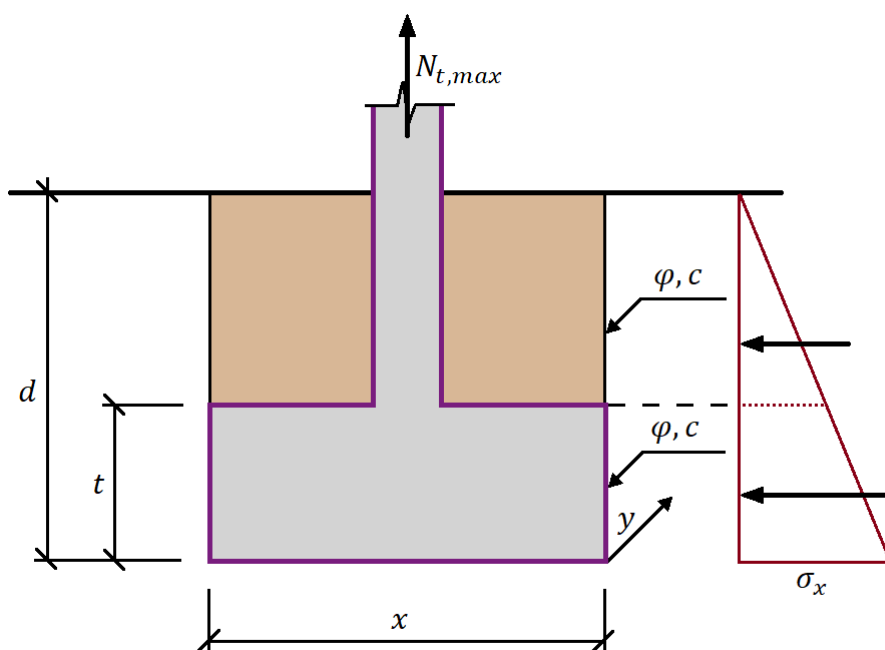
d	-	hloubka založení
t	-	tloušťka základu
φ	-	úhel vnitřního tření

Únosnost podél bloku zeminy je spočtena ze vztahu:

$$R_b = p(d - t) \left(\frac{1}{2} K_a \gamma (d - t) \tan(\varphi) \right)$$

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)$$

kde:	p	-	obvod základu
	d	-	hloubka založení
	t	-	tloušťka základu
	K_a	-	koeficient aktivního tlaku
	γ	-	tíha zeminy
	φ	-	úhel vnitřního tření



Posouzení tažené patky - EN 50431

Výpočet piloty

Výpočty v programu "**Pilota**" lze rozdělit do tří hlavních skupin:

- Výpočet svislé únosnosti piloty
- Výpočet sedání piloty
- Výpočet vodorovné únosnosti piloty

Svislá únosnost piloty

Výpočet svislé únosnosti piloty je možné provést:

- pomocí analytického řešení
- pružinovou metodou

Analytické řešení výpočtu

Teorie vychází z předpokladu, že celková únosnost piloty R_c je dána součtem únosnosti na patě piloty R_b a únosností na plášti piloty R_s (vzniklé třením okolní zeminy o plášť piloty). Do programu jsou zavedeny následující obecně používané metody výpočtu:

- NAVFAC DM 7.2

- Tomlinson
- Metoda efektivních napětí
- ČSN 73 1002
- CTE-DB SE-C

Pro výše uvedené metody výpočtu je možné zvolit jednu z následujících metodik posouzení:

- Výpočet podle stupně bezpečnosti a mezních stavů
- EN 1997-1

Při výpočtu **tlačené piloty** se vlastní tíha piloty může započítat v závislosti na zadání v rámu "**Zatížení**". Při výpočtu **tažené piloty** se vlastní tíha piloty zavádí do výpočtu automaticky vždy. Podle zadaného zatížení program sám provede posouzení na **tlačenou** či **taženou pilotu**.

NAVFAC DM 7.2

Výpočet svislé únosnosti piloty je proveden podle publikace: NAVFAC DM 7.2, Foundation and Earth Structures, U.S. Department of the Navy z roku 1984, kde jsou také veškeré postupy podrobně popsány. Výsledkem výpočtu je **únosnost paty piloty** R_b a **únosnost na plášti piloty** R_s .

Program zohledňuje v nesoudržných zeminách **kritickou hloubku**.

Únosnost paty piloty

Únosnost paty piloty v **nesoudržných zeminách** je dána vztahem:

$$R_b = \sigma_{efb} \cdot N_q \cdot A_b$$

kde:

- σ_{efb} - efektivní napětí v místě paty piloty
- N_q - **součinitel únosnosti**
- A_b - plocha paty piloty

Součinitel únosnosti N_q program dopočítává, jeho hodnoty je však možné zadat i ručně.

Pro **soudržné zeminy** platí následující vztah:

$$R_b = 9 \cdot c_u \cdot A_b$$

kde:

- c_u - totální soudržnost zeminy v patě piloty
- A_b - plocha paty piloty

Únosnost na plášti piloty

Únosnost na plášti piloty v **nesoudržných zeminách** je dána vztahem:

$$R_s = \sum_{j=1}^n K_j \cdot \sigma_{ef,j} \cdot \tan \delta_j \cdot A_{s,j}$$

kde:

- K_j - **součinitel bočního tlaku zeminy** v j -té vrstvě
- $\sigma_{ef,j}$ - efektivní napětí uprostřed j -té vrstvy zeminy
- δ_j - **třecí úhel na plášti piloty** (mezi materiálem piloty a okolní nesoudržnou zeminou v j -té vrstvě),
- $A_{s,j}$ - plocha pláště piloty v j -té vrstvě zeminy

Součinitel bočního tlaku zeminy K program dopočítává, jeho hodnoty je však možné zadat i ručně v dialogovém okně "**Přidání nových zemin**".

V **soudržných zeminách** platí vztah:

$$R_s = \sum_{j=1}^n \alpha_j \cdot c_{u,j} \cdot A_{s,j}$$

kde:

- α_j - **součinitel adheze** v j -té vrstvě
- $c_{u,j}$ - totální soudržnost zeminy j -té vrstvy
- $A_{s,j}$ - plocha pláště piloty v j -té vrstvě zeminy

Součinitel únosnosti N_q

Orientační hodnoty součinitele únosnosti N_q jsou uvedeny v následující tabulce. Pokud se při výstavbě piloty používá trysková injektáž, je maximální hodnota úhlu vnitřního tření $\varphi = 28^\circ$.

Součinitel únosnosti N_q

Úhel vnitřního tření φ	26	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Součinitel únosnosti N_q pro beraněné piloty	10	15	21	24	29	35	42	50	62	77	86	120	145
Součinitel únosnosti N_q pro vrtané piloty	5	8	10	12	14	17	21	25	30	38	43	60	72

Literatura:

NAVFAC DM 7.2, *Foundation and Earth Structures*, U.S. Department of the Navy, 1984.**Součinitel bočního tlaku zeminy K**

Zemina okolo beraněné piloty je vlivem beranění zhuťována a vodorovný tlak této zeminy na stěnu piloty je větší než tlak zeminy v klidu (určen součinitelem K_0) a menší než je hodnota maximálního zemního tlaku (pasivního odporu zeminy) určeného součinitelem K_p :

$$K_0 < K < K_p$$

Orientační hodnoty součinitele bočního tlaku zeminy K jsou uvedeny dále v tabulce. Hodnota součinitele bočního tlaku zeminy K je aproximována pomocí následujícího vztahu:

$$K = \frac{K_a + K_p + K_0}{3}$$

kde: K_0 - součinitel zemního tlaku v klidu
 K_p - součinitel pasivního odporu zeminy

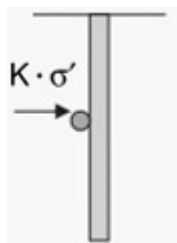
$$K_0 = 1 - \sin \varphi$$

φ - úhel vnitřního tření zeminy

$$K_p = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right)$$

K_a - součinitel aktivního zemního tlaku

$$K_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$



Tlak na pilotu

Orientační hodnoty součinitele bočního tlaku zeminy K

Typ piloty	K pro tlačené piloty	K pro tažené - nadzvedávané piloty
Beraněné piloty profilu H	0,5 - 1,0	0,3 - 0,5
Beraněné piloty (kruhové a čtvercové)	1,0 - 1,5	0,6 - 1,0
Beraněné piloty kónické	1,5 - 2,0	1,0 - 1,3
Vplachované piloty	0,4 - 0,9	0,3 - 0,6
Vrtané piloty (do průměru 70 cm)	0,7	0,4

Literatura:

NAVFAC DM 7.2, *Foundation and Earth Structures*, U.S. Department of the Navy, 1984.**Třecí úhel na plášti piloty**

Orientační hodnoty třecího úhlu mezi materiálem na plášti piloty a okolní nesoudržnou zeminou jsou uvedeny v následující tabulce:

Třecí úhel na plášti piloty δ [°]

Materiál piloty	δ [°]
Ocelové piloty	20
Dřevěné piloty	0,75 φ
Železobetonové piloty	0,75 φ

kde: φ - úhel vnitřního tření zeminy

Literatura:

NAVFAC DM 7.2, *Foundation and Earth Structures*, U.S. Department of the Navy, 1984.

Součinitel adheze

Orientační hodnoty součinitele konzistence zeminy α jsou uvedeny v následující tabulce:

Součinitel adheze α

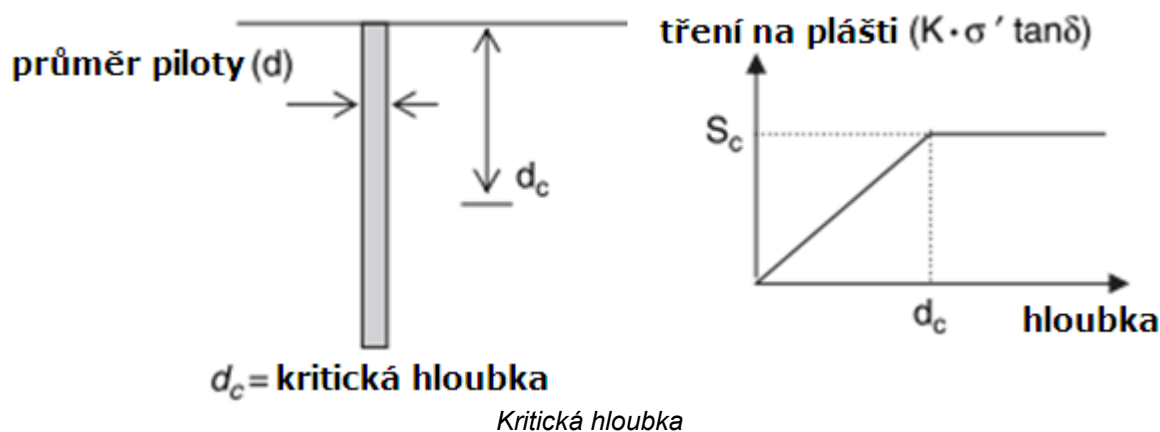
Materiál piloty	Konzistence zeminy	Rozsah soudržnosti zeminy c_u [kPa]	Součinitel adheze zeminy α [-]
Dřevěné a betonové piloty	Velmi měkká	0 - 12	0,00 - 1,00
	Měkká	12 - 24	1,00 - 0,96
	Středně tuhá	24 - 48	0,96 - 0,75
	Tuhá	48 - 96	0,75 - 0,48
	Pevná	96 - 192	0,48 - 0,33
Ocelové piloty	Velmi měkká	0 - 12	0,00 - 1,00
	Měkká	12 - 24	1,00 - 0,92
	Středně tuhá	24 - 48	0,92 - 0,70
	Tuhá	48 - 96	0,70 - 0,36
	Pevná	96 - 192	0,36 - 0,19

Literatura:

NAVFAC DM 7.2, *Foundation and Earth Structures*, U.S. Department of the Navy, 1984.

Kritická hloubka

Tření na plášti neroste v **nesoudržných zeminách** s hloubkou do nekonečna jako např. **efektivní napětí**, ale od určité tzv. **kritické hloubky** má konstantní hodnotu - viz následující obrázek, kde d_c značí kritickou hloubku, S_c tření na plášti v kritické hloubce a d průměr piloty. Obdobné pravidlo platí i pro únosnost na patě piloty v nesoudržných zeminách, kde se uvažují pro zjednodušení stejné hodnoty kritické hloubky d_c .



Kritická hloubka

Kritická hloubka pro kypré písky je orientačně rovna **10d** (**d je průměr či šířka piloty**), pro středně ulehle písky **15d** a pro ulehle písky **20d**.

Koeficient výpočtu kritické hloubky k_{dc} je možné zadat v okně "**Sv. únosnost**". Kritická délka se vypočte podle vztahu:

$$d_c = k_{dc} \cdot d$$

kde: k_{dc} - koeficient výpočtu kritické hloubky
 d - průměr piloty

CTE-DB SE-C

Výpočet svislé únosnosti piloty vychází ze španělské normy CTE DB SE-C. Výsledkem výpočtu je **únosnost paty piloty** R_b a **únosnost na plášti piloty** R_s .

Únosnost paty piloty

Únosnost paty piloty v **nesoudržných zeminách** je dána vztahem:

$$R_b = q_b \cdot A_b$$

kde:

- q_b - odpor v patě piloty
- A_b - plocha paty piloty

Pro **soudržné zeminy** platí následující vztah:

$$R_b = 9 \cdot c_u \cdot A_b$$

kde:

- c_u - totální soudržnost zeminy v patě piloty
- A_b - plocha paty piloty

Únosnost na plášti piloty

Únosnost na plášti piloty je dána vztahem:

$$R_s = \sum_{i=1}^n \tau_{s,i} \cdot A_{s,i}$$

kde:

- $\tau_{s,i}$ - odpor na plášti v i -té vrstvě
- $A_{s,i}$ - plocha pláště piloty v i -té vrstvě

V **nesoudržných zeminách** je odpor na plášti počítán dle vztahu:

$$\tau_s = \sigma_{ef} \cdot K_s \cdot f_s \cdot \tan(\varphi) \leq \tau_{s,max}$$

kde:

- σ_{ef} - efektivní napětí ve vrstvě
- K_s - součinitel bočního tlaku zeminy
- f_s - součinitel technologie
- φ - úhel vnitřního tření zeminy
- $\tau_{s,max}$ - maximální limit pro odpor na plášti

Podle CTE-DB SE-C je maximální hodnota odporu na plášti v nesoudržné zemině **120 kPa**.

V **soudržných zeminách** platí vztah:

$$\tau_s = \frac{100 \cdot c_u}{100 + c_u} \leq \tau_{s,max}$$

kde:

- c_u - totální soudržnost zeminy
- $\tau_{s,max}$ - maximální limit pro odpor na plášti

Podle CTE-DB SE-C je maximální hodnota odporu na plášti v soudržné zemině **100 kPa**.

Odpor v patě piloty

Pro **nesoudržné zeminy** je odpor v patě q_b dán vztahem:

$$q_b = f_b \cdot \sigma_{efb} \cdot N_q \leq q_{b,max}$$

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi/2) e^{\pi \tan(\varphi)}$$

kde:

- f_b - součinitel technologie
- σ_{efb} - efektivní napětí v místě paty piloty
- N_q - součinitel únosnosti

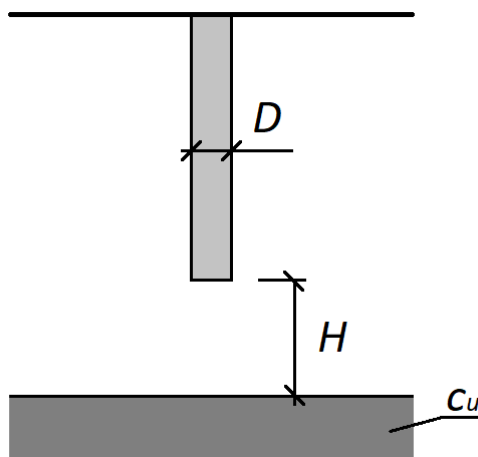
- $q_{b,max}$ - maximální limit pro odpor v patě
 φ - úhel vnitřního tření zeminy

Odpor q_b nesmí být větší jako maximální limit pro odpor v patě $q_{b,max}$. Maximální limit lze zadat nebo dopočítat v rámu "Svislá únosnost".

Podle CTE-DB SE-C je maximální hodnota **20000 kPa**. V případě, že se pod patou nachází měkká vrstva s menším odporem, bude hodnota $q_{b,max}$ vypočtena podle vztahu:

$$q_{b,max} = 6 \cdot \left(1 + \frac{H}{D}\right)^2 \cdot c_u$$

- kde:
- D - průměr piloty
 - H - vzdálenost měkké vrstvy od paty piloty
 - c_u - totální soudržnost měkké vrstvy



Vliv měkké vrstvy

Vliv technologie piloty

Součinitel technologie f_b ovlivňuje únosnost na patě piloty. Jeho hodnota se dopočítá **podle zvolené technologie**, nebo ho může uživatel zadat ručně.

Technologie piloty	f_b [-]
Vrtané piloty	2,50
CFA	2,50
Beraněné piloty	3,00

Součinitel technologie f_s ovlivňuje únosnost na plášti piloty. Jeho hodnota se dopočítá **podle materiálu piloty**, nebo ho může uživatel zadat ručně.

Materiál piloty	f_s [-]
beton	1,00
dřevo	1,00
prefabeton	0,90
ocel	0,80

Součinitel bočního tlaku K_s se dopočítá **podle technologie piloty**, nebo ho může uživatel zadat ručně.

Technologie piloty	K_s [-]
Vrtané piloty	0,75
CFA	0,75
Beraněné piloty	1,00

Tomlinson

Tato široce používaná metoda uvažuje při výpočtu únosnosti neodvodněné smykové pevnosti a navíc předpokládá, že únosnost na plášti piloty je nezávislá na napětí od přitížení nadloží.

Únosnost na plášti piloty je dána vztahem:

$$R_s = \sum_{j=1}^n c_{a,j} \cdot A_{s,j} = \sum_{j=1}^n \alpha_j \cdot c_{u,j} \cdot A_{s,j}$$

kde:

- $c_{a,j}$ - adheze v j-té vrstvě (smykové napětí mezi pláštěm piloty a okolní zeminou)
- $A_{s,j}$ - plocha pláště piloty v j-té vrstvě
- α_j - empirický součinitel adheze (zohledňující druh zeminy, typ piloty apod.) v j-té vrstvě
- $c_{u,j}$ - totální soudržnost v j-té vrstvě (neodvodněná smyková pevnost)

Empirický součinitel adheze α program dopočítává, jeho hodnoty je však možné zadat i ručně v dialogovém okně "Přidání nových zemín".

Únosnost paty piloty je dána vztahem:

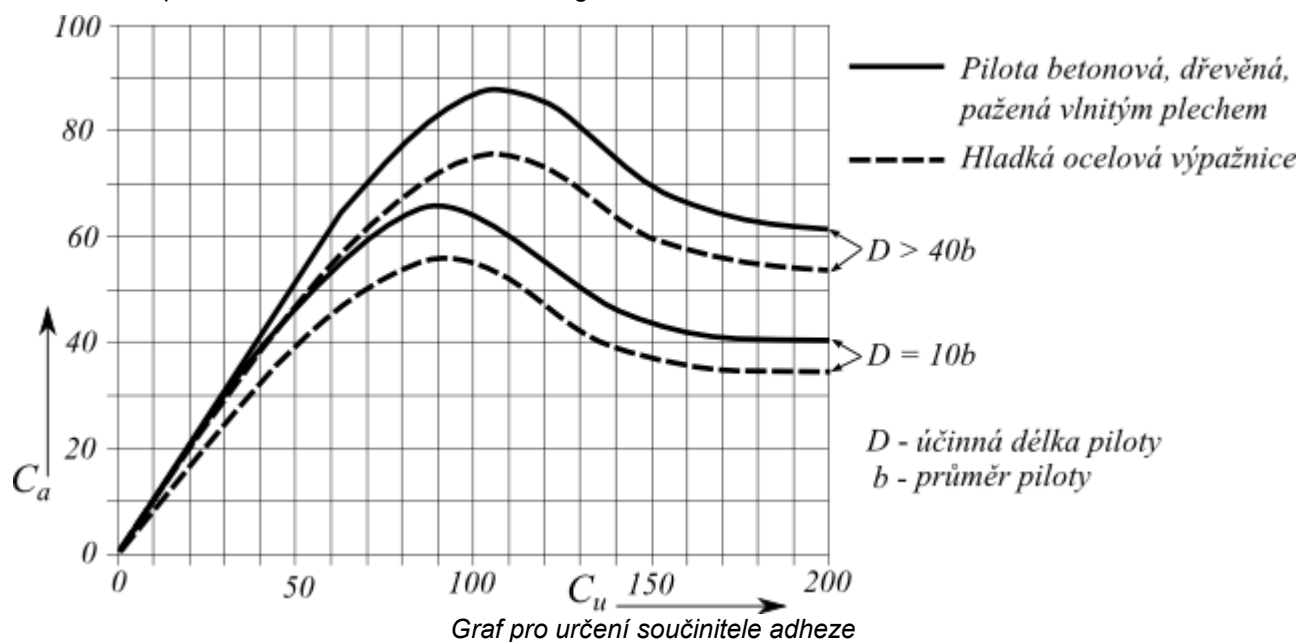
$$R_b = q_b \cdot A_b = 9 \cdot c_u \cdot A_b$$

kde:

- q_b - jednotková únosnost na patě
- A_b - plocha paty piloty
- c_u - neodvodněná smyková pevnost

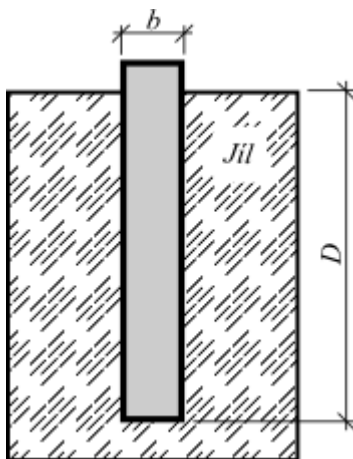
Součinitel adheze

Empirický součinitel adheze α zohledňuje chování zeminy na plášti piloty a je ovlivněn materiálem piloty, průměrem piloty, kvalitou povrchu pláště piloty a okolní zeminou. V programu jsou hodnoty tohoto součinitele zavedeny podle následujícího grafu uvedeného v publikaci M.J. Tomlinson: Pile Design and Construction Practice.

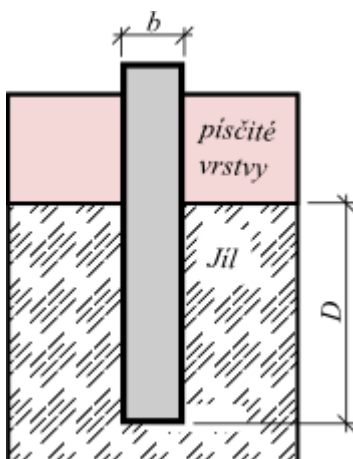


Účinná délka

Účinná délka D určuje délku piloty, v které se zatížení z piloty do zeminy přenáší plášťovým třením. Pokud je pilota celá v únosné zemině, v které se zatížení přenesou plášťovým třením, je účinná délka rovna délce piloty pod povrchem terénu - viz obr. A. V případě vrstevnatého prostředí se silně stlačitelné vrstvy (v nichž se zatížení do zeminy plášťovým třením nepřenáší) a vrstvy ležící nad nimi (i když jsou únosné a zatížení třením mohou přenést) do účinné délky D nezapočítávají - obr. B. Zavedení účinné délky do výpočtu a její velikost se nastavují v rámu "Svislá únosnost".



Obr. A Účinná délka piloty v únosných zeminách



Obr. B Účinná délka piloty ve vrstevnatém prostředí

Efektivní napětí

Metoda efektivních napětí umožňuje řešit svislou únosnost osamělé piloty v soudržných i nesoudržných zeminách. Tato metoda je vhodná pro podmínky odvozené smykové pevnosti - tj. podmínky po delší době od výstavby piloty.

Únosnost na plášti piloty je dána vztahem:

$$R_s = \sum_{j=1}^n q_{s,j} \cdot A_{s,j} = \sum_{j=1}^n \beta_{p,j} \cdot \sigma_{0,j} \cdot A_{s,j}$$

- kde:
- $q_{s,j}$ - hodnota plášťového tření v j -té vrstvě,
 - $\beta_{p,j}$ - součinitel podle Bjerruma a Burlanda v j -té vrstvě
 - $\sigma_{0,j}$ - průměrné efektivní napětí od nadloží působící podél piloty v j -té vrstvě.
 - $A_{s,j}$ - plocha pláště piloty v j -té vrstvě zeminy

Únosnost paty piloty je dána vztahem:

$$R_b = q_p \cdot A_b = N_p \cdot \sigma_p \cdot A_b$$

- kde:
- q_p - jednotková únosnost na patě piloty
 - A_b - plocha paty piloty
 - N_p - součinitel únosnosti paty piloty (podle Fellenia)
 - σ_p - efektivní napětí od nadloží v patě piloty

Součinitelé únosnosti piloty

Doporučené rozsahy hodnot součinitelů únosnosti paty piloty N_p a součinitele β jsou uvedeny v následující tabulce. Součinitel β se většinou pohybuje v daném rozsahu, málokdy může přesáhnout hodnotu 1,0.

Rozsah součinitelů N_p a β (podle Fellenia 1991)

Typ zeminy	φ_{ef}	N_p	β
------------	----------------	-------	---------

Jíl	25 - 30	3 - 30	0,23 - 0,40
Síť	28 - 34	20 - 40	0,27 - 0,50
Písek	32 - 40	30 - 150	0,30 - 0,60
Štěrk	35 - 45	60 - 300	0,35 - 0,80

Literatura:

Fellenius, B.H.: *Foundation Engineering Handbook*, Editor H.S. Fang, Van Nostrand Reinhold Publisher, New York, 1991, 511 - 536.

ČSN 73 1002

Program používá dvě metody pro výpočet svislé únosnosti piloty podle Komentáře k normě **ČSN 73 1002 "Pilotové základy"**:

- Výpočet podle teorie 1. skupiny mezních stavů**

Postup výpočtu je popsán v Komentáři k ČSN 73 1002 "Pilotové základy" v kapitole 3 "Navrhování" oddíl B - Obecné řešení podle teorie 1. skupiny mezních stavů (str.15). Veškeré postupy v programu vycházejí ze zde uvedených vztahů. Původní geostatické napětí σ_{or} je uvažováno od upraveného terénu. Součinitel podmínek působení základové půdy je brán pro hloubku z (měřeno od upraveného terénu).

$$\begin{aligned} z \leq 1 &\Rightarrow \gamma_{r2} = 1,3 \\ 1 < z \leq 2 &\Rightarrow \gamma_{r2} = 1,2 \\ 2 < z \leq 3 &\Rightarrow \gamma_{r2} = 1,1 \\ 3 < z &\Rightarrow \gamma_{r2} = 1,0 \end{aligned}$$

Účinná délka piloty pro výpočet únosnosti na plášti je zmenšena o úsek:

$$l_p = \frac{d \cdot N_d^{2/3}}{4}$$

kde: d - je průměr piloty

- Výpočet piloty opřené o nestlačitelné podloží**

Výpočet piloty opřené o nestlačitelné podloží (horniny třídy R1, R2) vychází z oddílu G - Řešení svislé únosnosti R_c podle ČSN 73 1004 z Komentáře k ČSN 73 1002 "Pilotové základy". Popis metody začíná na str. 27 pod názvem "Piloty opřené o nestlačitelné podloží". Výpočty v programu zcela odpovídají postupům zde uvedeným. Příčinkový součinitel sedání I_{wp} je interpolován z tabulky 16, která je v programu zabudována.

V případě zatržení volby "**výpočet podle ČSN 73 1002**" v okně "**Piloty**" je posouzení provedeno výhradně dle ČSN 73 1002 a ostatní součinitelé výpočtu se neuvažují. Pokud tato volba zatržena není, provede se posouzení dle zvolené metodiky posouzení s příslušnými součiniteli.

Literatura:

Československá státní norma ČSN 73 1002 *Pilotové základy*, Normalizační institut, Praha, 1987.

Československá státní norma ČSN 73 1004 *Velkopřůměrové piloty*, Normalizační institut, Praha, 1981.

Vlastní posouzení

Vlastní posouzení **únosnosti piloty** je realizováno v závislosti na nastavení metodiky posouzení v záložce "**Piloty**":

- posouzení podle stupně bezpečnosti
- posouzení podle mezních stavů
- posouzení podle EN1997

Vlastní výpočty (např. stanovení únosnosti na patě piloty) jsou pro obě možnosti posouzení stejné - liší se pouze zavedením výpočtových součinitelů, kombinací a způsobem prokázání bezpečnosti konstrukce. **Výpočtové koeficienty** (parametry posouzení) se zadávají v záložce "**Piloty**".

Pokud je zvolena metoda výpočtu svislé únosnosti piloty **podle ČSN 73 1002** je posouzení piloty provedeno výhradně dle Komentáře k ČSN 73 1002.

Posouzení podle mezních stavů

Při posouzení podle **mezních stavů** lze zadávat v **nastavení výpočtu** jednotlivé hodnoty **výpočtových součinitelů**.

Program provede posouzení **tlačené piloty**:

$$R_c = \frac{R_b}{\gamma_b} + \frac{R_s}{\gamma_s} \geq V_d + W_p$$

- kde:
- R_c - svislá únosnost tlačené piloty
 - R_b - únosnost piloty v patě
 - R_s - únosnost piloty na plášti
 - γ_b - součinitel redukce odporu na patě
 - γ_s - součinitel redukce odporu na plášti
 - V_d - extrémní svislá síla
 - W_p - vlastní tíha piloty

Pro **taženou pilotu** je provedeno následující posouzení:

$$R_{sdt} = \frac{R_s}{\gamma_{st}} \geq V_d + W_p$$

- kde:
- R_{sdt} - únosnost tažené piloty
 - R_s - únosnost piloty na plášti
 - γ_{st} - součinitel redukce únosnosti tažené piloty
 - V_d - extrémní tahová síla
 - W_p - vlastní tíha piloty

Výpočtové koeficienty

V záložce "**Piloty**" se zadávají dvě skupiny výpočtových (dílčích) součinitelů:

Součinitelé redukce parametrů zemin

- $\gamma_{m\phi}$ - součinitel redukce úhlu vnitřního tření
- γ_{mc} - součinitel redukce soudržnosti
- $\gamma_{m\gamma}$ - součinitel redukce objemové tíhy zeminy

Je také možné volit redukci γ_{ϕ} .

Součinitelé redukce únosnosti (odporu) piloty

- γ_b - součinitel redukce odporu na patě
- γ_s - součinitel redukce odporu na plášti
- γ_t - součinitel redukce celkové svislé únosnosti
- γ_{st} - součinitel redukce únosnosti tažené piloty

Hodnoty jednotlivých součinitelů jsou uvedeny v příslušných normách.

Posouzení podle stupňů bezpečnosti

Při posouzení podle **stupně bezpečnosti**, lze v záložce "**Piloty**" zadat požadovanou hodnotu stupně bezpečnosti **SF** pro svislou únosnost.

Program provede posouzení svislé únosnosti **tlačené piloty**:

$$\frac{R_c}{V_d + W_p} > SF_{cp}$$

- kde:
- V_d - extrémní svislá síla
 - R_c - svislá únosnost tlačené piloty
 - W_p - vlastní tíha piloty (zavedení do výpočtu dle nastavení v rámu "**Zatížení**")

a posouzení **tažené piloty**:

$$\frac{R_{sdt}}{V_d + W_p} > SF_{tp}$$

- kde:
- V_d - extrémní tahová síla

- R_{sdt} - únosnost tažené piloty
 W_p - vlastní tíha piloty

Svislá únosnost - pružinová metoda

Programový modul "**Pilota - pružinová metoda**" je součástí programu "**Pilota**". Je určen k výpočtu svislé únosnosti piloty umístěné v obecně vrstevnatém prostředí. Výsledkem výpočtu je **mezní zatěžovací křivka** a průběhy důležitých silových a deformačních veličin po pilotě.

Hlavní výhodou tohoto modulu je dostupnost vstupních údajů o zeminách, resp. horninách, v okolí piloty - zadávají se **úhel vnitřního tření zeminy, její soudržnost, objemová tíha a modul přetvárnosti**.

Výpočet v modulu "**Pilota - pružinová metoda**" je založen na semianalytickém přístupu k řešení. Odezva zeminy v okolí piloty je popsána známým řešením vrstevnatého prostředí, které je určitým zpřesněním a zobecněním známého Winkler-Pasternakova modelu. Na styku pilota zemina je uvažován tuhoplastický přenos smykového napětí, který respektuje Mohr-Coulombovu podmínku plasticity. Stanovení normálového napětí na styku zemina pilota vychází z **geostatické napjatosti** a tlaku zeminy (betonové směsi) v klidu.

Vliv podzemní vody v okolí piloty je započítán jednak do **smykové únosnosti pláště** a jednak ovlivňuje **hloubku deformační zóny** pod patou piloty.

Pokud pilota zasahuje do úrovně **nestlačitelného podloží**, nelze pružinovou metodu použít.

Sedání piloty může být ovlivněno rovněž sednutím okolního terénu. Dochází k efektu, kdy zemina v okolí piloty snižuje vlivem svého sesednutí únosnost piloty. Sedání piloty narůstá, aniž by se zvětšovalo její zatížení. Tento jev je v programu modelován jako tzv. **negativní plášťové tření**.

Do výpočtu únosnosti piloty je možno též zahrnout **vliv technologie** provádění piloty na tuhost pilotového základu.

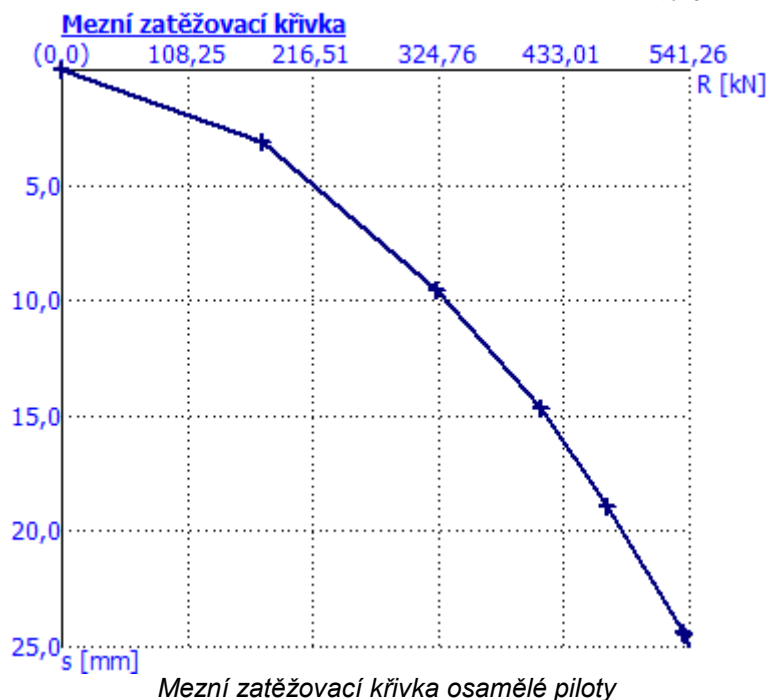
Postup výpočtu se skládá z několika kroků:

1. Pilota je pro výpočet rozdělena na řadu úseků. Dělení piloty na úseky je provedeno tak, že poměr mezi délkou úseku a průměrem piloty by měl být přibližně roven **2,5**, minimálně však musí být úseků **10**.
2. Každý úsek je ve výpočtu charakterizován pružinou. Tuhostí této pružiny je modelován jednak **smykový odpor na plášti** a u paty piloty též **tuhost podloží pod patou piloty**.
3. Pro každý úsek piloty je stanovena **limitní hodnota smykové síly přenášené pláštěm** T_{lim}
4. Pilota se shora přitěžuje postupnými přírůstky svislého zatížení. V každém přírůstku se počítá velikost síly v pružině na každém úseku piloty. Tato síla, může být na každém úseku rovna nejvýše limitní hodnotě tření na plášti T_{lim} . Je zřejmé, že při jisté úrovni zatížení ztratí všechny pružiny schopnost zvyšovat síly v nich působící a pilota je při dalším přitěžování podepřena pouze pružinou v patě, která nemá žádné omezení přenášené síly.
5. Výsledky výpočtu jsou prezentovány jako **mezní zatěžovací křivka piloty, průběhy namáhání po pilotě** a graf **závislosti smyku na deformaci** v daném místě piloty.

Mezní zatěžovací křivka

Mezní zatěžovací křivka popisuje závislost mezi svislým zatížením Q a sednutím piloty.

Program standardně nabízí sestavení mezní zatěžovací křivky pro maximální hodnotu sednutí **25 mm**. Mezní hodnotu sednutí je možno před výpočtem změnit, a to až do hodnoty **100 mm**. Příklad typického tvaru mezní zatěžovací křivky je znázorněn na obrázku.



Smyková únosnost pláště

Pro každý úsek piloty se určuje limitní hodnota síly, která může být přenesena pláštěm piloty v daném úseku. Její hodnota je určena pomocí geostatické napjatosti σ_z v místě toho kterého úseku:

$$\sigma_z = \sum \gamma \cdot h$$

kde:

- γ - objemová tíha zeminy
- h - hloubka pod povrchem terénu

Sumace značí, že σ_z se načítá přes jednotlivé vrstvy zemin.

Limitní smykové napětí je pak dáno vztahem:

$$\tau = \sigma_z \cdot k \cdot \tan \varphi + c$$

kde:

- c - soudržnost zeminy v místě prutu
- φ - úhel vnitřního tření zeminy v místě prutu
- k - koeficient zvětšení mezního plášťového tření vlivem technologie

Pokud se prut nachází pod hladinou podzemní vody, limitní smykové napětí se snižuje a je dáno vztahem:

$$\tau = (\sigma_z - u) \cdot k \cdot \tan \varphi + c$$

kde:

- u - pórový tlak pod hladinou podzemní vody

Limitní smyková síla je pak určena podle výrazu:

$$T_{lim} = O \cdot l \cdot \tau$$

kde:

- O - délka obvodu pláště piloty
- l - délka prutu piloty

Koeficient zvětšení mezního plášťového tření

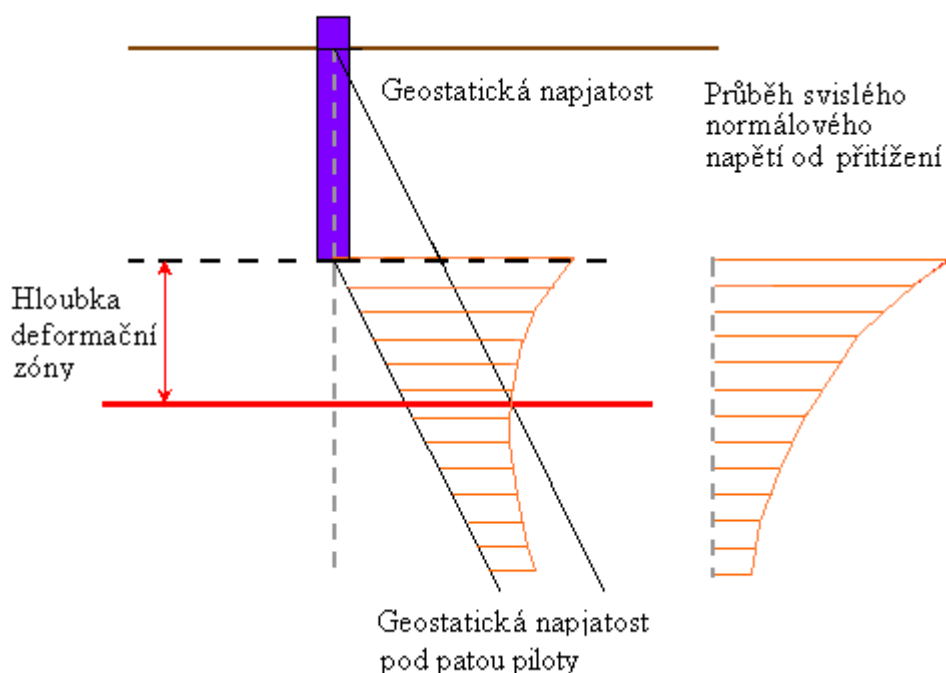
Výjimečným vstupním parametrem je koeficient zvětšení mezního plášťového tření k vlivem technologií. Standardně je nastaven na hodnotu $1,0$. Pro jeho zvolení stanovení není žádný normový předpis - rozhodnutí o jeho změně ponecháváme na praktických zkušenostech jednotlivého projektanta. Obecně lze říci, že na skutečně měřených pilotách in-situ bylo naměřené plášťové tření obvykle vyšší a odpovídalo hodnotám k až $1,5$, ale teoreticky může nabývat i hodnot menších než $1,0$.

Hloubka deformační zóny

Uvažovaná hloubka deformační zóny je veličina, která velkou měrou ovlivňuje tuhost modelu podloží pod patou piloty. Je

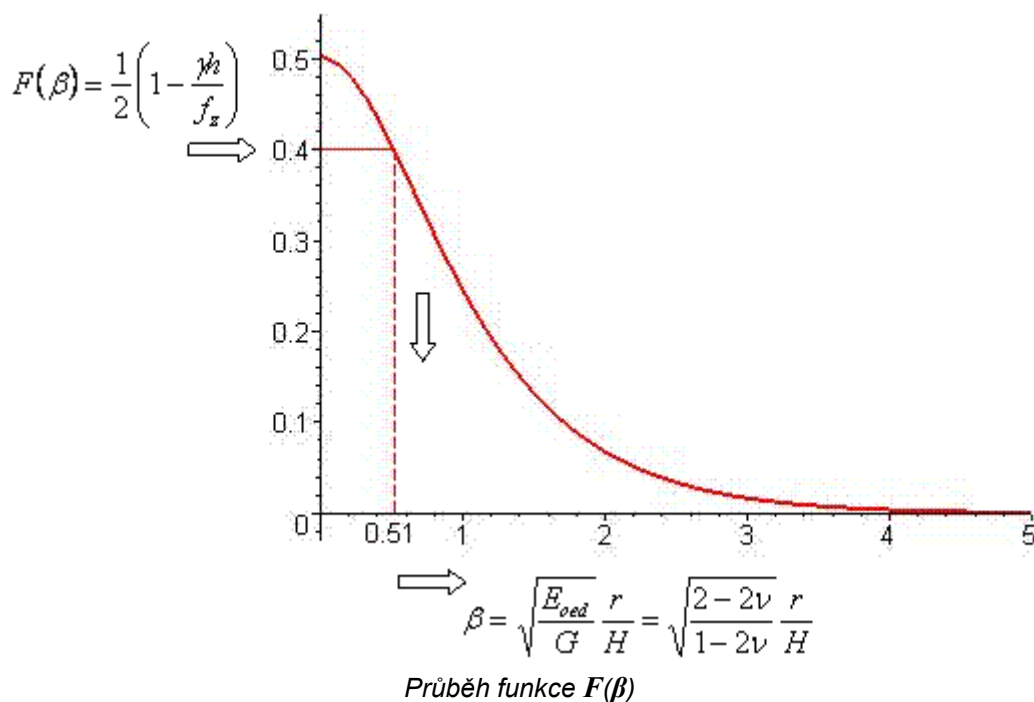
to jedna ze vstupních hodnot pro stanovení tuhostí C_1 a C_2 Winkler-Pasternakova modelu podloží. Čím je deformační zóna hlubší, tím menší je tuhost podloží. Pokud se hloubka deformační zóny limitně blíží nule, tuhost podloží roste nad všechny meze.

Hloubka deformační zóny závisí jednak na vlastnostech zeminy podloží a jednak na velikosti přetížení, tedy na napětí pod patou. V programu se uvažuje, že hloubka deformační zóny je dána místem, kde napětí pod pilotou je právě rovno hodnotě původní geostatické napjatosti. Tato idea je znázorněna na obrázku:



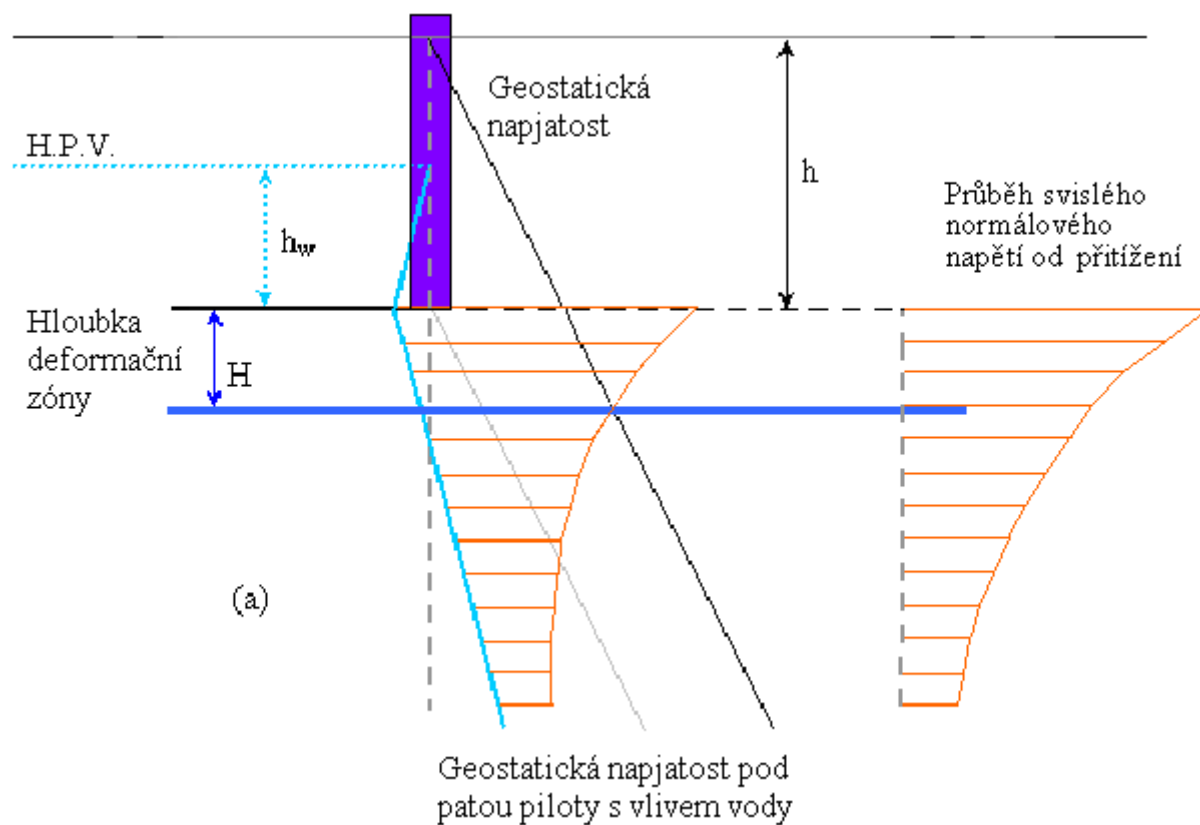
Stanovení hloubky deformační zóny pod patou piloty

Pro číselné stanovení hloubky deformační zóny H je pak použita funkce $F(\beta)$, jejíž průběh je znázorněn na obrázku. Tato funkce byla odvozena za výše uvedených předpokladů a její průběh je do programu zadán tabelací. Funkce je použita následujícím způsobem. Funkční hodnoty funkce $F(\beta)$ se spočítají pro aktuální hodnotu napětí pod patou f_z a hodnotu původní geostatické napjatosti pod patou γ_h . Pro tuto hodnotu $F(\beta)$ je z průběhu funkce zjištěna hodnota β , z níž je pro konkrétní hodnotu Poissonova čísla ν a poloměr piloty r vypočtena odpovídající hloubka deformační zóny H .



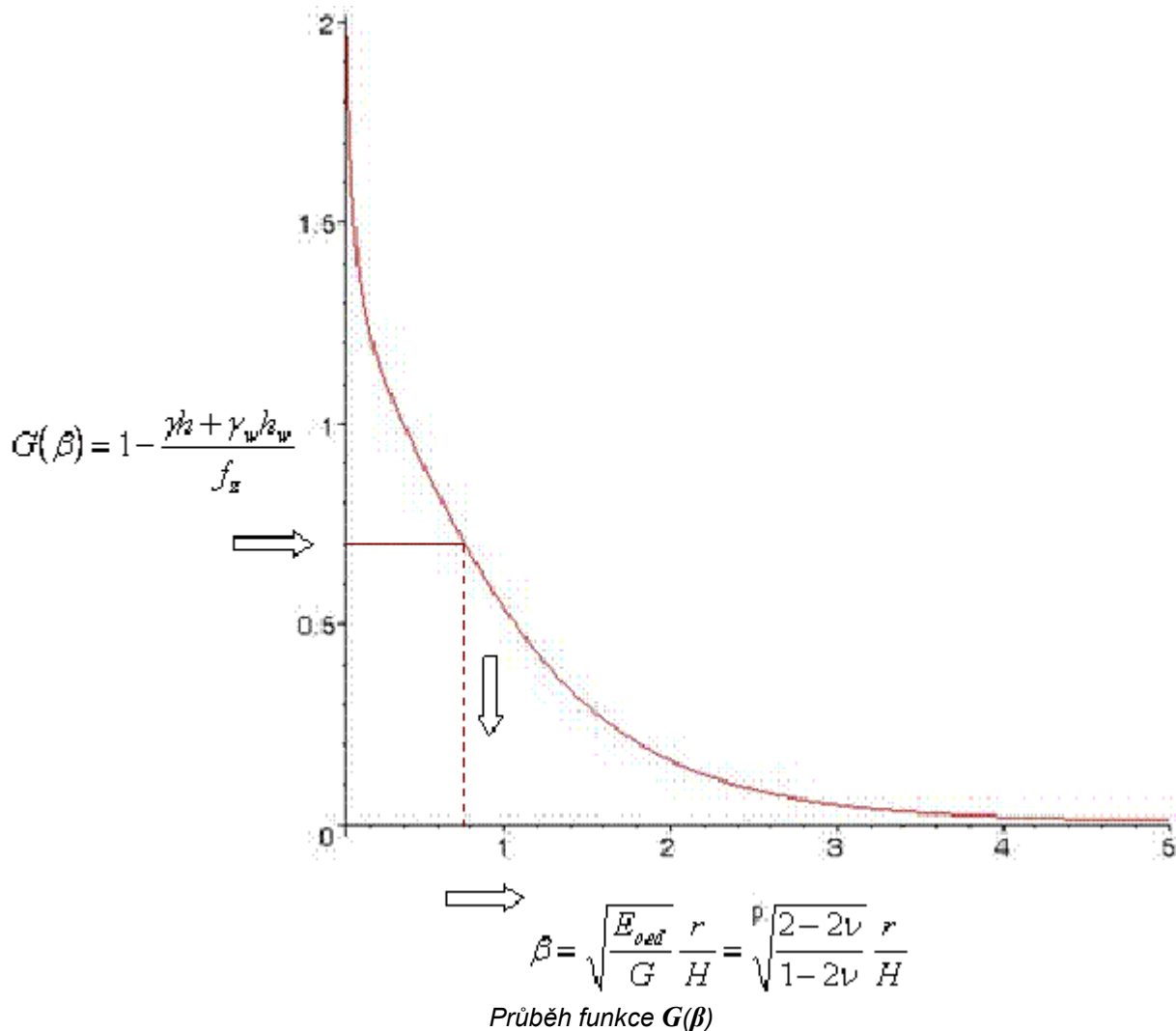
Průběh funkce $F(\beta)$

Hloubka deformační zóny může být ovlivněna hladinou podzemní vody. Idea jejího určení je znázorněna na obrázku:



Stanovení hloubky deformační zóny pod patou piloty s vlivem vody

Pro číselné stanovení hloubky deformační zóny H je pak použita funkce $G(\beta)$, jejíž průběh je znázorněn na následujícím obrázku. Její použití a zapojení do výpočtu je obdobné jako u funkce $F(\beta)$, která se využívá v případě bez vody. Jen při stanovení funkční hodnoty $G(\beta)$ se počítá navíc s hydrostatickým tlakem $\gamma_w \cdot h_w$.



Nestlačitelné podloží

V určité hloubce pod povrchem terénu je možno zadat nestlačitelné podloží. Pokud pilota dosahuje do této zadané úrovně, pak pružinovou metodu nelze použít, protože pilota je považována za tuhý prvek a v jejím okolí nemohou vznikat žádné deformace. Pokud je úroveň nestlačitelného podloží pod patou, ale ne hlouběji než dosahuje **hloubka deformační zóny** pod patou, hloubka deformační zóny se pro výpočet tuhosti zmenšuje tak, že deformační zóna dosahuje právě k nestlačitelnému podloží. Tím i nestlačitelné podloží pod úrovní paty zvyšuje tuhost a tím i únosnost paty piloty. Pokud je nestlačitelné podloží níž, než dosahuje deformační zóna pod patou, pak pilotu vůbec neovlivňuje.

Negativní plášťové tření

Negativní plášťové tření je jev, který vzniká vlivem sednutí zeminy v okolí piloty. Zemina, která se kolem piloty sesedá, má snahu pilotu zatahovat směrem dolů a tím snižuje její únosnost při daném zatlačení piloty.

Vstupními hodnotami pro výpočet vlivu negativního plášťového tření je sednutí povrchu terénu w a hloubka zóny vlivu této deformace h . Při rovnoměrném plošném zatížení okolí piloty by měla být hodnota w měřena zhruba ve vzdálenosti trojnásobku průměru piloty od jejího vnějšího líce. Hodnota h pak udává hloubku, do níž se vliv sednutí povrchu projevuje a pod níž se již zemina nestlačuje.

Výpočet negativního plášťového tření probíhá na počátku, když se stanovují limitní smykové síly přenášené pláštěm piloty T_{lim} . Předpokladem výpočtu je to, že stlačení zeminy lineárně klesá s hloubkou, od hodnoty w na povrchu terénu do hodnoty 0 v hloubce h . Každé úrovni pod povrchem až do hloubky h tedy odpovídá konkrétní hodnota stlačení zeminy. V pružinách jednotlivých úseků, na něž je pilota rozdělena, dopočítáváme síly, které v nich vznikají vlivem tohoto stlačení. A o tyto síly zmenšujeme hodnoty T_{lim} , tedy únosnost pláště třením.

Z uvedené teorie je zřejmé, že pokud je sednutí w hodně velké, nebo je velká hloubka vlivu sednutí h , mohou některé síly T_{lim} klesnout až na nulu. V extrémním případě může negativní plášťové tření zcela eliminovat vliv únosnosti pláště a pilota je pak podpírána pouze pružným podložím pod patou.

Vliv technologie

Únosnost piloty je významně ovlivněna i technologií jejího budování. Modul "**Pilota - pružinová metoda**" nabízí možnost

zadání technologie provádění piloty. Pro různé technologie se pak redukuje smyk na plášti a odpor na patě piloty pomocí redukčních koeficientů. Hodnoty těchto koeficientů vycházejí z holandské normy NEN 6743 Pile foundation.

Kromě technologií nabízených programem a jim odpovídajících redukčních koeficientů je možno zadat těmto koeficientům hodnoty vlastní. Tím lze do výpočtu zahrnout vlastní praktické zkušenosti nebo informace získané z jiných zdrojů.

Smykový odpor na plášti

Smykový odpor na plášti je ve výpočtu reprezentován tuhostí pružin podpírajících jednotlivé úseky piloty. Tuhost těchto pružin je spočtena pomocí parametrů pružného Winkler-Pasternakova podloží C_1 a C_2 . Hodnoty C_1 a C_2 jsou stanoveny z parametru E_{def} . Hloubka deformační zóny, na níž hodnoty C_1 a C_2 závisí, je proměnná a mění se s deformací (sedáním) piloty. Proměna deformační zóny je ve výpočtu stanovena tak, že pro nulovou deformaci má hodnotu 1x průměr piloty a pro deformaci v okamžiku překročení únosnosti na plášti má hodnotu k x průměr piloty, kde k je zadaná hodnota, resp. 2,5.

Rozhodujícím parametrem pro stanovení velikosti C_1 a C_2 je modul přetvárnosti. Při jeho stanovení musíme být obezřetní při akceptování hodnot přetvárných charakteristik dle norem, neboť v případě delších pilot se jedná o hlubinný základ a u paty piloty mají zeminy určitě větší tuhosti, než jsou uváděny například v normě pro plošné základy. Toto platí zejména u soudržných zemín. Ideální situace nastane, jestliže máme v jednotlivých hloubkách k dispozici moduly získané přímo z měření.

Pro spočtené charakteristiky pružného podloží byly odvozeny vztahy pro tuhost pružin modelujících smykový odpor na plášti. Vztahy závisí na tvaru průřezu a pro průřezy použité v programu vypadají následovně:

Kruh:

$$k = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \sqrt{C_1 C_2} \cdot \frac{K_1(\alpha \cdot r)}{K_2(\alpha \cdot r)}$$

kde:	r	-	poloměr průřezu piloty
	C_1, C_2	-	parametry podloží
	$K_1(\alpha_r), K_2(\alpha_r)$	-	hodnoty modifikovaných Besselových funkcí

Parametr α má hodnotu:

$$\alpha = \sqrt{\frac{C_1}{C_2}}$$

Obdélník:

$$k = [2 \cdot (a + b) \cdot \sqrt{C_1 C_2} + 3 \cdot C_2] \cdot k_{red}$$

kde a, b jsou délky stran obdélníka a C_1, C_2 jsou parametry podloží. k_{red} je redukční součinitel, který snižuje tuhost s ohledem na protáhlý tvar obdélníka. Ten nabývá hodnot:

$$k_{red} = 0,6 + 0,4 \cdot e^{0,5 \cdot \left(1 - \frac{b}{a}\right)} \quad H \geq 3 \cdot a$$

$$k_{red} = 1 - \frac{1 - 0,6 + 0,4 \cdot e^{0,5 \cdot \left(1 - \frac{b}{a}\right)}}{3 \cdot a} \cdot H \quad H < 3 \cdot a$$

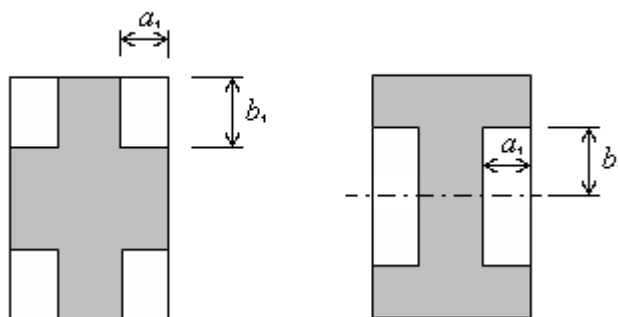
kde a je délka kratší strany obdélníku a H je hloubka deformační zóny.

Kříž, "íčko":

Pro tyto tvary průřezu se vychází z tuhosti pro obdélníkový průřez, od které se odečte hodnota tuhosti připadající na čtyři "odebrané" části průřezu.

$$k = [2 \cdot (a + b) \cdot \sqrt{C_1 C_2} + 3 \cdot C_2] \cdot k_{red} - 4 \cdot \left(1 - e^{-e \cdot \sqrt{a_1^2 + b_1^2}}\right) \cdot \left[C_1 \cdot \frac{a_1 \cdot b_1}{9} + C_2 \cdot \left(\frac{a_1}{3 \cdot b_1} + \frac{b_1}{3 \cdot a_1} \right) \right]$$

kde význam hodnot a_1, b_1 je patrný z následujícího obrázku:



Tuhost podloží pod patou piloty

Tuhost podloží pod patou se určuje z hodnoty tuhosti Winklerova modelu podloží C_I . Hodnota C_I je stanovena pro parametry E_{def} a ν zeminy v místě paty piloty. Hodnota tuhosti C_I je dále závislá na **hloubce deformační zóny pod patou**.

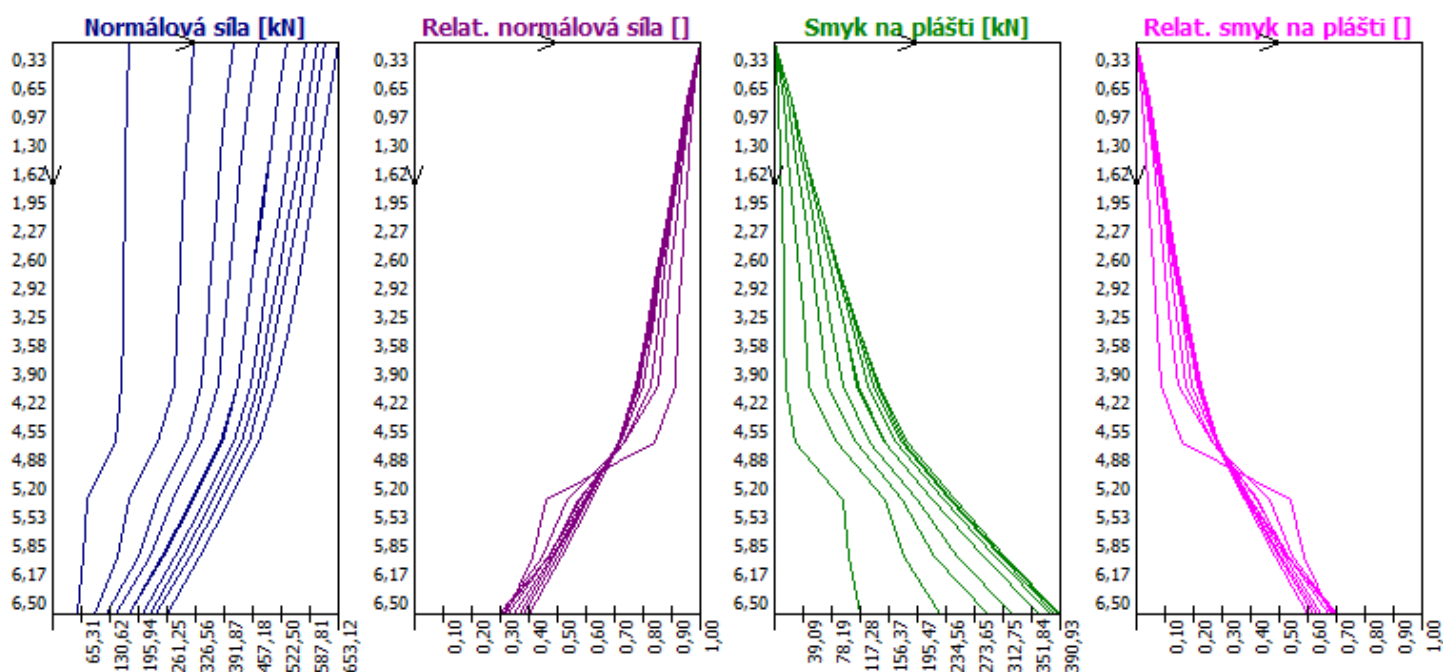
Tuhost pružiny, která se vkládá do paty piloty, je pak dána vztahem:

$$k_r = C_I \cdot A$$

kde: A - průřezová plocha piloty v patě

Průběhy namáhání po pilotě

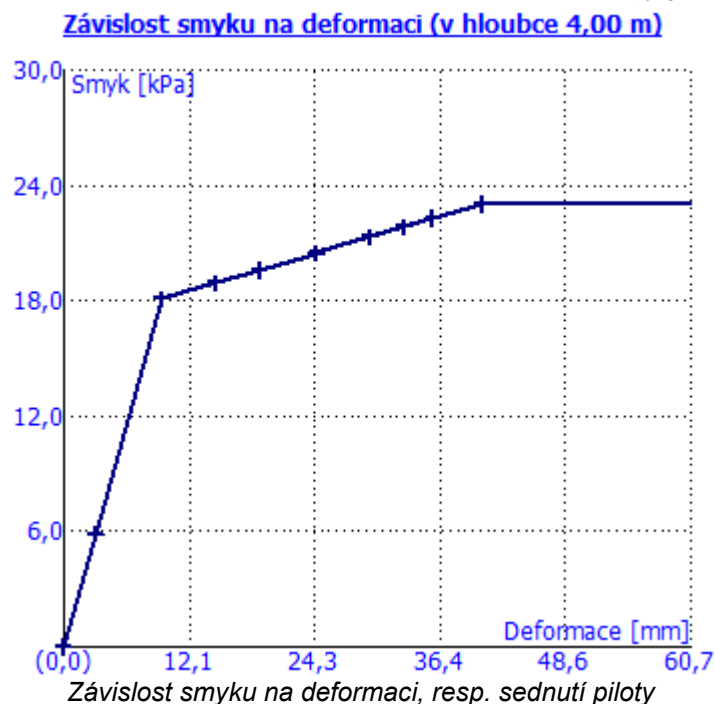
Kromě mezní zatěžovací křivky sledujeme ještě průběh normálové síly po pilotě a průběh smykové síly na plášti. Normálová síla směrem shora dolů klesá, tak jak se postupně přenáší do smykových sil na plášti, a smykové síly na plášti tudíž směrem shora dolů narůstají. Obě tyto veličiny počítáme ještě v relativních hodnotách vztažené k velikosti svislého zatížení.



Průběhy namáhání po pilotě - vnitřní síly

Závislost smyku na deformaci

V libovolné (volitelné) hloubce je dále možno sledovat průběh závislosti smyku na plášti na deformaci (sednutí) daného bodu piloty. Tato závislost znázorňuje proces snižování a postupné vymizení smykové tuhosti pláště při rostoucí deformaci. Závislost je zpočátku lineární, a to ve fázi, kdy síla v pružině nepřekračuje hodnotu T_{lim} . Poté tuhost pružiny začíná klesat a křivka se ohýbá do vodorovného směru.



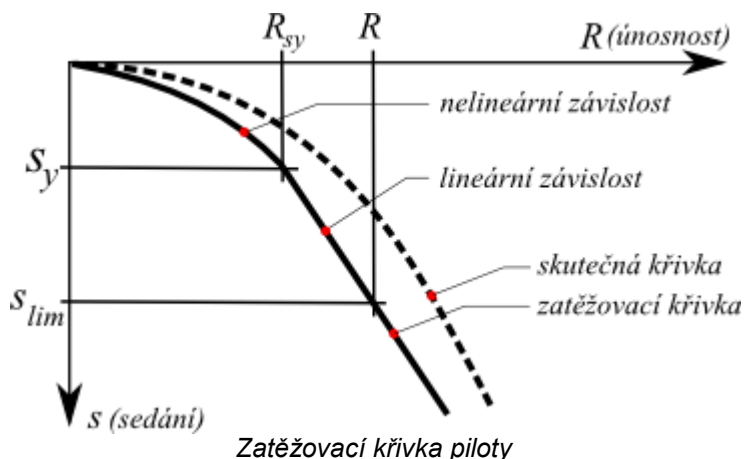
Sedání piloty

Výpočty sedání piloty je možné provést podle:

- Nelineární teorie (Masopust)
- Lineární teorie (Poulos)
- EA-Pfähle

Nelineární teorie (Masopust)

Nelineární teorie sestavuje zatěžovací křivku piloty za předpokladu, že mezi nulovým zatížením piloty a zatížením, kdy je plně mobilizováno plášťové tření je závislost sedání vyjádřena pomocí paraboly druhého stupně a pro zatížení větší je závislost sedání lineární (viz obrázek). Tato metoda byla odvozena z rovnic regresních křivek určených na základě statistické analýzy výsledků statických zatěžovacích zkoušek pilot a pro stanovení svislé únosnosti používá **regresní součinitele**. Podrobnější postup metody je popsán [zde](#).



Literatura:

Masopust, J.: Vrtané piloty. 1. vydání, Praha, Čeněk a Ježek, 1994, 263 s.

Masopust, J., Glisníková, V.: Zakládání staveb Modul M01. 1. vydání, Brno, AN CERM, 2007, 182 s., ISBN 978-80-7204-538-9.

Postup podle Masopusta

Zatěžovací křivka osamělé piloty se sestavuje následujícím způsobem:

1) Spočte se mezní plášťové tření q_s podle obecného vztahu:

$$q_s = a - \frac{b}{v_i / d_i}$$

kde: a, b - regresní součinitelé měrného plášťového tření
 v_i - hloubka od povrchu terénu do poloviny i -té vrstvy [m]
 d_i - průměr piloty v i -té vrstvě [m]

a únosnost na plášti piloty:

$$R_s = m_1 \cdot m_2 \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^n d_i \cdot h_i \cdot q_{si}$$

kde: m_1 - koeficient podle druhu zatížení
 m_2 - součinitel vlivu ochrany dřívku piloty
 d_i - průměr piloty v i -té vrstvě [m]
 h_i - mocnost i -té vrstvy [m]
 q_{si} - mezní plášťové tření v i -té vrstvě [MPa]

2) Spočte se napětí na patě piloty q_b podle vztahu:

$$q_b = e - \frac{f}{D / d_b}$$

kde: e, f - regresní součinitelé pod patou piloty
 D - délka piloty v zeminách [m]
 d_b - průměr paty piloty [m]

3) Spočte se koeficient přenosu zatížení do paty piloty β :

$$\beta = \frac{q_b}{q_b + 4 \cdot \bar{q}_s \cdot D / d_b}$$

kde: q_b - napětí na patě piloty [MPa]
 \bar{q}_s - vážený průměr mezního plášťového tření [MPa]
 D - délka piloty v zeminách [m]
 d_b - průměr paty piloty [m]

a určí se zatížení na mobilizaci plášťového tření R_{sy} :

$$R_{sy} = \frac{R_s}{1 - \beta}$$

kde: R_s - únosnost na plášti piloty [N]
 β - koeficient přenosu zatížení do paty piloty [-]

4) Spočte se sedání odpovídající zatížení na mobilizaci plášťového tření R_{sy} :

$$s_y = I_s \cdot \frac{R_{sy}}{0,7 \cdot d \cdot E_s}$$

kde: I_s - součinitel sedání
 R_{sy} - zatížení na mobilizaci plášťového tření [N]
 d - průměr piloty [m]
 E_s - sečnový modul deformace okolní zeminy [MPa]

5) Spočte se zatížení v patě piloty pro předepsané sedání (pro limitní sedání 25 mm):

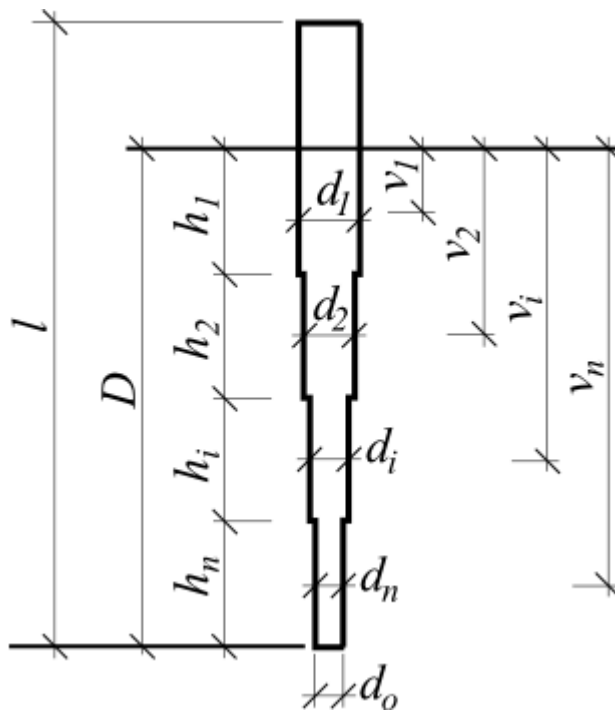
$$R_{b,lim} = \beta \cdot R_{sy} \cdot \frac{s_{lim}}{s_y}$$

kde: β - koeficient přenosu zatížení do paty piloty [-]
 R_{sy} - zatížení na mobilizaci plášťového tření [N]
 s_{lim} - limitní (předepsané) sedání (obvykle 25 mm) [m]
 s_y - sedání odpovídající zatížení na mobilizaci plášťového tření [m]

a dopočte se únosnost piloty pro dané **limitní sedání** s_{lim} :

$$R_c = R_{b,lim} + R_s$$

kde: $R_{b,lim}$ - zatížení v patě piloty pro předepsané sedání [N]
 R_s - únosnost na plášti piloty [N]



Postup podle doc. Masopusta

Literatura:

Masopust, J.: Vrtané piloty. 1. vydání, Praha, Čeněk a Ježek, 1994, 263 s.

Masopust, J., Glisníková, V.: Zakládání staveb Modul M01. 1. vydání, Brno, AN CERM, 2007, 182 s., ISBN 978-80-7204-538-9.

Regresní součinitelé

Měrné plášťové tření závisí na regresních součinitelích a , b . Napětí na patě piloty (při plné mobilizaci tření na plášti) závisí na regresních součinitelích e , f . Hodnoty těchto regresních součinitelů byly odvozeny z rovnic regresních křivek určených na základě statistické analýzy výsledků cca 350 statických zatěžovacích zkoušek pilot.

Dialogové okno pro zadání regresních součinitelů lze zobrazit z rámu "Sedání" pomocí tlačítek "Editace a , b ", "Editace e , f ". Při editaci se v dialogovém okně zobrazují doporučené hodnoty regresních součinitelů pro různé typy zemin a hornin.

Zadání pro zatěžovací křivku

Parametry vrstvy

Zadání parametrů do vrstvy číslo : 1

Přiřazená zemina : Třída F1, konzistence tuhá

Počátek vrstvy od upr. terénu : 0.00m

Konec vrstvy od upr. terénu : 7.00m, mocnost vrstvy: 7.00m

Nápověda pro parametry vrstvy

Zadání regresních součinitelů a,b [-]:

Horniny

	a	b
Třída R3	246	225
Třída R4	169	139
Třída R5	131	94
Třída R6	97	108

Nesoudrž. zeminy
(Id = relativní ulehlost)

	a	b
Id = 0.5	62	16
Id = 0.7	91	48
Id = 1.0	154	115

Soudržné zeminy
(Ic = index konzistence)

	a	b
Ic = 0.5	46	20
Ic > 1	97	108

a : 20.00 [-]

b : 20.00 [-]

OK Storno

OK + [up arrow] OK + [down arrow]

Dialogové okno "Zadání pro zatěžovací křivku" - zadání regresních součinitelů a , b (e , f)

Koeficienty m_1 , m_2

Koeficient podle druhu zatížení m_1 :

- pro provozní zatížení 0,7
- pro extrémní zatížení 1,0

Vliv ochrany dřívku piloty m_2 :

- pro betonáž do suchého vrtu a pod vodou 1,0
- pro betonáž po pažící suspenzi 0,9
- pro ochranu piloty pomocí fólie PVC (tl. přes 0,7 mm) 0,7
- pro ochranu piloty pomocí fólie a pletiva B-systému 0,5
- pro ochranu ponechanou ocelovou pažnicí 0,15

Literatura:

Masopust, J., Glisníková, V.: *Zakládání staveb Modul M01*. 1. vydání, Brno, AN CERM, 2007, 182 s., ISBN 978-80-7204-538-9.

Sečnový modul deformace E_s

Sečnový modul deformace E_s závisí na průměru piloty d a hloubce jednotlivých vrstev zemin h_i . **Hodnoty tohoto modulu by měly být zjištěny na základě statické zatěžovací zkoušky piloty.**

Pro nesoudržné zeminy jeho hodnota dále závisí na indexu relativní ulehlosti I_d , pro soudržné zeminy pak na indexu konzistence I_c . Hodnota sečnového modulu deformace E_s s hloubkou roste.

Článek 60 v [2] uvádí, že kumulativní hodnotu tohoto modulu (vztahující se na všechny zeminy podél pláště a pod patou velkopřůměrové piloty) lze stanovit pomocí vzorce:

$$E_s = I_s \frac{Q}{s d}$$

kde: I_s - příčinkový součinitel sedání piloty [-]
 d - průměr piloty [m]
 Q - příslušná hodnota zatížení (síly) změřená při zatěžovací zkoušce piloty [N]
 s - příslušná hodnota sedání piloty změřená při statické zatěžovací zkoušce [m]

Velikost sečnových modulů deformace E_{si} pro různé typy zemin a různé profily a hloubky pilot jsou uvedeny v následujících tabulkách [3]. Mezilehlé hodnoty sečnového modulu deformace E_s lze lineárně interpolovat.

Sečnový modul deformace E_s pro piloty umístěné ve skalních a poloskalních horninách

h (m)	d (m)								
	0,6			1,0			1,5		
	R3	R4	R5	R3	R4	R5	R3	R4	R5
1,5	50,3	28,2	20,2	72,3	35,0	24,7	85,5	33,5	22,3
3,0	64,5	43,1	30,8	105,5	57,3	41,0	138,3	58,8	41,2
5,0	-	58,2	41,3	-	75,3	54,8	-	87,9	63,7
10,0	-	87,5	61,6	-	114,5	83,2	-	133,0	97,0

Sečnový modul deformace E_s pro piloty umístěné v nesoudržných zeminách

h (m)	d (m)								
	0,6			1,0			1,5		
	I_d								
	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9
1,5	11,0	13,7	28,3	12,8	15,8	30,6	13,0	15,3	29,0
3,0	15,5	20,2	44,5	18,4	25,0	47,8	19,4	24,5	52,5
5,0	18,8	26,6	56,1	22,8	32,5	69,1	24,5	36,0	78,2
10,0	23,8	36,6	72,1	29,8	47,8	93,4	32,6	54,0	107,3

Sečnový modul deformace E_s pro piloty umístěné v soudržných zeminách

h (m)	d (m)					
	0,6		1,0		1,5	
	I_c					
	0,5	$\geq 1,0$	0,5	$\geq 1,0$	0,5	$\geq 1,0$
1,5	6,9	13,2	7,9	13,4	8,6	12,3
3,0	10,0	22,0	12,5	23,9	13,7	23,0
5,0	12,5	31,2	15,9	35,4	18,4	36,7
10,0	15,5	44,3	21,3	51,3	24,6	57,4

Dialogové okno pro zadání sečnového modulu deformace E_s lze zobrazit z rámu "Sedání" pomocí tlačítka "Editace E_s ". Při editaci se v dialogovém okně zobrazují doporučené hodnoty sečnového modulu deformace E_s v závislosti na hloubce středu vrstvy h a průměru piloty d .

Zadání pro zatěžovací křivku

Zadání parametrů do vrstvy číslo : 1
 Přiřazená zemina : Třída F4, konzistence tuhá
 Počátek vrstvy od upr. terénu : 0,00m
 Konec vrstvy od upr. terénu : 6,00m, mocnost vrstvy: 6,00m

— Parametry — — Nápořevda —

$E_s =$ [MPa]

Zadání sečnového modulu deformace E_s [MPa]:

Horniny:
 Třída R3 105,50
 Třída R4 57,30
 Třída R5 41,00
 Třída R6 23,90

Nesoudržné zeminy:
 (Id = relativní ulehlost)
 Id = 0.5 18,40
 Id = 0.7 25,00
 Id = 1.0 47,80

Soudržné zeminy:
 (Ic = index konzistence)
 Ic = 0.5 12,50
 Ic > 1 23,90

OK + ↑ OK + ↓

Dialogové okno "Zadání pro zatěžovací křivku" - Sečnový modul deformace E_s [MPa]

Literatura:

- [1] ČSN 73 1002: Pilotové základy. Praha, ÚNM, 1988, 28 s.
 [2] ČSN 73 1004: Velkopřůměrové piloty. Praha, ÚNM, 1981, 56 s.
 [3] Masopust, J., Glisníková, V.: Zakládání staveb Modul M01. 1. vydání, Brno, AN CERM, 2007, 182 s., ISBN 978-80-7204-538-9.
 [4] Pochman, R., Šimek, J.: Pilotové základy - Komentář k ČSN 73 1002. 1. vydání, Praha, Vydavatelství norem, 1989, 80 s.

Příčinkový součinitel sedání I_s

Příčinkový součinitel sedání I_s závisí na poměru hloubky paty piloty pod povrchem únosné vrstvy D a průměru piloty d . Příčinkový součinitel sedání piloty I_s je dán vztahem:

$$I_s = I_0 \cdot R_k \cdot R_h$$

kde:

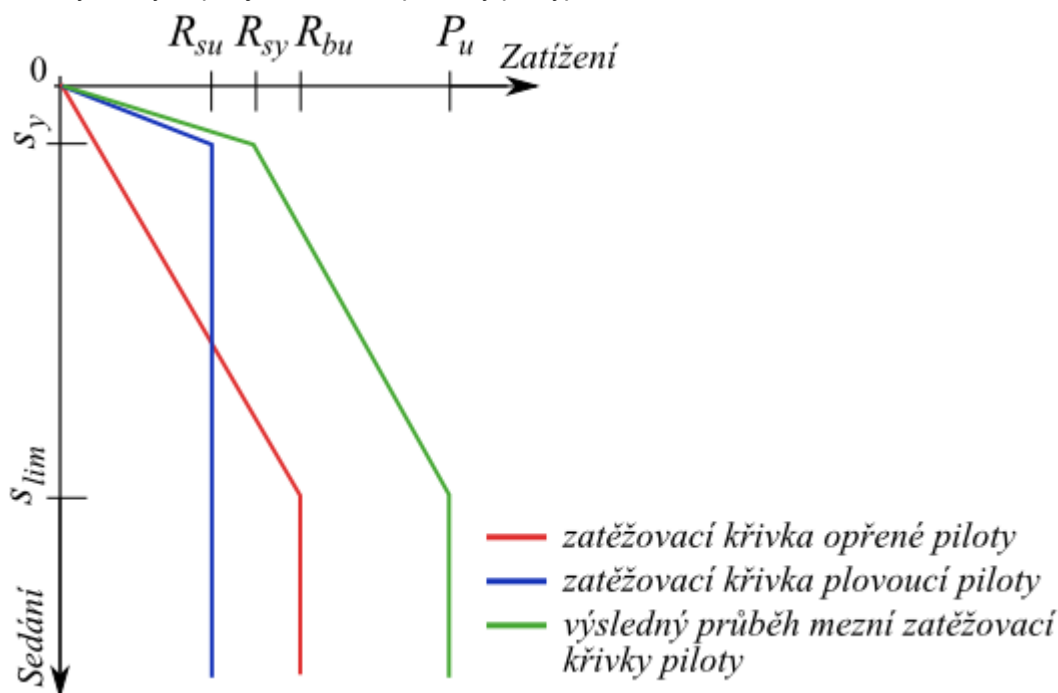
- I_0 - základní příčinkový součinitel sedání
- R_k - korekční součinitel tuhosti piloty
- R_h - součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy pod patou piloty

Lineární teorie (Poulos)

Výpočet mezní zatěžovací křivky **osamělé piloty**, resp. **skupiny pilot** vychází z řešení popsaného v knize **Pile Foundations Analysis and Design** (H. G. Poulos et. E. H. Davis, 1980) a je založena na teorii pružného poloprostoru a modifikaci na základě měření pomocí in-situ. Základová půda je tedy popsána modulem pružnosti E a Poissonovým číslem ν . Tato metoda umožňuje stanovit mezní zatěžovací křivku pro **pilotové základy** (osamělá pilota, skupina pilot).

Základním vstupem výpočtu je únosnost piloty v patě R_{bu} a únosnost piloty na plášti R_{su} . Mezní únosnost, resp. zatížení piloty lze vyjádřit vztahem $P_u = R_{su} + R_{bu}$. Tyto hodnoty program získá na základě výpočtu svislé únosnosti **osamělé**

piloty, resp. skupiny pilot v závislosti na zadané metodě výpočtu. Všechny dílčí součinitele výpočtu jsou uvažovány hodnotou 1.0, takže výsledný odpor je větší než spočtený při výpočtu svislé únosnosti.



Mezní zatěžovací křivka pilotového základu podle Poulouse

Literatura:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5, pp. 71 - 108.

Sedání pilot podle Poulouse

Základním předpokladem výpočtu je stanovení **síly na mezi mobilizace plášťového tření R_{sy}** . Při tomto zatížení již nedochází k nárůstu únosnosti na plášti piloty, další zatížení přenáší pouze pata piloty. Tato síla se určí podle vztahu:

$$R_{sy} = \frac{R_s}{1 - \beta}$$

kde: R_s - únosnost na plášti piloty [N]
 β - koeficient přenosu zatížení do paty piloty [-]

Koeficient přenosu zatížení do paty piloty β se stanoví podle následujícího vztahu:

$$\beta = \beta_0 \cdot C_k \cdot C_b \cdot C_v$$

kde: β_0 - součinitel přenosu nestlačitelné piloty
 C_k - opravný součinitel tuhosti piloty
 C_v - opravný součinitel vlivu Poissonova čísla zeminy
 C_b - opravný součinitel tuhosti zeminy

Odpovídající velikost **sedání s_y na mezi mobilizace plášťového tření R_{sy}** je dána vztahem:

$$s_y = \frac{I \cdot R_{sy}}{d \cdot E_s}$$

kde: I - příčinkový součinitel sedání piloty [-]
 E_s - průměrná hodnota **sečnového modulu deformace** zeminy podél dřívku piloty [MPa]
 d - průměr piloty [m]
 R_{sy} - zatížení, resp. síla na mezi mobilizace plášťového tření [N]

Příčinkový součinitel sedání I je dán vztahem:

$$I = I_0 \cdot R_k \cdot R_b \cdot R_v$$

kde:

- I_θ - základní příčinkový součinitel sedání
- R_k - korekční součinitel tuhosti piloty
- R_b - korekční součinitel tuhosti únosné zeminy
- R_v - korekční součinitel Poissonova čísla

Celkové limitní sedání s_{lim} se spočte podle vztahu:

$$s_{lim} = \frac{I \cdot R_{bu}}{\beta \cdot d \cdot E_s}$$

kde:

- I - příčinkový součinitel sedání piloty [-]
- R_{bu} - velikost maximální síly (mezní únosnost) přenášená patou piloty [N]
- β - koeficient přenosu zatížení do paty piloty [-]
- d - průměr piloty [m]
- E_s - průměrná hodnota **sečnového modulu deformace** zeminy podél dříku piloty [MPa]

Literatura:

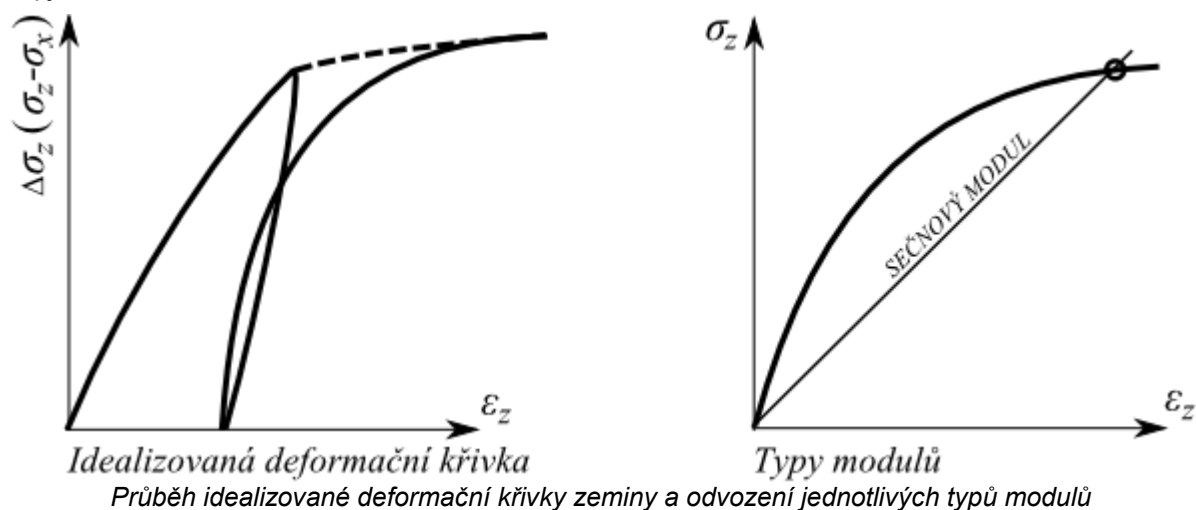
Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapters 5.3 and 5.4, pp. 84 - 100.

Sečnový modul deformace E_s

V odborné literatuře se objevuje dvojí označení pro modul E_s . Autoři Poulos et. Davis (1980) tento parametr zeminy nazývají jako **modul pružnosti zeminy**, zatímco Briaud (2001) a Gopal Ranjan (2000) hovoří o **sečnovém modulu deformace zeminy**. Obojí pojmenování modulu E_s má prakticky stejný význam. Nicméně zemina se chová pružně pouze v oboru malých přetvoření a deformací (obecně se jedná o heterogenní materiál), a tak je vhodnější hovořit spíše o **sečnovém modulu deformace zeminy E_s** .

Modul pružnosti zeminy E se obdrží z deformační křivky zeminy pomocí deviátoru napětí - zatížení. Neodvodněný modul pružnosti zeminy E_u se získá z neodvodněné triaxiální zkoušky, zatímco odvodněný modul pružnosti zeminy E_d se obdrží ze zkoušky za odvodněných podmínek.

V počátečním stádiu deformační křivky je závislost téměř lineární, nicméně pružné přetvoření zemin je velmi malé k celkové hodnotě přetvoření. Rozlišuje se tedy **tečnový modul deformace**, **sečnový modul deformace** a **počáteční tečnový modul deformace**. Zavedením tohoto zjednodušujícího předpokladu je umožněno použití teorie pružnosti při zjišťování napjatostního a deformačního stavu v zeminách.



Sečnový modul deformace E_s je definován jako poměr rozdílu v deviátoru napětí k odpovídajícímu osovému přetvoření podle vztahu:

$$E_s = \frac{\Delta(\sigma_1 - \sigma_3)}{\Delta \varepsilon_E}$$

Lambe et. Whitman (1969) uvádějí, že za modul pružnosti zeminy se obvykle považuje sečnový modul deformace od nulového deviátoru napětí k deviátoru napětí rovnajícímu se jedné polovině až jedné třetině vrcholového deviátoru napětí.

Sečnový modul deformace E_s se snižuje s rostoucí úrovní napětí, protože deformační křivka má klesající zakřivení.

Existují tři možnosti, jak získat tento parametr zeminy:

- laboratorní zkoušky v triaxiálu (výpočtem na základě tečnového modulu deformace)
- statická zatěžovací zkouška piloty
- empirické korelační vztahy na základě předchozích zkušeností

Typické hodnoty sečnového modulu deformace E_s pro vybrané typy zeminy - hodnoty získané z polních zkoušek na základě historie zatížení, objemu vody, stupni ulehlosti, resp. konzistence zemin (Gopal Ranjan et. Rao, 2000):

Typ zeminy	Konzistence, resp. ulehlost zeminy	Modul E_s [MPa]
Jílovitá hlína	Velmi měkká, kašovitá	0,2 - 2
Jíl	Velmi měkká, kašovitá	2 - 15
	Měkká	5 - 25
	Tuhá	15 - 50
	Pevná, tvrdá	50 - 100
	Písčitý jíl	25 - 250
Písčitá hlína	Hlinitý písek	7 - 21
	Kyprá	10 - 24
	Ulehlá	48 - 80
Písek a štěrk	Kyprá	50 - 145
	Ulehlá	100 - 190

Literatura:

Briaud, J.-L.: *Introduction to Soil Moduli*. Geotechnical News, June 2001, BiTech Publishers Ltd, Richmond, B.C., Canada.

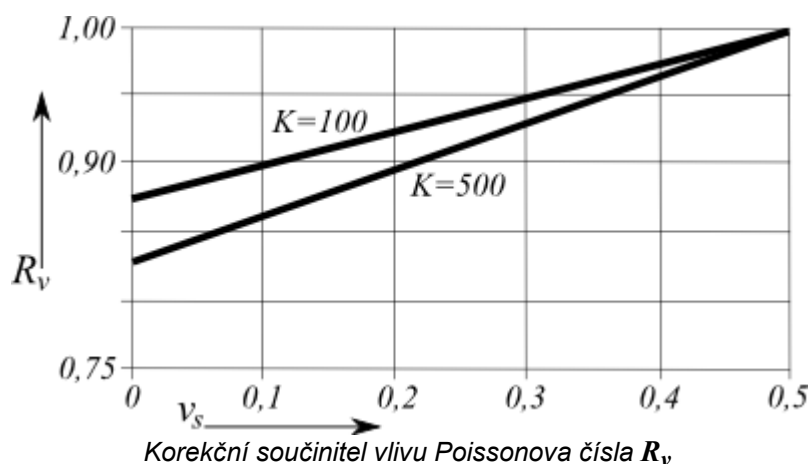
Gopal Ranjan et. A. S. R. Rao: *Basic and Applied Soil Mechanics*. New Age International, 2000, chapter 10.11, pp. 328 - 330. ISBN: 8122412238, 9788122412239.

Lambe, T. W. et. Whitman, V. R.: *Soil Mechanics*. New York: John Wiley and Sons, 1969, 576 p. ISBN: 978-0-471-51192-2.

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.5, pp. 101 - 104.

Korekční součinitel Poissonova čísla R_v

Součinitel vlivu Poissonova čísla R_v zohledňuje vliv poklesu Poissonova čísla ν okolní zeminy na pokles hodnot sedání piloty při konstantním modulu pružnosti okolní zeminy. Hodnoty tohoto součinitele jsou obecně udávány v závislosti Poissonova čísla okolní zeminy ν_s a koeficientu tuhosti piloty K . V programu je graf implementován v numerické podobě.

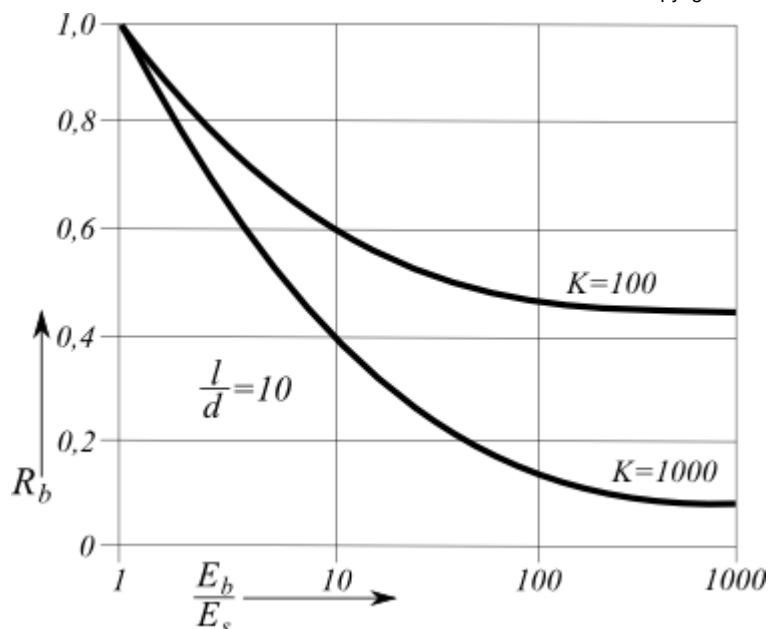


Literatura:

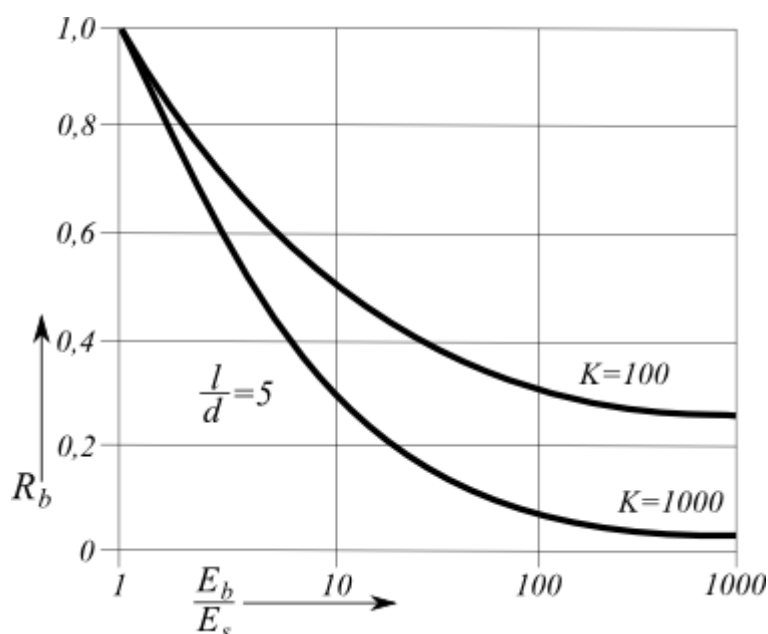
Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 89 (figure 5.21).

Korekční součinitel tuhosti únosné zeminy R_b

Hodnoty tohoto součinitele R_b jsou obecně udávány v závislosti poměru modulů pružnosti zeminy pod pilotou a sečnového modulu deformace okolní zeminy (E_b / E_s) a koeficientu tuhosti piloty K a to pro různé poměry délky piloty a průměru piloty (l/d). V programu jsou grafy implementovány v numerické podobě.



Korekční součinitel tuhosti únosné zeminy R_b ($L/d = 10$)



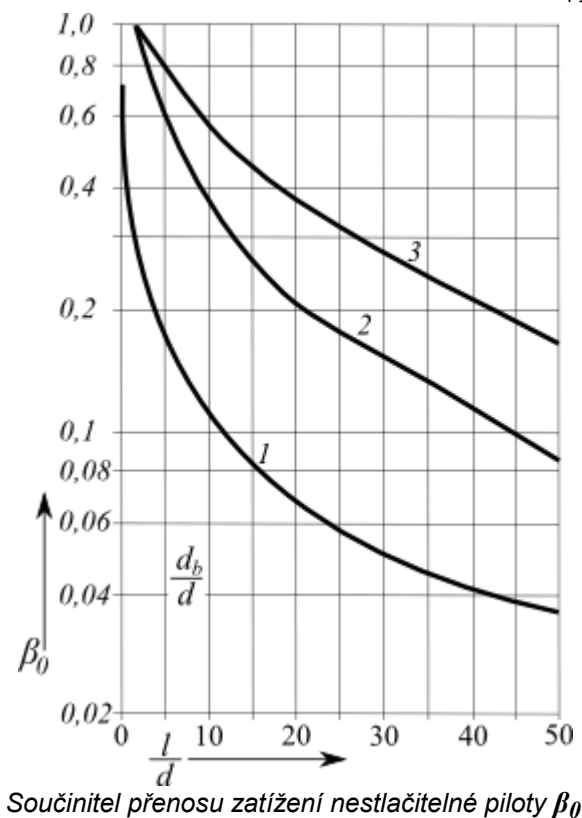
Korekční součinitel tuhosti únosné zeminy R_b ($L/d = 5$)

Literatura:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 90 (figure 5.22).

Součinitel přenosu nestlačitelné piloty β_0

Součinitel přenosu zatížení nestlačitelné piloty β_0 do pružného poloprostoru vyjadřuje vliv stlačení pružného poloprostoru, do kterého je vneseno zatížení pilotou z nestlačitelného materiálu. Hodnoty tohoto součinitele jsou obecně udávány v závislosti poměru délky piloty a průměru piloty (L/d) a poměru průměru piloty v patě a průměru piloty (d_b/d). V programu je graf implementován v numerické podobě.

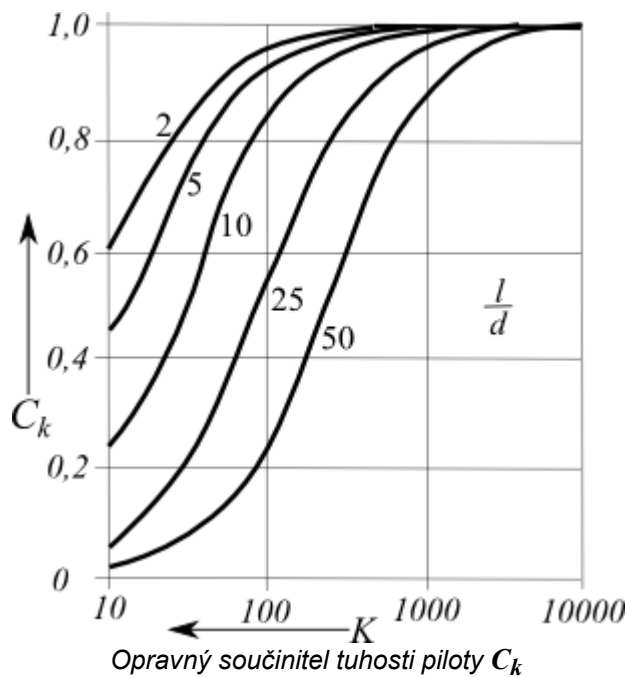


Literatura:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 86 (figure 5.11).

Opravný součinitel tuhosti piloty C_k

Hodnoty tohoto součinitele C_k jsou obecně udávány v závislosti poměru délky piloty a průměru piloty (l/d) na koeficientu tuhosti piloty K . V programu, je graf implementován v numerické podobě.

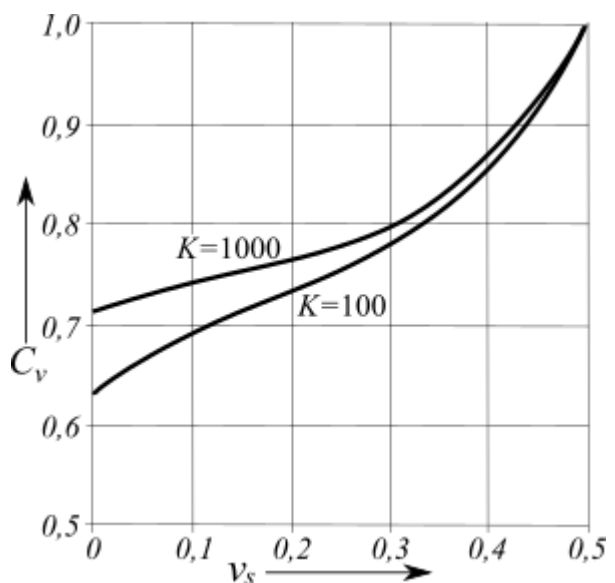


Literatura:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 86 (figure 5.12).

Opravný součinitel vlivu Poissonova čísla zeminy C_v

Hodnoty tohoto součinitele C_v jsou obecně udávány v závislosti Poissonova čísla okolní zeminy ν_s na koeficientu tuhosti piloty K . V programu je graf implementován v numerické podobě.



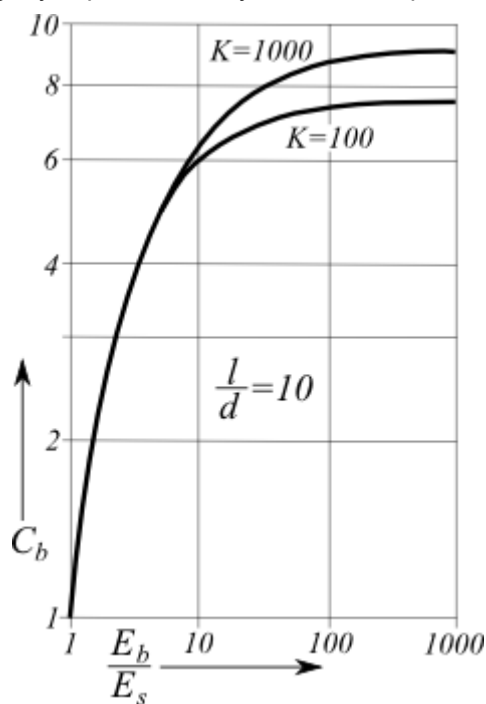
Opravný součinitel vlivu Poissonova čísla zeminy C_v

Literatura:

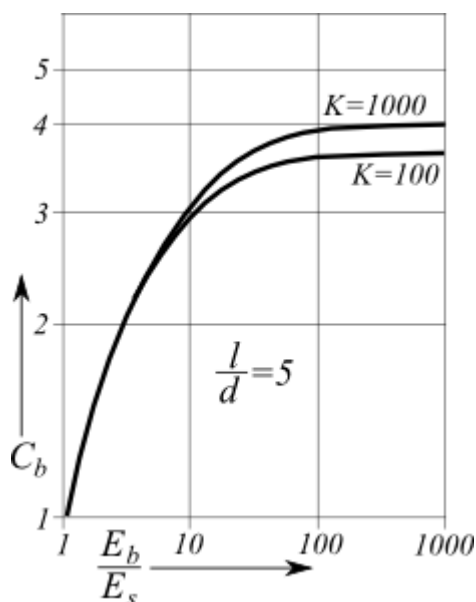
Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 86 (figure 5.13).

Opravný součinitel tuhosti zeminy C_b

Hodnoty tohoto součinitele C_b jsou obecně udávány v závislosti poměru modulů pružnosti zeminy pod pilotou a sečnového modulu deformace okolní zeminy (E_b/E_s) a koeficientu tuhosti piloty K a to pro různé poměry délky piloty a průměru piloty (l/d). V programu jsou grafy implementovány v numerické podobě.



Opravný součinitel tuhosti zeminy C_b ($L/d = 10$)

Opravný součinitel tuhosti zeminy C_b ($L/d = 5$)**Literatura:**

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 87 - 88 (figure 5.14).

Koeficient tuhosti piloty K

Koeficient tuhosti piloty je definován vztahem:

$$K = \frac{E_p \cdot R_a}{E_s}$$

kde:

- E_p - modul pružnosti materiálu piloty [MPa]
- E_s - průměrná hodnota **sečnového modulu deformace** zeminy podél dřívku piloty [MPa]
- R_a - poměr plochy řezu pilotou a plochy ohraničené vnějším okrajem [-]

$$R_a = \frac{A_1}{A_2}$$

kde:

- A_1 - průměrná plocha příčného řezu pilotou [m^2]
- A_2 - plocha dřívku piloty [m^2]

(pro tuhé piloty $R_a = 1$)

EA-Pfähle

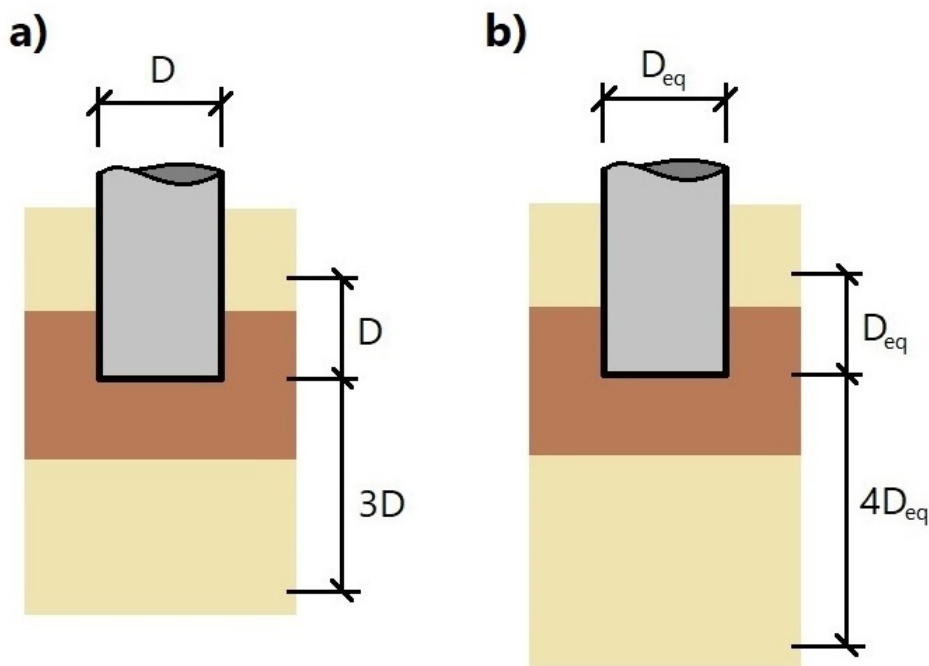
Výpočet mezní zatěžovací křivky **osamělé piloty** vychází z řešení popsaného v příručce **EA-Pfähle**.

Základním vstupem pro výpočet jsou empirické hodnoty pro **odpor na plášti** q_s a **patě piloty** q_b , které jsou založeny na analýze výsledků statických zatěžovacích zkoušek pilot.

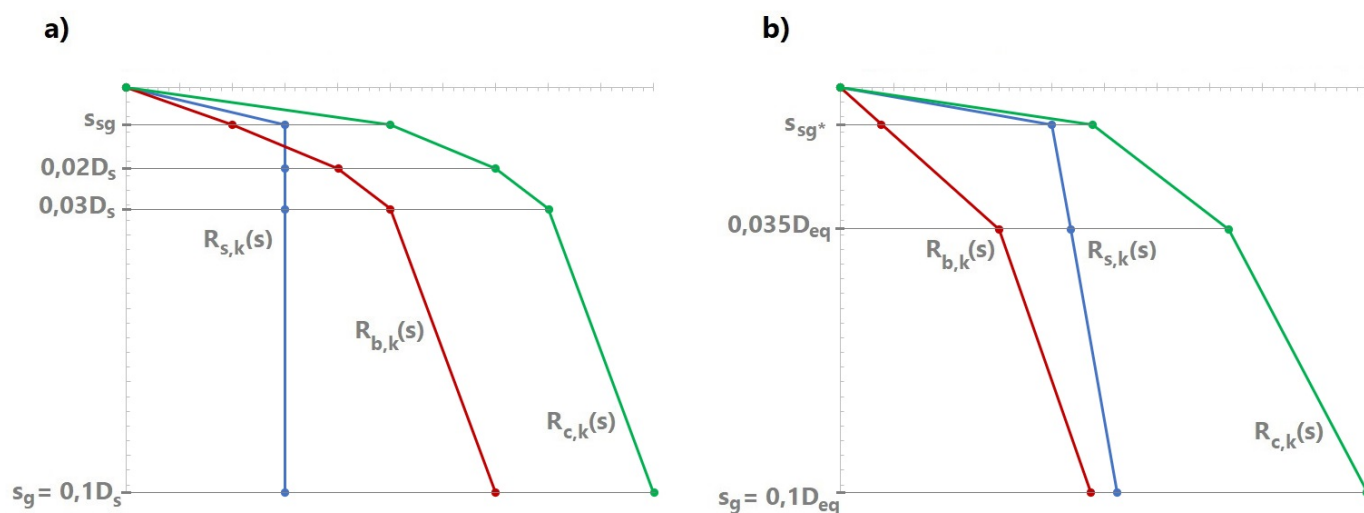
Odpor je určen podle **technologie provádění pilot** (vrtané, beraněné, CFA) a podle **typu zeminy** (soudržná, nesoudržná). Hodnoty lze automaticky dopočítat nebo zadat v rámu **sedání**.

Při **automatickém dopočtu** se hodnoty q_s přiřadí do tabulky podle vlastností zemín v jednotlivých vrstvách. Pro hodnoty q_b se vytvoří **fiktivní profil** v okolí paty piloty a určí se vážený průměr hodnot q_b z jednotlivých vrstev.

Podrobnější postup metody je popsán [zde](#).



Fiktivní profil podle technologie piloty - a) vrtané a CFA piloty, b) beraněné piloty



Zatěžovací křivka pilotového základu podle EA-Pfähle - a) vrtané a CFA piloty, b) beraněné piloty

Literatura:

German Geotechnical Society: Recommendations on Piling (EA-Pfähle). Berlin: Ernst & Sohn, 2012.

Výpočet podle EA-Pfähle

Zatěžovací křivka pro osamělé piloty se sestavuje následujícím způsobem:

1) Spočte se mezní únosnost na plášti $R_{s,k}$ podle vztahu:

- pro **vrtané a CFA** piloty

$$R_{s,k}(s_{sg}) = \sum_{i=1}^n q_{s,k,i} \cdot A_{s,i}$$

- pro **beraněné** piloty

$$R_{s,k}(s_{sg}^*) = \sum_{i=1}^n \eta_s \cdot q_{s,k,i} \cdot A_{s,i}$$

kde: $q_{s,k,i}$ - odpor na plášti v i -té vrstvě [kPa]

- $A_{s,i}$ - plocha pláště v i -té vrstvě [m^2]
 s_{sg}, s_{sg}^* - sedání pro mezní hodnotu plášťového tření
 η_s - korekční součinitel pro plášť

a následně se posoudí podmínka:

- pro **vrtané** a **CFA** piloty

$$s_{sg} = 0,5 \cdot R_{s,k}(s_{sg}) + 0,5 \leq 30mm$$

- pro **beraněné** piloty

$$s_{sg}^* = 0,5 \cdot R_{s,k}(s_{sg}^*) \leq 10mm$$

- kde:
- s_{sg}, s_{sg}^* - sedání pro mezní hodnotu plášťového tření [mm]
 $R_{s,k}$ - únosnost na plášti v úrovni s_{sg} resp. s_{sg}^* [MN]

Pokud podmínka nevyhoví, nelze zatěžovací křivku sestavit.

2) Spočte se únosnost na patě $R_{b,k}$ v požadovaných úrovních s/D :

- pro **vrtané** a **CFA** piloty

$$R_{b,k} = q_{b,k} \cdot A_b$$

- pro **beraněné** piloty

$$R_{b,k} = \eta_b \cdot q_{b,k} \cdot A_b$$

- kde:
- $q_{b,k}$ - odpor na patě v úrovni s/D resp. s/D_{eq} [kPa]
 A_b - plocha paty piloty [m^2]
 η_b - korekční součinitel pro patu
 s - sedání
 D, D_{eq} - průměr paty piloty

3) Stanoví se celková únosnost piloty pro limitní sedání $R_{c,k}$:

$$R_{c,k} = R_{s,k}(s_g) + R_{b,k}(s_g)$$

- kde:
- $R_{s,k}$ - únosnost pláště piloty pro limitní sedání s_g [kPa]
 $R_{b,k}$ - únosnost paty piloty pro limitní sedání s_g [kPa]
 s_g - limitní sedání $0,1D$ resp. $0,1D_{eq}$

Na závěr se pilota posuzuje pro **tlakové zatížení**. Pilota namáhaná **tahem** není programem posouzena.

Samotné posouzení je provedeno podle teorie **mezních stavů**:

$$R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t} \geq V_d + W_p$$

- kde:
- $R_{c,d}$ - návrhová únosnost tlačené piloty
 $R_{c,k}$ - charakteristická únosnost tlačené piloty
 γ_t - součinitel redukce celkového únosnosti
 V_d - extrémní svislá síla
 W_p - vlastní tíha piloty

Literatura:

German Geotechnical Society: *Recommendations on Piling (EA-Pfähle)*. Berlin: Ernst & Sohn, 2012.

Hodnoty odporu na patě

Stanovení odporu q_b by mělo být součástí geologického průzkumu.

Orientační hodnoty q_b [kPa] lze nalézt v odborné literatuře pro různé typy zemin:

- pro **vrtané** piloty:

q_b	
nesoudržná zemina	soudržná zemina

	q_c			c_u		
s/D	7,5	15	25	100	150	250
0,02	550-800	1050-1400	1750-2300	350-450	600-750	950-1200
0,03	700-1050	1350-1800	2250-2950	450-550	700-900	1200-1450
0,10	1600-2300	3000-4000	4000-5300	800-1000	1200-1500	1600-2000

- pro beraněné piloty:

	q_b					
	nesoudržná zemina			soudržná zemina		
	q_c			c_u		
s/D_{eq}	7,5	15	25	100	150	250
0,035	2200-5000	4000-6500	4500-7500	350-450	550-700	800-950
$s_g=0,10$	4200-6000	7600-10200	8750-11500	600-750	850-1100	1150-1500

kde:

- q_c - odpor na hrotu zatlačované sondy, zkouška CPT [MPa]
- c_u - totální soudržnost zeminy [kPa]
- s - sednutí piloty
- s_g - limitní sedání
- D - průměr piloty
- D_{eq}

Mezilehlé hodnoty mohou být lineárně interpolovány.

Literatura:

EA-Pfähle, ISBN: 978-3-433-03005-9.

Hodnoty odporu na plášti

Stanovení plášťového tření q_s by mělo být součástí geologického průzkumu.

Orientační hodnoty q_s [kPa] lze nalézt v odborné literatuře pro různé typy zemín:

- pro vrtané piloty:

q_s					
nesoudržná zemina			soudržná zemina		
q_c			c_u		
7,5	15	25	60	150	250
55-80	105-140	130-170	30-40	50-65	65-85

- pro beraněné piloty:

	q_s					
	nesoudržná zemina			soudržná zemina		
	q_c			c_u		
s/D_{eq}	7,5	15	25	60	150	250
s_{sg}^*	30-40	65-90	85-120	20-30	35-50	45-65
$s_g=0,1D_{eq}$	40-60	95-125	125-160	20-35	40-60	55-80

kde:

- q_c - odpor na hrotu zatlačované sondy, zkouška CPT [MPa]
- c_u - totální soudržnost zeminy [kPa]
- s_{sg}^* - sedání odpovídající zatížení na mobilizaci plášťového tření
- s_g - limitní sedání
- D_{eq} - průměr piloty

Mezilehlé hodnoty mohou být lineárně interpolovány.

Literatura:

EA-Pfähle, ISBN: 978-3-433-03005

Korekční součinitele pro beraněné piloty

Korekční součinitele pro **patu** η_b a **plášť** η_s lze pro **beraněné** piloty dopočítat nebo zadat v rámu "Geometrie".

Typ piloty	η_b [-]	η_s [-]
Beton nebo vyztužený beton	1,00	1,00
Ocelová trubka - otevřená ($0,30 \text{ m} \leq D_b \leq 1,60 \text{ m}$)	$0,95 \cdot e^{-1,2D_b}$	$1,1 \cdot e^{-0,63D_b}$
Ocelová trubka - uzavřená ($D_b \leq 0,80 \text{ m}$)	0,80	0,60

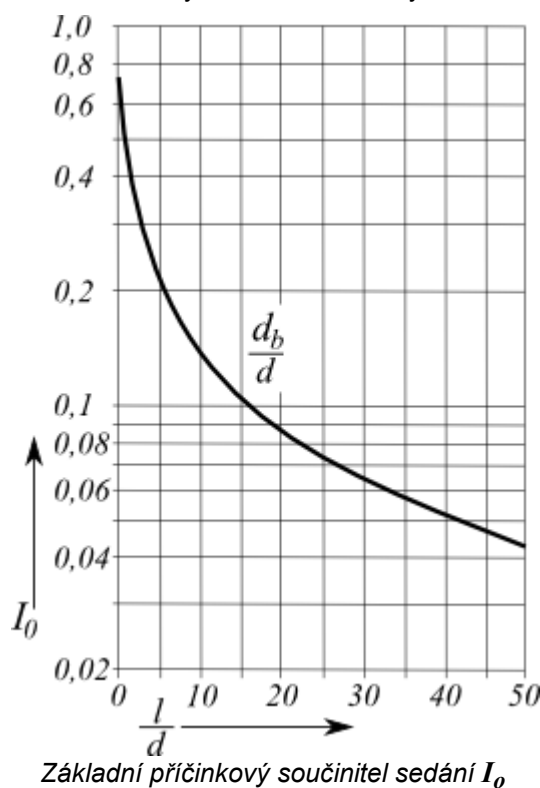
kde: D_b - ekvivalentní průměr piloty v patě [m]

Literatura:

German Geotechnical Society: *Recommendations on Piling (EA-Pfähle)*. Berlin: Ernst & Sohn, 2012.

Základní příčinkový součinitel sedání I_0

Základní příčinkový součinitel sedání I_0 je závislý na délce piloty l a průměru piloty d a jeho hodnoty jsou obecně uváděny následujícím grafem, kde jsou také zavedeny meze této hodnoty:



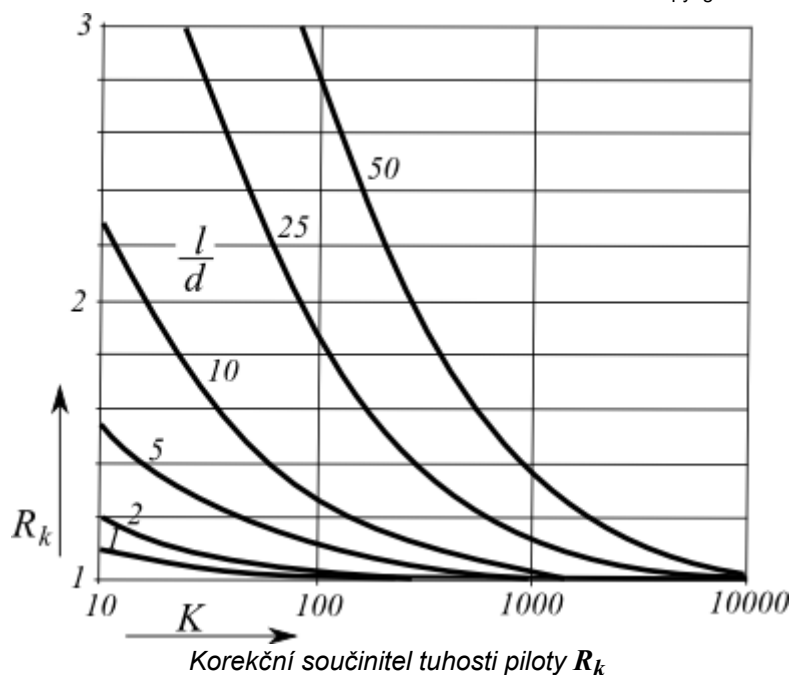
V programu jsou tyto závislosti implementovány v numerické podobě.

Literatura:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 89 (figure 5.18).

Korekční součinitel tuhosti piloty R_k

Tento součinitel R_k vystihuje tuhost piloty v závislosti na **koefficientu tuhosti piloty** K a poměru délky piloty a průměru piloty (l/d). Jeho hodnoty jsou uváděny následujícím grafem a do programu jsou zavedeny numerickou závislostí.

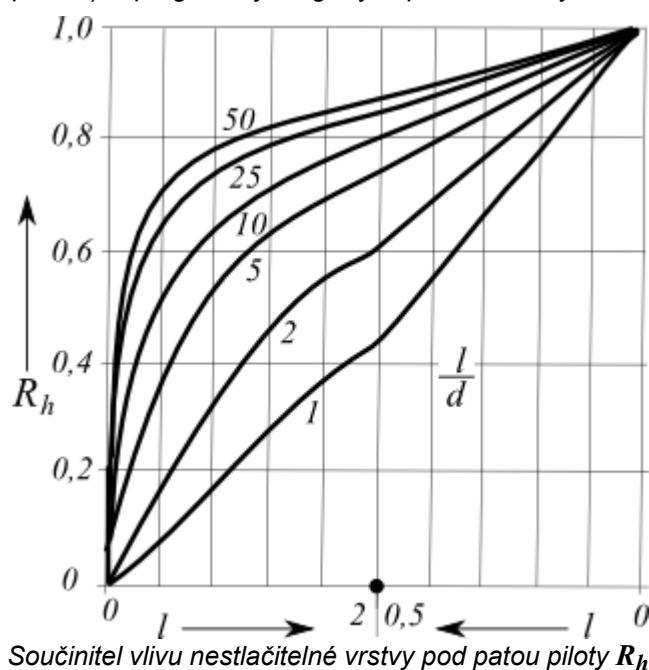


Literatura:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 89 (figure 5.19).

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy pod patou piloty R_h

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy R_h vyjadřuje vliv nestlačitelné vrstvy pod patou piloty, jeho hodnoty jsou v literatuře uváděny graficky v závislosti poměru délky piloty a průměru piloty (l/d) a poměru délky piloty a mocnosti stlačitelné vrstvy nad nestlačitelnou vrstvou (l/h popř. h/l), v programu jsou grafy implementovány v numerické podobě.



Literatura:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, chapter 5.3.3, pp. 89 (figure 5.20).

Vodorovná únosnost piloty - pružný poloprostor

Vodorovná únosnost piloty, dimenzování

Vodorovně zatížená pilota je řešena metodou konečných prvků jako nosník uložený na pružném Winklerově podloží. Parametry zemin po délce piloty charakterizuje modul reakce podloží. Pilota je v programu standardně rozdělena na 30 dílů, ve kterých se počítají hodnoty modulu reakce podloží, hodnoty vnitřních sil a deformací. Program umožňuje

dimenzování **železobetonových pilot** podle metody zadané v rámu "**Nastavení**" a zadaných parametrů v záložce "**Piloty**".

Program umožňuje také počítat pilotu zatíženou **deformačním zatížením** (posun, resp. pootočení hlavy piloty). V tomto případě se nepočítá se zadaným zatížením, ale pouze se zadanými přetvořeními.

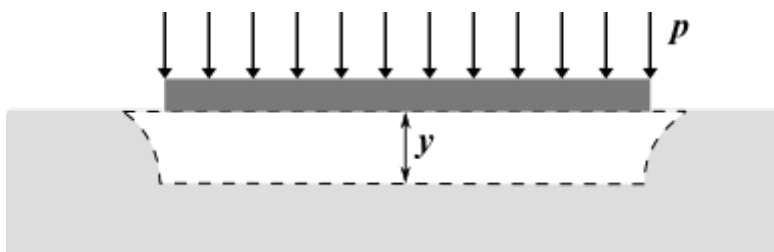
V programu je možné zadat **modul reakce podloží** následujícími způsoby:

- **průběhem** (zadáva se průběh modulu reakce podloží po pilotě)
- **konstantní průběh**
- **lineární průběh** (Bowles)
- **podle ČSN 73 1004**
- **podle Matlocka a Reese**
- **podle Vesice**

Modul vodorovné reakce podloží odpovídá obecně tuhosti pružiny ve Winklerově modelu, který popisuje vztah mezi zatížením tuhé desky a jejím zatlačením do podloží vyjádřený rovnicí:

$$p = ky$$

- kde:
- p - zatížení působící na kontaktu desky a povrchu podloží
 - k - tuhost Winklerovy pružiny
 - y - posun základové desky do podloží



Definice modulu reakce podloží

Konstantní průběh modulu reakce podloží

Modul reakce podloží i -té vrstvy se vypočte podle vztahu:

$$k_h = \frac{3E_{def}}{2r}$$

- kde:
- E_{def} - modul deformace zeminy [MPa]
 - r - redukovaná šířka piloty [m], která se vypočte podle vztahu:

$$r = d + 2d \tan \beta$$

- kde:
- d - průměr piloty [m]
 - β - úhel roznášení - zadává se v závislosti na úhlu vnitřního tření zeminy v rozmezí $\varphi/4$ až φ

Literatura:

Pochman, R.; Šimek, J.: Pilotové základy - Komentář k ČSN 73 1002. 1. vydání, Praha, Vydavatelství norem, 1989, 80 s.

Lineární průběh modulu reakce podloží

Modul reakce podloží v hloubce z se vypočte ze vztahu:

$$k_h = k \left(0.308 + 1.584 \frac{d}{l} \right) \frac{z}{rl}$$

- kde:
- d - průměr piloty [m]
 - l - délka piloty [m]
 - k - parametr zeminy podle Bowlese [MN/m³]
 - r - redukovaná šířka piloty [m], která se vypočte podle vztahu:

$$r = d + 2d \tan \beta$$

- kde:
- d - průměr piloty [m]

β - úhel roznášení - zadává se v závislosti na úhlu vnitřního tření zeminy v rozmezí $\varphi/4$ až φ

Orientační hodnoty modulu k [MN/m^3] podle Bowlese:

ulehlý písčitý štěrk	220 - 400
středně ulehlý štěrk	155 - 300
střednězrněný písek	110 - 280
jemný písek	80 - 200
tuhý jíł	60 - 220
tuhý jíł nasycený	30 - 110
plastický jíł	40 - 140
plastický jíł nasycený	10 - 80
měkký jíł	2 - 40

Literatura:

Bowles, J. E.: *Foundations Analysis and Design*. 5. vydání, New York: McGraw-Hill Book Company, 1997, ISBN 0-07-118844-4, kapitola 16-15.2, s. 941 (tabulka 16-4).

Pochman, R.; Šimek, J.: *Pilotové základy - Komentář k ČSN 73 1002*. 1. vydání, Praha, Vydavatelství norem, 1989, 80 s.

Modul reakce podloží podle ČSN 73 1004

Modul reakce podloží pro **soudržnou zeminu** se počítá podle vzorce:

$$k_h = \frac{2E_{def}}{3d}$$

kde: E_{def} - modul deformace zeminy [MPa]

d - průměr piloty [m]

Pro **nesoudržnou zeminu** se počítá podle vzorce:

$$k_h = n_h \frac{z}{d}$$

kde: n_h - modul horizontální stlačitelnosti [MN/m^3]

d - průměr piloty [m]

z - hloubka daného úseku od původního terénu [m]

Orientační hodnoty modulu horizontální stlačitelnosti n_h pro nesoudržné zeminy:

Zemina	n_h [MN/m^3]		
Relativní ulehlost zeminy I_D [-]	0,3	0,5	0,9
Suchý písek a štěrk	2,5	7,0	18,0
Vlhký písek a štěrk	1,5	4,5	11,0

Literatura:

ČSN 73 1004: *Velkopřůměrové piloty*. Praha, ÚNM, 1981, 56 s.

Masopust, J.: *Vrtané piloty*. 1. vydání, Praha, Čeněk a Ježek, 1994, 263 s.

Modul reakce podloží podle Matlocka a Reese

Metoda je použitelná pro **nesoudržné zeminy**. Modul reakce podloží se počítá podle vzorce:

$$k_h = n_h \frac{z}{d}$$

kde: n_h - modul horizontální stlačitelnosti [MN/m^3]

d - průměr piloty [m]

z - hloubka daného úseku od upraveného terénu [m]

Orientační hodnoty modulu horizontální stlačitelnosti n_h pro nesoudržné zeminy:

Zemina	n_h [MN/m^3]
- ulehlost	

Suchý písek a štěrk	
- kyprý	1,8 - 2,2
- středně ulehlý	5,5 - 7,0
- ulehlý	15,0 - 18,0
Vlhký písek a štěrk	
- kyprý	1,0 - 1,4
- středně ulehlý	3,5 - 4,5
- ulehlý	9,0 - 12,0

Literatura:

Reese, L. C. et. Matlock, H.: *Non-Dimensional Solutions for Laterally Loaded Piles with Soil Modulus Assumed Proportional to Depth*. University of Texas, Austin, 1956.

Reese, L. C. et. Matlock, H.: *Generalized Solutions for Laterally Loaded Piles*. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE 86, No. 5, 1960, pp. 63 - 91.

Reese, L. C. et. Matlock, H.: *Foundation analysis of offshore pile-supported structures*. Proceedings of the 5th International Conference, ISSMFE, Paris, Vol. 2, 1961, pp. 91-7.

Modul reakce podloží podle Vesice

Modul reakce podloží je počítán podle vztahu:

$$k_h = \frac{0.65}{d} \sqrt[12]{\frac{E_s d^4}{E_p I_p} \frac{E_s}{1 - \nu^2}}$$

kde:

- E_p - modul pružnosti materiálu piloty [MPa]
- I_p - moment setrvačnosti piloty [m⁴]
- E_s - modul pružnosti zeminy [MPa]
- d - průměr piloty [m]
- ν - Poissonovo číslo [-]

Literatura:

Poulos, H. G. et. Davis, E. H.: *Pile Foundations Analysis and Design*. New York: John Wiley and Sons, 1980, kapitola 8.2.3, s. 174 (rovnice 8.43).

Vesic, A. S.: *Bending of Beams Resting on Isotropic Elastic Solid*. JSMFD, ASCE, vol. 87, 1961, EM 2: strany 35 - 53.

Vesic, A.S.: *Design of Pile Foundations*. National Cooperative Highway Research Program Synthesis 42, Transportation Research Board, Washington D.C., 1977.

Vodorovná únosnost piloty - Bromsova metoda

Řešení vodorovné únosnosti osamělé piloty podle Bromse vychází z odborné literatury (Broms, 1964). Tato metoda výpočtu se vztahuje výhradně k řešení piloty v **homogenní zemině**, při posouzení piloty tedy nelze uvažovat vliv vrstevnatého podloží. Způsob výpočtu vodorovné únosnosti piloty se zadává v rámu "**Nastavení**" v záložce "**Piloty**".

V případě výpočtu vodorovné únosnosti podle Bromsovy metody program ignoruje doposud zadané vrstvy zemin. Parametry zemin se zadávají v rámu "**Vodorovná únosnost**" v závislosti na **typu zeminy** (soudržná, nesoudržná).

Vstupním údajem pro výpočet vodorovné únosnosti piloty jsou **materiálové charakteristiky** piloty (modul pružnosti, resp. pevnost daného materiálu), **geometrie piloty** (délka piloty l a její průměr d) a dále **zatížení piloty** posouvající silou, resp. ohybovým momentem.

Koeficient tuhosti piloty β se v **soudržných zeminách** určí podle vztahu:

$$\beta = \left(\frac{k_h d}{4EI} \right)^{\frac{1}{4}}$$

kde:

- EI - ohybová tuhost piloty [MNm²]
- k_h - **modul reakce podloží** [MNm³]
- d - průměr piloty [m] - (v případě **kruhového proměnného průřezu** piloty se pro výpočet parametru β uvažuje konstantní hodnota průměru piloty d_I , která se zadává v rámu "**Geometrie**").

Koeficient tuhosti piloty η se v **nesoudržných zeminách** určí podle vztahu:

$$\eta = \left(\frac{n_h}{EI} \right)^{\frac{1}{5}}$$

kde: EI - ohybová tuhost piloty [MNm^2]
 n_h - součinitel reakce podloží [MNm^3]

Program automaticky určuje, zda jde o dlouhou nebo krátkou pilotu v závislosti na poměru $\beta \cdot l$ (pro **soudržné zeminy**), resp. $\eta \cdot l$ (pro **nesoudržné zeminy**). Protože se v dostupné literatuře uvádějí rozdílná kritéria pro různé typy pilot, lze je v programu uživatelsky definovat. Pro **střední** délku piloty se posuzuje pilota jako krátká i dlouhá, program poté automaticky vybere výsledek s nejnižší hodnotou vodorovné únosnosti piloty Q_u .

Dialogové okno "Kritéria typu piloty"

Kritéria typu piloty (dlouhá, krátká, střední) se uvažují podle následujících podmínek pro:

- **volné uložení**: pro dlouhé piloty platí $\beta \cdot l > 2,5$; pro krátké piloty pak $\beta \cdot l < 2,5$
- **vetknutí**: pro dlouhé piloty platí $\beta \cdot l > 1,5$; pro krátké piloty pak $\beta \cdot l < 1,5$

Uložení piloty v hlavě lze uvažovat dvěma způsoby:

- **volné** - v hlavě piloty není bráněno pootočení.
- **vetknutí** - pilota se nemůže v hlavě otáčet. V takových případech se obvykle jedná o piloty, které jsou součástí rovinného pilotového roštu nebo **skupiny pilot**.

Dalším důležitým vstupním parametrem je **ohybová únosnost průřezu piloty**. Program tuto hodnotu automaticky dopočítá ze zadané geometrie podle vztahu:

$$M_u = \gamma_k f W_y$$

kde: W_y - průřezový modul [m^3]
 f - pevnost materiálu piloty [MPa]
 γ_k - součinitel únosnosti průřezu [-] - únosnost průřezu se podle různých norem a literatury přenásobuje různými koeficienty bezpečnosti, tento koeficient umožňuje přizpůsobení programu těmto normám.

V případě piloty provedené z **železobetonu** závisí únosnost piloty v ohybu M_u na množství navržené výztuže.

Součinitel redukce únosnosti γ_{Qu} redukuje celkovou hodnotu **vodorovné únosnosti osamělé piloty** podle vztahu:

$$Q_{u,red} = \frac{Q_u}{\gamma_{Qu}}$$

kde: Q_u - vodorovná únosnost osamělé piloty [kN]
 γ_{Qu} - součinitel redukce únosnosti [-]

Výsledkem výpočtu je vodorovná únosnost osamělé piloty Q_u , resp. $Q_{u,red}$ a deformace piloty v úrovni terénu u .

Literatura:

[1] BROMS, BENGT. B.: *Lateral Resistance of Piles in Cohesive Soils. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Vol. 90, SM2, 1964.*

[2] BROMS, BENGT. B.: *Lateral Resistance of Piles in Cohesionless Soils. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, vol. 90 SM3, 1964.*

Pilota CPT

Program Pilota CPT umožňuje:

- **výpočet únosnosti ze zkoušek CPT**

- výpočet sedání ze zkoušek CPT
- výpočet únosnosti ze zkoušek SPT

Výpočty ze zkoušek CPT

Program pilota CPT je určen k posouzení únosnosti a sedání osamělé piloty či skupiny pilot na základě výsledků **statické penetrační zkoušky**.

Základem výpočtu je stanovení **únosnosti piloty na patě a plášti**. Tento výpočet je možné provést podle následujících norem a postupů:

- EN 1997-2
- NEN 6743
- LCPC (Bustamante)
- Schmertmann
- NBN EN1997-1 ANB

U všech metod jsou podstatným vstupem bezrozměrné součinitele upravující velikost únosnosti, resp. plášťového tření. V různých publikacích jsou uvedeny různými značkami, i když jejich smysl je stále stejný. V programu pilota CPT jsou použity tyto značky:

α_p - součinitel redukce únosnosti piloty v patě

α_s - součinitel redukcující plášťové tření

Tyto součinitele se podle zvoleného postupu automaticky dopočítávají v závislosti na typu piloty a okolní zemině - program ale umožňuje uživateli zadat tyto parametry ručně (α_p lze zadat v rámu "Geometrie", α_s jako parametr zeminy).

Při výpočtu obdélníkových pilot je zaveden **součinitel tvaru piloty s** , redukcující únosnost piloty v patě. Při výpočtu pilot s rozšířenou patou je zaveden **součinitel vlivu rozšířené paty β** , upravující únosnost v rozšířené patě. Při výpočtu únosnosti paty program automaticky počítá s vlivem změny výšky terénu.

Program umožňuje **výpočet mezní zatěžovací křivky a sednutí piloty pro zadané zatížení**. Tento výpočet vychází z hodnot spočtené únosnosti piloty v patě a na plášti a je proveden podle normy NEN 6743. Při výpočtu sedání lze také uvažovat vliv **negativního plášťového tření**.

Vlastní posouzení je ovlivněno metodikou posouzení zadanou v záložce "Piloty CPT".

Únosnost

Maximální únosnost osamělé piloty na základě hodnot penetračního odporu q_c i -té statické penetrační zkoušky je určena následujícím vztahem:

$$F_{\max, i} = F_{\max, \text{base}, i} + F_{\max, \text{shaft}, i}$$

kde:

- $F_{\max, i}$ - maximální únosnost piloty z výsledků i -té zkoušky CPT
- $F_{\max, \text{base}, i}$ - maximální síla na patě piloty z výsledků i -té zkoušky CPT
- $F_{\max, \text{shaft}, i}$ - maximální síla na plášti piloty z výsledků i -té zkoušky CPT

Při výpočtu podle **stupně bezpečnosti** nebo **mezních stavech** je únosnost piloty určena jako střední hodnota ze spočtených n únosností:

$$F_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{\max, i}}{n}$$

Při výpočtu podle EN 1997-2, nebo NBN EN1997-1 ANB je únosnost **stanovena v závislosti** na korelačních součinitelích ξ_3 a ξ_4 .

Při výpočtu podle NEN 6743 je postup pro více zkoušek CPT odlišný a je v souladu s normou NEN 6743 (článek 5.3.2.2)

Maximální síla na patě piloty $F_{\max, \text{base}}$ je určena obecně vztahem:

$$F_{\max, \text{base}} = A_{\text{base}} p_{\max, \text{base}}$$

kde:

- A_{base} - průřezová plocha paty piloty
- $p_{\max, \text{base}}$ - maximální tlak v patě piloty z výsledků zkoušky CPT

Maximální síla na plášti piloty $F_{\max, \text{shaft}}$ je určena obecně vztahem:

$$F_{\max, shaft} = O_p \int_0^{\Delta L} p_{\max, shaft} dz$$

- kde:
- O_p - obvod piloty v únosné zemině
 - $p_{\max, shaft}$ - maximální velikost síly na plášti piloty (tření) z výsledků zkoušky CPT
 - ΔL - délka piloty, na které se aktivuje plášťové tření nebo délka rozšířené paty piloty
 - z - svislá pořadnice podél osy piloty

Vlastní výpočet maximálního tlaku v patě piloty $p_{\max, base}$ a maximální velikosti síly na plášti piloty $p_{\max, shaft}$ je proveden podle zvolené metody výpočtu nastavené v záložce "Piloty CPT".

EN 1997-2

EN 1997-2 stanovuje největší napětí v patě piloty (maximální odpor) $p_{\max, base}$ z příslušné i -té penetrační zloušky následujícím vztahem:

$$p_{\max, base} = 0,5 \alpha_p \beta s \left(\frac{q_{c, I, mean} + q_{c, II, mean}}{2} + q_{c, III, mean} \right)$$

- kde:
- $q_{c, I, mean}$ - průměr z hodnot $q_{c, I}$ (viz příloha D.7 v EN 1997-2)
 - $q_{c, II, mean}$ - střední hodnota nejnižších hodnot penetračního odporu $q_{c, II}$ (viz příloha D.7 v EN 1997-2)
 - $q_{c, III, mean}$ - střední hodnota penetračního odporu $q_{c, III}$ (viz příloha D.7 v EN 1997-2)
 - α_p - součinitel redukce únosnosti piloty v patě (faktor třídy piloty)
 - s - součinitel tvaru piloty
 - β - součinitel vlivu rozšířené paty

Maximální hodnota penetračního odporu q_c je omezena hodnotou 15 MPa. V nesoudrzných zeminách je uvažován vliv rekonsolidace (OCR).

Maximální tření na plášti piloty (odpor pláště) $p_{\max, shaft}$ je stanoveno podle vztahu:

$$p_{\max, shaft} = \alpha_s q_{c, z, a}$$

- kde:
- α_s - součinitel redukcující plášťové tření
 - $q_{c, z, a}$ - penetrační odpor v hloubce h

Literatura:

ČSN EN 1997-2 Eurokód : Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy, Český normalizační institut, Praha 2008.

NEN 6743

NEN 6743 "Piled Foundations" stanovuje **maximální napětí v patě piloty $p_{\max, base}$** z příslušné i -té statické penetrační zkoušky následujícím vztahem:

$$p_{\max, base} = 0,5 \alpha_p \beta s \left(\frac{q_{c, I, mean} + q_{c, II, mean}}{2} + q_{c, III, mean} \right)$$

- kde:
- $q_{c, I, mean}$ - střední hodnota penetračního odporu $q_{c, I}$ (určení je popsáno v článku 5.3.3.3 normy NEN 6743)
 - $q_{c, II, mean}$ - střední hodnota nejnižších hodnot penetračního odporu $q_{c, II}$ (určení je popsáno v článku 5.3.3.3 normy NEN 6743)
 - $q_{c, III, mean}$ - střední hodnota penetračního odporu $q_{c, III}$ (určení je popsáno v článku 5.3.3.3 normy NEN 6743)
 - α_p - součinitel redukce únosnosti piloty v patě
 - s - součinitel tvaru piloty
 - β - součinitel vlivu rozšířené paty

Maximální hodnota penetračního odporu q_c je omezena hodnotou 15 MPa. V nesoudrzných zeminách je uvažován

vliv rekonsolidace (OCR).

Maximální tření na plášti piloty $p_{max, shaft}$ je stanoveno podle vztahu:

$$P_{max, shaft} = \alpha_s q_{c, z, a}$$

kde: α_s - součinitel redukující plášťové tření
 $q_{c, z, a}$ - penetrační odpor v hloubce h

Literatura:

NEN 6743:1991/A1:1997, *Geotechniek - Berekeningsmethode voor funderingen op palen - Drukpalen*.

LCPC (Bustamante)

Metoda LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chausees (nazývaná též metodou Bustamante podle prací Bustamanteho a Gianceselliho) udává pro **maximální napětí v patě piloty $p_{max, base}$** následující vztah:

$$P_{max, base} = \alpha_p q_{c, eq}$$

kde: α_p - součinitel redukce únosnosti piloty v patě
 $q_{c, eq}$ - ekvivalentní průměrný penetrační odpor

Maximální tření na plášti piloty $p_{max, shaft}$ je stanoveno podle vztahu:

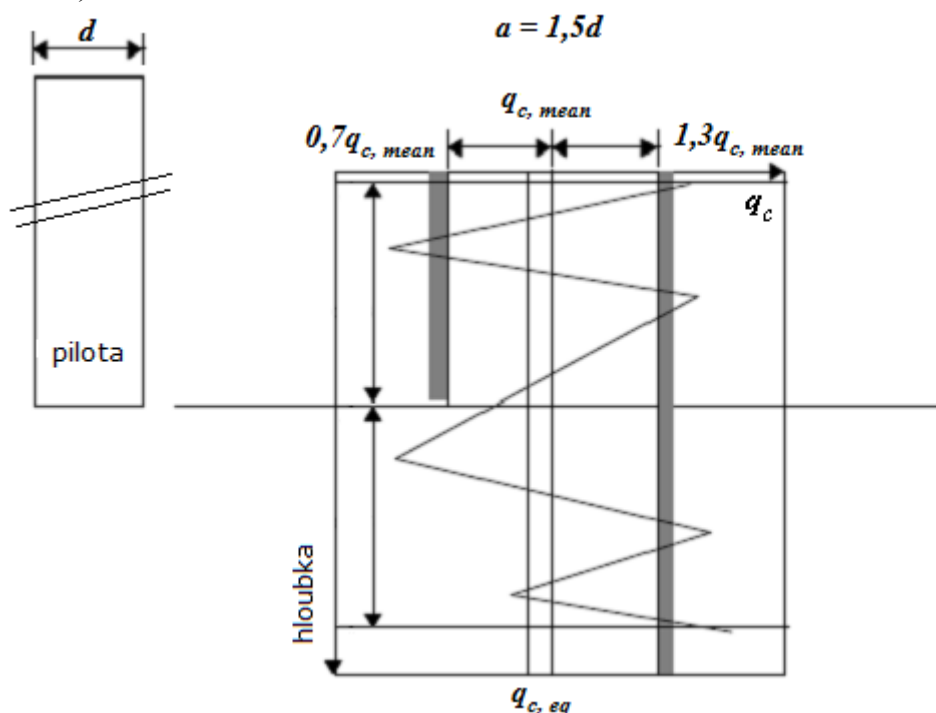
$$P_{max, shaft} = \alpha_s q_{c, z, a}$$

kde: α_s - součinitel redukující plášťové tření
 $q_{c, z, a}$ - penetrační odpor

Určení ekvivalentního průměrného penetračního odporu

Ekvivalentní průměrný penetrační odpor se získá následujícím způsobem:

- 1) Spočte se střední hodnota penetračního odporu $q_{c, mean}$ v délce začínající v hloubce $1,5d$ pod patou piloty a končící v hloubce $1,5d$ nad patou piloty (d je průměr piloty).
- 2) V určeném rozsahu se eliminují všechny hodnoty penetračního odporu q_c jejichž velikost je větší než hodnota $1,3$ násobku střední hodnoty penetračního odporu $q_{c, mean}$ a menší než $0,7$ násobek střední hodnoty penetračního odporu $q_{c, mean}$ (viz obrázek).
- 3) Ekvivalentní průměrný penetrační odpor $q_{c, eq}$ se spočte jako střední hodnota penetračního odporu q_c v délce začínající v hloubce $1,5d$ pod patou piloty a končící v hloubce $1,5d$ nad patou piloty (d je průměr piloty) z hodnot penetračního odporu q_c , které nebyly eliminovány (tj. z hodnot v rozsahu $0,7$ až $1,3$ násobku střední hodnoty penetračního odporu $q_{c, mean}$).



Určení ekvivalentního průměrného penetračního odporu $q_{c, eq}$

Literatura:

Tom Lunne, Peter K. Robertson, John J.M. Powell: *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*, Spon Press, 1997, London.

Schmertmann

Metoda Schmertmanna udává pro **maximální napětí v patě piloty** $P_{\max, \text{pata}}$ následující vztah:

$$P_{\max, \text{pata}} = \alpha_p \cdot q_{\text{upr}}$$

kde: α_p - součinitel redukce únosnosti piloty v patě
 q_{upr} - upravený penetrační odpor

$$q_{\text{upr}} = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2}$$

kde: q_{c1}, q_{c2} - minimální hodnota středního penetračního odporu

V nesoudržných zeminách je uvažován vliv rekonsolidace (OCR).

Maximální tření na plášti piloty $P_{\max, \text{plášť}}$ je stanoveno podle vztahů:

- pro nesoudržné zeminy

$$P_{\max, \text{plášť}} = K \left[0,5 \cdot (\bar{f}_s \cdot A_s)_{0 \text{ až } 8d} + (\bar{f}_s \cdot A_s)_{8 \text{ až } D} \right]$$

kde: K - korelační součinitel tření na plášti
 \bar{f}_s - průměrná hodnota měrného lokálního tření na plášti f_s v intervalu daném indexem u závorky
 A_s - plocha pláště piloty v daném intervalu
 d - průměr piloty
 D - vetknutá délka piloty

- pro soudržné zeminy

$$P_{\max, \text{plášť}} = \sum_i \alpha_{s,i} \cdot \bar{f}_{s,i} \cdot A_{s,i}$$

kde: $\alpha_{s,i}$ - redukční součinitel podle Tomlinsona v i -té vrstvě
 $\bar{f}_{s,i}$ - průměrná hodnota měrného lokálního tření na plášti f_s v i -té vrstvě
 A_s - plocha pláště piloty v i -té vrstvě

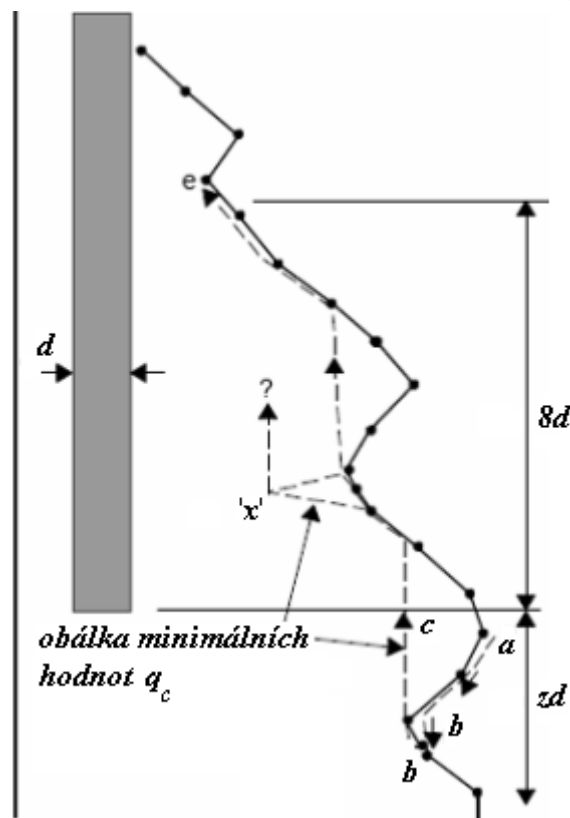
Literatura:

Schmertmann J.H.: *Guidelines for Cone Penetration Test, Performance and design*, U.S. Departments of Transportation, report No. FHWA-TS-78-209, Washington, D.C., 1978.

Určení středního penetračního odporu

Minimální hodnota středního penetračního odporu q_c je dána minimální hodnotou střední hodnoty penetračního odporu q_c v délce od $0,7d$ do $4d$ pod patou piloty (d je průměr piloty). Minimální hodnota středního penetračního odporu q_{c2} je dána průměrem z minimálních hodnot penetračního odporu q_c v délce od $8d$ od paty piloty směrem vzhůru (d je průměr piloty). Postup určení hodnot středního penetračního odporu q_{c1}, q_{c2} je následující (viz. Obrázek):

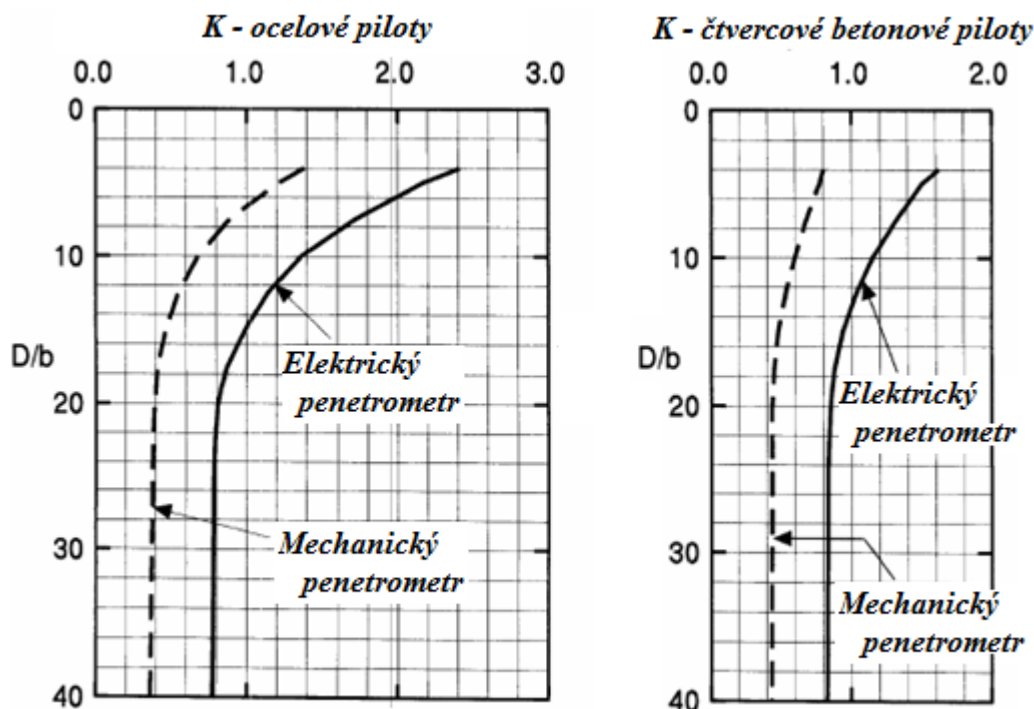
- 1) určí se průměrná hodnota penetračního odporu od úrovně paty do hloubky $0,4d$ a od úrovně paty do hloubky $0,7d$, přičemž do dalšího výpočtu se uvažuje menší získaná průměrná hodnota
- 2) určí se nejmenší hodnota penetračního odporu v délce od paty piloty do hloubky $0,7d$
- 3) spočte se průměrná hodnota penetračních odporů získaných v kroku 1) a 2), která dává hodnotu q_{c1}
- 4) určí se průměrná hodnota penetračních odporů q_c v délce od $8d$ od paty piloty směrem vzhůru, která dává hodnotu q_{c2}



Určení středního penetračního odporu q_{c1} , q_{c2}

Korelační koeficient K

Korelační součinitel tření na plášti K se zadává v záložce "Piloty CPT". Je dán poměrem jednotkového odporu na plášti piloty k jednotkovému měrnému lokálnímu tření na plášti piloty. Korelační koeficient K lze vyjádřit např. funkcí vetknuté délky piloty - viz následující grafy.



$K_{\text{pro dřevo}} = 1,25 \cdot K_{\text{pro trubní piloty}}$

Funkce vetknuté délky piloty (D - vetknutá délka piloty, b - šířka či průměr piloty)

Literatura:

FHWA HI 97-013: Design and Construction of Driven Pile Foundations, Workshop manual - Volume 1, National Highway institute.

NBN EN 1997-1 ANB

NBN EN 1997-1 ANB stanovuje největší **napětí v patě piloty** (maximální odpor) $p_{max, base}$ z příslušné i -té penetrační zkoušky následujícím vztahem:

$$p_{max, base} = \alpha_p \cdot \varepsilon_p \cdot \beta \cdot s \cdot q_p$$

kde:	α_p	- součinitel redukce únosnosti piloty v patě
	ε_p	- poměrný součinitel
	β	- součinitel vlivu rozšířené paty
	s	- součinitel tvaru piloty
	q_p	- jednotkový odpor paty piloty stanovený dle metody De Beer

Poměrný součinitel ε_p je stanoven následovně:

- pro terciérní jíl:

$$\varepsilon_p = \max\left(1 - 0,01 \cdot \left(\frac{D_{b,eq}}{D_c} - 1\right); 0,476\right)$$

- pro ostatní typy zemin:

$$\varepsilon_p = 1$$

kde:	$D_{b,eq}$	- ekvivalentní průměr piloty
	D_c	- průměr kužele CPT

Maximální tření na plášti piloty (odpor pláště) $p_{max, shaft}$ je stanoveno podle vztahu:

$$p_{max, shaft} = \sum_{i=1}^n \alpha_{s,i} \cdot q_{s,i}$$

kde:	$\alpha_{s,i}$	- součinitel redukcí plášťové tření v i -té vrstvě
	$q_{s,i}$	- průměrné plášťové tření v i -té vrstvě
	n	- počet vrstev po délce piloty

Průměrné plášťové tření $q_{s,i}$ je určeno následovně:

$$q_{s,i} = 1000 \cdot \eta_{pi} \cdot q_{c,m,i}$$

kde:	$q_{c,m,i}$	- průměrný penetrační odpor v i -té vrstvě
	η_{pi}	- empirický součinitel tření

Součinitel tření η_{pi} popř. max. hodnota plášťového tření jsou určeny na základě následující tabulky podle typu zeminy:

Typ zeminy	$q_{c,m,i}$ [MPa]	η_{pi} [-] nebo $q_{s,i}$ [kPa]
Jíl	1 až 4,5	- $\eta_{pi} = 1/30$
	> 4,5	$q_{s,i} = 150$
Hlína	1 až 6	$\eta_{pi} = 1/60$
	> 6	$q_{s,i} = 100$
Písčitý jíl	1 až 10	$\eta_{pi} = 1/80$
	> 10	$q_{s,i} = 125$
Písek	1 až 10	$\eta_{pi} = 1/90$
	10 až 20	$q_{s,i} = 110 + 4(q_{c,m,i} - 10)$
	> 20	$q_{s,i} = 150$

Literatura:

RICHTLIJNEN VOOR DE TOEPASSING VAN DE EUROCODE 7 IN BELGIË VOLGENS DE NBN EN 1997-1 ANB (WTCB Rapport nr. 20 - November 2020).

Metoda De Beer

Metoda de Beer určuje **jednotkový odpor piloty v patě** založený na podobnosti zatlačování kužele CPT a paty piloty. Metodu lze popsat následujícími kroky, které probíhají po délce piloty ve standardním kroku 0,2 m.

1) Zjistí se úhel vnitřního tření zeminy φ na základě rovnice (1)

$$\frac{q_c}{\sigma_{eff}} = 1,3 \cdot e^{2\pi \cdot tg\varphi} \cdot (45 + \varphi/2)$$

kde:

q_c	- odpor na hrotu CPT
σ_{eff}	- efektivní napětí
φ	- úhel vnitřního tření zeminy

2) Zjistí se úhly β_c a β_p na základě rovnic (2) a (3).

$$\frac{h}{d_c} = \frac{tg(\pi/4 + \varphi/2) \cdot e^{\pi/2 \cdot tg\varphi} \cdot \sin\beta_c \cdot e^{\beta_c \cdot tg\varphi}}{1 + \delta \cdot \sin(2\pi)}$$

$$\frac{h}{D} = \frac{tg(\pi/4 + \varphi/2) \cdot e^{\pi/2 \cdot tg\varphi} \cdot \sin\beta_p \cdot e^{\beta_p \cdot tg\varphi}}{1 + \delta \cdot \sin(2\pi)}$$

Poznámka: Oba úhly β_c a β_p mohou nabývat maximálně 90°.

kde:

h	- hloubka měření
d_c	- průměr hrotu kužele CPT
D	- průměr piloty
δ	- součinitel tvaru piloty

Pro kruhovou a čtvercovou pilotu:

$$\delta = 1$$

Pro obdélníkovou pilotu:

$$\delta = \frac{B}{L}$$

kde:

B	- kratší strana paty piloty
L	- delší strana paty piloty

3) Dopočtou se homogenizované hodnoty $q_{p(1)}$ podle rovnice (4).

$$q_{p(1)} = \frac{q_c}{e^{2 \cdot (\beta_c - \beta_p) \cdot tg\varphi}}$$

4) Dopočtou se sestupné hodnoty $q_{p,j+1}$ podle rovnice (5).

$$q_{p,j+1} = q_{p,j} + \frac{a}{h_{crit}} \cdot \frac{d_c}{D} \cdot \left[\frac{\sigma_{eff,j} + \frac{D}{d_c} \cdot \frac{\gamma \cdot h_{crit}}{2}}{\sigma_{eff,j} + \frac{\gamma \cdot h_{crit}}{2}} \cdot q_{p(1),crit} - q_{p,j} \right]$$

kde:

a	- krok měření
h_{crit}	- kritická hloubka
γ	- objemová tíha zeminy
$q_{p(1),crit}$	- homogenizovaná hodnota v kritické hloubce h_{crit}

Kritická hloubka h_{crit} závisí na průměru piloty D a úhlu vnitřního tření φ :

Pro piloty $D < 0,4 \text{ m}$

- $h_{crit} = 0,2 \text{ m}$

Pro piloty $0,4 \text{ m} \leq D \leq 0,6 \text{ m}$

- $h_{crit} = 0,2 \text{ m}$ pro $\varphi < 32,5^\circ$

- $h_{crit} = 0,2 \text{ m}$ a $0,4 \text{ m}$ pro $\varphi \geq 32,5^\circ$

Pro piloty $D \geq 0,6 \text{ m}$

- $h_{crit} = 0,2 \text{ m}$ pro $\varphi < 32,5^\circ$

- $h_{crit} = 0,2 \text{ m}$ a $0,4 \text{ m}$ pro $32,5^\circ \leq \varphi < 37,5^\circ$

- $h_{crit} = 0,2 \text{ m}$ a $0,4 \text{ m}$ a $0,6 \text{ m}$ pro $\varphi \geq 37,5^\circ$

Poznámka: Výsledná sestupná hodnota je minimum na základě všech příslušných kritických hloubek.

Poznámka: Sestupná hodnota musí být vždy rovna nebo menší homogenizované.

5) Dopočtou se vzestupné hodnoty $q_{p,q+1}$ podle rovnice (6).

$$q_{p,q+1} = q_{p,q} + [(q_{p,j+1})_{q+1} - q_{p,q}] \cdot \frac{d_c}{D}$$

Poznámka: Vzestupná hodnota musí být vždy rovna nebo menší sestupné.

6) Dopočtou se zprůměrované hodnoty $q_{r,b}$ z n hodnot $q_{p,q+1}$ pod patou piloty. Jednotkový odpor paty piloty odpovídá hodnotě v hloubce paty piloty.

$$n = \frac{D}{0,2} + 1$$

Poznámka: Zprůměrovaná hodnota musí být vždy rovna nebo menší homogenizované.

Literatura:

Prof. Dr. ir E. DE BEER: METHODES DE DEDUCTION DE LA CAPACITE PORTANTE D'UN PIEU A PARTIR DES RESULTATS DES ESSAIS DE PENETRATION (MEMOIRES - VERHANDELINGEN), online:

<https://www.bggg-gbms.be/library/download/urn:uuid:05c758bb-bf51-4eb7-9dc0-5a03b293f7e0/overige+publicaties.pdf?format=>

Ekvivaletní průměr piloty

Ekvivalentní průměr piloty $D_{b,eq}$ je v normě **NBN EN 1997-1 ANB** definován následovně:

- pro **kruhové piloty**

$$D_{b,eq} = D$$

- pro **čtvercové** nebo **obdélníkové piloty**

- pro $b \leq 1,5a$

$$D_{b,eq} = \sqrt{\frac{4 \cdot a \cdot b}{\pi}}$$

- pro $b > 1,5a$

$$D_{b,eq} = \sqrt{\frac{6 \cdot a^2}{\pi}}$$

kde:	D	- průměr piloty
	a	- kratší strana paty piloty
	b	- delší strana paty piloty

Negativní plášťové tření

Negativní plášťové tření je jev, který vzniká vlivem sednutí zeminy v okolí piloty. Zemina, která se kolem piloty sesedá, má snahu pilotu zatahovat směrem dolů a tím snižuje její únosnost při daném zatlačení piloty. V extrémním případě může negativní plášťové tření zcela eliminovat vliv únosnosti pláště a pilota je pak podpírána pouze pružným podložím pod patou.

Výpočet negativního plášťového tření $F_{s,nk,rep}$ je dán vztahem:

$$F_{s,nk,rep} = O_p \cdot \sum_{i=1}^n h_i \cdot K_{0,i,rep} \cdot \tan(\delta_{i,rep}) \cdot \frac{\sigma_{v,i-1,rep} + \sigma_{v,i,rep}}{2} + p_{i,a,rep} - \Delta\sigma_{i,v,w,rep}$$

kde:	O_p	- obvod piloty
	n	- počet vrstev v oblasti negativního plášťového tření
	h_i	- hloubka i -té vrstvy
	$K_{0,i,rep}$	- reprezentativní hodnota součinitele zemního tlaku v klidu
	$\delta_{i,rep}$	- tření mezi zeminou a pilotou v i -té vrstvě $\delta_{i,rep} = 0,75 \cdot \varphi_{i,rep}$
	$\varphi_{i,rep}$	- reprezentativní hodnota úhlu vnitřního tření zeminy v i -té vrstvě
	$\sigma_{v,i-1,rep}$	- svislé napětí v zemině ve vrstvě $i - 1$

- $\sigma_{v,i,rep}$ - svislé napětí v zemině v i -té vrstvě
 $p_{i,a,rep}$ - přetížení v i -té vrstvě
 $\Delta\sigma_{i,v,w,rep}$ - změna svislého napětí σ_v v i -té vrstvě

přičemž vždy platí že:

$$K_{0,i,rep} \cdot \tan(\delta_{i,rep}) > 0,25$$

Pokud je zadána kluzná vrstva, je hodnota negativního plášťového tření $F_{s,nk,rep}$ dána rovnicí:

$$F_{s,nk,rep} = O_p \cdot \sum_{i=1}^n h_i \cdot c_{i,rep}$$

- kde:
- O_p - obvod piloty
 - h_i - hloubka i -té vrstvy
 - $c_{i,rep}$ - reprezentativní soudržnost kluzné vrstvy
 - pro asfalt $10 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$
 - pro bentonit $20 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$
 - pro syntetický materiál $50 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$

Hodnotu reprezentativní soudržnosti kluzné vrstvy může zadat uživatel i vlastní.

Součinitel redukující plášťové tření ALFAs

Součinitel redukující plášťové tření α_s se liší podle použité metody a typu zeminy. Hodnoty tohoto součinitele zabudované do programu vycházejí z norem **EN 1997-2** a **NEN 6743**.

Hodnoty **pro písky a písky se štěrkem** jsou uvedeny v následující tabulce:

Piloty	NEN 6743 α_s [-]	EN 1997-2 α_s [-]
beraněné prefabrikované nebo ocelové	0,010	0,010
předrážené Franki	0,014	0,012
beraněné dřevěné	0,012	0,012
vibrované, resp. vibrolisované	0,012	0,012
šroubované na místě betonované	0,009	0,009
šroubované prefabrikované	0,009	0,009
šroubované na místě betonované s dodatečnou injektáží	0,006	0,006
šroubované prefabrikované s dodatečnou injektáží	0,006	0,006
ocelové trubní	0,0075	0,0075
prováděné průběžným šnekem (CFA piloty)	0,006	0,006
vrtané nepažené nebo pažené jílovou suspenzí	0,006	0,006
vrtané pažené ocelovou výpažnicí	0,005	0,005

Pro **velmi hrubozrnné písky a štěrky** je u obou metod použit na výše uvedené hodnoty redukční faktor (hrubozrnný písek 0,75, štěrk 0,5).

Pro **rašelinu** se vždy uvažuje hodnota $\alpha_s = 0$.

Pro **jíl a prach** jsou hodnoty α_s podle **EN 1997-2** následující:

Druh zeminy	q_c [MPa]	α_s [-]
jíl	> 3	< 0,030
jíl	< 3	< 0,020
prach		< 0,025

Pro **jíl a prach** jsou hodnoty α_s podle **NEN 6743** následující:

q_c [MPa]	α_s [-]
> 1	0,035
< 1	0,0 hloubka do 5 průměrů piloty
	0,025 hloubka od 5 do 20 průměrů piloty
	0,035 hloubka nad 20 průměrů piloty

Pro metodu **LCPC (Bustamante)** je hodnota dopočítána na základě hodnoty penetračního odporu q_c (hodnoty jsou v

následující tabulce):

Hodnoty součinitele α_s na základě hodnoty penetračního odporu q_c

LCPC (Bustamante) Typ zeminy	Penetrační odpor q_c [MPa]	α_s pro piloty typu "A"	α_s pro piloty typu "B"	Max. únosnost na plášti [kPa]
Jíl	< 1	0,033	0,033	15
	$1 < q_c < 5$	0,025	0,011	35
	$5 < q_c$	0,017	0,008	35
Písek	$q_c < 5$	0,010	0,008	35
	$5 < q_c < 12$	0,010	0,005	80
	$12 < q_c$	0,007	0,005	120

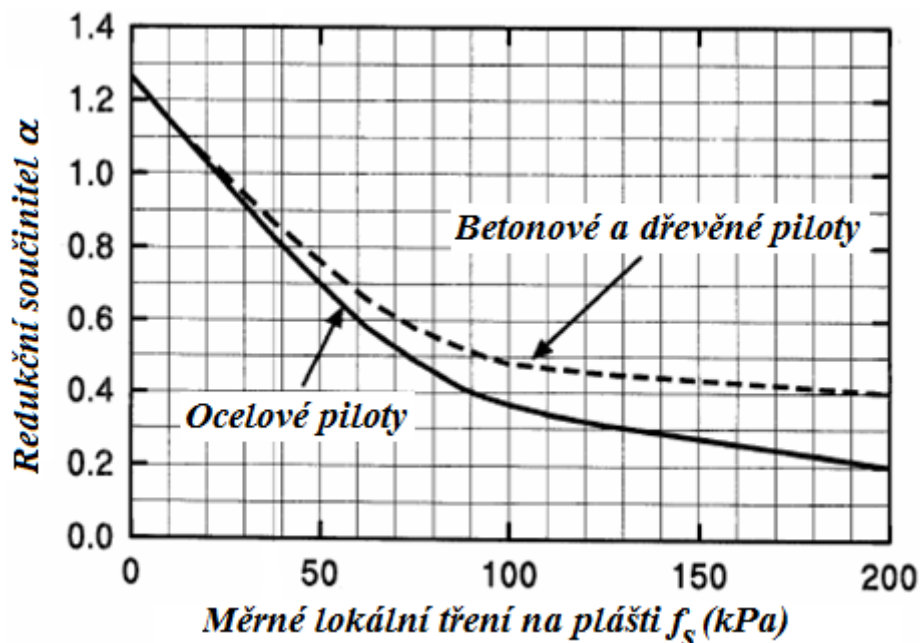
Typ "A" zahrnuje následující technologie provádění pilot:

- **šroubované** (na místě betonované, prefabrikované, na místě betonované s dodatečnou injektáží, prefabrikované s dodatečnou injektáží, prováděné průběžným šnekem, vrtané nepažené nebo pažené jílovou suspenzí)
- **beraněné prefabrikované**

Typ "B" zahrnuje následující technologie provádění pilot:

- **beraněné ocelové**
- **předrážené** (Franki piloty)
- **vibrované, resp. vibrolisované**
- **ocelové trubní**
- **vrtané pažené ocelovou výpažnicí**

U metody **Schmertmann** je uvažován součinitel α_s redukující plášťové tření podle teorie Tomlinsona. V programu jsou hodnoty tohoto součinitele zavedeny podle následujícího grafu uvedeného v publikaci M. J. Tomlinson: Pile Design and Construction Practice (1994).



Pro metodu **NBN EN 1997-1 ABN** jsou součinitele α_s následující:

Piloty	α_s [-]	α_s , terc. jíl [-]
beraněné ocelové	0,6	0,6
beraněné prefabrikované	1,0	0,9
předrážené Franki	1,15	1,15
beraněné dřevěné	0,6	0,6
vibrované, resp. vibrolisované	0,6	0,6
šroubované na místě betonované	0,6	0,6

šroubované prefabrikované	0,6	0,6
šroubované na místě betonované s dodatečnou injektáží	0,6	0,6
šroubované prefabrikované s dodatečnou injektáží	0,6	0,6
ocelové trubní	0,6	0,6
prováděné průběžným šnekem (CFA piloty)	0,5	0,3
vrtané nepažené nebo pažené jílovou suspenzí	0,5	0,5
vrtané pažené ocelovou výpažnicí	0,5	0,3

Literatura:

Tomlinson M. J.: *Pile Design and Construction Practice*, 4. vydání, Taylor and Francis, 1994, ISBN 0 419 18450 3.

RICHTLIJNEN VOOR DE TOEPASSING VAN DE EUROCODE 7 IN BELGIË VOLGENS DE NBN EN 1997-1 ANB (WTCB Rapport nr. 20 - November 2020)

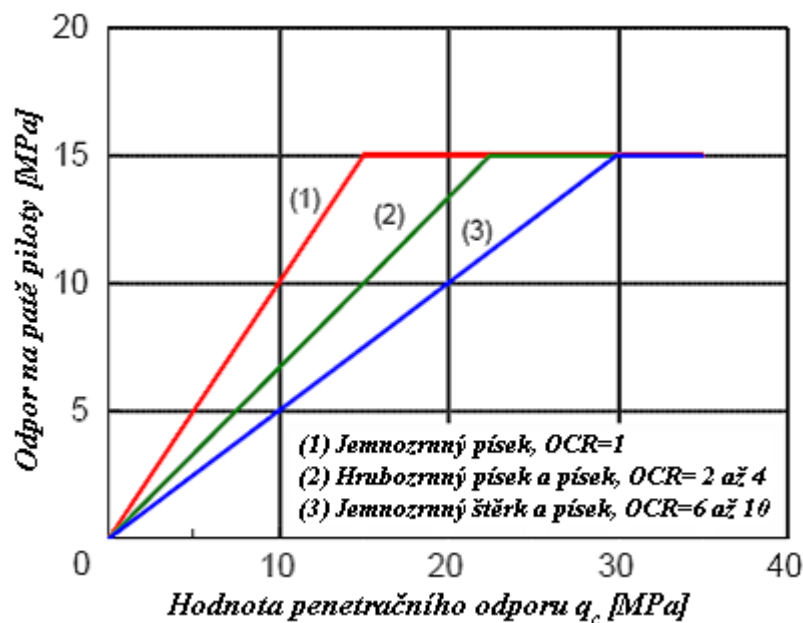
Vliv rekonsolidace OCR

V písčích a štěrčích se redukuje hodnota maximálního napětí v patě piloty $p_{max,pata}$ (určená podle způsobu výpočtu zvoleného v záložce "Piloty CPT") v závislosti na hodnotě překonsolidace OCR (zadávaná jako parametr zeminy v rámu "Zeminy") následujícím způsobem:

Pro výpočet podle EC 7-3, NEN 6743:

- pro všechny nesoudržné zeminy je maximální hodnota napětí v patě piloty $p_{max,pata} = 15 \text{ MPa}$
- pro $OCR \leq 2$ není redukce prováděna
- pro $2 < OCR \leq 4$ je hodnota maximálního napětí v patě piloty $p_{max,pata}$ násobena 0,67
- pro $OCR > 4$ hodnota maximálního napětí v patě piloty $p_{max,pata}$ násobena 0,50

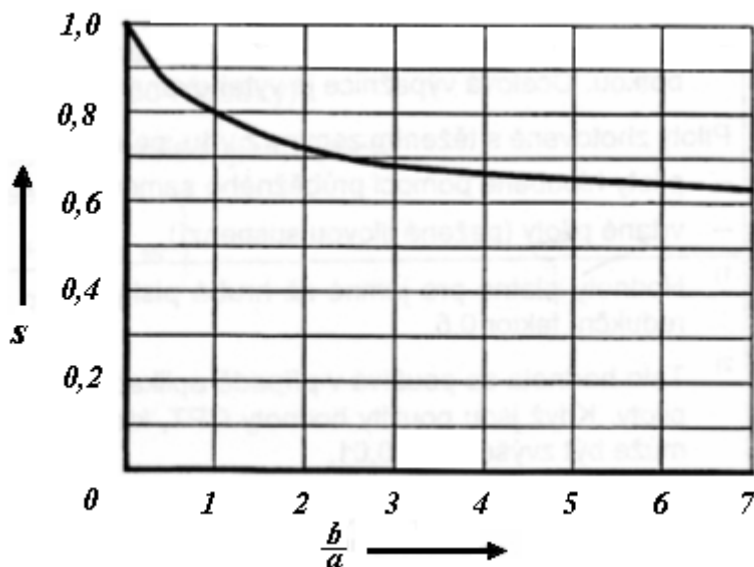
Pro výpočet podle Schmertmanna je redukce prováděna podle následujícího grafu:



Redukce ekvivalentního průměrného penetračního odporu podle OCR (Schmertmann)

Koeficient vlivu tvaru piloty s

Tento součinitel s vyjadřuje vliv tvaru **obdélníkové** piloty, čili poměr stran b/a . Jeho hodnoty jsou uvedeny v následujícím grafu v (závislosti na b/a):



Graf pro určení součinitele tvaru piloty s (a - délka nejmenší strany plochy paty, b - největší strana)

V normě **NBN EN 1997-1 ANB** je součinitel tvaru s definován následovně:

- pro **kruhové piloty**

$$s = 1$$

- pro **čtvercové nebo obdélníkové piloty**

$$s = \frac{1 + 0,3 \cdot \frac{a}{b}}{1,3}$$

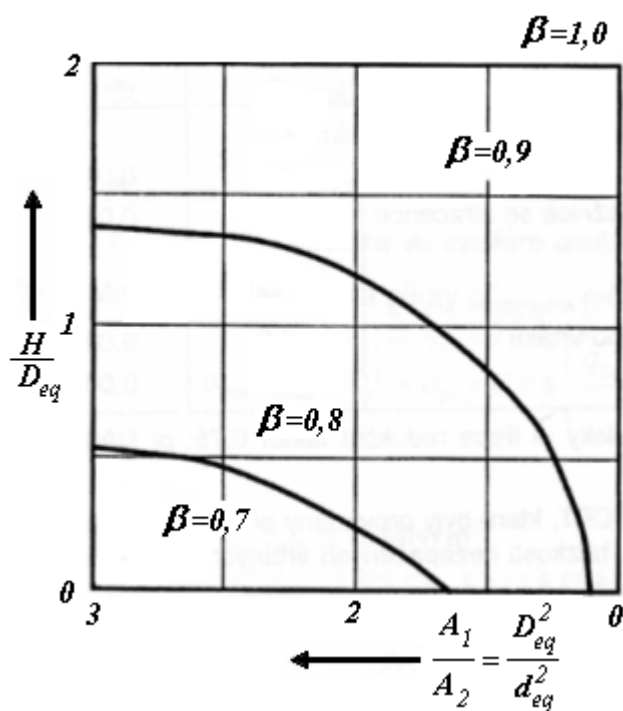
kde: a - kratší strana paty piloty

b - delší strana paty piloty

Koeficient vlivu rozšířené paty BETA

Tento součinitel označený β vyjadřuje vliv rozšíření paty piloty, jeho hodnoty jsou uvedeny v následujícím grafu:

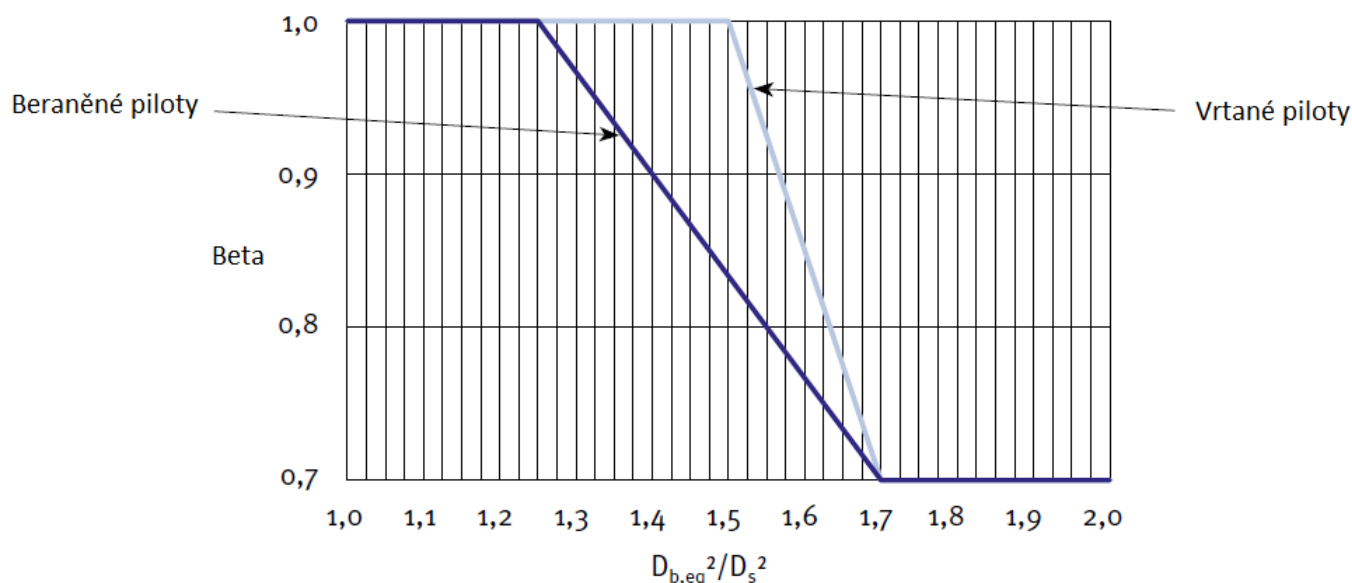
(v závislosti $\frac{D_{eq}^2}{d_{eq}^2}$ na $\frac{H}{D_{eq}}$):



Graf pro určení součinitele β

kde: H - délka piloty [m]
 D_{eq} - ekvivalentní průměr piloty v patě [m]
 d_{eq} - ekvivalentní průměr dřívku piloty [m]

Pro metodu **NBN EN1997-1** je součinitel β interpolován na základě následujícího grafu:



kde: $D_{b,eq}$ - ekvivalentní průměr piloty v patě [m]
 D_s - průměr dřívku piloty [m]

Koeficient redukce únosnosti v patě piloty α_p

Koeficient redukce únosnosti v patě α_p vyjadřuje typ piloty. Jeho hodnoty se dopočítají podle použité metody výpočtu nebo je může uživatel zadat ručně.

Pro metody podle **NEN 6743** a **EN 1997-2** jsou hodnoty součinitele redukce únosnosti v patě piloty α_p zabudované v programu následující:

Piloty	α_p [-]
beraněné prefabrikované nebo ocelové	1,0
předražené Franki	1,0
beraněné dřevěné	1,0
vibrované	1,0
šroubované na místě betonované	0,9
šroubované prefabrikované	0,8
šroubované na místě betonované s dodatečnou injektáží	0,9
šroubované prefabrikované s dodatečnou injektáží	0,8
ocelové trubní	1,0
prováděné průběžným šnekem	0,8
vrtané nepažené nebo pažené jílovou suspensí	0,5
vrtané pažené ocelovou výpažnicí	0,5

Pro metody **LCPC (Bustamante)** a **Schmertmanna** je součinitel α_p dopočítán na základě hodnoty penetračního odporu q_c (hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce):

LCPC (Bustamante) Typ zeminy	Penetrační odpor q_c [MPa]	α_p pro vrtané piloty	α_p pro beraněné piloty
Jíl	< 1	0,04	0,50
	$1 < q_c < 5$	0,35	0,45
	$5 < q_c$	0,45	0,55
Písek	$q_c < 12$	0,40	0,50

	$13 < q_c$	0,30	0,40
--	------------	------	------

Pro metodu **NBN EN 1997-1 ANB** jsou hodnoty součinitele redukce únosnosti v patě piloty α_p zabudované v programu následující:

Piloty	α_p , <i>terc. jíl</i> [-]	α_p [-]
beraněné prefabrikované nebo ocelové	1,0	1,0
předražené Franki	1,0	1,0
beraněné dřevěné	1,0	1,0
vibrované	1,0	1,0
šroubované na místě betonované	0,8	0,5
šroubované prefabrikované	0,8	0,5
šroubované na místě betonované s dodatečnou injektáží	0,8	0,5
šroubované prefabrikované s dodatečnou injektáží	0,8	0,5
ocelové trubní	1,0	1,0
prováděné průběžným šnekem	0,8	0,5
vrtané nepažené nebo pažené jílovou suspensí	0,8	0,5
vrtané pažené ocelovou výpažnicí	0,8	0,5

Skupina pilot

Výpočet skupiny pilot je ovlivněn **tuhostí konstrukce**. Základním předpokladem je, že u tuhé konstrukce sedají všechny piloty stejně, u poddajné každá samostatně - navzájem se neovlivňují.

Maximální **únosnost tuhého pilotového základu** se stanoví podle vztahu:

$$F_{r,found,max} = M \cdot F_{r,max,rep}$$

kde: M - počet pilot v pilotovém základu
 $F_{r,max,rep}$ - únosnost jedné piloty v pilotovém základu

Při výpočtu podle NEN6743 se zavádí do výpočtu součinitel redukce nosnosti ζ podle počtu pilot M a zkoušek CPT (článek 5.3.2.1). Maximální **únosnost poddajného pilotového základu** se stanoví podle únosnosti piloty s nejvyšším využitím ze skupiny:

$$F_{r,found,max} = \max(F_{r,i})$$

kde: $F_{r,i}$ - únosnost maximálně využití piloty ve skupině

Výpočet sednutí piloty

Velikost sedání hlavy piloty $w_{I,d}$ je určena následující rovnicí:

$$w_{I,d} = w_{pata,d} + w_{el,d}$$

kde: $w_{pata,d}$ - sedání paty piloty od působící síly
 $w_{pata,d} = w_{pata,d,1} + w_{pata,d,2}$
 $w_{pata,d,1}$ - sedání paty piloty od síly na patě
 $w_{pata,d,2}$ - sedání paty piloty od síly na plášti
 $w_{el,d}$ - sedání piloty z důvodu jejího pružného stlačení

Velikosti sedání $w_{pata,d,1}$ a $w_{pata,d,2}$ jsou určeny ze **zabudovaných grafů** podle normy NEN6743. Hodnota $w_{el,d}$ se spočte ze vzorce:

$$w_{el,d} = \frac{L F_{mean,d}}{A_{plast} E_{p,mat,d}}$$

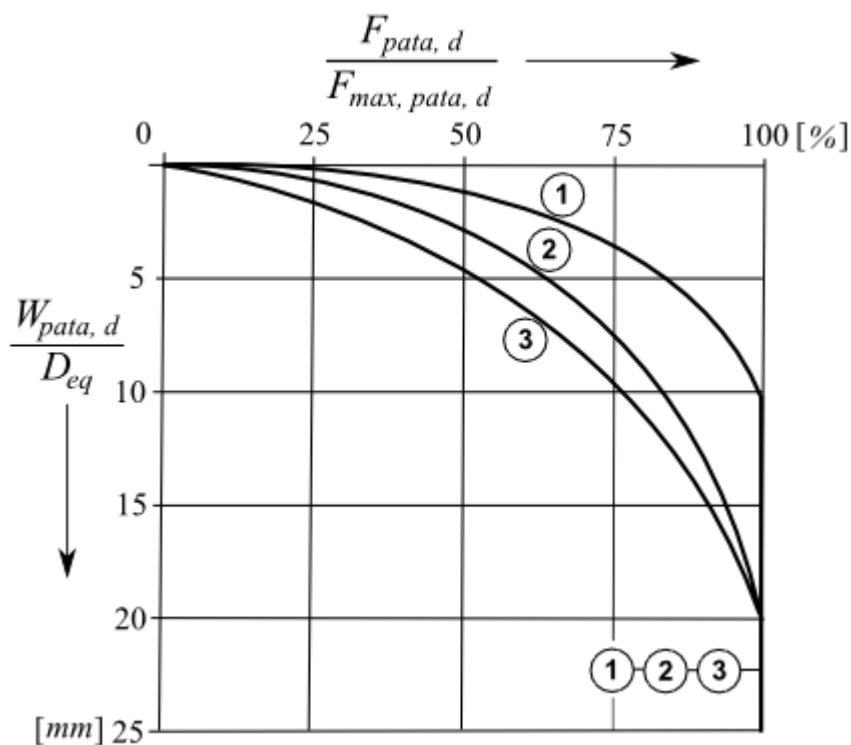
kde: L - délka piloty
 $F_{mean,d}$ - střední hodnota síly působící na pilotu
 A_{plast} - průřezová plocha dřívku piloty

$E_{p,mat,d}$ - modul pružnosti materiálu piloty

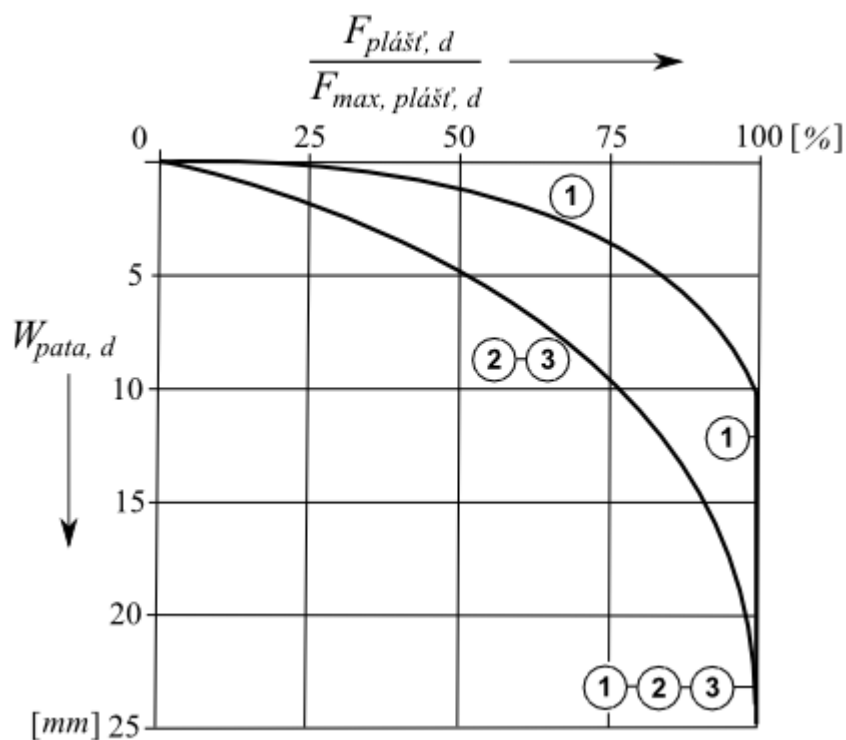
Grafy pro výpočet sedání

Grafy pro výpočet sedání jsou převzaty z normy NEN6743 (článek 6.2.1), které umožňují určit:

- Sedání paty piloty od síly na patě (závislost síly na patě piloty vyjádřené v procentech maximální síly na patě piloty $F_{max,pata}$ a sedání paty piloty vyjádřené v procentech ekvivalentního průměru piloty).
- Sedání paty piloty od síly na plášti (závislost síly na plášti piloty vyjádřené v procentech maximální síly na plášti $F_{max,plášť}$ a sedání paty piloty od síly na plášti v mm).



Graf pro určení $w_{pata,d,1}$ (1 - ražené piloty, 2 - průběžný šnek, 3 - vrtané piloty)

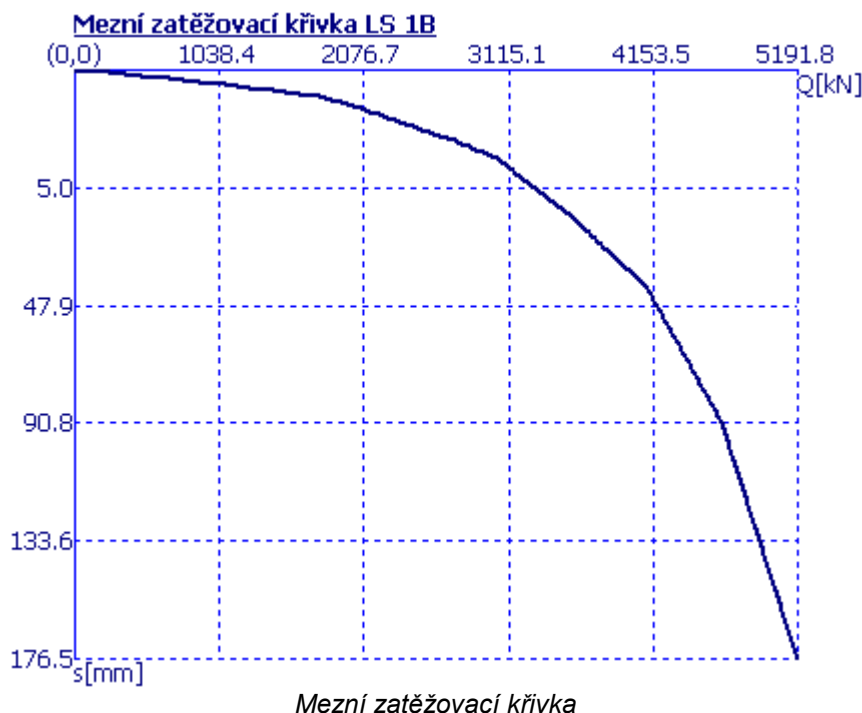


Graf pro určení $w_{pata,d,2}$ (1 - ražené piloty, 2 - průběžný šnek, 3 - vrtané piloty)

Výpočet mezní zatěžovací křivky

Jedním z výstupů programu je pracovní diagram svisle zatížené piloty - **mezní zatěžovací křivka**, která popisuje závislost mezi svislým zatížením a spočteným sednutím piloty.

Mezní zatěžovací křivka se určí součtem sednutí piloty od síly na patě a na plášti určených podle **grafů pro výpočet sedání**. Příklad typického tvaru mezní zatěžovací křivky je znázorněn na obrázku.



Vlastní posouzení

Vlastní posouzení **únosnosti** piloty či skupiny pilot je realizováno v závislosti na nastavení metodiky posouzení v záložce "Piloty CPT":

- posouzení podle EN 1997-2
- posouzení podle **stupně bezpečnosti** nebo teorie **mezních stavů**
- posouzení podle NEN 6743

Při posouzení **sedání** je možné použít **mezní zatěžovací křivku**, nebo v případě výpočtu podle NEN 6743 závislost sednutí piloty pro zadané zatížení (**graf síla/sednutí**).

Posouzení - EN 1997-2

Nejprve je spočtena vlastní **únosnost na patě a na plášti** pro jednotlivé zkoušky. Výsledkem je ***n*** hodnot celkových únosností pro ***n*** zkoušek CPT:

$$R_{c,i} = R_{b,i} + R_{s,i}$$

$$R_{cd,i} = \frac{R_{b,i}}{\gamma_b} + \frac{R_{s,i}}{\gamma_s}$$

- kde:
- $R_{c,i}$ - celková únosnost z *i*-té zkoušky CPT
 - $R_{cd,i}$ - návrhová únosnost z *i*-té zkoušky CPT
 - $R_{b,i}$ - únosnost na patě piloty z *i*-té zkoušky CPT
 - $R_{s,i}$ - únosnost na plášti piloty z *i*-té zkoušky CPT
 - γ_b - součinitel redukce odporu na patě (zadáva se v záložce "Piloty CPT")
 - γ_s - součinitel redukce odporu na plášti (zadáva se v záložce "Piloty CPT")

Celková únosnost je určena ze vztahů:

$$R_c = \min \left(\frac{R_{c,min}}{\xi_4} ; \frac{R_{c,mean}}{\xi_3} \right) \frac{1}{\gamma_{cal}}$$

x

$$R_{cd} = \min \left(\frac{R_{cd,min}}{\xi_4} ; \frac{R_{cd,mean}}{\xi_3} \right) \frac{1}{\gamma_{cal}}$$

kde: $R_{c,min}$ - minimální celková únosnost
 $R_{c,mean}$ - průměrná hodnota únosnosti ze všech zkoušek

Součinitel neurčitosti modelu γ_{cal} zadává uživatel v rámu "Nastavení", jeho standardní velikost je 1.

Korelační součinitele ξ_3 a ξ_4 jsou stanoveny buď automaticky v závislosti na počtu zkoušek CPT, nebo je lze zadat v rámu "Nastavení". Pro konstrukce s dostatečnou tuhostí a pevností lze zohlednit jejich chování tak, že se redukuje korelační součinitele hodnotou 1,1 (výsledný součinitel nesmí být po vydělení menší než 1,0).

Posouzení piloty je dáno vztahem:

$$F_{s,d} < R_{c,d}$$

kde: $F_{s,d}$ - návrhové zatížení
 $R_{c,d}$ - návrhová únosnost piloty

Korelační součinitele pro výpočet únosnosti pilot ze zkoušek CPT

Standardní hodnoty korelačních součinitelů ξ pro výpočet únosnosti základů z výsledků zkoušek CPT (n - počet zkoušek CPT).

ξ pro $n=$	1	2	3	4	5	7	10
ξ_3	1,40	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,25
ξ_4	1,40	1,27	1,23	1,20	1,15	1,12	1,08

Pro metodu výpočtu **NBN EN1997-1 ANB** jsou korelační součinitele stanoveny na základě hustoty provedených CPT.

Součinitel ξ_3 je stanoven podle následující tabulky:

POČET PILOT	POČET CPT NA PLOCHU STAVENIŠTĚ				
	1 CPT na 10 m^2	1 CPT na 50 m^2	1 CPT na 100 m^2	1 CPT na 300 m^2	1 CPT na 1000 m^2
1-3	1,25	1,29	1,32	1,36	1,40
4-10	1,15	1,19	1,21	1,25	1,29
> 10	1,14	1,17	1,20	1,24	1,27

Součinitel ξ_4 je stanoven podle následující tabulky:

POČET PILOT	POČET CPT NA PLOCHU STAVENIŠTĚ				
	1 CPT 10 m^2	1 CPT 50 m^2	1 CPT 100 m^2	1 CPT 300 m^2	1 CPT 1000 m^2
1-3	1,08	1,17	1,23	1,31	1,40
4-10	1,00	1,07	1,13	1,21	1,29
> 10	1,00	1,06	1,12	1,20	1,27

Posouzení podle stupně bezpečnosti

Posouzení podle stupně bezpečnosti se volí v záložce "Piloty CPT", kde se zadává i požadovaný stupeň bezpečnosti na únosnost. Posouzení piloty je dáno vztahem:

$$\frac{F_{r,d}}{F_{s,d}} > SF_b$$

kde: $F_{s,d}$ - zatížení piloty
 SF_b - stupeň bezpečnosti na únosnost
 $F_{r,d}$ - únosnost piloty

Posouzení podle mezních stavů

Posouzení podle mezních stavů se volí v záložce "Piloty CPT", včetně zadání součinitele redukce únosnosti piloty. Posouzení piloty pro **první mezní stav** je dáno vztahem:

$$F_{s,d} < \frac{F_{r,d}}{\gamma_t}$$

kde:

$F_{s,d}$	- výpočtové zatížení piloty
γ_t	- součinitel redukce únosnosti piloty
$F_{r,d}$	- výpočtová únosnost piloty

Únosnost ze zkoušek SPT

Únosnost piloty se počítá na základě průběhu **zkoušky SPT** a zadaného **zemního profilu**.

Metoda pro výpočet únosnosti se volí v rámu "**Nastavení**":

- **Décourt-Quaresma**
- **Aoki-Velloso**

Metoda Décourt-Quaresma

Celková svislá únosnost piloty je určena vztahem:

$$R_c = R_b + R_s$$

kde:

R_c	- celková únosnost piloty
R_b	- únosnost paty piloty
R_s	- únosnost na plášti piloty

Únosnost paty piloty:

$$R_b = \alpha \cdot K_{dq} \cdot N \cdot A_b$$

kde:

α	- součinitel únosnosti paty
K_{dq}	- parametr zeminy
N	- průměrný počet úderů v patě
A_b	- plocha paty

Únosnost na plášti piloty:

$$R_s = \sum \beta_i \cdot 10 \left(\frac{N_i}{3} + 1 \right) \cdot A_{s,i}$$

kde:

β_i	- součinitel únosnosti pláště v i-té vrstvě
N_i	- průměrný počet úderů v i -té vrstvě
$A_{s,i}$	- plocha pláště v i -té vrstvě

Literatura:

Cintra J.C.A., Aoki N. : *Fundações por Estacas Projeto Geotécnico, Oficina de Textos, 2010, ISBN 978-85-7975-004-5*

Parametr zeminy Kdq

Hodnota parametru K_{dq} je automaticky dopočítána **dle typu zeminy**, popř. ji lze zadat ručně.

Tabulka pro určení parametru K_{dq}

Typ zeminy	K_{dq} [kPa]
Písek	400
Písek jílovitý	400
Písek jílovitohlinitý	400

Písek hlinitojílovitý	400
Písek hlinitý	400
Jíl	120
Jíl písčitý	120
Jíl písčitohlinitý	120
Jíl hlinitopísčitý	120
Jíl hlinitý	120
Hlína	200
Hlína písčitojílovitá	250
Hlína písčitá	250
Hlína jílovitopísčitá	200
Hlína jílovitá	200

Součinitele únosnosti piloty α a β

Součinitel únosnosti piloty v patě α vyjadřuje typ piloty. Jeho hodnota se dopočítá **podle zvolené technologie a typu zeminy**, nebo ho může uživatel zadat ručně.

Piloty	α pro písek	α pro jíl	α pro hlínu
beraněné prefabrikované nebo ocelové	1,0	1,0	1,0
předražené Franki	1,0	1,0	1,0
beraněné dřevěné	1,0	1,0	1,0
vibrované	1,0	1,0	1,0
šroubované na místě betonované	1,0	1,0	1,0
šroubované prefabrikované	1,0	1,0	1,0
šroubované na místě betonované s dodatečnou injektáží	1,0	1,0	1,0
šroubované prefabrikované s dodatečnou injektáží	1,0	1,0	1,0
ocelové trubní	1,0	1,0	1,0
prováděné průběžným šnekem	0,3	0,3	0,3
vrtané nepažené nebo pažené jílovou suspenzí	0,5	0,85	0,6
vrtané pažené ocelovou výpažnicí	0,5	0,85	0,6
root pile	0,5	0,85	0,6
strauss pile	0,5	0,85	0,6

Součinitel β ovlivňuje **únosnost piloty na plášti**. Hodnota se dopočítá **podle zvolené technologie a typu zeminy**, nebo ji může uživatel zadat ručně.

Piloty	β pro písek	β pro jíl	β pro hlínu
beraněné prefabrikované nebo ocelové	1,0	1,0	1,0
předražené Franki	1,0	1,0	1,0
beraněné dřevěné	1,0	1,0	1,0
vibrované	1,0	1,0	1,0
šroubované na místě betonované	1,0	1,0	1,0
šroubované prefabrikované	1,0	1,0	1,0
šroubované na místě betonované s dodatečnou injektáží	1,0	1,0	1,0
šroubované prefabrikované s dodatečnou injektáží	1,0	1,0	1,0
ocelové trubní	1,0	1,0	1,0
prováděné průběžným šnekem	1,0	1,0	1,0
vrtané nepažené nebo pažené jílovou suspenzí	0,6	0,9	0,75
vrtané pažené ocelovou výpažnicí	0,5	0,8	0,65
root pile	1,5	1,5	1,5
strauss pile	0,5	0,8	0,65

Metoda Aoki-Velloso

Celková svislá únosnost piloty je určena vztahem:

$$R_c = R_b + R_s$$

kde:

- R_c - celková únosnost piloty
- R_b - únosnost paty piloty

R_s - únosnost na plášti piloty

Únosnost paty piloty:

$$R_b = \frac{K_{av} \cdot N}{F_1} \cdot A_b$$

kde:

- K_{av} - parametr zeminy
- N - průměrný počet úderů v patě
- F_1 - součinitel vlivu technologie
- A_b - plocha paty

Únosnost na plášti piloty:

$$R_s = \sum \alpha_i \cdot \frac{K_{av,i} \cdot N_i}{F_2} \cdot A_{s,i}$$

kde:

- α_i - parametr únosnosti pláště v i -té vrstvě
- $K_{av,i}$ - parametr zeminy v i -té vrstvě
- N_i - průměrný počet úderů v i -té vrstvě
- F_2 - součinitel vlivu technologie
- $A_{s,i}$ - plocha pláště v i -té vrstvě

Literatura:

Cintra J.C.A., Aoki N. : *Fundações por Estacas Projeto Geotécnico, Oficina de Textos, 2010, ISBN 978-85-7975-004-5.*

Parametr zeminy K_{av} a α

Hodnota parametru K_{av} a α je automaticky dopočítána dle typu zeminy, popř. je lze zadat ručně.

Tabulka pro určení parametru K_{av} a α

Typ zeminy	K_{av} [kPa]	α [%]
Písek	1000	1,4
Písek jílovitý	600	3,0
Písek jílovitohlinitý	500	2,8
Písek hlinitojílovitý	700	2,4
Písek hlinitý	800	2,0
Jíl	200	6,0
Jíl písčitý	350	2,4
Jíl písčito-hlinitý	300	2,8
Jíl hlinitopísčitý	330	3,0
Jíl hlinitý	220	4,0
Hlína	400	3,0
Hlína písčitojílovitá	450	2,8
Hlína písčitá	550	2,2
Hlína jílovitopísčitá	250	3,0
Hlína jílovitá	230	3,4

Součinitele vlivu technologie F_1 a F_2

Součinitel F_1 redukuje únosnost piloty na patě a součinitel F_2 redukuje únosnost na plášti. Hodnoty se dopočítají podle zvolené technologie nebo se zadají ručně.

Piloty	F_1	F_2
beraněné prefabrikované nebo ocelové	1,2	2,3
předražené Franki	2,3	3,0
beraněné dřevěné	5,0	5,0
vibrované	2,3	3,2
šroubované na místě betonované	3,0	4,0
šroubované prefabrikované	2,5	4,0
šroubované na místě betonované s dodatečnou injektáží	3,0	3,5

šroubované prefabrikované s dodatečnou injektáží	2,5	3,5
ocelové trubní	1,8	3,5
prováděné průběžným šnekem	3,0	3,8
vrtané nepažené nebo pažené jílovou suspensí	3,5	7,0
vrtané pažené ocelovou výpažnicí	4,0	3,9
root pile	2,2	2,4
strauss pile	4,2	3,9

Patky CPT

Program je určen k návrhu a posouzení plošných základů na základě výsledků **statických penetračních zkoušek (CPT)**, **standardních penetračních zkoušek (SPT)** a **presiomrických zkoušek (PMT)**.

Program provádí výpočet

- svislé únosnosti
- vodorovné únosnosti
- sednutí
- dimenzování výztuže

Svislá únosnost

Únosnost základové pudy může být spočtena na základě zkoušek **CPT**, **SPT** nebo **PMT** a posuzuje se dle stupně bezpečnosti:

$$\frac{R_d}{\sigma} \geq SF_v$$

- kde:
- σ - extrémní kontaktní napětí v základové spáře
 - R_d - únosnost základové pudy
 - SF_v - stupeň bezpečnosti svislé únosnosti (zadáva se v rámu "Výpočet")

Extrémní kontaktní napětí v základové spáře je dáno vztahem:

$$\sigma = \frac{V}{A_{ef}}$$

- kde:
- V - extrémní svislá síla
 - A_{ef} - **efektivní plocha** základu

Únosnost R_d určena na základě zkoušek CPT:

- Metoda "Meyerhof"
- Metoda "Schmertmann"
- Metoda "Skempton"

Únosnost R_d určena na základě zkoušek SPT:

- Metoda "Meyerhof"

Únosnost R_d určena na základě zkoušek PMT:

- "NF P94-261"

Metoda Meyerhof (CPT)

Toto řešení pro **nesoudržné zeminy** vychází z teorie **Meyerhova**, který určuje **únosnost základové pudy** vztahem:

$$R_d = q_c \frac{b_{ef}}{40} \left(C_{w1} + C_{w2} \frac{d}{b_{ef}} \right) R_i$$

Při určování únosnosti zeminy tímto způsobem je doporučeno použít stupeň bezpečnosti $FS = 3$.

- kde: R_d - únosnost zeminy v základové spáře

- q_c - průměrný penetrační odpor od základové spáry do hloubky $1,5 \cdot b_{ef}$
- b_{ef} - efektivní šířka základu
- C_{w1}, C_{w2} - součinitele vlivu podzemní vody
- d - hloubka základové spáry
- R_i - součinitel vlivu šikmosti zatížení

Vzorec vychází z imperiálních jednotek [tsf, ft] - program vše automaticky přepočítává na jednotky používané v programu.

Součinitele vlivu podzemní vody C_{w1} a C_{w2} jsou určeny následovně:

$h_{HPV} = 0$ (voda v úrovni terénu) $\rightarrow C_{w1} = C_{w2} = 0,5$

$h_{HPV} = d$ (voda v úrovni základové spáry) $\rightarrow C_{w1} = 0,5; C_{w2} = 1$

$h_{HPV} > d + 1,5 \cdot b_{ef}$ $\rightarrow C_{w1} = C_{w2} = 1$

kde: h_{HPV} - hloubka hladiny podzemní vody od terénu

Mezilehlé hodnoty C_{w1} a C_{w2} jsou interpolovány.

Součinitel vlivu šikmosti zatížení R_i je interpolován na základě následující tabulky:

H/V	R_i		
	$d/b_{ef} = 0$	$d/b_{ef} = 1$	$d/b_{ef} = 5$
0,10	0,75	0,8	0,85
0,15	0,65	0,75	0,80
0,20	0,55	0,65	0,70
0,25	0,50	0,55	0,65
0,30	0,40	0,50	0,55
0,35	0,35	0,45	0,50
0,40	0,30	0,35	0,45
0,45	0,25	0,30	0,40
0,50	0,20	0,25	0,30
0,55	0,15	0,20	0,25
0,60	0,10	0,15	0,20

kde: H - vodorovná složka výslednice zatížení
 V - svislá složka výslednice zatížení

Pro poměr $H/V > 0,6$ není vhodné metodu používat.

Vliv naklonění terénu a základové spáry je uvažován stejným způsobem jako u metody Schmertmann.

Literatura:

FHWA-SA-91-043: THE CONE PENETROMETER TEST

Bridge Engineering Handbook (Wai-Fah Chen, Lian Duan, 19

Metoda Schmertmann (CPT)

Toto řešení pro **nesoudržné zeminy** vychází z teorie Schmertmanna, který určuje únosnost základové půdy vztahem:

$$R_d = K_q \gamma d N_q + \frac{1}{2} K_\gamma \gamma b_{ef} N_\gamma$$

Při určování únosnosti zeminy tímto způsobem je doporučeno použít stupeň bezpečnosti $FS = 3$.

kde: R_d - únosnost zeminy v základové spáře
 K_q, K_γ - korekční součinitele
 γ - objemová tíha zeminy v základové spáře
 b_{ef} - efektivní šířka základu

- N_q, N_γ - součinitelé únosnosti
 d - hloubka základové spáry

Vzorec vychází z imperiálních jednotek [tsf, tcf, ft] - program vše automaticky přepočítává na jednotky používané v programu.

Přičemž:

$$N_q = N_\gamma = 1,25\sqrt{q_{c1}q_{c2}}$$

- kde: q_{c1} - průměrný penetrační odpor od základové spáry do hloubky $0,5 \cdot b_{ef}$
 q_{c2} - průměrný penetrační odpor od hloubky $0,5 \cdot b_{ef}$ do hloubky $1,5 \cdot b_{ef}$ pod základovou sparou

A zároveň:

$$K_q = i_q s_q d_q b_q g_q$$

$$K_\gamma = i_\gamma s_\gamma b_\gamma g_\gamma$$

- kde: i_q, i_γ - součinitele vlivu šikmosti zatížení
 s_q, s_γ - součinitele vlivu tvaru základu
 d_q - součinitel vlivu hloubky založení

 b_q, b_γ - součinitele vlivu naklonění základové spáry
 g_q, g_γ - součinitelé vlivu naklonění terénu

Součinitelé vlivu šikmosti zatížení i_q a i_γ jsou určeny následovně:

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^2$$

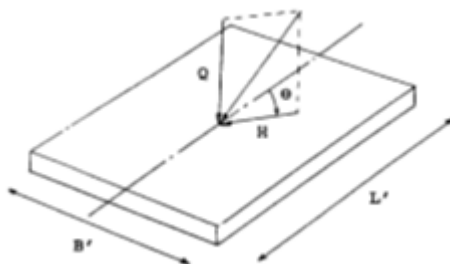
$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^{m-1}$$

$$m_\gamma = m_l \cos^2 \theta + m_b \sin^2 \theta$$

$$m_l = \frac{2 + \frac{l_{ef}}{b_{ef}}}{1 + \frac{l_{ef}}{b_{ef}}}$$

$$m_b = \frac{2 + \frac{l_{ef}}{b_{ef}}}{1 + \frac{b_{ef}}{l_{ef}}}$$

- Kde: H - vodorovná složka výslednice zatížení
 V - svislá složka výslednice zatížení
 l_{ef} - efektivní délka základu
 θ - úhel mezi vodorovnou složkou výslednice zatížení H a osou symetrie základu ve směru efektivní délky l_{ef}



Určení úhlu θ

Pro poměr $H/V > 0,4$ není vhodné metodu používat.

Součinitelé vlivu tvaru základu s_q a s_γ jsou určeny následovně:

$$s_q = 1 + \left(\frac{b_{ef}}{l_{ef}} \right) tg\varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \frac{b_{ef}}{l_{ef}}$$

Kde: φ - úhel tření zeminy v základové spáře

Součinitel vlivu hloubky založení d_q je určen následovně:

$$d_q = 1 + 2tg\varphi (1 - \sin\varphi)^2 \frac{d}{b_{ef}}$$

Součinitelé vlivu naklonění základové spáry b_q a b_γ jsou určeny následovně:

$$b_q = b_\gamma = (1 - \eta tg\varphi)^2$$

Kde: η - úhel naklonění základu

Součinitelé vlivu naklonění terénu g_q a g_γ jsou určeny následovně:

$$g_q = g_\gamma = (1 - tg\beta)^2$$

Kde: β - úhel naklonění terénu

Literatura:

FHWA-SA-91-043: THE CONE PENETROMETER TEST

Bridge Engineering Handbook (Wai-Fah Chen, Lian Duan, 1999)

Metoda Skempton (CPT)

Toto řešení pro **soudržné zeminy** vychází z teorie **Skempton**a, který určuje **únosnost základové půdy** vztahem:

$$R_d = K_c \cdot N_c \cdot S_u + \gamma \cdot d$$

Při určování únosnosti zeminy tímto způsobem je doporučeno použít stupeň bezpečnosti $FS = 3$.

kde: R_d - únosnost zeminy v základové spáře
 K_c - součinitel vlivu šikmosti zatížení
 N_c - skemptonův součinitel únosnosti zeminy
 S_u - Neodvodněná smyková pevnost
 γ - objemová tíha zeminy v základové spáře
 d - hloubka základové spáry

Vzorec vychází z imperiálních jednotek [*tsf*, *tcf*, *ft*] - program vše automaticky přepočítává na jednotky používané v programu.

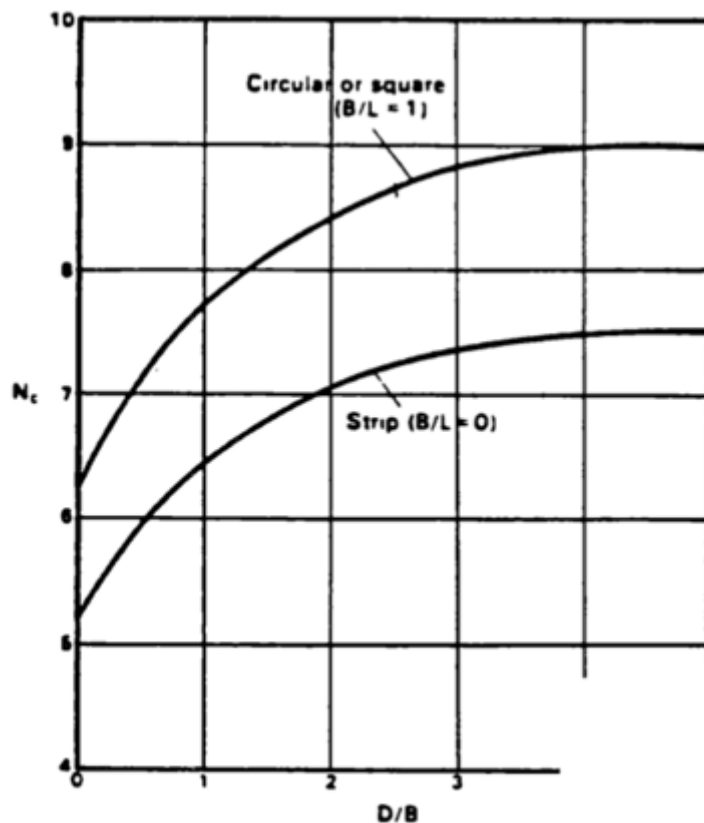
Přičemž:

$$K_c = \left(1 - 1,3 \cdot \frac{H}{V} \right)$$

Kde: H - vodorovná složka výslednice zatížení
 V - svislá složka výslednice zatížení

Pro poměr $H/V > 0,4$ není vhodné metodu používat.

Skemptonův součinitel únosnosti zeminy N_c závisí na poměru efektivní šířky b_{ef} a délky základu l_{ef} a poměru hloubky základové spáry d a efektivní šířky b_{ef} . Jeho hodnota je určena z následujícího grafu:



Určení součinitele N_c (Převzato z Peck, Hanson a Thornburn, 1974)

Neodvodněná smyková pevnost S_u je určena následovně:

$$S_u = \frac{(q_c - \sigma_{v0})}{N_k}$$

- kde:
- q_c - průměrný penetrační odpor
 - σ_{v0} - průměrné svislé napětí od základové spáry do hloubky $1,5 \cdot b_{ef}$ pod základovou sparou
 - N_k - faktor penetračního kužele (v rozsahu < 10 ; > 20)

Přičemž:

$$q_c = \sqrt{q_{c1} \cdot q_{c2}}$$

- kde:
- q_{c1} - průměrný penetrační odpor od základové spáry do hloubky $0,5 \cdot b_{ef}$
 - q_{c2} - průměrný penetrační odpor od hloubky $0,5 \cdot b_{ef}$ do hloubky $1,5 \cdot b_{ef}$ pod základovou sparou

Vliv naklonění terénu a základové spáry je uvažován stejným způsobem jako u **metody Schmertmann**.

Literatura:

FHWA-SA-91-043: THE CONE PENETROMETER TEST

Bridge Engineering Handbook (Wai-Fah Chen, Lian Duan, 1999)

Metoda Meyerhof (SPT)

Toto řešení pro **soudržné** i **nesoudržné zeminy** vychází z teorie **Meyerhova**, který určuje **únosnost základové půdy** vztahem:

$$R_d = N \frac{b_{ef}}{10} \left(C_{w1} + C_{w2} \frac{d}{b_{ef}} \right) R_i$$

Při určování únosnosti zeminy tímto způsobem je doporučeno použít stupeň bezpečnosti $FS = 3$.

- kde: R_d - únosnost zeminy v základové spáře

- N - průměrný počet úderů v rozmezí od základové spáry do hloubky $1,5 \cdot b_{ef}$ pod základovou spáru
- b_{ef} - efektivní šířka základu
- C_{w1}, C_{w2} - součinitele vlivu podzemní vody
- d - hloubka základové spáry
- R_i - součinitel vlivu šikmosti zatížení

Vzorec vychází z imperiálních jednotek [*tsf*, *ft*] - program vše automaticky přepočítává na jednotky používané v programu.

Pokud se v daném úseku nachází plně nasycené jemnozrnné písky či nasycené prachovité písky, pak je nutné provést před výpočtem N pro každou naměřenou hodnotu počtu úderů $N_i > 15$ následující korelaci:

$$N_{cor,i} = 15 + 0,5 (N_i - 15)$$

Program umožňuje provést tuto korelaci automaticky v rámu "Výpočet".

Součinitele vlivu podzemní vody C_{w1} a C_{w2} jsou určeny následovně:

$h_{HPV} = 0$ (voda v úrovni terénu) $\rightarrow C_{w1} = C_{w2} = 0,5$

$h_{HPV} = d$ (voda v úrovni základové spáry) $\rightarrow C_{w1} = 0,5; C_{w2} = 1$

$h_{HPV} > d + 1,5 \cdot b_{ef}$ $\rightarrow C_{w1} = C_{w2} = 1$

kde: h_{HPV} - hloubka hladiny podzemní vody od terénu

Mezilehlé hodnoty C_{w1} a C_{w2} jsou interpolovány.

Součinitel vlivu šikmosti zatížení R_i je interpolován na základě následující tabulky:

H/V	R_i		
	$d/b_{ef} = 0$	$d/b_{ef} = 1$	$d/b_{ef} = 5$
0,10	0,75	0,8	0,85
0,15	0,65	0,75	0,80
0,20	0,55	0,65	0,70
0,25	0,50	0,55	0,65
0,30	0,40	0,50	0,55
0,35	0,35	0,45	0,50
0,40	0,30	0,35	0,45
0,45	0,25	0,30	0,40
0,50	0,20	0,25	0,30
0,55	0,15	0,20	0,25
0,60	0,10	0,15	0,20

Kde: H - vodorovná složka výslednice zatížení

V - svislá složka výslednice zatížení

Pro poměr $H/V > 0,6$ není vhodné metodu používat.

Vliv naklonění terénu a základové spáry je uvažován stejným způsobem jako u metody Schmertmann.

Literatura:

Bridge Engineering Handbook (Wai-Fah Chen, Lian Duan, 1999)

NF P94-261 (PMT)

Toto řešení pro **soudržné** i **nesoudržné zeminy** vychází z francouzské normy **NF P94-261**. Únosnost základové půdy je dána vztahem:

$$R_d = p_{le}^* k_p i_\delta i_g$$

Při určování únosnosti zeminy tímto způsobem je doporučeno použít stupeň bezpečnosti $FS = 3$.

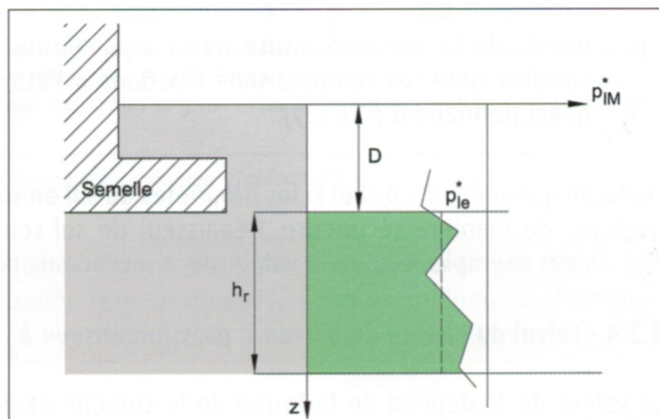
kde: R_d - únosnost zeminy v základové spáře

p_{le}^* - reprezentativní hodnota Ménardova mezního tlaku

- k_p - součinitel únosnosti
 i_δ - součinitel vlivu šikmosti zatížení
 i_g - součinitel vlivu skloněného terénu

Reprezentativní hodnota Ménardova mezního tlaku p_{le}^* je určena jako geometrický průměr hodnot Ménardova mezního tlaku zeminy od základové spáry do hloubky h_r pod základovou spárou.

$$p_{le}^* = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n p_{l,i}^*}$$



Hloubka h_r je určena v závislosti na typu zatížení (návrhové/užitné), geometrii základu a excentricitě zatížení následovně:

		návrhové z.	užitné z.
Pás	$\left(1 - \frac{2e}{B}\right) \geq \frac{1}{2}$	$h_r = 1,5B$	$h_r = 1,5B$
	$\left(1 - \frac{2e}{B}\right) < \frac{1}{2}$	$h_r = 3B - 6e$	
Kruh	$\left(1 - \frac{2e}{B}\right) \geq \frac{9}{16}$	$h_r = 1,5B$	
	$\left(1 - \frac{2e}{B}\right) < \frac{9}{16}$	$h_r = \frac{8B}{3} - \frac{16e}{3}$	
Patka	$\left(1 - \frac{2e_B}{B}\right) \left(1 - \frac{2e_L}{L}\right) \geq \frac{1}{2}$	$h_r = 1,5B$	
	$\left(1 - \frac{2e_B}{B}\right) \left(1 - \frac{2e_L}{L}\right) < \frac{1}{2}$	$h_r = \min(3B - 6e_B; 3L - 6e_L; 1,5B)$	

Součinitel únosnosti k_p závisí na typu zeminy, geometrii základu (poměr L/B) a také na tzv. ekvivalentní hloubce založení D_e .

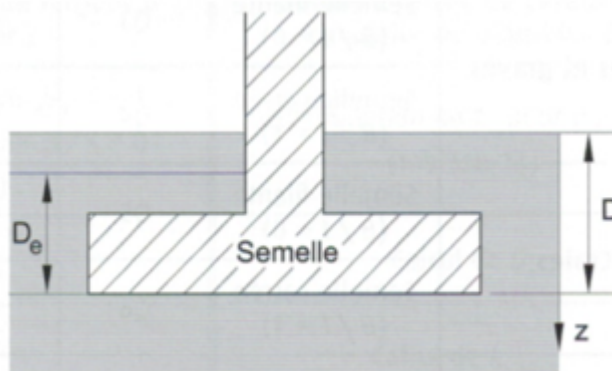
Ekvivalentní hloubka založení D_e je určena následovně:

$$D_e = \frac{1}{p_{le}^*} \int_0^n p_{LM,i}(z) dz$$

Neboli:

$$D_e = \sum_{i=1}^n z_i \frac{p_{LM,i}}{p_{le}^*}$$

Hodnoty $p_{LM,i}$ pro určení ekvivalentní hloubky založení D_e jsou měřeny od úrovně terénu po základovou spáru.



Pokud platí $D_e/B < 2$:

$$k_p = k_{pmax}$$

Stanovení K_p pro základový pás, kruhovou či čtvercovou patku:

$$k_{p;B/L} = k_{p0} + (a + b \frac{D_e}{B})(1 - e^{-c \frac{D_e}{B}})$$

Stanovení K_p pro základovou patku s poměrem stran L/B :

$$k_{p;B/L} = k_{p;B/L=0} + (1 - \frac{B}{L}) + k_{p;B/L=1} \frac{B}{L}$$

Koeficienty a , b , c , k_{p0} a k_{pmax} pro jednotlivé typy zemin jsou uvedeny v následující tabulce:

Soil category	Variation curve of the bearing factor		Expression of k_p				
			a	b	c	$k_{p0} (D_e/B=0)$	k_{pmax}
Clays & silts	Strip footing ($B/L = 0$)	Q1	0,20	0,02	1,30	0,80	1,022
	Square footing ($B/L = 1$)	Q2	0,30	0,02	1,50	0,80	1,123
Sand & gravels	Strip footing ($B/L = 0$)	Q3	0,3	0,05	2,00	1,00	1,393
	Square footing ($B/L = 1$)	Q4	0,22	0,18	5,00	1,00	1,580
Chalk	Strip footing ($B/L = 0$)	Q5	0,28	0,22	2,80	0,80	1,517
	Square footing ($B/L = 1$)	Q6	0,35	0,31	3,00	0,80	1,768
Marls Calcareous...	Strip footing ($B/L = 0$)	Q7	0,20	0,20	3,00	0,80	1,399
	Square footing ($B/L = 1$)	Q8	0,20	0,30	3,00	0,80	1,598

Koeficient vlivu šikmosti zatížení i_δ je určen následovně:

$$\delta_d = \arctan\left(\frac{H_d}{V_d}\right)$$

Pro $\delta_d < \pi/4$:

$$i_{\delta;f} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 - \frac{2\delta_d}{\pi} \left(2 - 3\frac{2\delta_d}{\pi}\right) e^{-\frac{D_e}{B}}$$

Pro $\delta_d \geq \pi/4$:

$$i_{\delta;f} = \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 - \left(1 - \frac{2\delta_d}{\pi}\right)^2 e^{-\frac{D_e}{B}}$$

Literatura:

NF P94-261

Vodorovná únosnost

Vodorovná únosnost základu se v tomto programu posuzuje podle stupně bezpečnosti:

$$\frac{R_{dh}}{H} \leq SF$$

přičemž R_{dh} závisí na typu podloží (volí se v rámu "Nastavení"):

- Výpočet pro **odvodněné podmínky**:

$$R_{dh} = Q \cdot \tan \Psi$$

- Výpočet pro **neodvodněné podmínky**

$$R_{dh} = \min(0,4 \cdot V_d; A_{ef} \cdot a)$$

a zároveň:

$$H = \sqrt{H_x^2 + H_y^2}$$

kde:	ψ	-	úhel tření mezi základem a zeminou
	a	-	soudržnost mezi základem a zeminou
	A_{ef}	-	efektivní plocha základu
	H_x, H_y	-	složky vodorovné síly
	Q	-	extrémní svislá síla
	SF	-	stupeň bezpečnosti vodorovné únosnosti (zadáva se v rámu "Výpočet")

Úhel tření mezi základem a zeminou ψ se doporučuje:

- Pro základy betonované na místě:

$$\Psi = \varphi$$

- Pro prefabrikové základy:

$$\Psi = 2/3 \cdot \varphi$$

kde: φ - úhel tření zeminy v základové spáře

Literatura:

NF P94-261

Výpočet sednutí

Sednutí patky může být spočteno na základě zkoušek CPT, SPT nebo PMT.

Sednutí určeno na základě zkoušek CPT:

- Metoda "Schmertmann"

Sednutí určeno na základě zkoušek SPT:

- Metoda "NAVFAC DM7"

Sednutí určeno na základě zkoušek PMT:

- "NF P94-261"

Metoda Schmertmann (CPT)

Toto řešení pro výpočet **sednutí plošného základu** na základě **statických penetračních zkoušek (CPT)** vychází z teorie Schmertmanna a je dáno vztahem:

$$s = C_1 \cdot C_2 \cdot \sigma_{oi} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{I_{zi} \cdot h_i}{x \cdot q_{ci}}$$

kde: s - sednutí základu

C_1	-	opravný součinitel hloubky založení
C_2	-	opravný součinitel creepového sedání
σ_{ol}	-	přetížení základové spáry
I_{zi}	-	součinitel přetvoření uprostřed i-té vrstvy
h_i	-	mocnost i-té vrstvy
χ	-	modulový součinitel
q_{ci}	-	průměrný penetrační odpor v i-té vrstvě

Vzorec vychází z imperiálních jednotek [tsf , ft] - program vše automaticky přepočítává na jednotky používané v programu.

Opravný součinitel hloubky založení C_1 je určen následovně:

$$C_1 = 1 - 0,5 \cdot \left(\frac{\sigma_{or}}{\sigma_{ol}} \right)$$

Kde: σ_{or} - efektivní napětí v základové spáře

Opravný součinitel creepového sedání C_2 je určen následovně:

$$C_2 = 1 + 0,2 \cdot \log_{10} \left(\frac{t_{YR}}{0,1} \right)$$

Kde: t_{yr} - doba trvání zatížení v letech

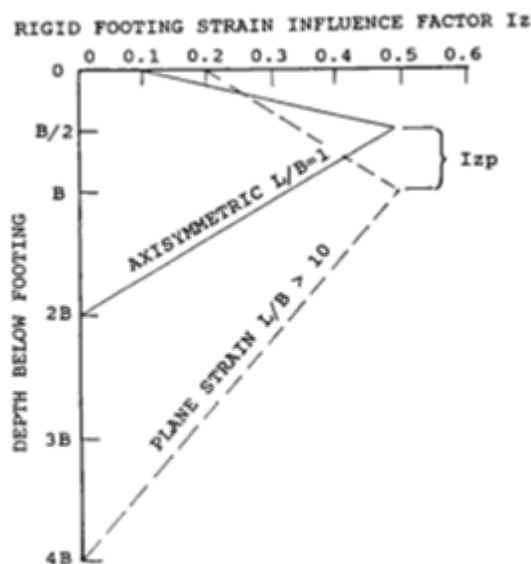
Modulový součinitel χ závisí na poměru délky l a šířky základu b a je určen následovně:

$l/b = 1 \rightarrow \chi = 2,5$

$l/b = 10 \rightarrow \chi = 3,5$

Mezilehlé hodnoty součinitele χ jsou interpolovány.

Součinitel přetvoření I_z se odečítá na vodorovné ose následujícího grafu. Na svislé ose je vynesena hloubka pod základovou sparou.



Určení součinitele I_z (převzato z Schmertmann, 1978)

Průběh součinitele přetvoření I_z se liší v závislosti na poměru délky l a šířky základu b .

Pro poměr $l/b = 1$ je dosažena maximální hodnota součinitele přetvoření I_{zp} v hloubce $b/2$ pod základovou sparou a sedání je počítáno do hloubky $2b$ pod základovou sparou.

Pro poměr $l/b = 10$ je dosažena maximální hodnota součinitele přetvoření I_{zp} v hloubce b pod základovou sparou a sedání je počítáno do hloubky $4b$ pod základovou sparou.

Maximální hodnota součinitele přetvoření I_{zp} je dána vztahem:

$$I_{zp} = 0,5 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{ol}}{\sigma_{zp}}}$$

Kde: σ_{zp} - efektivní napětí v hloubce $b/2$ (pro poměr $l/b = 1$) nebo b ($l/b = 10$) pod základovou sparou

Pro mezilehlé hodnoty poměru l/b ($1 < l/b < 10$) je součinitel I_z interpolován.

Literatura:

Schmertmann, J.H. (1970). Static cone to compute static settlement over sand. ASCE Journal of Soil Mechanics & Foundations Division, 96 (3), 1011-1043.

Schmertmann, J.H., Hartmann, J.P. and Brown, P.R. (1978). Improved strain influence factor diagrams, ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division, 104 (GT8), 113

Metoda NAVFAC DM7 (SPT)

Toto řešení pro výpočet **sednutí plošného základu** na základě **standardních penetračních zkoušek (SPT)** vychází z metody **NAVFAC DM7** a je dáno vztahem:

$$s = \frac{C\sigma}{K_v} \left(\frac{b}{b+1} \right)^2 C_w$$

kde: s - sednutí základu
 C - součinitel šířky základu
 σ - napětí v základové spáře
 K_v - modul reakce podloží
 b - šířka základu
 C_w - součinitel vlivu podzemní vody

Vzorec vychází z imperiálních jednotek [*tsf*, *pcf*, *ft*] - program vše automaticky přepočítává na jednotky používané v programu.

Součinitel šířky základu C je určen následovně:

$b < 20 \text{ ft} \rightarrow C = 4$

$b > 40 \text{ ft} \rightarrow C = 2$

Mezilehlé hodnoty součinitele C jsou interpolovány.

Součinitel vlivu podzemní vody C_w je určen následovně:

Hladina podzemní vody se nachází v rozmezí mezi terénem a hloubkou $1,5 \cdot b_{ef}$ pod základovou sparou:

$$C_w = 2.0 - \frac{h_{HPV} - d}{1.5b}$$

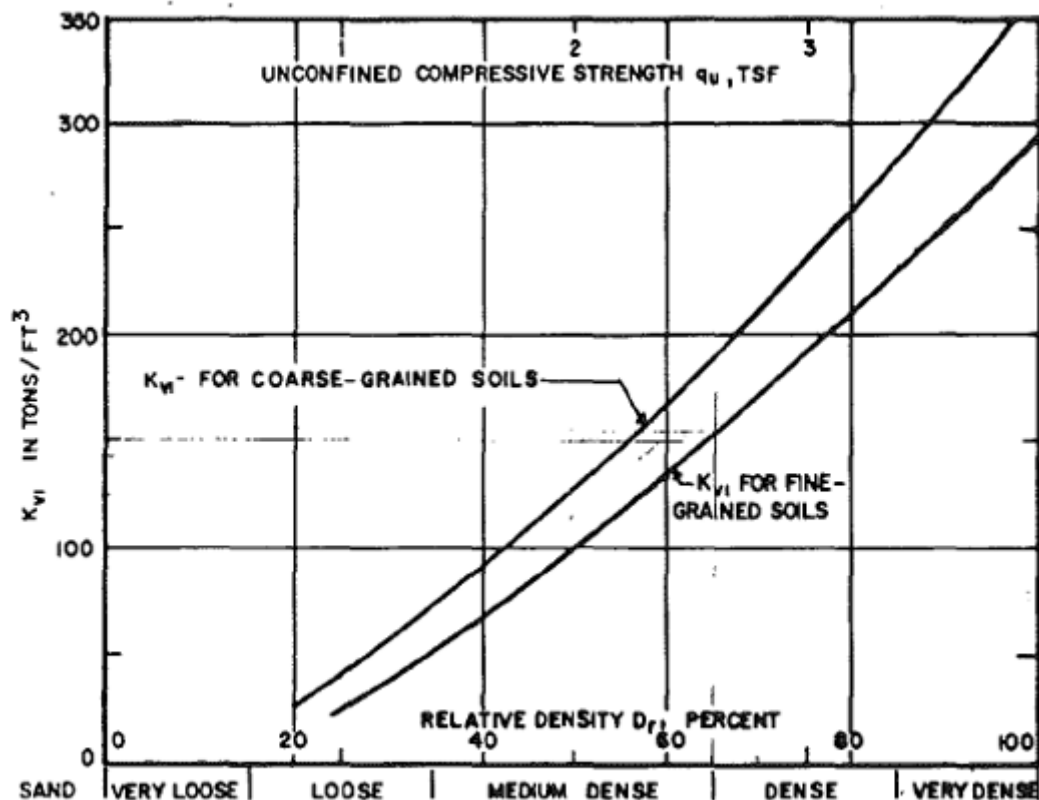
$$C_w \leq 2.0$$

Hladina podzemní vody se nachází pod hloubkou $1,5 \cdot b_{ef}$ pod základovou sparou:

$$C_w = 1.0$$

kde: h_{HPV} - hloubka hladiny podzemní vody od terénu
 d - hloubka základové spáry

Modul reakce podloží K_v je odečten z následujícího grafu na základě součinitele relativní ulehlosti zeminy I_D :



Graf určení modulu reakce podloží K_v (Přebráno z Navfac, 1982)

Součinitel relativní ulehlosti I_D je určen následovně:

pro $\sigma_{zp} \leq 1,5$ [ksf]:

$$I_D = \sqrt{\frac{N}{20(1 + 2\sigma_{zp})}}$$

pro $\sigma_{zp} > 1,5$ [ksf]:

$$I_D = \sqrt{\frac{N}{20(3.25 + 0.5\sigma_{zp})}}$$

kde: N - neupravený počet úderů v hloubce $b/2$ pod základovou sparou

σ_{zp} - efektivní napětí v hloubce $b/2$ pod základovou sparou

Vzorec vychází z imperiálních jednotek [ksf] - program vše automaticky přepočítává na jednotky používané v programu.

Literatura:

Navfac, 1982

NF P94-261 (PMT)

Toto řešení pro výpočet **sednutí plošného základu** na základě **presiomrických zkoušek (PMT)** vychází z francouzské normy **NF P94-261** a je dáno vztahem:

$$s = \frac{\alpha}{9E_c} q \lambda_c B + \frac{2}{9E_d} q B_0 \left(\lambda_d \frac{B}{B_0} \right)^\alpha$$

kde: s - sednutí základu

E_c, E_d - ekvivalentní presiomrické moduly

α - reologický součinitel

- q - napětí v základové spáře
 λ_c, λ_d - součinitele tvaru
 B - šířka základu
 B_0 - referenční šířka (0,6 m)

Orientační hodnoty reologického koeficientu α pro zeminy:

	Jíly	Hlíny	Písky	Štěrk
Překonsolidované	1	2/3	1/2	1/3
Normálně konsolidované	2/3	1/2	1/3	1/4
Nekonsolidované	1/2	1/2	1/3	1/4

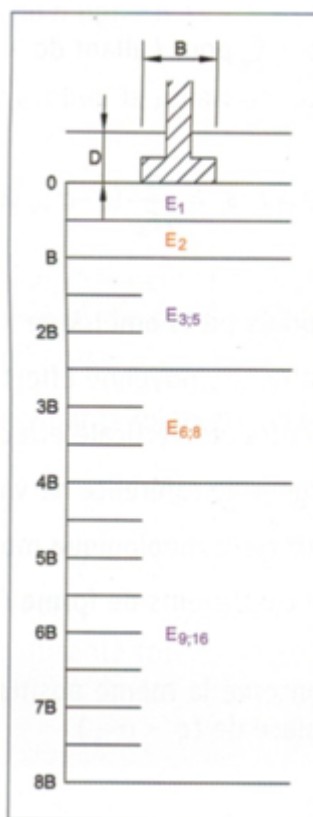
Orientační hodnoty reologického koeficientu α pro horniny:

Horniny	
Typ	α
Téměř neporušené	2/3
Standardně porušené	1/2
velmi porušené	1/3
Metamorfované	2/3

Součinitele tvaru λ_c, λ_d vychází z následující tabulky, pro mezilehlé hodnoty L/B jsou interpolovány:

L/B	kruh	čtverec	2	3	5	20
λ_d	1	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65
λ_c	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

Ekvivalentní presiometrické moduly E_c a E_d se určí na základě presiometrických modulů naměřených ve vrstvách o mocnosti $B/2$ pod základovou sparou:



Modul E_c se rovná průměrnému presiometrickému modulu naměřenému do hloubky $B/2$ od základové spáry:

$$E_c = E_1$$

Určení modulu E_d závisí na celkové délce provedené presiometrické zkoušky (d_{PMT}).

$$D_{PMT} \geq 8B$$

$$E_d = \frac{1}{\frac{0,25}{E_1} + \frac{0,3}{E_2} + \frac{0,25}{E_{3,5}} + \frac{0,1}{E_{6,8}} + \frac{0,1}{E_{9,16}}}$$

$$4B \leq D_{PMT} < 8B$$

$$E_d = \frac{1}{\frac{0,25}{E_1} + \frac{0,3}{E_2} + \frac{0,25}{E_{3,5}} + \frac{0,2}{E_{6,8}}}$$

$$2,5B \leq D_{PMT} < 4B$$

$$E_d = \frac{1}{\frac{0,25}{E_1} + \frac{0,3}{E_2} + \frac{0,4}{E_{3,5}}}$$

Literatura:

ČSN EN 1997-2 příloha E

NF P94-261

Menard, L. (1975): "The Menard Pressuremeter: Interpretation and Application of the Pressuremeter Test Results to Foundations Design", Sols-Soils, No. 26, Paris, France.

Skupina pilot

Výpočty v programu "Skupina pilot" lze rozdělit na dvě hlavní skupiny

- **Analytické řešení** - výpočet svislé únosnosti skupiny pilot pro **soudržnou** a **nesoudržnou** zeminu a výpočet **sednutí**.
- Výpočet skupiny pilot pomocí **pružinové metody** s **dimenzováním výztuže** do pilot.

Analytické řešení

Výpočet svislé únosnosti skupiny pilot lze provést pro:

- **nesoudržnou zeminu** (výpočet pro odvodněné podmínky)
- **soudržnou zeminu** (výpočet pro neodvodněné podmínky)

Vlastní posouzení je provedeno podle teorie **mezních stavů** resp. **stupně bezpečnosti**.

Posouzení je provedeno pouze na **svislé zatížení**, zatížení momenty a posouvající silou není uvažováno. Pro výpočet horizontálních účinků pilotové skupiny je nutné zvolit v rámu "Nastavení" **pružinovou metodu**.

Pro analytické metody je také možné stanovit **sedání skupiny pilot**.

Nesoudržná zemina (výpočet pro odvodněné podmínky)

Pro výpočet svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině se používají stejné metody jako pro výpočet svislé únosnosti osamělé piloty:

- **NAVFAC DM 7.2**
- **Efektivní napětí**
- **ČSN 73 1002**

Svislá únosnost skupiny pilot se spočte podle vztahu:

$$R_g = \sum R_c = n R_c \eta_g$$

kde:

- n** - počet pilot ve skupině
- R_c** - svislá únosnost osamělé piloty
- η_g** - **účinnost skupiny pilot**

Vlastní posouzení je provedeno podle teorie **mezních stavů** resp. **stupně bezpečnosti**.

Účinnost skupiny pilot

UFC 3-220-01A

- **$\eta_g \approx 0,7$** pro osovou vzdálenost pilot ve skupině: **3d**
- **$\eta_g \approx 1,0$** pro osovou vzdálenost pilot ve skupině: **6d**

La Barré (ČSN 73 1002):

$$\eta_{\varepsilon} = 1 - \psi \left[\frac{(n_x - 1)n_y + (n_y - 1)n_x}{90n_x n_y} \right]$$

$$\psi = \arctg \frac{d}{s}$$

kde:

- n_x - počet pilot ve směru x
- n_y - počet pilot ve směru y
- ψ - je početně roven úhlu, jehož $\text{tg} \psi = d/s$, je vyjádřený ve stupních
- s - osová vzdálenost pilot
- d - průměr pilot

Seiler-Keeney formula:

$$\eta_{\varepsilon} = \left[1 - 0,479 \left(\frac{s}{s^2 - 0,093} \right) \left(\frac{n_x + n_y - 2}{n_x + n_y - 1} \right) \right] + \frac{0,3}{n_x + n_y}$$

kde:

- n_x - počet pilot ve směru x
- n_y - počet pilot ve směru y
- s - osová vzdálenost pilot

Zadat účinnost

Uživatelské zadání míry účinnosti v rozmezí $0,5 - 1,0$.

Literatura:

Pochman, R.; Šimek, J.: *Pilotové základy - Komentář k ČSN 73 1002*. 1. vydání, Praha, Vydavatelství norem, 1989, 80 s.

Unified Facilities Criteria (UFC 3-220-01A): *Design of deep foundations - Technical instructions, Chapter 5-3*, 1997.

Venkatramaiah, C.: *Geotechnical Engineering. Second edition, New Delhi (India): New Age International Publishers*, 1995.

Soudržná zemina (výpočet pro neodvodněné podmínky)

UFC 3-220-01A:

Únosnost zemního hranolu (bloku) se spočte podle vztahu:

$$R_{\varepsilon} = 2 \cdot l \cdot (b_x + b_y) \cdot c_{us} + N_{\varepsilon} \cdot c_{ub} \cdot b_x \cdot b_y$$

kde:

$$N_{\varepsilon} = 5 \cdot \left[\left(1 + 0,2 \cdot \frac{b_x}{b_y} \right) \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{l}{b_x} \right) \right] \quad \text{pro podmínku: } \frac{l}{b_x} \leq 2,5$$

$$N_{\varepsilon} = 7,5 \cdot \left(1 + 0,2 \cdot \frac{b_x}{b_y} \right) \quad \text{pro podmínku: } \frac{l}{b_x} > 2,5$$

Masopust:

Únosnost zemního hranolu (bloku) se spočte podle vztahu:

$$R_g = 0,5 \cdot (2 \cdot (B_x + B_y) \cdot l \cdot c_{us} + N_{cg} \cdot B_x \cdot B_y \cdot c_{ub})$$

$$N_{cg} = 5 \cdot \left(1 + \frac{l}{5 \cdot B_x} \right) \cdot \left(1 + \frac{l}{5 \cdot B_y} \right)$$

kde:

- l - délka pilot
- b_x, b_y - půdorysné rozměry podstavky zemního tělesa ve tvaru hranolu
- c_{us} - průměrná totální soudržnost zeminy podél dřívků pilot ($\varphi_u \approx 0$)
- c_{ub} - totální soudržnost zeminy v patách pilot
- N_{cg} - součinitel únosnosti pro skupinu pilot v soudržné zemině

b_x - minimální šířka pilotové skupiny (kratší z půdorysných rozměrů základové desky)

Poznámka: Zemní těleso představuje hranol, jehož podstavu tvoří rovina vedená patami pilot a jeho stěny jsou svislé roviny, ležící ve vzdálenosti jednoho průměru piloty vně od os krajních řad pilot. Zemní blok, do něhož se vnáší celkové zatížení pilotové skupiny, odporuje smykem podél stěn - **plášťovým třením** a dále únosností svojí podstavy - **paty**.

Vlastní posouzení je provedeno podle teorie **mezních stavů** resp. **stupně bezpečnosti**.

Literatura:

UFC 3-220-01A

MASOPUST, Jan. *Navrhování základových a pažicích konstrukcí: příručka k ČSN EN 1997. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2012. ISBN 978-80-87438-31-2.*

Výpočet podle stupně bezpečnosti

Při výpočtu podle **stupně bezpečnosti** program provede posouzení pro **tlačenou skupinu pilot**:

$$\frac{R_g}{V_d + W_p} > SF_{cp}$$

kde:

- R_g - svislá únosnost skupiny pilot
- V_d - maximální svislá síla (včetně vlastní tíhy základové desky)
- W_p - vlastní tíha pilot (pouze v případě, kdy je zaškrtnuta možnost "**Počítat vlastní tíhu piloty do zatížení**")
- SF_{cp} - stupeň bezpečnosti pro tlačnou skupinu pilot

Výpočet podle mezních stavů

Při výpočtu podle **mezních stavů** program provede posouzení pro skupinu pilot **v nesoudržné zemině**:

$$R_g = n \frac{R_c}{\gamma_t} \eta_g \geq V_d + W_p$$

kde:

- R_g - svislá únosnost skupiny pilot
- n - počet pilot ve skupině
- R_c - svislá únosnost osamělé piloty ($R_b + R_s$)
- γ_t - součinitel redukce celkové svislé únosnosti
- η_g - **účinnost skupiny pilot**
- V_d - maximální svislá síla (včetně vlastní tíhy základové desky)
- W_p - vlastní tíha pilot (pouze v případě, kdy je zaškrtnuta možnost "**Počítat vlastní tíhu piloty do zatížení**")

Při výpočtu podle **mezních stavů** program provede posouzení pro skupinu pilot **v soudržné zemině**:

$$\frac{R_g}{\gamma_t} \geq V_d + W_p$$

kde:

- R_g - svislá únosnost skupiny pilot
- V_d - maximální svislá síla (včetně vlastní tíhy základové desky)
- W_p - vlastní tíha pilot (pouze v případě, kdy je zaškrtnuta možnost "**Počítat vlastní tíhu piloty do zatížení**")
- γ_t - součinitel redukce celkové svislé únosnosti

Při posouzení podle **EN 1997-1** se svislá únosnost skupiny pilot v soudržné zemině redukuje pomocí součinitele redukce odporu na patě ($\gamma_t = \gamma_b$).

Sedání skupiny pilot

Nesoudržná zemina

Výpočet sedání skupiny pilot v nesoudržné zemině vychází z **lineární teorie sedání (Poulos)**. Mezní zatěžovací křivka je sestrojena pro skupinu pilot a hodnota celkového sedání s_g se zvětšuje o tzv. **součinitel skupinového účinku** g_f .

Okamžité sednutí skupiny pilot zvětšené o skupinový účinek se spočte pomocí vztahu:

$$s_g = g_f \cdot s_0$$

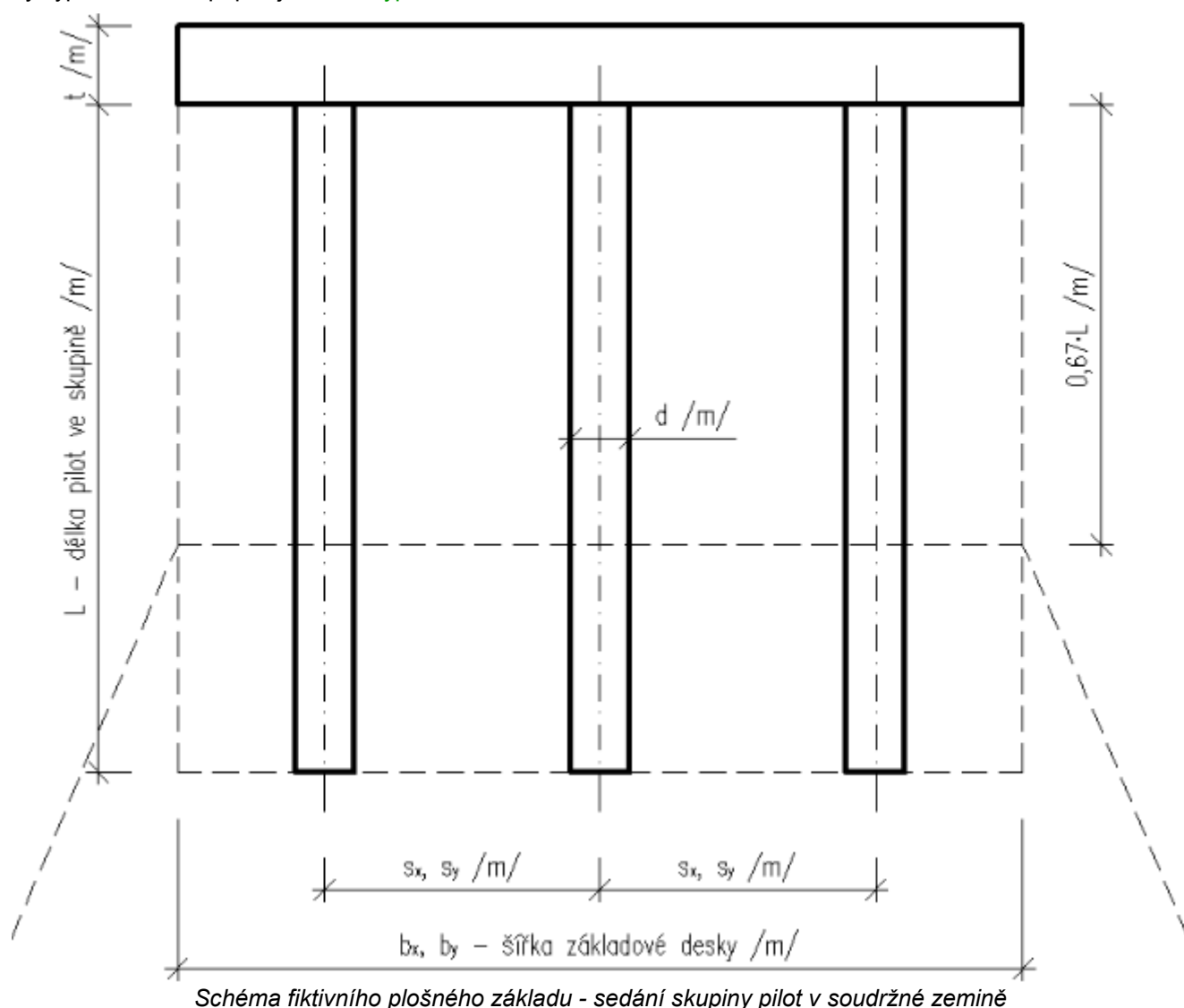
$$g_f = \sqrt{\frac{b_x}{d}}$$

- kde:
- s_g - sednutí skupiny pilot
 - g_f - součinitel skupinového účinku sedání (tzv. group settlement factor) pro nesoudržné zeminy (podle Pile Buck Inc. 1992)
 - s_0 - **sednutí osamělé piloty** (stanovené např. z **mezní zatěžovací křivky**)
 - d - průměr piloty
 - b_x - minimální šířka pilotové skupiny

Soudržná zemina

Výpočet sedání skupiny pilot v soudržné zemině se řeší jako sedání fiktivního plošného základu v hloubce **0,67·L**, šířky **B** a délky **B'**.

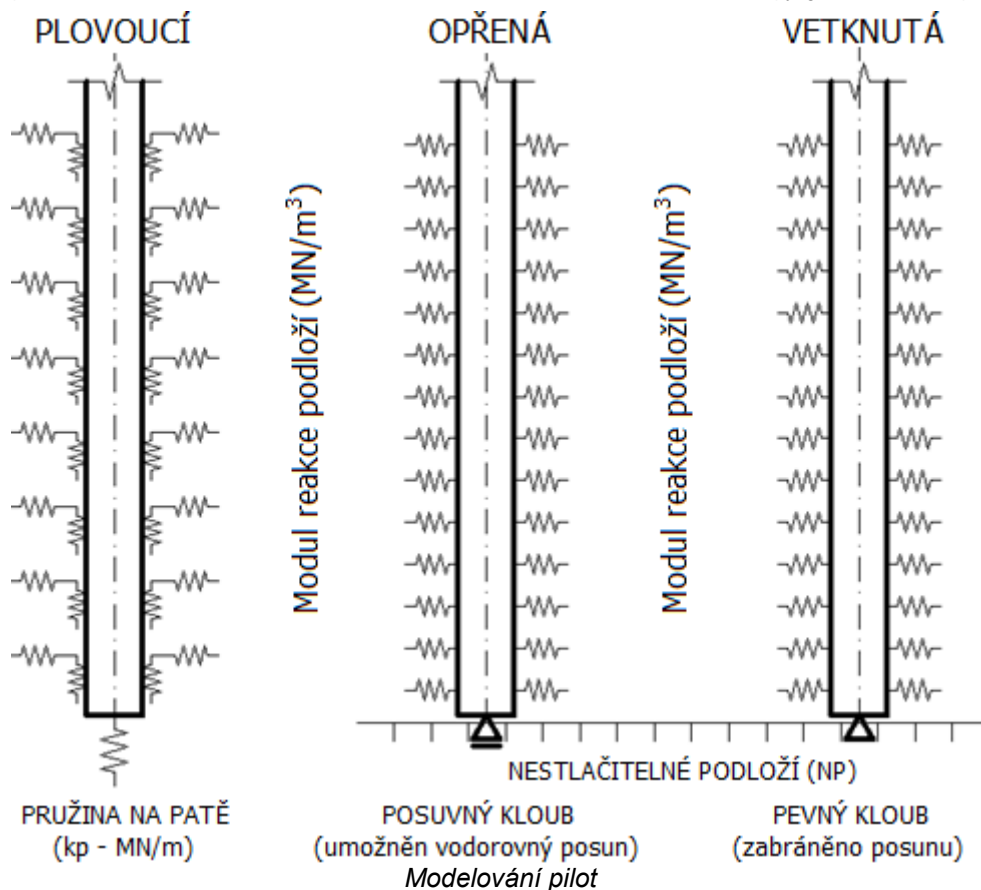
Metody výpočtu sedání popisuje blíže "**Výpočet sedání**".



Pružinová metoda

Skupina pilot je modelována deformační variantou MKP. Základová deska je uvažována jako nekonečně tuhá. Obecné zatížení se zadává ve středu desky a je možné ho **importovat** z libovolného statického programu.

Piloty jsou modelovány dle obrázku:

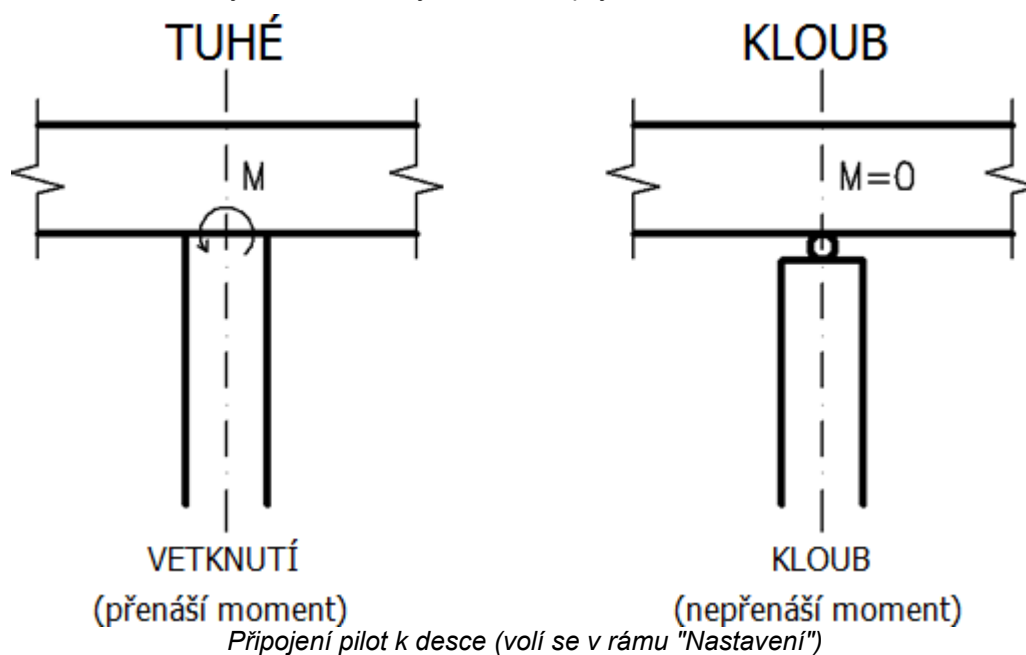


Program umožňuje v rámu "Nastavení" umožňují zvolit ze čtyř způsobů modelování pilot:

1. Plovoucí piloty - tuhosti pružin dopočítat z parametrů zemin
2. Plovoucí piloty - **zadat tuhosti pružin**
3. Piloty opřené o nestlačitelné podloží
4. Piloty vetknuté do nestlačitelného podloží

U všech variant se zadává "**Horizontální modul reakce podloží**", který charakterizuje chování piloty v příčném směru. U plovoucích pilot je nutné stanovit tuhosti pružin ve svislém směru. Program umožňuje **dopočítat tuhosti svislých pružin** z charakteristik zemin a charakteristického zatížení, nebo je zadat v rámu "**Svislé pružiny**".

Napojení pilot na základovou desku je možné zadat jako tuhé resp. jako kloub.



Vlastní výpočet konstrukce je proveden metodou konečných prvků. Každá pilota je rozdělena na deset dílků, ve kterých je stanovena velikost vodorovných a svislých pružin. Piloty na okraji skupiny a uvnitř skupiny mají ve výpočtu redukovanou

velikost vodorovné tuhosti i smykové tuhosti oproti osamělé pilotě - vodorovná tuhost je redukována součinitelem **0,5** pro okrajové piloty, resp. **0,25** pro vnitřní piloty; smyková tuhost je redukována součinitelem **0,5** pro okrajové piloty, resp. **0,1** pro vnitřní piloty. Tyto redukce vystihují reálné chování skupiny pilot. Pružiny na patě piloty redukovány nejsou.

Dopočet tuhosti svislých pružin

Při dopočtu tuhosti svislých pružin je nutné zadat v rámu "**Svislé pružiny**" **typické zatížení**, podle kterého se tuhosti pružin stanoví. Mělo by jít o užité zatížení, které nejlépe charakterizuje chování konstrukce.

Vlastní dopočet tuhosti pružin je následující.

- 1) Provede se přepočet typického zatížení na jednotlivé piloty
- 2) Provede se dopočet **smýkových svislých pružin** po pilotě v závislosti na parametrech zemin
- 3) Provede se dopočet svislé pružiny v patě piloty v závislosti na **tuhosti podloží pod patou** piloty a **hloubce deformační zóny**. U tažených pilot je pružina nulová.

Takto spočtené tuhosti piloty jsou dále upraveny podle umístění ve skupině - smyková tuhost je redukována součiniteli 0,5 a 0,1 okrajové resp., vnitřní piloty.

Mikropilota

Program posuzuje mikropiloty (vyztužené ocelovou trubkou):

- pomocí **stupně bezpečnosti**
- pomocí **mezních stavů**

U obou případů se zvlášť posuzuje jednak jejich **kořenová část** (kořen) a jednak vlastní **dřík mikropiloty** (průřez mikropiloty). Při posouzení dříku mikropiloty je možné zavést do posouzení plánovanou dobu **životnosti mikropiloty**.

Posouzení stupeň bezpečnosti

Program provede posouzení dříku a kořene:

Posouzení průřezu (dříku)

Při posouzení průřezu se kontroluje vnitřní stabilita průřezu a únosnost spřaženého průřezu.

1) Vnitřní stabilita průřezu

$$\frac{N_{cr}}{N_{max}} > SF_f$$

- kde:
- N_{cr} - normová **kritická normálová síla**, vypočtena dle zvolené metody v záložce **nastavení výpočtu**
 - N_{max} - maximální normálová síla, zadávaná v rámu "**Zatížení**"
 - SF_f - stupeň bezpečnosti kritické síly, zadávaný v záložce "**Mikropiloty**"

2) Únosnost spřaženého průřezu

$$\frac{R_s}{\sigma_s} > SF_s$$

- kde:
- R_s - normová pevnost oceli, zadávaná v rámu "**Materiál**"
 - σ_s - napětí v oceli, vypočtené dle způsobu namáhání (průřez namáhaný pouze **osovou silou** nebo **momentem a osovou silou**)
 - SF_s - stupeň bezpečnosti únosnosti průřezu, zadávaný v záložce "**Mikropiloty**"

Posouzení kořene

$$\frac{Q}{N_{max}} > SF_r$$

- kde:
- Q - normová únosnost kořene mikropiloty, vypočtena v závislosti na použité metodě (viz "**Únosnost kořenové části mikropiloty**")
 - N_{max} - maximální normálová síla, zadávaná v rámu "**Zatížení**"
 - SF_r - stupeň bezpečnosti únosnosti kořene, zadávaný v záložce "**Mikropiloty**"

Posouzení mezní stavy

Program provede posouzení dříku a kořene:

Posouzení průřezu (dříku)

Při posouzení průřezu se kontroluje vnitřní stabilita průřezu a únosnost spřaženého průřezu.

1) Vnitřní stabilita průřezu

$$N_{\max} < N_{\text{crd}}$$

kde: N_{\max} - maximální normálová síla, zadávaná v rámu "Zatížení"
 N_{crd} - výpočtová kritická normálová síla

$$N_{\text{crd}} = \frac{N_{\text{cr}}}{\gamma_{\text{mf}}}$$

kde: N_{cr} - normová **kritická normálová síla**, vypočtena dle zvolené metody v záložce "Mikropiloty"
 γ_{mf} - součinitel redukce kritické síly, zadávaný v záložce "Mikropiloty" (mezní stavy)

2) Únosnost spřaženého průřezu

$$\sigma_s < R_{\text{sd}}$$

kde: σ_s - napětí v oceli, vypočtené dle způsobu namáhání (průřez namáhaný pouze **osovou silou** nebo **momentem a osovou silou**)
 R_{sd} - výpočtová pevnost oceli

$$R_{\text{sd}} = \frac{R_s}{\gamma_{\text{ss}}}$$

kde: R_s - normová pevnost oceli, zadávaná v rámu "Materiál"
 γ_{ss} - součinitel spolehlivosti oceli, zadávaný v záložce "Mikropiloty" (mezní stavy)

Posouzení kořene

$$N_{\max} < Q_{\text{rd}}$$

kde: N_{\max} - maximální normálová síla, zadávaná v rámu "Zatížení"
 Q_{rd} - výpočtová únosnost kořene mikropiloty

$$Q_{\text{rd}} = \frac{Q}{\gamma_r}$$

kde: Q - normová únosnost kořene mikropiloty, vypočtena v závislosti na použité metodě (viz "**Únosnost kořenové části mikropiloty**")
 γ_r - součinitel redukce únosnosti kořene, zadávaný v záložce "Mikropiloty" (mezní stavy)

Posouzení dříku mikropiloty

Při výpočtech únosnosti dříku (průřezu mikropiloty) program rozlišuje, zda jde o pilotu taženou resp. tlačnou.

U tažené mikropiloty se vypočte **únosnost spřaženého průřezu** (pevnost cementové směsi v tahu není uvažována).

U tlačné mikropiloty se posuzuje **únosnost spřaženého průřezu** a **vnitřní stabilita průřezu** v závislosti na zvolené metodě v záložce "Mikropiloty".

Únosnost spřaženého průřezu

Při výpočtu únosnosti spřaženého průřezu se posuzuje dřík mikropiloty (průřez mikropiloty) na porušení při **namáhání osovou silou** nebo **namáhání ohybem a osovou silou**.

Při výpočtu je možné zavést do posouzení plánovanou dobu **životnosti mikropiloty**.

Životnost mikropiloty

Zavedení životnosti mikropiloty je provedeno redukcí plochy výztužné trubky pomocí **redukčního součinitele** vlivu koroze ocelové trubky r_e a koeficientu F_{ut} zohledňující spojení mikropiloty s okolní zeminou:

$$A_a = \frac{\pi}{4} \left[(D - 2 \cdot r_e)^2 - (D - 2 \cdot t)^2 \right] F_{\text{ut}}$$

kde: D - vnější průměr výztužné trubky

- t - tloušťka stěny výztužné trubky
 F_{ut} - koeficient zohledňující spojení mikropiloty s okolní zeminou (0,5 až 1,0)
 r_e - součinitel vlivu koroze ocelové trubky

Literatura:

BS EN 14199:2005 Execution of special geotechnical works. Micropiles British-Adopted European Standard / 30-Mar-2005 / 52 pages ISBN: 0580457249.

Součinitel vlivu koroze

Součinitel vlivu koroze ocelové trubky r_e [mm] (podle EN 14199)

Typ půdy	Požadovaná životnost mikropiloty [roky]				
	5	25	50	75	100
Zeminy v přírodním uložení	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Zeminy v přírodním uložení kontaminované	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Organické zeminy	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Prosedavé zeminy	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Speciální zeminy (obsahují rozpustné soli)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

Pozn. Hodnoty součinitele vlivu koroze ocelové trubky r_e jsou pro mezilehlé hodnoty životnosti interpolovány.

Únosnost průřezu namáhaného osovou silou

Tahová osová síla

Je-li průřez namáhan tahem, napětí v oceli je spočteno podle vztahu:

$$\sigma_s = \frac{N}{A_s}$$

- kde:
- σ_s - napětí v oceli
 - N - normálová síla
 - A_s - plocha ocelové části průřezu mikropiloty

Tlaková osová síla

Únosnost průřezu v tlaku, redukována vzpěrem prvku, je stanovena následujícím vztahem:

$$N_{c,u} = \chi (A_s R_{sd} + A_c R_{cd})$$

- kde:
- χ - je součinitel vzpěrnosti
 - A_s - plocha ocelové části průřezu mikropiloty
 - A_c - plocha průřezu mikropiloty z cementové směsi
 - R_{sd} - výpočtová pevnost oceli
 - R_{cd} - výpočtová pevnost cementové směsi v tlaku

Při výpočtu podle stupně bezpečnosti jsou výpočtové pevnosti rovny normovým.

Výpočtové pevnosti oceli a cementové směsi pro mezní stavy jsou spočteny následovně:

$$R_{sd} = \frac{R_s}{\gamma_{ss}}$$

$$R_{cd} = \frac{R_c}{\gamma_{sc}}$$

- kde:
- R_s - normová pevnost oceli, zadávaná v rámu "Materiál"
 - γ_{ss} - součinitel spolehlivosti oceli, zadávaný v záložce "Mikropiloty"
 - R_c - normová pevnost cementové směsi v tlaku, zadávaná v rámu "Materiál"
 - γ_{sc} - součinitel spolehlivosti cementové směsi, zadávaný v záložce "Mikropiloty"

Posuzované napětí v oceli je spočteno podle vztahu:

$$\sigma_s = \frac{N}{N_{c,u}} R_{sd}$$

- kde:
- N - normálová síla působící v průřezu
 - $N_{c,u}$ - únosnost průřezu v tlaku, redukována **vlivem vzpěru**
 - R_{sd} - výpočtová pevnost oceli

Únosnost průřezu namáhaného ohybem a osovou silou

Pro průřez namáhaný ohybem, a případně i osovou silou, je třeba nejprve nalézt neutrálnou osu průřezu, která jej dělí na část **taženou** a část **tlačenou**. Při hledání polohy neutrálné osy prvku je zohledněn též vliv vzpěru, tj. normálová síla je zvětšena vydělením **součinitelem vzpěrnosti** χ . Postup hledání polohy neutrálné osy je znám z dimenzování železobetonových průřezů jako metoda mezní rovnováhy. Tlak je přenášen částí ocelové trubky a cementové směsi. Tah přenáší pouze zbývající část ocelové trubky, působení cementové směsi v tahu zanedbáváme.

Únosnost v ohybu je dána vztahem:

$$M_u = R_{sd} (A_{s,t} t_{s,t} + A_{s,c} t_{s,c}) + R_{cd} A_{c,c} t_{c,c}$$

- kde:
- R_{sd} - výpočtová pevnost oceli
 - $A_{s,t}$ - plocha tažené části ocelového průřezu mikropiloty
 - $A_{s,c}$ - plocha tlačené části ocelového průřezu mikropiloty
 - $A_{c,c}$ - plocha tlačené části průřezu z cementové směsi
 - $t_{s,t}$ - úroveň těžiště tažené části ocelového průřezu
 - $t_{s,c}$ - úroveň těžiště tlačené části ocelového průřezu
 - R_{cd} - výpočtová pevnost cementové směsi v tlaku
 - $t_{c,c}$ - úroveň těžiště tlačené části průřezu z cementové směsi

Při výpočtu podle **stupně bezpečnosti** jsou výpočtové pevnosti rovny normovým.

Výpočtové pevnosti oceli a cementové směsi pro **mezní stavy** jsou spočteny následovně:

$$R_{sd} = \frac{R_s}{\gamma_{ss}}$$

$$R_{cd} = \frac{R_c}{\gamma_{sc}}$$

- kde:
- R_s - normová pevnost oceli, zadávaná v rámu "**Materiál**"
 - γ_{ss} - součinitel spolehlivosti oceli, zadávaný v záložce "**Mikropiloty**"
 - R_c - normová pevnost cementové směsi v tlaku, zadávaná v rámu "**Materiál**"
 - γ_{sc} - součinitel spolehlivosti cementové směsi, zadávaný v záložce "**Mikropiloty**"

Posuzované napětí v oceli je spočteno podle vztahu:

$$\sigma_s = \frac{M}{M_u} R_{sd}$$

- kde:
- M - ohybový moment působící v průřezu
 - M_u - únosnost průřezu v ohybu
 - R_{sd} - výpočtová pevnost oceli

Vliv vzpěru

Při výpočtu vzpěru se nejprve určí charakteristiky ideálního průřezu, ve kterém je působení části z cementové směsi přepočítáno na ocel. Vypočte se štíhlost prvku λ podle vztahu:

$$\lambda = \frac{l_{cr}}{i}$$

kde: l_{cr} - vzpěrná délka prvku
 i - poloměr setrvačnosti ideálního průřezu

$$l_{cr} = \sqrt{\frac{EI\pi^2}{N_{cr}}}$$

kde: E - modul pružnosti ideálního průřezu
 I - moment setrvačnosti ideálního průřezu
 N_{cr} - normová **kritická normálová síla**, vypočtena dle zvolené metody v záložce "Mikropiloty"

Dále se stanoví přepočtená štíhlost λ_p :

$$\lambda_p = \lambda \sqrt{\frac{R_{sd}}{210}}$$

kde: R_{sd} - výpočtová pevnost oceli (při výpočtu podle stupně bezpečnosti je výpočtová pevnost rovna normové)

$$R_{sd} = \frac{R_s}{\gamma_{ss}}$$

kde: R_s - normová pevnost oceli, zadávaná v rámu "Materiál"
 γ_{ss} - součinitel spolehlivosti oceli, zadávaný v záložce "Mikropiloty" (mezní stavy)

Pro hodnotu štíhlosti λ_p se poté určí součinitel vzpěrnosti χ podle vztahů:

$$\chi = \frac{1}{2} \left[1,26 + \left(\frac{93}{\lambda_p} \right)^2 \right] - \sqrt{\frac{1}{4} \left[1,26 + \left(\frac{93}{\lambda_p} \right)^2 \right]^2 - \left(\frac{93}{\lambda_p} \right)^2} \quad \text{pro : } \lambda_p \leq 250$$

$$\chi = \left\{ \frac{1}{2} \left[1,26 + \left(\frac{93}{250} \right)^2 \right] - \sqrt{\frac{1}{4} \left[1,26 + \left(\frac{93}{250} \right)^2 \right]^2 - \left(\frac{93}{250} \right)^2} \right\} \left(\frac{250}{\lambda_p} \right)^2 \quad \text{pro : } \lambda_p > 250$$

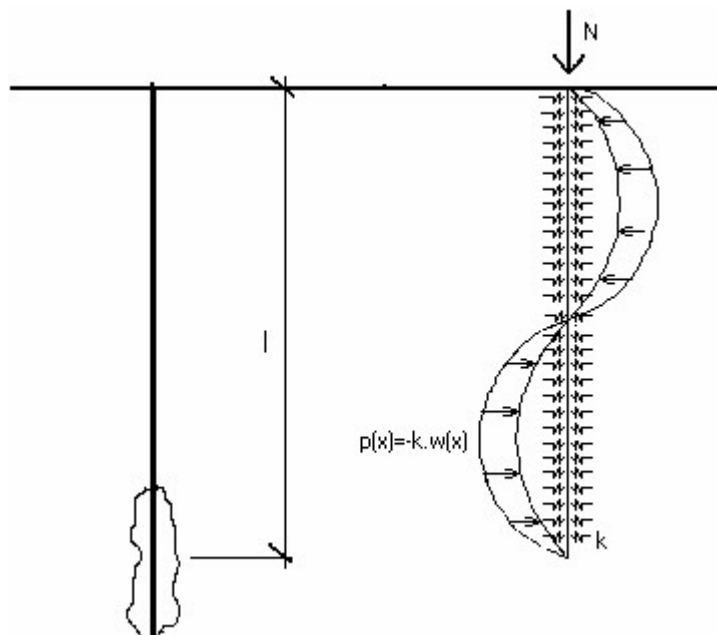
Vnitřní stabilita průřezu

Vnitřní stabilita průřezu posuzuje porušení mikropiloty vybočením do okolní zeminy. Stěžejním krokem pro určení vnější únosnosti mikropiloty je určení kritické normálové síly N_{cr} , která je závislá na délce mikropiloty, prostředí kolem mikropiloty a dalších vlivech. V záložce "Mikropiloty" je možné zvolit metodu řešení pro výpočet kritické normálové síly N_{cr} :

- Geometrická (Eulerova) metoda
- Metoda Salase
- Metoda Véase-Soucheho

Geometrická (Eulerova) metoda

Prostředí kolem mikropiloty je v programu modelováno **modulem reakce podloží E_p** (winklerovskou konstantou k), která je zadávána uživatelem v rámu "Posouzení průřezu". Model konstrukce je znázorněn na obrázku.



Model konstrukce

U tlačené mikropiloty je předpokládán vznik proměnného počtu polovin v závislosti na geometrii a tuhosti konstrukce resp. prostředí. Řešení tohoto případu vychází z rovnice ohybu přímého prutu.

$$w'''' = - \frac{M + N \cdot w}{E \cdot I}$$

Po úpravách lze ohybovou rovnici vyjádřit ve tvaru:

$$w_{(x)} = C_1 \cdot \cos(A \cdot x) + C_2 \cdot \sin(A \cdot x) + C_3 \cdot \cos(B \cdot x) + C_4 \cdot \sin(B \cdot x)$$

kde:

$$A = \sqrt{\frac{\alpha^2}{2} + \sqrt{\frac{\alpha^4}{2} - 4 \cdot \beta^4}}$$

$$B = \sqrt{\frac{\alpha^2}{2} - \sqrt{\frac{\alpha^4}{2} - 4 \cdot \beta^4}}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{N}{E \cdot I}}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k}{4 \cdot E \cdot I}}$$

Pro výpočet integračních konstant $C_1 - C_4$ se použije čtyř okrajových podmínek, které vyjadřují způsob uložení konců.

Velikost kritické síly N_{cr} lze spočítat pomocí obecného vztahu známého z teorie pružnosti (viz literaturu [1]):

$$N_{cr}(l_p) = E_i I_i \frac{\pi^2}{l_p^2} n^2 + E_r \frac{l_p^2}{\pi^2} n^{-2} \quad (1)$$

- kde:
- E_i - modul pružnosti ideálního průřezu
 - I_i - moment setrvačnosti ideálního průřezu
 - l_p - efektivní délka mikropiloty (volná délka mikropiloty + 1/2 délky kořene)
 - E_r - reakce zeminy ve vodorovném směru
 - n - počet půlvln ohybové čáry po délce mikropiloty

Kritická síla N_{cr} se hledá jako minimum funkce (1). Toho je dosaženo pro délku půlvlny

$$\frac{l_p}{n} = \pi \sqrt[4]{\frac{E_i I_i}{E_r}} \quad (2)$$

Z rovnice (2) vyplývá vztah pro počet půlvln n :

$$n = \frac{l_p}{\pi} \sqrt[4]{\frac{E_r}{E_i I_i}} \quad (3)$$

Pokud je mikropilota umístěna zčásti nad zemínou (vysazení), stanoví se redukované hodnoty n a E_r s ohledem na délku mikropiloty nad zemínou:

$$n_{red} = \frac{l_v}{l_p} + \left(1 - \frac{l_v}{l_p}\right) n \quad (4)$$

$$E_{r,red} = E_r \left(1 - \frac{l_v}{l_p}\right) \quad (5)$$

kde: l_v - délka mikropiloty nad terénem

Pro uložení mikropiloty kloub-kloub se kritická síla N_{cr} určí ze vztahu:

$$N_{cr} = E_i I_i \frac{\pi^2}{l_p^2} n_{red}^2 + E_{r,red} \frac{l_p^2}{\pi^2} n_{red}^{-2} \quad (6)$$

Pro uložení mikropiloty kloub-vetknutí se kritická síla N_{cr} určí ze vztahu:

$$N_{cr} = E_i I_i \frac{2\pi^2}{l_p^2} n_{red}^2 + E_{r,red} \frac{l_p^2}{2\pi^2} n_{red}^{-2} \quad (7)$$

Literatura:

[1] Timoshenko, S. P.: *Theory of Elastic Stability*, New York, 1936

Metoda Salase

Výpočet kritické síly N_{cr} pro základní typy uložení v hlavě mikropiloty (určující průhyb) vychází z následujícího vztahu:

$$N_{cr} = \pi^2 \cdot \frac{E_a \cdot I_a}{(l + l_{ef})^2} \cdot A$$

kde: $E_a \cdot I_a$ - ohybová tuhost výztužné trubky mikropiloty
 l - volná délka mikropiloty
 l_{ef} - délka fiktivního vetknutí
 A - konstanta zohledňující typ uložení mikropiloty v hlavě

$$l_{ef} = 1, 2, f \cdot l_e$$

kde: f - součinitel závislý na poměru modulu pružnosti zeminy v hlavě a kořeni mikropiloty
 l_e - elastická délka mikropiloty daná vztahem:

$$l_e = \left(\frac{3 \cdot E_a \cdot I_a}{E_l} \right)^{\frac{1}{4}}$$

kde: $E_a \cdot I_a$ - ohybová tuhost výztužné trubky mikropiloty

E_I - modul pružnosti zeminy v patě piloty

Literatura:

Jiménez Salas J.A. a kol.: *Geotecnia y Cimientos III, Capítulo 3, Rueda, Madrid (ve španělštině)*

Konstanta A zohledňující typ uložení mikropiloty v hlavě

Konstanta A zohledňující typ uložení mikropiloty v hlavě

Typ uložení mikropiloty v hlavě	A [-]
Kloubové	2,045
Volné	0,25
Vetknuté	4,0
Posuvné ve vodorovném směru	1,0

Součinitel f

Součinitel f

$E_o/E_I^{1)}$ [-]	f [-]
0	1,70
0,5	1,25
1	1,00

1) E_o je modul pružnosti zeminy pod povrchem terénu (u hlavy piloty)

E_I je modul pružnosti zeminy v patě piloty

Metoda Véase-Soucheho

Výchozím vztahem metody je rovnice udávající velikost kritické síly N_{cr} v závislosti na délce mikropiloty l_p (viz literaturu [1]):

$$N_{cr}(l_p) = \frac{\pi^2 EI}{\left(\frac{l_p}{m}\right)^2} + \frac{E_r \left(\frac{l_p}{m}\right)^2}{\pi^2} \quad (1)$$

kde:

- l_p - efektivní délka mikropiloty (volná délka mikropiloty + 1/2 délky kořene)
- EI - ohybová tuhost dřívku mikropiloty
- E_r - reakce zeminy ve vodorovném směru
- m - počet půlvln ohybové čáry po délce mikropiloty

Kritická síla N_{cr} se hledá jako minimum funkce (1). Toho je dosaženo pro délku půlvlny

$$\frac{l_p}{m} = \pi \sqrt[4]{\frac{EI}{E_r}} \quad (2)$$

Z rovnice (2) vyplývá vztah pro počet půlvln m :

$$m = \frac{l_p}{\pi} \sqrt[4]{\frac{E_r}{EI}} \quad (3)$$

Dále se zavádí bezrozměrná veličina ω , která je dána poměrem

$$\omega = \frac{l_v}{l_p} \quad (4)$$

kde: l_v - délka mikropiloty nad terénem

a další bezrozměrná veličina daná výrazem

$$\frac{N_{cr} l_p}{\pi^2 EI} \quad (5)$$

Vztahy mezi veličinami (3), (4) a (5) jsou popsány pomocí grafů publikovaných v článku [2]. Z těchto grafů jsou pro dané hodnoty veličin ω a m stanoveny hodnoty veličiny (5) a zní je vypočtena hodnota kritické síly N_{cr} .

Literatura:

[1] Timoshenko, S. P.: *Theory of Elastic Stability*, New York, 1936

[2] Véase, Souche: *Étude du flambement de pieux partiellement immergés dans offrant latéralement une réaction élastique pure*, Annales de l'ITBTP, No. 423, Sene Soils et Foundations, 187, mars - avril 1984, str. 38 - 60 (ve francouštině)

Modul horizontální reakce podloží

Prostředí kolem mikropiloty může být modelováno pomocí vodorovných pružin podél mikropiloty popsaných winklerovskou konstantou k_h . Pro vybočení mikropiloty do zeminy ve směru osy x je možné napsat vztah:

$$p_h = k_h \cdot x = E_p \cdot x$$

kde:

- p_h - reakce zeminy vyvolaná posunem mikropiloty ve směru osy x (tlak v zemině)
- k_h - Winklerova konstanta tuhosti pružiny (modul reakce podloží E_p)
- x - posun mikropiloty ve směru osy x

Budeme-li uvažovat reakci zeminy na zatlačení mikropiloty na jednotku délky mikropiloty, dostáváme vztah:

$$p_h = E_r \cdot x$$

kde:

- E_r - reakce zeminy ve vodorovném směru
- p_h - reakce zeminy vyvolaná posunem mikropiloty ve směru osy x na jednotku délky mikropiloty
- x - posun mikropiloty ve směru osy x

Z výše uvedených rovnic je patrný vztah mezi modul reakce podloží E_p [kN/m^3] a reakcí zeminy ve vodorovném směru E_r [kN/m^2] (za předpokladu konstantního E_r v zemině):

$$E_r = k_h \cdot D = E_p \cdot D$$

kde:

- D - průměr mikropiloty
- k_h - Winklerova konstanta tuhosti pružiny (modul reakce podloží E_p)

Reakce zeminy ve vodorovném směru E_r lze dopočítat na základě znalosti presiometického modulu E_m .

Výpočet modulu horizontální reakce podloží E_r

Modul horizontální reakce podloží E_r je možné spočítat při znalosti presiometického modulu E_m a součinitele α_p podle vztahu:

$$E_r = E_m \cdot \frac{6}{\frac{4}{3}(2,65)^{\alpha_p} + \alpha_p}$$

kde:

- E_m - presiometický (Menardův) modul [MPa]
- α_p - součinitel typu zeminy (viz níže uvedená tabulka)

Orientační hodnoty E_m a P_{lim}

Zeminy		E_m [MPa]	P_{lim} [MPa]
Nesoudržné	kypré	0 - 3,5	0 - 0,5
	středně ulehlé	3,5 - 12	0,5 - 1,5
	ulehlé	12 - 22,5	1,5 - 2,5
	velmi ulehlé	> 22,5	> 2,5
Soudržné	kašovité	0 - 2,5	0 - 0,2
	měkké	2,5 - 5	0,2 - 0,4
	tuhé	5 - 12	0,4 - 0,8
	pevné	12 - 25	0,8 - 1,6

	tvrdé	> 25	> 16
--	-------	------	------

Hodnoty součinitele typu zeminy α_p

Typ zeminy	Rašelina	Jíl, hlína		Usazeniny		Písky		Písky a štěrky	
	α_p	E_m / P_{lim}	α_p	E_m / P_{lim}	α_p	E_m / P_{lim}	α_p	E_m / P_{lim}	α_p
Překonsolidované	1	> 16	1,0	> 14	0,67	> 12	0,5	> 10	0,33
Normálně konsolidované	1	9 - 16	0,67	8 - 14	0,5	7 - 12	0,33	6 - 10	0,25
Nekonsolidované	-	7 - 9	0,5	5 - 8	0,5	5 - 7	0,5	-	0,25

Literatura:

Menard, L. F.: *Proceedings of the 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Montreal, Vol. 2, 1965, pp. 295 - 299 (tabulka 2.29 a 2.30).*

Hodnoty modulu reakce podloží E_p

Hodnoty modulu reakce podloží $E_p = k_h [MN/m^3]$

Zemina	E_p Min/Max $[MN/m^3]$	Průměrná hodnota $k_h = E_p$ $[MN/m^3]$
jíl měkký	2 - 5	3,5
jíl tuhý	3 - 8	5,5
jíl pevný	6 - 16	11
písek přirozeně vlhký kyprý	6 - 13	9,5
písek přirozeně vlhký středně ulehlý	20 - 40	30
písek přirozeně vlhký ulehlý	45 - 90	67,5
písek zvodnělý kyprý	4 - 8	6
písek zvodnělý středně ulehlý	10 - 20	15
písek zvodnělý ulehlý	30 - 60	45
jíl písčité měkký	3 - 6	4,5
jíl písčité tuhý	5 - 9	7
jíl písčité pevný	8 - 17	12,5
písek jílovitý vlhký kyprý	4 - 9	6,5
písek jílovitý vlhký středně ulehlý	12 - 32	22
písek jílovitý vlhký ulehlý	24 - 44	34
písek jílovitý zvodnělý kyprý	3,5 - 6,5	5
písek jílovitý zvodnělý středně ulehlý	7 - 11	9
písek jílovitý zvodnělý ulehlý	11,5 - 13,5	12,5

Únosnost kořenové části mikropiloty

Stanovení únosnosti kořene mikropiloty výpočtem je možné podle mnoha postupů popsanych v odborné literatuře i v normách. V programu GEO5 "**Mikropilota**" jsou k dispozici metody, které zastupují základní přístupy k řešení únosnosti kořene mikropiloty. Výpočet je proveden podle nastavení v záložce "**Mikropilota**" jedním z následujících postupů:

- Metoda Lizziho - zadává se průměrné mezní tření na plášti kořene
- Metoda Littlejohna - zadává se injektážní tlak
- Metoda Zwecka - metoda vychází z geostatické napjatosti a parametrů zemin v okolí kořene
- Metoda Bowlese - metoda vychází z geostatické napjatosti a parametrů zemin v okolí kořene
- Metoda Véase - zadává se způsob provedení mikropiloty a parametry zemin v okolí kořene
- kořen v hornině - zadávají se parametry horniny v okolí kořene
- Metoda Bustamante - únosnost kořene mikropiloty se počítá na základě SPT zkoušek nebo presiometrických zkoušek (PMT)

Metoda Lizziho

Lizziho metoda je v současnosti nejvíce používána. Únosnost kořene se spočte podle vzorce:

$$Q = \pi \cdot d \cdot l \cdot \tau_m \cdot J$$

kde:	d	- průměr kořene
	l	- délka kořene
	τ_m	- průměrné mezní plášťové tření
	J	- součinitel vyjadřující vliv průměru vrtu

Součinitel J vyjadřuje vliv průměru vrtu - nabývá hodnot 1,0 pro vrt do 100 **mm** a 0,8 pro vrt nad 200 **mm**.

Průměrné mezní plášťové tření kořene mikropiloty lze nalézt v rozličné literatuře. V programu jsou zabudovány tři tabulky s orientačními hodnotami mezního plášťového tření. První tabulka je sestavená autory programu podle dostupné literatury, druhá obsahuje hodnoty τ_m podle DIN 4128 a třetí hodnoty publikované v článku Kleina a Mišove (Inženýrské stavby, 1984). Ve třetí tabulce jsou naměřené hodnoty plášťového tření kořenů kotev pro různé zeminy, průměry kořenů, množství injektáží atd. - použití této tabulky dává velmi realistické výsledky.

Literatura:

Lizzi, F. (1982). "The pali radice (root piles)". Symposium on soil and rock improvement techniques including geotextiles, reinforced earth and modern piling methods, Bangkok, D-3.

Plášťové tření kořene mikropiloty

Orientační hodnoty mezního plášťového tření (doporučení autorů programu)

Zemina	Plášťové tření [kPa]
jíl měkký	40 - 60
jíl tuhý	65 - 85
jíl pevný	130 - 170
písek přirozeně vlhký, kyprý	110 - 150
písek přirozeně vlhký, středně ulehlý	140 - 180
písek přirozeně vlhký, ulehlý	170 - 230
písek zvodnělý, kyprý	80 - 130
písek zvodnělý, středně ulehlý	120 - 160
písek zvodnělý, ulehlý	160 - 200
jíl písčitý, měkký	50 - 70
jíl písčitý, tuhý	75 - 95
jíl písčitý, pevný	125 - 165
písek jílovitý, vlhký, kyprý	90 - 135
písek jílovitý, vlhký, středně ulehlý	135 - 165
písek jílovitý, vlhký, ulehlý	150 - 170
písek jílovitý, zvodnělý, kyprý	80 - 105
písek jílovitý, zvodnělý, středně ulehlý	90 - 130
písek jílovitý, zvodnělý, ulehlý	115 - 155

Hodnoty mezního plášťového tření podle DIN 4128

Zemina	Průměrné mezní plášťové tření	
	tlačené piloty [kPa]	tažené piloty [kPa]
středně až hrubozrnný písek	200	100
písek a štěrkopísek	150	80
soudržné zeminy	100	50

Doporučené parametry kořenů kotev (Mišove, Klein, Inženýrské stavby 5/1986)

Typ uložení mikropiloty v hlavě	konečný inj.tlak [MPa]	počet injekt.	průměr kořene [mm]	délka kořene [m]	plášť. tření [kPa]
skalní horniny	-	0	120	5 - 3	1000 - 1600
poloskalní horniny	0,5 - 3,0	0 - 1	120 - 220	7 - 3	300 - 1000
štěrk. injektovatelné zeminy	1,0	1 - 2	250 - 400	7 - 5	250 - 320
štěrk. neinjektovatelné zeminy	2,0 - 4,0	1 - 2	280 - 350	7 - 5	230
středně a jemnozrnné písky	1,5 - 4,0	2 - 3	220 - 350	12 - 7	150 - 180
soudržné tvrdé a pevné zeminy	1,5 - 3,0	1 - 3	200 - 280	17 - 8	130 - 190
soudrž. pevné až tuhoplastické zem.	1,0 - 2,5	2 - 3	150 - 400	20 - 9	100 - 130
soudržné měkkoplastické zeminy	0,5 - 2,0	3 - 4	300 - 450	27 - 13,5	50 - 70

Metoda Littlejohna

Únosnost kořene metodou Littlejohna se spočte podle vzorce:

$$Q = \pi \cdot d \cdot l \cdot p_i$$

kde:

- d - průměr kořene
- l - délka kořene
- p_i - velikost injekčního tlaku

Ze zkoušek mikropilot je patrné, že jejich únosnost také závisí na způsobu provedení injektáže a na injekčním tlaku (z průběhu injektáže lze často odvodit únosnost mikropiloty). Únosnost značně vzrůstá u opakovaných injektáží. Injekční tlaky se pohybují od 0,1 do 3 **MPa**, v některých případech mohou dosáhnout až 8 **MPa**. V metodě podle Littlejohna je únosnost kořene přímo úměrná injektážnímu tlaku.

Literatura:

LITTLEJOHN, G. S. y BRUCE, D. A. (1975).: "Rock Anchors -State of the Art. Part 1. Design". *En Ground Engineering*, Vol. 8, N° 4.

Metoda Zwecka

Metody Zweckova a Bowlesova byly vyvinuty pro výpočet kořenů kotev - závisí především na geostatickém napětí v místě kořene mikropiloty. Metody vycházejí ze stejných principů - velikost tlaku na plášti je redukována pomocí součinitele tlaku v klidu K_o .

$$Q = \pi \cdot d \cdot l \cdot \frac{1 + K_o}{2} \cdot \sigma_z \cdot \tan \varphi$$

$$K_o = 1 - \sin \varphi$$

kde:

- d - průměr kořene
- l - délka kořene
- K_o - součinitel tlaku v klidu
- σ_z - průměrné geostatické napětí na kořenu mikropiloty
- φ - průměrná velikost úhlu vnitřního tření zemin u kořene mikropiloty

Metoda Bowlese

Bowles připouští vliv soudržnosti zeminy na únosnost kořene - proto je vhodnější pro soudržné zeminy.

$$Q = \pi \cdot d \cdot l \cdot \sigma_z \cdot K_o \cdot \tan \varphi + \pi \cdot d \cdot l \cdot c$$

$$K_o = 1 - \sin \varphi$$

kde:

- d - průměr kořene
- l - délka kořene
- K_o - součinitel tlaku v klidu
- σ_z - průměrné geostatické napětí na kořenu mikropiloty
- φ - průměrná velikost úhlu vnitřního tření zemin u kořene mikropiloty

Literatura:

J.E. Bowles - *Foundation Analysis and Design*, McGraw Hill book Company.

Metoda Véase

Toto řešení zohledňuje geostatické napětí v místě kořene mikropiloty a typ injektáže kořene.

Únosnost kořene mikropiloty je dána vztahem:

$$Q = R_{bk} + R_{sk}$$

kde:

- R_{bk} - únosnost paty kořene mikropiloty

R_{sk} - únosnost na plášti kořene mikropiloty

Únosnost na plášti mikropiloty:

$$R_{sk} = \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot q_{si}$$

kde: n - počet vrstev zemin, kterými prochází kořen mikropiloty

A_{si} - plocha stěny kořene mikropiloty ve vrstvě i

q_{si} - plášťové tření ve vrstvě i

Únosnost paty mikropiloty je dána vztahem:

$$R_{bk} = 0,15 \cdot R_{sk}$$

Plášťové tření q_s v hloubce z pod povrchem terénu:

$$q_s(z) = \frac{c}{F_c} + \sigma_h(z) \frac{\tan \delta}{F_\varphi}$$

kde: z - hloubka z pod povrchem terénu, kde se určuje velikost plášťového tření

c - efektivní soudržnost zeminy v hloubce z

δ - úhel tření na rozhraní kořene mikropiloty a zeminy v hloubce z

$$\delta \in \left\langle \frac{2}{3} \varphi'; \varphi' \right\rangle$$

φ' - efektivní úhel vnitřního tření zeminy v hloubce z

$\sigma_h(z)$ - vodorovná složka geostatické napjatosti v hloubce z :

- pro injektáž kořene typu IR a IRS (se záznamem injekčního tlaku) a hloubkou $z \geq 5 \text{ m}$:

$$\sigma_h(z) = K_o \cdot \sigma_v(z) + \frac{p_i}{3}$$

- ostatní případy

$$\sigma_h(z) = K_o \cdot \sigma_v(z)$$

K_o - součinitel zemního tlaku v klidu

- pro normálně konsolidované zeminy

$$K_o = 1 - \sin \varphi'$$

- pro překonsolidované zeminy

$$K_o = (1 - \sin \varphi) \cdot \sqrt{OCR}$$

$\sigma_v(z)$ - svislá složka geostatické napjatosti v hloubce z

p_i - injekční tlak pro injektáž typu IR a IRS a hloubkou $z \geq 5 \text{ m}$, v ostatních případech $p_i = 0$

F_c, F_φ - součinitelé způsobu použití mikropiloty

Literatura:

Véas, Souche : Étude du flambement de pieux partiellement immergés dans un milieu offrant latéralement une réaction élastique pure, Annales de l'ITBTP, No. 423, Sene Soils et Foundations, 187, mars - avril 1984, p. 38 - 60 (ve francouštině).

Součinitelé způsobu použití mikropiloty

Součinitelé způsobu použití mikropiloty

Způsob použití mikropiloty	F_c [-]	F_φ [-]
Nově budované základy	1,50	1,50
Stávající základy	1,20	1,20

Únosnost kořene v hornině

Toto řešení je vhodné pro kořeny mikropilot zasahujících svojí délkou do hornin s indexem $RQD > 60$ nebo pevností v prostém tlaku $\sigma_c > 20 \text{ MPa}$ (ISRM < III). Únosnost kořene mikropiloty v hornině je dána vztahem:

$$Q = A_s \cdot q_{sr} + A_b \cdot q_{br}$$

kde:

- A_s - plocha stěny kořene mikropiloty
- q_{sr} - **plášťové tření v hornině**
- A_b - plocha paty kořene mikropiloty
- q_{br} - **únosnost paty kořene mikropiloty v hornině**

Literatura:

Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, Ministerio de fomento, 2005 (ve španělštině).

Plášťové tření a únosnost paty kořene mikropiloty v hornině

Plášťové tření v hornině q_{sr} a únosnost paty kořene mikropiloty v hornině q_{br}

Druh horniny	$q_{sr} [\text{MPa}]$	$q_{br} [\text{MPa}]^{1)}$
sedimenty	0,15 - 0,40	$0,07 \sigma_c$
břidlice a fylity	0,20 - 0,30	$0,07 \sigma_c$
pískovce	0,30 - 0,45	$0,07 \sigma_c$
vápence a dolomity	0,40 - 0,50	$0,10 \sigma_c$
granity, žuly, basalty	0,40 - 0,60	$0,10 \sigma_c$

1) σ_c - pevnost v prostém tlaku v **MPa**

Metoda Bustamante (SPT, Presiometr PMT)

Základním vstupem pro výpočet **únosnosti kořenové části mikropiloty** jsou výsledky **standardních penetračních zkoušek (SPT)** nebo **presiometrických zkoušek (PMT)**.

Velikost **napětí na plášti kořene mikropiloty** $q_s [\text{MPa}]$ se odečte z **grafů podle Bustamanteho**, které jsou různé podle typu zeminy a použité technologie injektáže.

Únosnost na plášti kořene mikropiloty R_s se určí podle vztahu:

$$R_s = \sum \pi d_r l_r q_s$$

kde:

- d_r - průměr kořene mikropiloty
- l_r - délka kořene mikropiloty
- q_s - napětí na plášti kořene mikropiloty (hodnota určená z **grafu**)

Únosnost na patě kořene mikropiloty R_b lze při výpočtu neuvažovat nebo se určí jako:

$$R_b = 0,15 R_s$$

kde: R_s - únosnost na plášti kořene mikropiloty

Velikost únosnosti R_b lze dále v programu vypočítat podle vztahu:

$$R_b = A_p k_p p_{LM}$$

kde:

- A_p - průřezová plocha paty kořene mikropiloty
- k_p - faktor zeminy v okolí paty kořene mikropiloty
- p_{LM} - **mezní tlak zeminy** podle Menarda

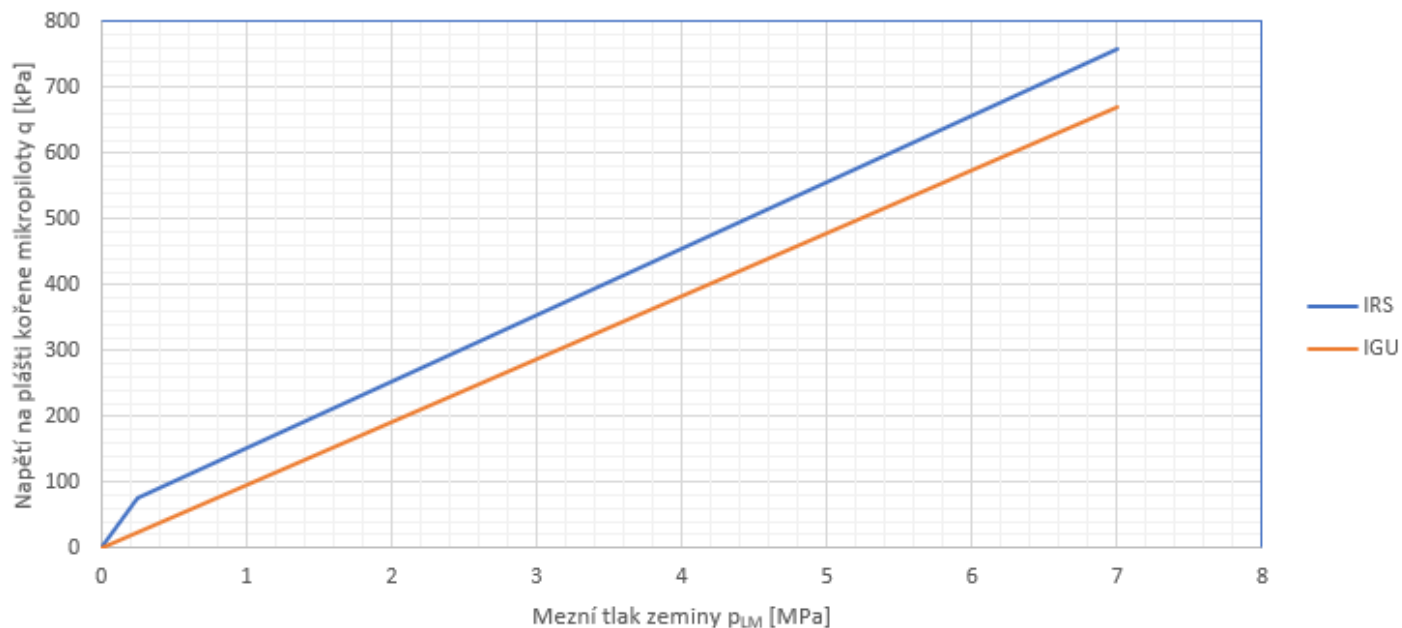
Napětí na plášti kořene mikropiloty - grafy

Na výpočet únosnosti pláště mikropiloty R_s má významný vliv použitý **způsob injektáže** kořene mikropiloty. Program uvažuje následující možnosti injektáže:

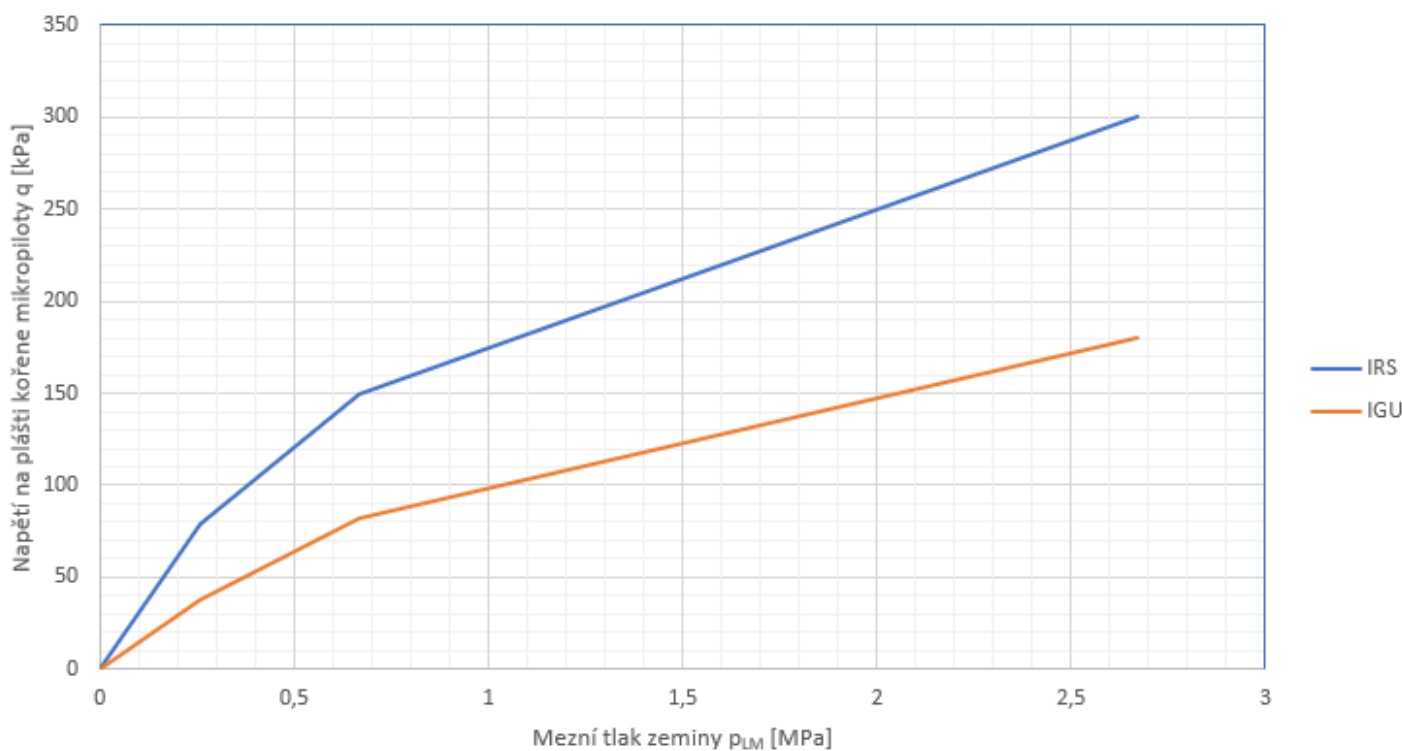
- **IRS**: opakovaná selektivní injektáž kořene mikropiloty přes manžety lokálním způsobem (**Tube-á-Manchette**),
- **IGU**: jednotná globální tlaková injektáž (**Looped Tube Systems**).

V programu jsou zabudované následující grafy pro výpočet **napětí na plášti kořene mikropiloty q_s [MPa]**:

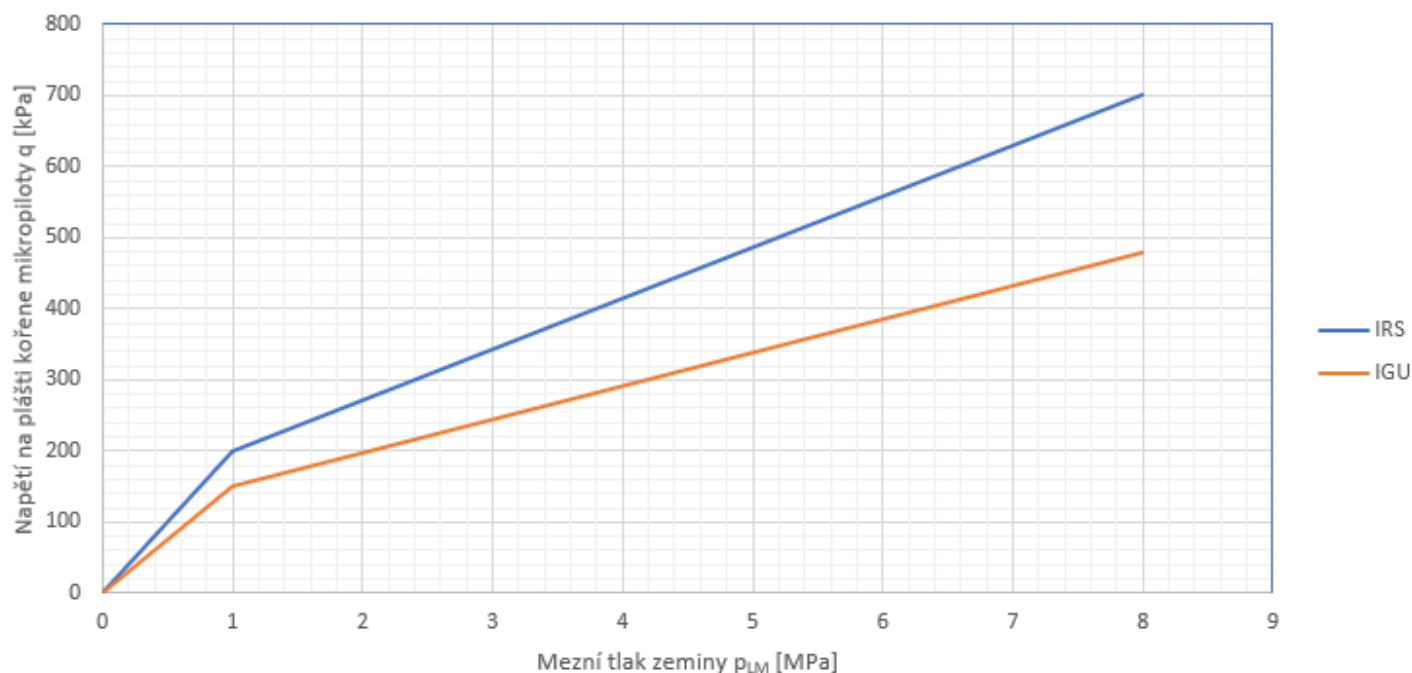
Písky, Štěrk



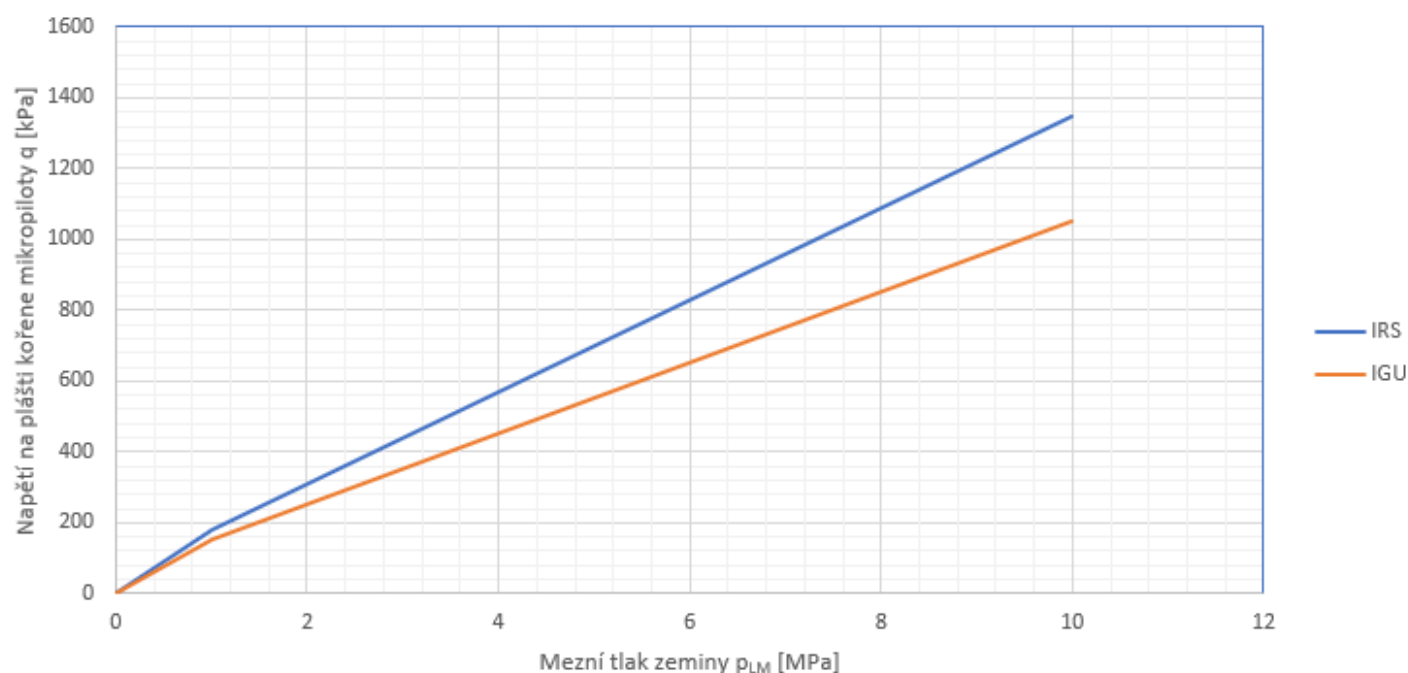
Jíly



Hlíny



Rozvolněné horniny



Zobrazené grafy mají na vodorovné ose mezní tlak zeminy p_{LM} , který se získá z **presiometrické zkoušky (PMT)**. Při **zkouškách SPT** se používají stejné grafy, mezní tlak zeminy p_{LM} [MPa] se pak určí jako **n -násobek** počtu úderů N pro interval hloubky penetrace $d = 0,3 \text{ m}$, tj. $SPT [N/0,3 \text{ m}]$. Pro jednotlivé typy zemin jsou hodnoty mezního tlaku zeminy p_{LM} podle Menarda následující:

- **písky, štěrky, hlíny a rozvolněné horniny:** $p_{LM} = SPT / 20$
- **jíly:** $p_{LM} = SPT / 15$

Např. pro písčitou zeminu a hodnotu násobku počtu úderů $SPT = 120$ se mezní tlak zeminy určí jako $p_{LM} = SPT / 20 = 120 / 20 = 6,0 \text{ MPa}$.

Dále např. pro jílovitou zeminu a násobek počtu úderů $SPT = 30$ se mezní tlak zeminy určí jako $p_{LM} = SPT / 15 = 30 / 15 = 2,0 \text{ MPa}$.

Následně se na svislé ose podle velikosti mezního tlaku zeminy p_{LM} a použitého způsobu injektáže (**IRS**, resp. **IGU**) odečte příslušná hodnota napětí na plášti kořene mikropiloty q_s .

Polní zkoušky

Program **Stratigrafie** a některé další programy GEO5 využívají jako vstupní parametry pro výpočet **tyto polní zkoušky**:

- **CPT - Statická penetrační zkouška** - program "Pilota CPT" a Patky CPT
- **DPT - Dynamická penetrační zkouška**
- **SPT - Standardní penetrační zkouška** - program "Mikropilota", "Pilota CPT" a Patky CPT
- **PMT - Pressiometrická zkouška** - program "Pažení posudek" a "Stabilizační pilota", program "Mikropilota" a Patky CPT
- **DMT - Dilatometrická zkouška** - program "Patky", program "Pažení posudek" a "Stabilizační pilota"

CPT (Statická penetrační zkouška)

Statická penetrační zkouška (CPT, CPTu) spočívá v zatlačení penetračního hrotu pomocí kolony penetračních tyčí konstantní rychlostí (20-25 mm/s) do zeminy. Během průběhu penetrační zkoušky se zaznamenávají hodnoty **odporu na hrotu** q_c , resp. **lokálního plášťového tření** f_s . Odpor hrotu tedy obecně vyjadřuje odpor proti vnikání kuželového hrotu do zeminy (podloží). Průměr špičky penetračního hrotu se obvykle pohybuje v rozmezí 25-50 mm.

Odpor na hrotu q_c vyjadřuje poměr měřené síly na špičce penetračního hrotu Q_c a plochy kolmého průřezu špičky A_c .

Lokální plášťové tření f_s vyjadřuje poměr měřené síly na třecí manžetě F_s a plochy jejího pláště A_s .

Výsledkem statické penetrační zkoušky je průběh zkoušky zobrazený pomocí grafu.

Zkoušky CPT jsou vstupním údajem pro výpočty v programu "Pilota CPT" a "Patky CPT" a modelování podloží v programu "Stratigrafie".

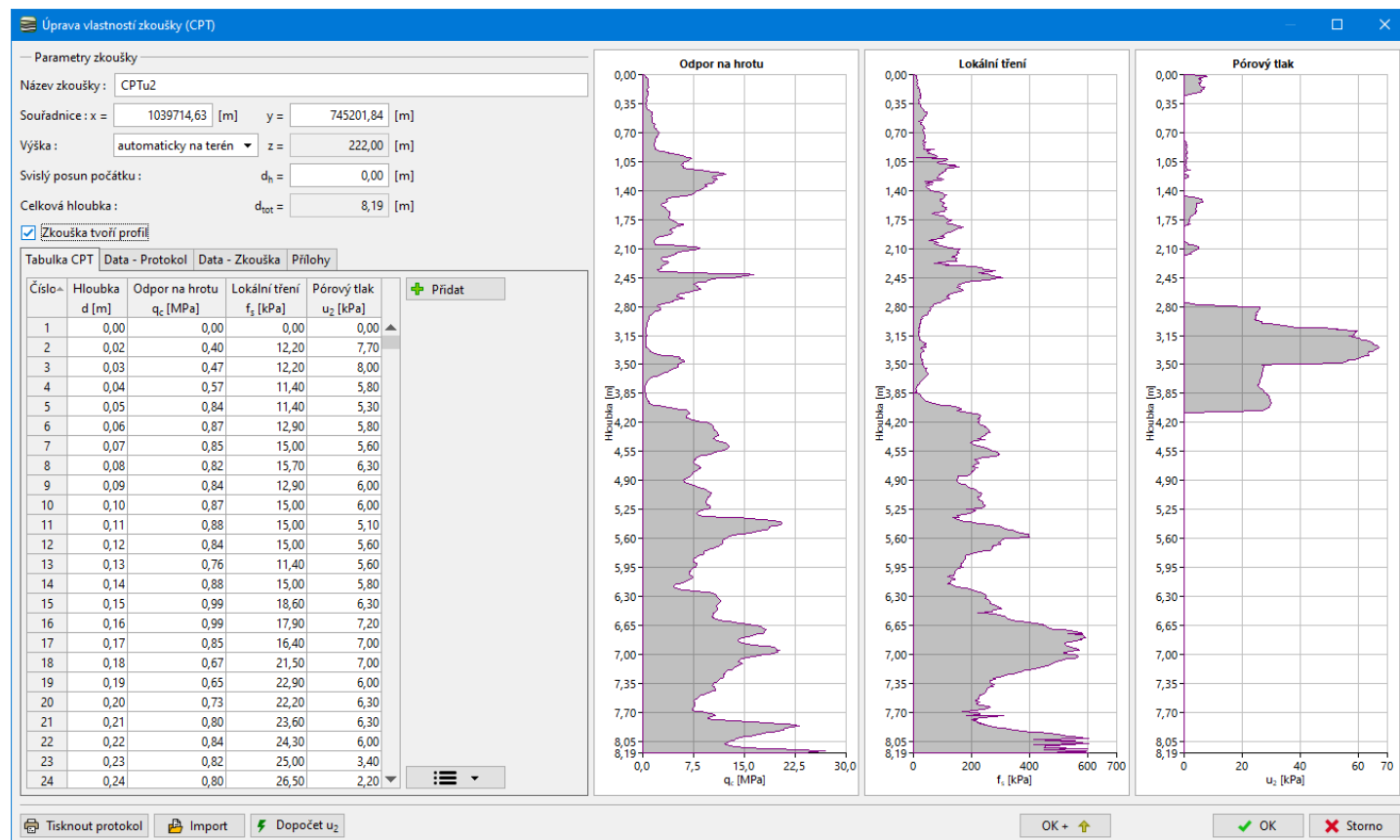
Import zkoušek CPT se provádí pomocí tlačítka "Import" - otevře se dialogové okno, ve kterém vybereme zkoušky které chceme importovat. Obecný postup importu tabulkových dat je blíže popsán [zde](#).

V dialogovém okně "Nová zkouška" se zadává název zkoušky a svislý posun počátku zkoušky. V programu Stratigrafie se zadávají také souřadnice x , y , z .

V tabulce se zadávají naměřené hodnoty penetračního odporu q_c v dané hloubce.

Pro výpočet **únosnosti piloty** dle **Schmertmanna** je nutné zadat také hodnoty lokálního plášťového tření f_s .

Zadání hodnot pórového tlaku u_2 je nutné při provádění **klasifikace zemin**. Pokud není pórový tlak změřen (zkouška CPTu), lze ho dopočítat ze zadané hladiny HPV stisknutím tlačítka "Dopočet u_2 ".



Literatura:

ČSN EN ISO 22476-1: Geotechnický průzkum a zkoušení - Terénní zkoušky. Část 1: Statická penetrační zkouška s elektrickým snímáním dat a měřením pórového tlaku. 2013.

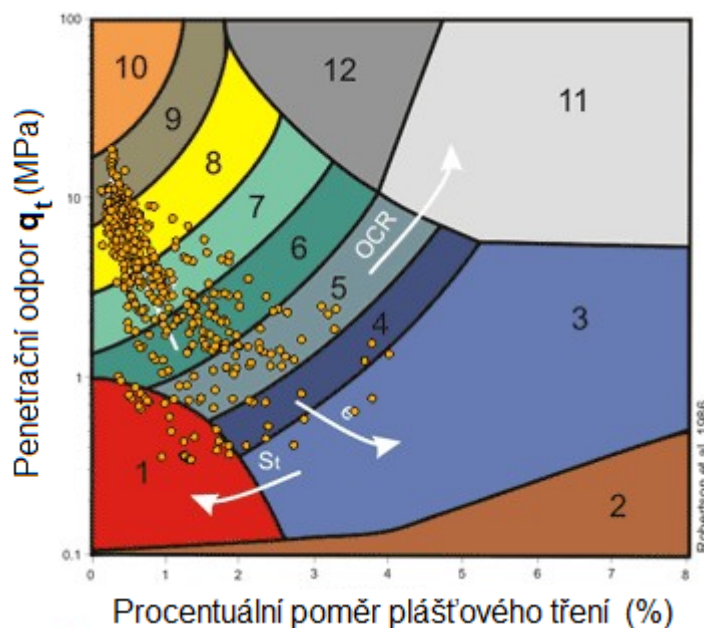
ČSN EN ISO 22476-12: Geotechnický průzkum a zkoušení - Terénní zkoušky. Část 12: Statická penetrační zkouška s mechanickým hrotem. 2009.

Roy E. Hunt: Geotechnical Engineering Investigation Handbook, Second Edition (CRC Press, 2005)

Klasifikace zemin podle Robertsona

Při klasifikaci zemin podle Robertsona (1986, resp. 2010) není zapotřebí zadávat vstupní parametry zemin, program tento krok provádí automaticky spolu s jejich přiřazením do geologického **profilu**. Z tohoto důvodu je **posouzení** na základě provedených **zkoušek CPT** velmi rychlé a především jednoznačné.

Při zatřídění zemin podle Robertsona (1986, resp. 2010) se vychází z naměřených hodnot **penetračního odporu** q_c , **lokálního plášťového tření** f_s , resp. pórového tlaku u_2 . Na základě **opravené hodnoty odporu kužele** $q_t = q_c + u_2 \cdot (1 - a)$, resp. poměru q_c/p_a a procentuálního poměru plášťového tření $R_f = f_s/q_t$ program automaticky provede zatřídění příslušného typu zeminy podle následujících grafů. p_a - atmosferický tlak = 100 **kPa** (= 1 **tsf**).

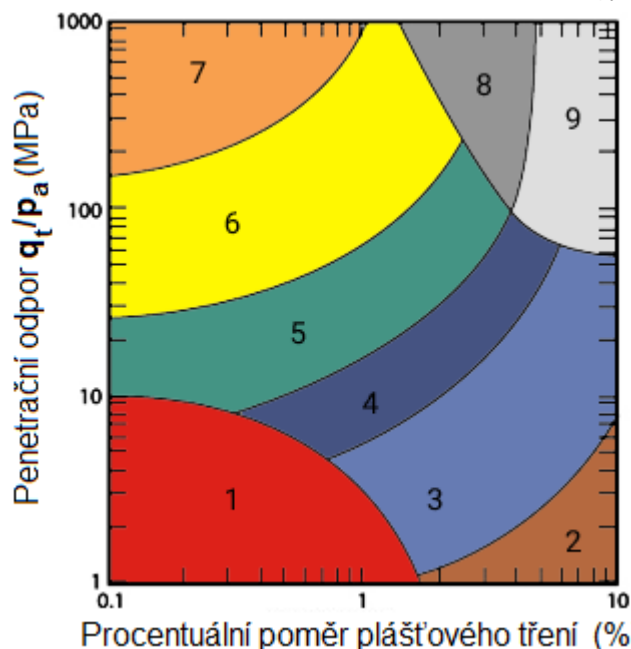


Klasifikace zemin podle Robertsona z roku 1986 (zdroj: Robertson et al., 1986)

Klasifikace zemin podle Robertsona z roku 1986 - jednotlivé typy zemin (zdroj: Robertson et al., 1986)

Oblast	Typ zemin (SBT)
1	Citlivá jemnozrnná zemina
2	Organický materiál
3	Jíl
4	Hlinitý jíl - jíl
5	Jílovitá hlína - hlinitý jíl
6	Písčitá hlína - jílovitá hlína
7	Hlinitý písek - písčitá hlína
8	Písek, hlinitý písek
9	Písek
10	Štěrkovitý písek, písek
11	Velmi tuhá jemnozrnná zemina *
12	Písek - jílovitý písek *

* překonsolidovaná zemina



Klasifikace zemin podle Robertsona z roku 2010 (zdroj: [4], obrázek 21, strana 26)

Klasifikace zemin podle Robertsona z roku 2010 - jednotlivé typy zemin

Oblast	Typ zeminy (SBT)
1	Citlivá jemnozrnná zemina
2	Organické zeminy - jíly
3	Jíly - hlinitý jíl, jíly
4	Hlinitá směs - jílovitá hlína, hlinitý jíl
5	Písčitá směs - hlinitý písek, písčitá hlína
6	Písky - čistý písek, hlinitý písek
7	Štěrkovitý písek, ulehý písek
8	Velmi tuhý písek, jílovitý písek *
9	Velmi tuhá jemnozrnná zemina *

* překonsolidovaná zemina

Novější klasifikace zemin podle Robertsona z roku 2010 obsahuje menší počet jednotlivých tříd zemin než původní klasifikace z roku 1986. Nicméně zařazení zemin podle Robertsona z roku 2010 je v současnosti přesnější a ve světě používanější.

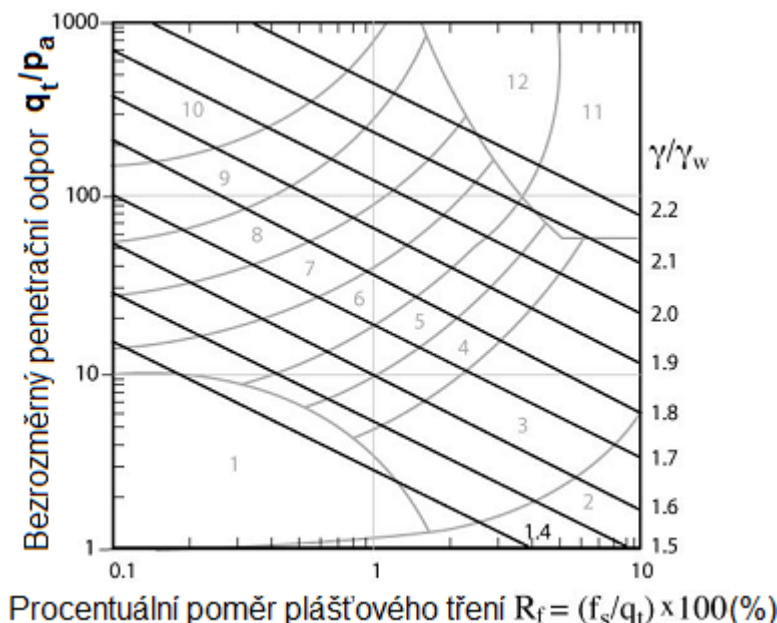
Pokud je v rámu "**Klasifikace zemin**" pro objemovou tíhu zeminy zvolena možnost "**počítat**", pak se **objemová tíha zeminy** γ se určí na základě následujícího vztahu:

$$\frac{\gamma}{\gamma_w} = 0,27 \left(\log R_f \right) + 0,36 \left(\log \frac{q_t}{p_a} \right) + 1,236$$

kde: γ_w - objemová tíha vody (≈ 10) [kN/m^3]
 p_a - atmosférický tlak (≈ 100) [kPa]

$$R_f = \frac{f_s}{q_t} 100 \%$$

kde: R_f - procentuální poměr plášťového tření a penetračního odporu



Určení objemové tíhy zeminy z poměru γ/γ_w na základě provedení zkoušek CPT (zdroj: [4], obrázek 28, strana 36)

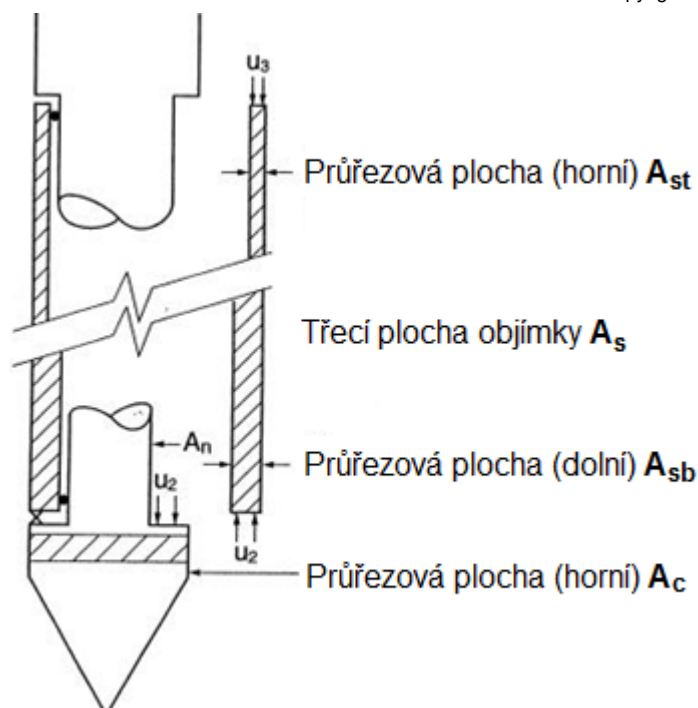
Zadání mocnosti vrstev zemin ovlivňuje, jaká je minimální tloušťka vrstvy i -té zeminy. V případě **nulové vrstvy zeminy** jsou do geologického profilu přiřazeny všechny vrstvy na základě klasifikace zemin podle Robertsona (1986, resp. 2010). Při zadání **nenulové minimální mocnosti** dojde ke snížení počtu vrstev zemin v geologickém profilu, který se tak výrazně zjednoduší. Rozložení a počet vrstev do určité míry ovlivňuje svislou únosnost, resp. sedání **piloty** popř. **patky** vyšetřované na základě **zkoušky CPT**.

Literatura:

- [1] ČSN EN ISO 22476-1: Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky. Část 1: Statická penetrační zkouška s elektrickým snímáním dat a měřením pórového tlaku. 2013.
- [2] ČSN EN ISO 22476-12: Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky. Část 12: Statická penetrační zkouška s mechanickým hrotem. 2009.
- [3] Robertson, P. K.: Interpretation of Cone Penetration Tests – a unified approach. Canadian Geotechnical Journal, 2009, číslo 46, strany 1337 – 1355.
- [4] Robertson, P. K. and Cabal, K. L.: Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. Gregg Drilling & Testing, Inc., USA, 6. vydání, 2014, 133 stran.

Koeficient penetrometru

Koeficient penetrometru α [-] představuje poměr tzv. **čisté plochy**, která se určuje na základě kalibračního měření v laboratoři (snaha o eliminaci nepříznivých účinků tření objímky a nerovných konců kuželového hrotu). Typické hodnoty tohoto součinitele jsou v rozmezí 0,7 až 0,85.



Účinky nerovných konců kuželového hrotu a tření objímky (zdroj: [4], obrázek 20, strana 22)

Literatura:

- [1] ČSN EN ISO 22476-1: Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky. Část 1: Statická penetrační zkouška s elektrickým snímáním dat a měřením pórového tlaku. 2013.
- [2] ČSN EN ISO 22476-12: Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky. Část 12: Statická penetrační zkouška s mechanickým hrotem. 2009.
- [3] Robertson, P. K.: Interpretation of Cone Penetration Tests – a unified approach. Canadian Geotechnical Journal, 2009, číslo 46, strany 1337 – 1355.
- [4] Robertson, P. K and Cabal, K. L.: Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. Gregg Drilling & Testing, Inc., USA, 6. vydání, 2014, 133 stran.

Import zkoušek CPT

Program "Pilota CPT", "Patky CPT" a "Stratigrafie" umožňuje importovat výsledky zkoušek CPT v několika formátech.

Dialogové okno "Import CPT" obsahuje tabulku se seznamem importovaných zkoušek. V dialogovém okně se volí typ souboru.

- | | |
|-----------------------|--|
| *.txt, *.xlsx, *.csv, | - obecná textová či tabulková data |
| *.ods | |
| *.spe | - formát dat používaný v České a Slovenské Republice, původem z programu GeProDo |
| *.cpt | - textový soubor standardizovaný především v Nizozemí (používaná například programy Geodelft M-Serie), ve kterém se zadávají nadmořské výšky jednotlivých bodů a hodnoty penetračního odporu (může obsahovat více CPT) |
| *.cpt | - textový soubor Geotech AB CPT |
| *.cpt | - textový soubor Gouda Geo CPT |
| *.cpt | - textový soubor Hogentogler CPT |
| *.gef | - GEF (Geotechnical Exchange Format) je obecný formát pro ukládání a přenášení geotechnických dat
Podrobné informace na : https://publicwiki.deltares.nl/display/STREAM/GEF-CPT |
| *.ags | - formát pro přenos geotechnických parametrů používaný ve Velké Británii
Podrobné informace na : http://www.agsdataformat.com/datatransferv4/intro.php |
| *.GRU | - formát dat používaný v Polsku |

U **textového formátu** lze zvolit **systém jednotek**, ve kterých jsou data uložena. Program je při importu automaticky převede na formát jednotek používaný programem.

Pro správný výpočet je nutné zkoušku umístit do masívu - z tohoto důvodu se v okně zadává **nadmořská výška původního terénu**. Při importu se načte nadmořská výška počátku příslušné zkoušky a zkouška se umístí do masívu. Pokud nejsou nadmořské výšky zadány, umístí se počátek zkoušky automaticky **na původní terén**.

Pokud používáte nějaký standard zápisu CPT, který není programem podporován, kontaktujte nás na **hotline@fine.cz** - rádi ho v příští verzi budujeme.

Import (CPT)

— Typy importu —

CPT

GeoDelft CPT Gouda Geo CPT

Geotech AB CPT Hogentogler CPT

Formát GEF Formát AGS

GEPRODO SPE Formát GRU

Textový formát, tabulky

— Seznam importovaných zkoušek —

Číslo	Soubor	Název zkoušky	Použitelnost	Způsob zpracování	Poznámka
1	C:\Users\Public\Documents\Fine\GEO5 2021 Příklady\cpt_test1.gef	01	tvorba modelu, CPTu	přidat zkoušku	Zkouška bude přidána.
2	C:\Users\Public\Documents\Fine\GEO5 2021 Příklady\cpt_test2.gef	02	tvorba modelu, CPTu	přidat zkoušku	Zkouška bude přidána.

(i) Načtená data byla kompletně zpracována.

Bude přidáno 2 zkoušek.

OK Storno

Dialogové okno "Import" (statická penetrační zkouška)

DPT (Dynamická penetrační zkouška)

Výsledkem **dynamické penetrační zkoušky (DPT)** je počet úderů N , potřebný k dosažení penetrace (zaražení kuželového penetrometru do zeminy, resp. horniny) o tzv. interval hloubky penetrace.

Interval hloubky penetrace se liší podle **typu dynamické penetrační zkoušky**:

- **DPL** – lehká dynamická penetrace
- **DPM** – střední dynamická penetrace
- **DPH** – těžká dynamická penetrace
- **DPSH - A** – velmi těžká dynamická penetrace
- **DPSH - B** – velmi těžká dynamická penetrace

Pro zkoušky typu **DPL**, **DPM** a **DPH** činí interval penetrace 100 **mm**, pro zkoušky typu **DPSH - A** nebo **DPSH - B** činí 100nebo200 **mm**.

Nejméně po každém 1,0 **m** zkoušky je třeba také zaznamenat **moment** nutný k pootočení o **1,5 otáčky** nebo **dosažení maximálního momentu**. Naměřená hodnota slouží pro eliminaci plášťového tření.

Výsledkem dynamické penetrační zkoušky je průběh zkoušky zobrazený pomocí grafu. Vyhodnocení DPT zkoušek je vstupním údajem pro modelování podloží v programu "**Stratigrafie**".

Hodnoty dynamických penetračních zkoušek (DPT) lze do programu **importovat** jako tabulková data.

V dialogovém okně "**Nová zkouška**" se zadává název zkoušky, svislý posun počátku zkoušky DPT od terénu a také souřadnice x , y , z .

Tlačítko "**Přidat**" v tomto dialogovém okně otevírá další dialogové okno "**Nové body zkoušky**", ve kterém se zadává počet úderů v dané hloubce, případně kroutící moment. Hloubku je možné zadávat ručně nebo automaticky přičítat interval hloubky penetrace.

Úprava vlastností zkoušky (DPT)

Parametry zkoušky

Název zkoušky: DPT1

Souřadnice: x = 1039757,71 [m] y = 745200,84 [m]

Výška: zadat z = 208,00 [m]

Svislý posun počátku: d_h = 0,00 [m]

Celková hloubka: d_{tot} = 7,60 [m]

☒ Zkouška tvoří profil

Parametry DPT | Tabulka DPT | Data - Protokol | Data - Zkouška | Přílohy

Číslo	Hloubka d [m]	Počet úderů [n / 0,10 m]	Moment M [Nm]
1	0,00	0	0,00
2	0,10	2	16,00
3	0,20	2	16,00
4	0,30	6	16,00
5	0,40	11	16,00
6	0,50	10	16,00
7	0,60	7	16,00
8	0,70	5	16,00
9	0,80	5	16,00
10	0,90	5	16,00
11	1,00	6	16,00
12	1,10	8	15,00
13	1,20	10	15,00
14	1,30	11	15,00
15	1,40	6	15,00
16	1,50	4	15,00
17	1,60	4	15,00
18	1,70	4	15,00
19	1,80	4	15,00
20	1,90	5	15,00
21	2,00	5	15,00
22	2,10	5	21,00
23	2,20	4	21,00
24	2,30	4	21,00

+ Přidat

Tisknout protokol Import

OK Storno

Dialogové okno "Nová zkouška"

Literatura:

ČSN EN ISO 22476-3: Geotechnický průzkum a zkoušení - Terénní zkoušky. Část 2: Dynamická penetrační zkouška. 2005.

Roy E. Hunt: Geotechnical Engineering Investigation Handbook, Second Edition (CRC Press, 2005)

SPT (Standardní penetrační zkouška)

Výsledkem **Standardní penetrační zkoušky (SPT)** je počet úderů N , potřebný k dosažení penetrace (zaražení odběrného přístroje do zeminy, resp. horniny) o tzv. interval hloubky penetrace 0,3 m (1 ft).

Počet úderů N naměřený při zkoušce SPT se koreluje z důvodů vlivu různých zkušebních zařízení a vlivu tíhy nadloží v pískách. **Upravený (korelovaný) počet úderů N_{60} je uvažován ve výpočtech.**

Korelovaný počet úderů N_{60} se vypočítá podle vztahu:

$$N_{60} = \frac{E_r}{60} C_N \lambda N$$

- kde:
- E_r - energetický poměr zkušebního zařízení
 - N - počet naměřených úderů při zkoušce SPT
 - C_N - korelace pro svislé napětí
 - λ - uživatelská korelace

Energetický poměr zkušebního zařízení E_r vyjadřuje poměr skutečné energie E_{meas} a vypočtené energie E_{theor} beranu. Pro standardní zařízení SPT (Mohr) není nutné korelaci používat, protože výkonnost jeho stroje je 60 % a k této hodnotě se korelace provádí (používají se hodnoty naměřené při zkoušce SPT).

Korelace C_N pro svislé napětí σ'_V - vyjadřuje vliv tíhy nadloží v pískách. Hodnoty opravného faktoru C_N větší než 1,5 nemají být používány (podle doporučení ČSN EN ISO 22476-3).

Tabulka zabudovaných vztahů korelace C_N

Typ	Typ konsolidace	Relativní hutnost I_p [%]	Opravný faktor C_N
Typ 1 - EN ISO 22476-3 (Tab. A2)	Normálně konsolidované	40 až 60	$C_N = \frac{200}{100 + \sigma'_v}$
Typ 2 - EN ISO 22476-3 (Tab. A2)		60 až 80	$C_N = \frac{300}{200 + \sigma'_v}$
Typ 3 - EN ISO 22476-3 (Tab. A2)	Překonsolidované	-	$C_N = \frac{170}{70 + \sigma'_v}$
Typ 4 - EN ISO 22476-3	Normálně konsolidované písky	-	$C_N = \sqrt{\frac{98}{\sigma'_v}}$
Typ 5 - FHWA (1998), Peck (1974)	-	-	$C_N = \left(\frac{100}{\sigma'_v}\right)^{0,4}$

kde: σ'_v - efektivní svislé napětí

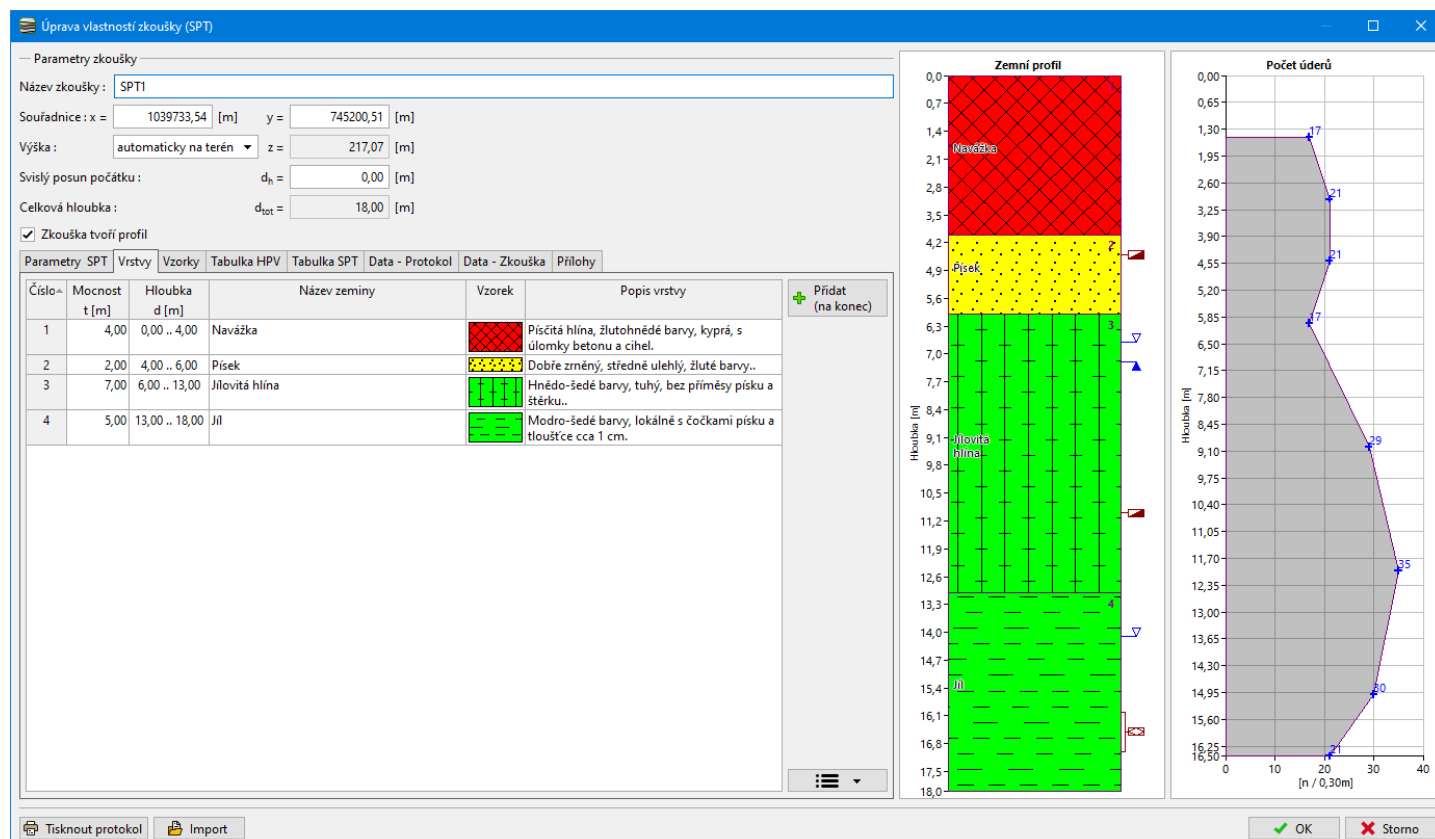
Uživatelská korelace λ [-] - vyjadřuje ztrátu energie vlivem délky soutyčů, vliv průměru vrtu, nebo vliv odběrného přístroje.

Výsledkem standardní penetrační zkoušky je průběh zkoušky zobrazený pomocí grafu. Vyhodnocení SPT zkoušek je vstupním údajem pro výpočty v programu "Mikropilota" a "Patky CPT" a modelování podloží v programu "Stratigrafie".

Hodnoty standardních penetračních zkoušek lze do programu **importovat** jako tabulková data.

V dialogovém okně "**Nová zkouška**" se zadává název a parametry zkoušky (svislý posun počátku zkoušky, energetický poměr zkušebního zařízení E_r) a korelace naměřených hodnot. V programu Stratigrafie se zadávají také souřadnice x , y , z .

Tlačítko "**Přidat**" v tomto dialogovém okně otevírá další dialogové okno "**Nové body zkoušky**", ve kterém se zadává počet úderů v dané hloubce.



Dialogové okno "Nová zkouška"

ČSN EN ISO 22476-3: Geotechnický průzkum a zkoušení - Terénní zkoušky. Část 3: Standardní penetrační zkouška. 2005.

Roy E. Hunt: *Geotechnical Engineering Investigation Handbook, Second Edition* (CRC Press, 2005)

PMT (Presiometrická zkouška)

Presiometrická zkouška (PMT) je postup, při kterém je ve zkoušeném prostředí presiometrická sonda plněna kapalinou. Následné rozpínání zeminy, resp. horniny v oblasti otvoru je určeno jako závislost měřeného objemu kapaliny na přírůstku tlaku, který je zvyšován v časových intervalech podle definovaného programu.

Při presiometrické zkoušce se v závislosti na hloubce zaznamenávají následující parametry:

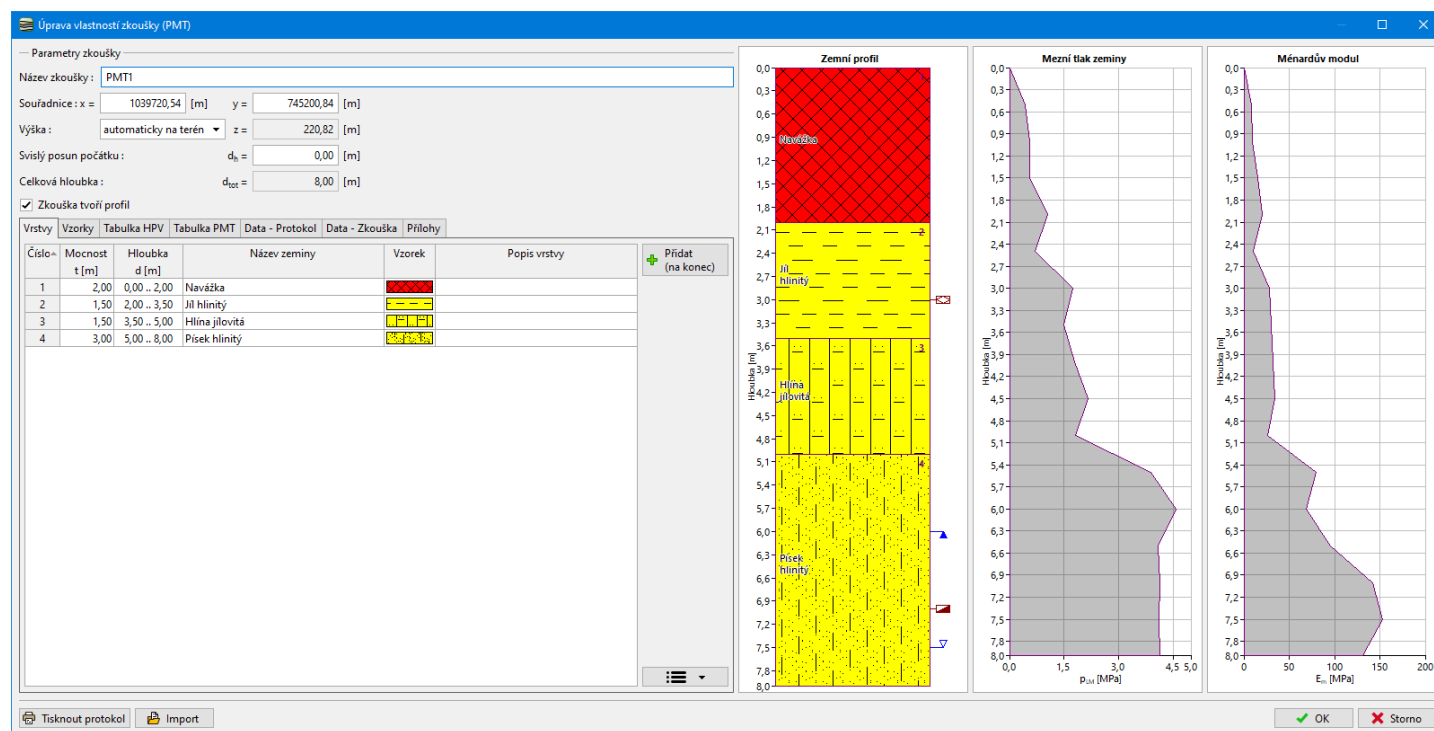
- presiometrický (Menardův) modul E_m** - získá se z presiometrické křivky v závislosti na typu **pláště sondy** (pružná převlečená manžeta, šterbinová pažnice).
- mezní tlak zeminy p_{LM}** - vyjadřuje přírůstek tlaku kapaliny ve zkoušené sondě na změnu objemu zeminy, resp. horniny

Výsledkem presiometrické zkoušky je průběh zkoušky zobrazený pomocí grafu. Presiometrické zkoušky jsou vstupním údajem pro výpočty v programu "Mikropilota", "Pažení posudek", "Stabilizační pilota" a "Patky CPT" a modelování podloží v programu "Stratigrafie".

Hodnoty presiometrických zkoušek (PMT) lze do programu **importovat** jako tabulková data.

V dialogovém okně "**Nová zkouška**" se zadává název zkoušky a svislý posun počátku zkoušky. V programu Stratigrafie se zadávají také souřadnice x , y , z .

Tlačítko "**Přidat**" otevírá dialogové okno "**Nové body zkoušky**", ve kterém se zadává mezní tlak zeminy p_{LM} a Menardův modul E_m v dané hloubce.



Dialogové okno "Nová zkouška"

Literatura:

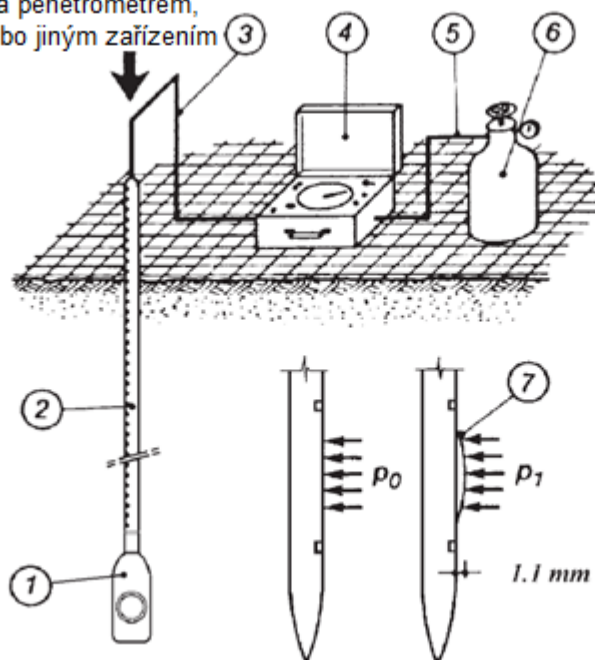
ČSN EN ISO 22476-4: Geotechnický průzkum a zkoušení - Terénní zkoušky. Část 4: Zkouška presiometrem Ménard. 2005.

Roy E. Hunt: *Geotechnical Engineering Investigation Handbook, Second Edition* (CRC Press, 2005)

DMT (Dilatometrická zkouška)

Dilatometrická zkouška (DMT) se provádí za použití dilatometru, který funguje na principu ověřování hodnot deformací pomocí indukčních snímačů (s citlivostí až 0,001 mm). Výhodou těchto zkoušek je přesnější popis deformace a přetváření základové pudy.

Tlačná síla vytvořená penetrometrem,
vrtnou soupravou nebo jiným zařízením



1. Hrot dilatometru
2. Tlačená tyč
3. Pneumaticko-elektrický kabel
4. Kontrolní skříň
5. Pneumatická hadice
6. Zásobník plynu
7. Expanze (výduť) membrány

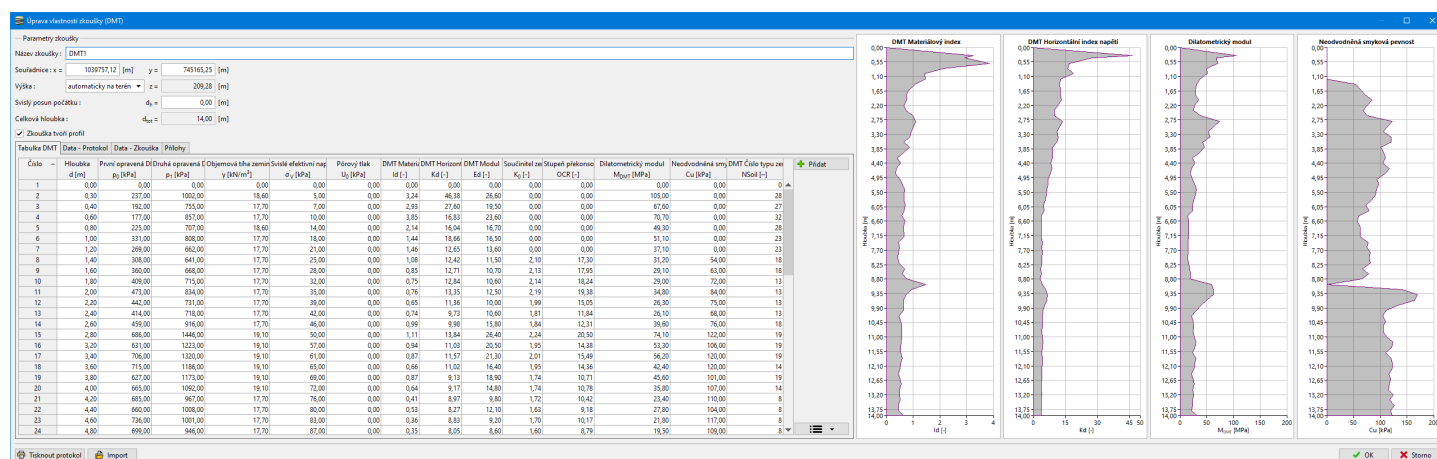
Schematické znázornění principu dilatometrické zkoušky (zdroj: [1], obrázek 2, strana 10)

Výsledkem dilatometrické zkoušky je průběh zkoušky zobrazený pomocí grafu. Vyhodnocení dilatometrických zkoušek je vstupním údajem pro výpočty v programu "Patky", "Pažení posudek" a "Stabilizační pilota" a modelování podloží v programu "Stratigrafie".

Výsledky dilatometrické zkoušky (DMT) se do programu importují ve formátu **UNI (*.uni)**. Jedná se o **standardizovaný a univerzální formát** pro načtení naměřených dat z dilatometrických zkoušek, který se používá ve světě.

V dialogovém okně "Nová zkouška" se zadává název zkoušky a svislý posun počátku zkoušky PMT od terénu. V programu "Stratigrafie" se zadávají také souřadnice x , y , z .

Tlačítko "Přidat" otevírá dialogové okno "Nové body zkoušky", ve kterém se zadávají naměřené hodnoty **dilatometrického modulu M_{DMT}** v dané hloubce.



Dialogové okno "Nová zkouška"

Literatura:

Marchetti, S., Monaco, P., Totani, G. & Calabrese, M.: *The Flat Dilatometer Test (DMT) in soil investigations. A Report by the ISSMGE Committee TC16, University of L'Aquila, Italy, 2001, 48 stran.*

Roy E. Hunt: *Geotechnical Engineering Investigation Handbook, Second Edition (CRC Press, 2005)*

ČSN EN ISO 22476-11: *Geotechnický průzkum a zkoušení - Terénní zkoušky. Část 11: Zkouška s plochým dilatometrem*

Výpočet sedání

Pro výpočet sedání je možné použít následující metody:

- Pomocí **edometrického modulu**
- Pomocí **součinitele stlačitelnosti**
- Pomocí **indexu stlačitelnosti**

- Podle **NEN (Buismann, Ladde)**
- Pomocí **Soft soil modelu**
- Podle **teorie Janbu**
- Pomocí **dilatometru (DMT)**

Program umožňuje omezit deformační zónu dvojím způsobem:

- Využitím **teorie strukturní pevnosti**
- Procentem velikosti **primárního geostatického napětí**

Napětí v zemině se u všech metod stanovuje podle teorie pružnosti (Boussinesquova teorie).

Ve výše uvedených metodách se vychází z obecných **teorií sedání**.

Při výpočtu sedání pod základovou patkou program nejprve spočte **napětí v základové spáře** a poté dopočte **celkové sednutí a natočení základu**.

Obecný postup výpočtu sedání u všech metod je ten, že se profil rozdělí na vrstvičky, které mají rozdílnou mocnost podle hloubky pod základovou spárou resp. povrchem terénu. V každé vrstvičce se počítá její svislá deformace - celkové sednutí je pak definováno jako suma sednutí jednotlivých vrstviček v deformační zóně (pod touto zónou jsou deformace nulové či zanedbatelné):

$$s = \sum \Delta s_i$$

kde:

s - sedání

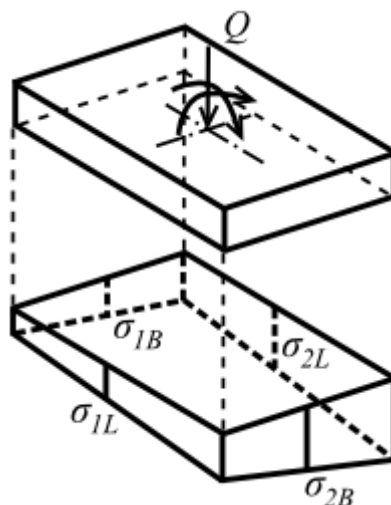
s_i - sednutí vrstvy i

Napětí v základové spáře

Napětí v základové spáře je možné uvažovat:

- **obdélníkové** (rovnoměrné v základové spáře)
- **obecné** (lichoběžníkové), kdy se liší hranová napětí

Obecný průběh napětí se určí podle obrázku:



Napětí v základové spáře

kde:

$$\sigma_{1B,z} = \frac{Q}{l \cdot b} \pm \frac{Q \cdot e_b}{W_b} \quad e_b = \frac{M_x + H_y \cdot t + N \cdot p_x}{Q} \quad W_b = \frac{1}{6} \cdot l \cdot b^2$$

$$\sigma_{1L,z} = \frac{Q}{l \cdot b} \pm \frac{Q \cdot e_t}{W_t} \quad e_t = \frac{-M_y + H_x \cdot t + N \cdot p_y}{Q} \quad W_t = \frac{1}{6} \cdot l \cdot b^2$$

kde:

Q - svislé zatížení základu

l, b - šířka a délka základu

e_b - mimostřednost zatížení

M - moment zatěžující základ

H - vodorovná síla zatěžující základ

N - normálová síla ve sloupu u excentricky umístěné patky

p - posuny osy sloupu od středu základu

Pokud je v některých bodech napětí záporné, pak se počítá s vyloučením tahu a s náhradními rozměry $b \cdot l$. Před vlastním výpočtem průběhu napětí od přetížení základové spáry se ještě napětí v základové spáře zredukuje o geostatické napětí v základové spáře podle vztahu:

$$\sigma_{ol} = \max(\sigma_{ol} - \sigma_{or,sp}; 0)$$

Geostatické napětí v základové spáře lze v programu uvažovat třemi způsoby:

- **od původního terénu** uvažuje se tehdy, je-li základová spára obnažena ve výkopu od původního terénu na dobu kratší, než je doba potřebná k nakypření zeminy a k ztrátě napjatosti,
- **od upraveného terénu** platí zde stejné předpoklady jako výše,
- **neuvažovat vůbec**.

Celkové sednutí a natočení základu

Podstatný vliv na sednutí základu má tuhost systému tvořeného základovou konstrukcí a základovou půdou, která se určuje podle vzorce:

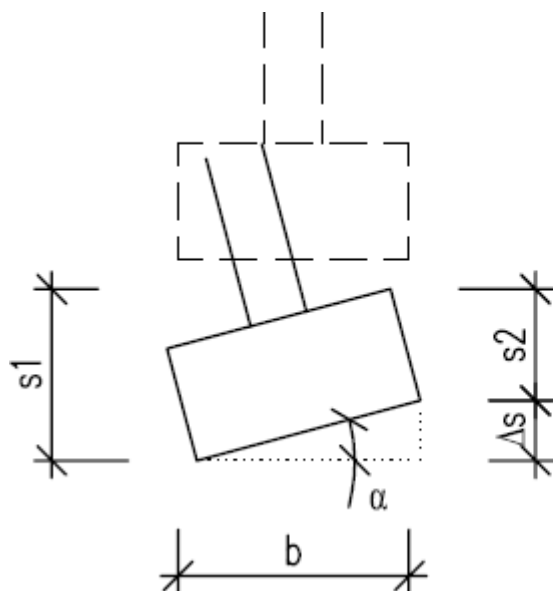
$$k = \frac{E_{basic} \cdot t^3}{E_{def,av} \cdot l^3}$$

kde:	E_{basic}	- modul pružnosti materiálu základu
	t	- výška základové konstrukce
	$E_{def,av}$	- vážený průměr modulu přetvárnosti do hloubky deformační zóny
	l	- rozměr základu ve směru zjišťované tuhosti

Je-li $k > 1$ považuje se základ za tuhý a reprezentativním bodem pro určení jeho sednutí je **charakteristický bod** (vzdálený o 0,37 násobek rozměru základu od jeho osy).

Při tuhosti systému $k < 1$ se základová konstrukce považuje za poddajnou a reprezentativním bodem pro určení jeho sednutí je **střed základu**.

Natočení základu se určuje z rozdílu sednutí středů jednotlivých hran.



$$\Delta s = s_1 - s_2$$

$$\text{natočení} = \frac{\Delta s}{b} (\tan^* 1000)$$

$$\alpha = \arctan \frac{\Delta s}{b} [^\circ]$$

Natočení plošného základu - princip výpočtu

Vliv hloubky založení a nestlačitelného podloží

Při výpočtu sedání lze zohlednit **vliv hloubky založení** zavedením redukčního součinitele κ_1 :

pro pas:

$$\kappa_1 = 1 + 0,61 \cdot \arctg \frac{d}{z}$$

$$\kappa_1 = 1 + 0,35 \cdot \arctg\left(1,55 \cdot \frac{d}{z}\right)$$

kde: d - hloubka základové spáry
 z - hloubka pod základovou spárou

Vliv nestlačitelné vrstvy je zaveden do výpočtu redukčním součinitelem κ_2 :

$$\kappa_2 = 1 - e^{\left(\frac{z_{ic}}{z} \cdot \ln 0,25 + \ln 0,8\right)}$$

kde: z_{ic} - hloubka nestlačitelné vrstvy pod základovou spárou
 z - hloubka pod základovou spárou

Při uvažování výše uvedených součinitelů se **provádí transformace napětí** svislé složky napětí σ_z tak, že místo skutečné hloubky z se použije **náhradní hloubka** z_r určená rovnicí:

$$z_r = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot z$$

kde: κ_1 - součinitel hloubky založení
 κ_2 - součinitel nestlačitelného podloží
 z - hloubka pod základovou spárou

Vliv štěrkopískového polštáře

Je-li pod patkou zadán štěrkopískový polštář, počítají se v jednotlivých vrstvičkách materiálové parametry X následovně:

Pro vrstvu $h_{a,i}$:

$$X_i < X_c$$

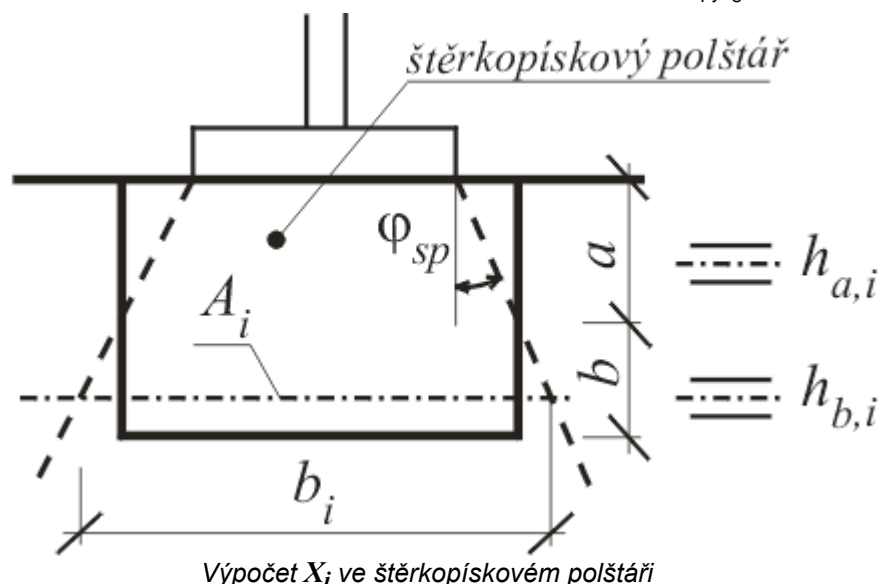
kde: X_i - materiálové parametry i -té vrstvy
 X_c - materiálové parametry štěrkopískového polštáře

Pro vrstvu $h_{b,i}$:

$$X_i = \frac{(A_i - A_c) \cdot X_c + A_i \cdot X_c}{A_i}$$

$$A_i = b_i \cdot l_i$$

kde: A_c - plocha štěrkopískového polštáře
 X_c - materiálová charakteristika štěrkopískového polštáře
 $X_{b,i}$ - materiálové parametry vrstvy b, i
 b_i - šířka štěrkopískového polštáře v i -té vrstvě
 l_i - délka štěrkopískového polštáře v i -té vrstvě



Výpočet pomocí edometrického modulu

Rovnice pro výpočet stlačení vrstvy i mocnosti h v podloží stavby vychází z definice **edometrického modulu přetvárnosti** E_{oed} :

$$s_i = \sum \frac{\sigma_{z,i} \cdot h_i}{E_{oed,i}}$$

kde:

- $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí ve středu i -té vrstvy
- h_i - mocnost i -té vrstvy
- $E_{oed,i}$ - edometrický modul i -té vrstvy

Edometrický modul E_{oed} je možné pro každou zeminu zadat konstantní nebo pomocí **edometrické křivky** (závislost σ_{ef}/ε). Při zadání edometrické křivky dosadí program pro každou vrstvu edometrický modul E_{oed} odpovídající příslušnému rozsahu napětí původního a konečného. Pokud není znám edometrický modul E_{oed} , je možné zadat modul přetvárnosti E_{def} a program provede patřičný přepočít podle vztahu:

$$E_{oed} = \frac{E_{def}}{\beta}$$

kde:

$$\beta = 1 - \frac{2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}$$

kde:

- ν - Poissonovo číslo
- E_{def} - modul přetvárnosti

Literatura:

Československá státní norma ČSN 73 1001 Zakládání staveb, Základová půda pod plošnými základy, 8.6.1987, Český normalizační institut 31060, Praha

Výpočet pomocí součinitele stlačitelnosti

Rovnice pro výpočet stlačení vrstvy i mocnosti h v podloží stavby vychází z definice **součinitele stlačitelnosti** C :

$$s = \frac{h_i}{C_i} \cdot \ln \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

kde:

- $\sigma_{or,i}$ - svislá složka původního geostatického napětí ve středu i -té vrstvy
- $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce podle) vyvolávající stlačení vrstvy
- h_i - mocnost i -té vrstvy
- C_i - součinitel stlačitelnosti v i -té vrstvě

Program umožňuje zadat jednak součinitel stlačitelnosti C_i nebo **součinitel stlačitelnosti desítkový C_{10}** (program sám provede přepočet).

Výpočet pomocí indexu stlačitelnosti

Rovnice pro výpočet sednutí pomocí **indexu stlačitelnosti C_c** vrstvy i vychází ze vztahu:

$$s_i = C_{c,i} \frac{h_i}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

- kde:
- $\sigma_{or,i}$ - svislá složka geostatického napětí ve středu i -té vrstvy
 - $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce)
 - e_0 - počáteční číslo pórovitosti
 - h_i - mocnost i -té vrstvy
 - $C_{c,i}$ - index stlačitelnosti v i -té vrstvě

Výpočet podle NEN (Buisman, Ladd)

Tato metoda počítá primární sednutí i sekundární sednutí. Při výpočtu metoda zohledňuje překonsolidované zeminy, kdy při výpočtu mohou nastat obecně dva případy:

- Součet stávajícího svislého efektivního napětí v zemině a napětí od přitížení zeminy je menší než konsolidační napětí a uvažuje se pouze opětovné zatížení zeminy.
- Součet stávajícího svislého efektivního napětí v zemině a napětí od přitížení zeminy je větší než konsolidační napětí a nastane tak v zemině opět konsolidace a primární sedání je větší než v prvním případě.

Primární sednutí

Primární sednutí vrstvy i překonsolidované zeminy ($OCR > 1$) se spočítá podle vztahů:

pro $\sigma_{or} + \sigma_z \leq \sigma_p$ (součet existujícího svislého napětí a jeho přírůstku je menší než překonsolidační napětí):

$$s_i = C_{r,i} \frac{h_i}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

pro $\sigma_{or} + \sigma_z > \sigma_p$ (součet existujícího svislého napětí a jeho přírůstku je větší než překonsolidační napětí):

$$s_i = C_{r,i} \frac{h_i}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{p,i}}{\sigma_{or,i}} + C_{c,i} \frac{h_i}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{p,i}}$$

- kde:
- $\sigma_{or,i}$ - svislá složka geostatického napětí ve středu i -té vrstvy
 - $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce) vyvolávající stlačení vrstvy
 - $\sigma_{p,i}$ - překonsolidační napětí v i -té vrstvě
 - e_0 - počáteční číslo pórovitosti
 - h_i - mocnost i -té vrstvy
 - $C_{c,i}$ - **index stlačitelnosti** v i -té vrstvě
 - $C_{r,i}$ - **index opětovného stlačení** v i -té vrstvě

Primární sedání vrstvy i normálně konsolidované zeminy ($OCR = 1$) se spočítá podle vzorce:

$$s_i = C_{c,i} \frac{h_i}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

- kde:
- $\sigma_{or,i}$ - svislá složka geostatického napětí ve středu i -té vrstvy
 - $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce) vyvolávající stlačení vrstvy
 - e_0 - počáteční číslo pórovitosti
 - h_i - mocnost i -té vrstvy
 - $C_{c,i}$ - index stlačitelnosti v i -té vrstvě

Sekundární sednutí

Sekundární sednutí vrstvy i se počítá podle vzorce:

pro $\sigma_{or} + \sigma_z \leq \sigma_p$ (součet existujícího svislého napětí a jeho přírůstku je menší než překonsolidační napětí):

$$s_{i,d} = C_{ar,i} \cdot h_i \cdot \left(\log \frac{t_s}{t_p} \right)$$

pro $\sigma_{or} + \sigma_z > \sigma_p$ (součet existujícího svislého napětí a jeho přírůstku je větší než překonsolidační napětí):

$$s_{i,d} = C_{a,i} \cdot h_i \cdot \left(\log \frac{t_s}{t_p} \right)$$

kde:

- h_i - mocnost i -té vrstvy
- $C_{ar,i}$ - překonsolidační index sekundární stlačitelnosti pro i -tou vrstvu
- C_a - index sekundární stlačitelnosti pro i -tou vrstvu
- t_p - čas ukončení primární konsolidace
- t_s - čas sledovaného období sekundárního sedání

Pokud zadáme hodnotu překonsolidačního indexu sekundární stlačitelnosti stejnou jako u indexu sekundární stlačitelnosti, program nezohlední při výpočtu sekundárního sedání překonsolidační napětí.

Literatura:

Nizozemská norma NEN6740, 1991, *Geotechniek TGB1990 Basisen en belastingen* (v holandštině), Nederlands normalisatie-Instituut

Výpočet pomocí Soft soil modelu

Tento výpočet vychází z modifikovaného indexu stlačitelnosti λ a Soft soil modelu zemin, což je pružno - plastický model vyvinutý universitou v Cambridge. Deformace zeminy je odvozena podle závislosti poměrného přetvoření ε na přirozeném logaritmu změny efektivního napětí v zemině. Sednutí vrstvy i se podle tohoto modelu spočítá podle vzorce:

$$s_i = \lambda_i \cdot h_i \cdot \ln \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

kde:

- $\sigma_{or,i}$ - svislá složka geostatického napětí ve středu i -té vrstvy
- $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce) vyvolávající stlačení vrstvy
- h_i - mocnost i -té vrstvy
- λ - modifikovaný index stlačitelnosti v i -té vrstvě

Výpočet vyžaduje zadat modifikovaný index stlačitelnosti λ , který se získá z triaxiálních zkoušek.

Pokud není znám modifikovaný index stlačitelnosti λ , je možné zadat index stlačitelnosti C_C a průměrné číslo pórovitosti e (pokud není známo, je možné ho přibližně nahradit počátečním číslem pórovitosti e_0) a program provede přibližný dopočet modifikovaného indexu stlačitelnosti.

Literatura:

Burland J.B. *The yielding and dilatation of clay (correspondence)*, *Géotechnique*, 15 (2), 1965, str. 211-214

Výpočet podle teorie Janbu

Je založen na principech nelineárního pružného přetvoření, kdy závislost mezi přetvořením a napětím je popsána funkcí dvou bezrozměrných parametrů jedinečných pro každý typ zeminy - exponentu napětí j a Janbuova modulu m . Rovnice pro sedání se získají vyjádřením přetvoření ε z definice tečného modulu deformace E_t a následnou integrací. Program umožňuje výpočet sedání pro tyto typy zemin:

- Nesoudržné zeminy
- Hrubozrnné zeminy
- Písky a silty
- Překonsolidované písky a silty
- Soudržné zeminy
- Překonsolidované soudržné zeminy

Literatura:

Method of settlement computation for various types of soils, Soil Mechanics and foundation engineering, Springer, 7 (3), 1970, str. 201-206.

Výpočet pro nesoudržné zeminy

Nesoudržné zeminy mají nenulový exponent napětí. Pro sedání vrstevnatého prostředí je výsledné sedání rovno součtu sedání jednotlivých vrstev:

$$s_i = \frac{h_i}{m_i \cdot j_i} \left[\left(\frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{100} \right)^{j_i} - \left(\frac{\sigma_{or,i}}{100} \right)^{j_i} \right]$$

- kde:
- $\sigma_{or,i}$ - svislá složka geostatického napětí ve středu i -té vrstvy
 - $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce) vyvolávající stlačení vrstvy
 - j_i - exponent napětí v i -té vrstvě
 - m_i - Janbuův modul v i -té vrstvě
 - h_i - mocnost i -té vrstvy

Výpočet pro hrubozrnné zeminy

Závislost mezi napětím a přetvořením (sedáním) se pro ulehle hrubozrnné zeminy (např. ledovcová hlína) může předpokládat "pružná", tzn. že exponent napětí j je roven jedné. Tedy pro $j = 1$ a referenční napětí $\sigma_r = 100 \text{ kPa}$ je výsledné sedání rovno součtu sedání jednotlivých vrstev:

$$s_i = \frac{h_i}{100 \cdot m_i} \cdot (\sigma_{z,i})$$

- kde:
- $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce) vyvolávající stlačení vrstvy - tj. změna efektivního napětí
 - m_i - Janbuův modul v i -té vrstvě
 - h_i - mocnost i -té vrstvy

Výpočet pro písky a silty

Pro písky a silty nabývá exponent j hodnoty kolem 0,5, pro referenční napětí $\sigma_r = 100 \text{ kPa}$ je výsledné sedání rovno součtu sedání jednotlivých vrstev a je možné pro jeho určení použít vztah:

$$s_i = \frac{h_i}{5 \cdot m_i} \cdot \left(\sqrt{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}} - \sqrt{\sigma_{or,i}} \right)$$

- kde:
- $\sigma_{or,i}$ - svislá složka geostatického napětí ve středu i -té vrstvy
 - $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce) vyvolávající stlačení vrstvy
 - m_i - Janbuův modul v i -té vrstvě
 - h_i - mocnost i -té vrstvy

Výpočet pro překonsolidované písky a silty

V případě, že konečné napětí v zemině překročí překonsolidační napětí ($\sigma_{or} + \sigma_z > \sigma_p$) se sednutí vrstevnatého prostředí spočte z rovnice:

$$s_i = \frac{h_i}{5 \cdot m_{r,i}} \cdot \left(\sqrt{\sigma_{p,i}} - \sqrt{\sigma_{or,i}} \right) + \frac{h_i}{5 \cdot m_i} \cdot \left(\sqrt{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}} - \sqrt{\sigma_{p,i}} \right)$$

- kde:
- $\sigma_{or,i}$ - svislá složka geostatického napětí ve středu i -té vrstvy
 - $\sigma_{p,i}$ - překonsolidační napětí v i -té vrstvě
 - $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce) vyvolávající stlačení vrstvy
 - m_i - Janbuův modul v i -té vrstvě
 - $m_{r,i}$ - Janbuův modul opětného stlačení v i -té vrstvě
 - h_i - mocnost i -té vrstvy

Pokud vnesené napětí do zeminy nevyvolá v zemině konečné napětí větší než překonsolidační napětí ($\sigma_{or} + \sigma_z \leq \sigma_p$), je možné rovnice pro sedání vrstevnatého prostředí písku či siltu uvést ve tvaru:

$$s_i = \frac{h_i}{5 \cdot m_i} \cdot \left(\sqrt{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}} - \sqrt{\sigma_{or,i}} \right)$$

- kde:
- $\sigma_{or,i}$ - svislá složka geostatického napětí ve středu i -té vrstvy
 - $\sigma_{p,i}$ - překonsolidační napětí v i -té vrstvě
 - $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce) vyvolávající stlačení vrstvy
 - $m_{r,i}$ - Janbuův modul opětného stlačení v i -té vrstvě
 - h_i - mocnost i -té vrstvy

Výpočet pro soudržné zeminy

V případě soudržných zemín je exponent napětí nulový. Pro normálně konsolidované soudržné zeminy dostaneme z definice tečného modulu deformace E_t (úpravou a následnou integrací) rovnici pro sedání vrstevnatého prostředí soudržných zemín:

$$s_i = \frac{h_i}{m_i} \cdot \ln \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

- kde:
- $\sigma_{or,i}$ - svislá složka geostatického napětí ve středu i -té vrstvy
 - $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce) vyvolávající stlačení vrstvy
 - m_i - Janbuův modul v i -té vrstvě
 - h_i - mocnost i -té vrstvy

Výpočet pro překonsolidované soudržné zeminy

Většina soudržných zemín v přirozeném uložení vyjma velmi mladých či organických jílu je překonsolidovaných. Pokud konečné napětí v zemině překročí překonsolidační napětí ($\sigma_{or} + \sigma_z > \sigma_p$) sedání vrstevnatého prostředí ze soudržných zemín se spočte dle závislosti:

pro: $\sigma_{or} + \sigma_z > \sigma_p$

$$s_i = \frac{h_i}{m_{r,i}} \cdot \ln \frac{\sigma_{p,i}}{\sigma_{or,i}} + \frac{h_i}{m_i} \cdot \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{p,i}}$$

pro: $\sigma_{or} + \sigma_z \leq \sigma_p$

$$s_i = \frac{h_i}{m_{r,i}} \cdot \frac{\sigma_{or,i} + \sigma_{z,i}}{\sigma_{or,i}}$$

- kde:
- $\sigma_{or,i}$ - svislá složka geostatického napětí ve středu i -té vrstvy
 - $\sigma_{p,i}$ - překonsolidační napětí v i -té vrstvě
 - $\sigma_{z,i}$ - svislá složka přírůstkového napětí (např. napětí od konstrukce) vyvolávající stlačení vrstvy
 - m_i - Janbuův modul v i -té vrstvě
 - $m_{r,i}$ - Janbuův modul opětného stlačení
 - h_i - mocnost i -té vrstvy.

Výpočet sedání pomocí dilatometru

Dilatometrický modul M_{DMT} je definován jako tangenta závislosti objemového napětí v zemině σ_{vo} na objemovém přetvoření při odvođených podmínkách. Získává se na základě výsledků **dilatometrických zkoušek (DMT)**.

Pokud hodnotu dilatometrického modulu M_{DMT} neznáme, umožňuje program zadat koeficient objemové stlačitelnosti m_V určený pomocí **edometrické zkoušky**. Vztah mezi dilatometrickým modulem a koeficientem objemové stlačitelnosti je popsán vzorcem:

$$M_{DMT} = \frac{1}{m_V}$$

kde: M_{DMT} - dilatometrický modul
 m_V - koeficient objemové stlačitelnosti

Řešení je založeno na teorii podle Marchettiho využívající lineární pružnost - sedání je lineárně závislé na změně napětí a nevystihuje nelineární závislost mezi napětím a přetvořením.

$$s_i = \frac{\sigma_{z,i} \cdot h_i}{M_{DMT}}$$

Sednutí i -té vrstvy se spočte podle vztahu:

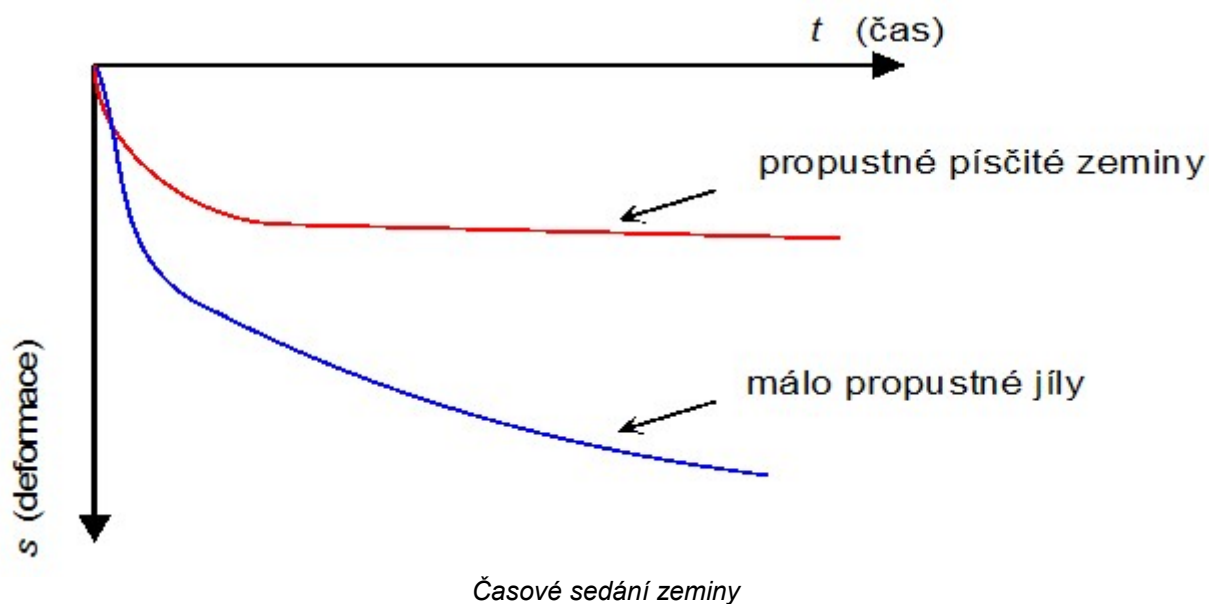
kde: $\sigma_{z,i}$ - přírůstek svislého napětí ve středu i -té vrstvy layer
 h_i - mocnost i -té vrstvy
 M_{DMT} - dilatometrický modul

Literatura:

Marchetti, S., Monaco, P., Totani, G. & Calabrese, M.: *The Flat Dilatometric Test (DMT) in soil investigations. A Report by the ISSMGE Committee TC16, University of L'Aquila, Italy, 2001, 48 p.*

Teorie sedání

Známe-li napětí v zemině způsobené buď zatížením povrchu zeminy, změnou napětí v zemině či v budovaném zemním tělese, můžeme určit její deformaci. Deformace má obecně šikmý směr a její svislá složka se nazývá sedání. Sedání je obecně nestacionárně závislé na čase, což znamená, že k sedání nedojde okamžitě po vnesení zatížení, ale podle konsolidační schopnosti zeminy. Propustné, málo stlačitelné zeminy (písky, štěrky) se deformují velmi rychle, vodou nasycené málo propustné jíly mají pozvolnou deformaci nazývanou konsolidace.



Vnesení zatížení do zeminy způsobí sedání, které se z hlediska časového dá rozdělit do tří samostatných složek:

- Okamžité sedání (počáteční)
- Primární sedání (konsolidační)
- Sekundární sedání (creepové)

Okamžité sedání

Při okamžitém sedání probíhají v zemině pouze smyková přetvoření, dochází tedy jen ke změně tvaru zeminy (a ne objemu). Ztráta pórového tlaku zeminy je nulová.

Primární sedání

Při tomto sedání se v zemině vlivem vnějšího zatížení přemísťují a stlačují její zrna, což má za následek změnu objemu zeminy. Jsou-li póry zeminy vyplněny vodou (zvláště u málo propustných soudržných zemín), bude se voda ze zmenšujících se pórů vytlačovat do oblastí s menším tlakem (zemina bude konsolidovat). Konsolidační primární sedání je tedy časově závislé a končí vymizením pórového tlaku.

Sekundární sedání

Po skončení primární konsolidace ustane vytékání vody z pórů (teoreticky po nekonečné době) a při větších tlacích v zemině se zrna zeminy přiblíží k sobě natolik, že se navzájem začnou přetvářet a změna objemu zeminy pokračuje dále - tzv. se dotvaruje skelet zeminy. Tento jev se označuje jako sekundární konsolidace zeminy či sekundární sedání a narozdíl od primárního sedání (konsolidace) probíhá za konstantního efektivního napětí. Zejména v případě zemin měkce plastických či kašovitých se nesmí sekundární sedání zanedbat - u zemin překonsolidovaných může tvořit cca 10% z celkového sedání, u zemin normálně konsolidovaných až cca 20%.

Primární sedání

Konečné primární sedání s se často nahrazuje pojmem sedání. Většina základních výpočetních postupů se dá podle přístupu k řešení rozdělit do dvou skupin:- lineární pružná deformace- nelineární pružná deformace.

Lineární pružná deformace

Lineární závislost mezi napětím a přetvořením je popsána Hookovým zákonem:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\sigma_{ef}}{E}$$

- kde:
- ε - vyvolané přetvoření vrstvy zeminy
 - $\Delta\sigma_{ef}$ - vyvolaná změna efektivního napětí ve vrstvě zeminy
 - E - Youngův modul ve vrstvě zeminy
 - ν - Poissonovo číslo

Použití Youngova modulu E (často nazývaného modul pružnosti) je platné pouze pro případ, kdy je zatížené zemině umožněno roztažení ve směru vodorovném, což ve skutečnosti platí jen pro malé základové patky. Při zatížení větší plochy se mimo jejích okrajů nemůže zemina deformovat do stran a je tedy zatížena jednoosou deformací, která je popsána edometrickým modulem přetvárnosti E_{oed} , který je větší než modul pružnosti E .

Sedání vrstvy zeminy s je určeno přenásobením přetvoření vrstvy zeminy ε její mocností (výškou) H_o :

$$s = \varepsilon \cdot H_o$$

- kde:
- ε - přetvoření vrstvy zeminy
 - H_o - mocnost vrstvy zeminy

V případě vrstevnatého podloží je sedání rovno součtu deformací jednotlivých vrstev:

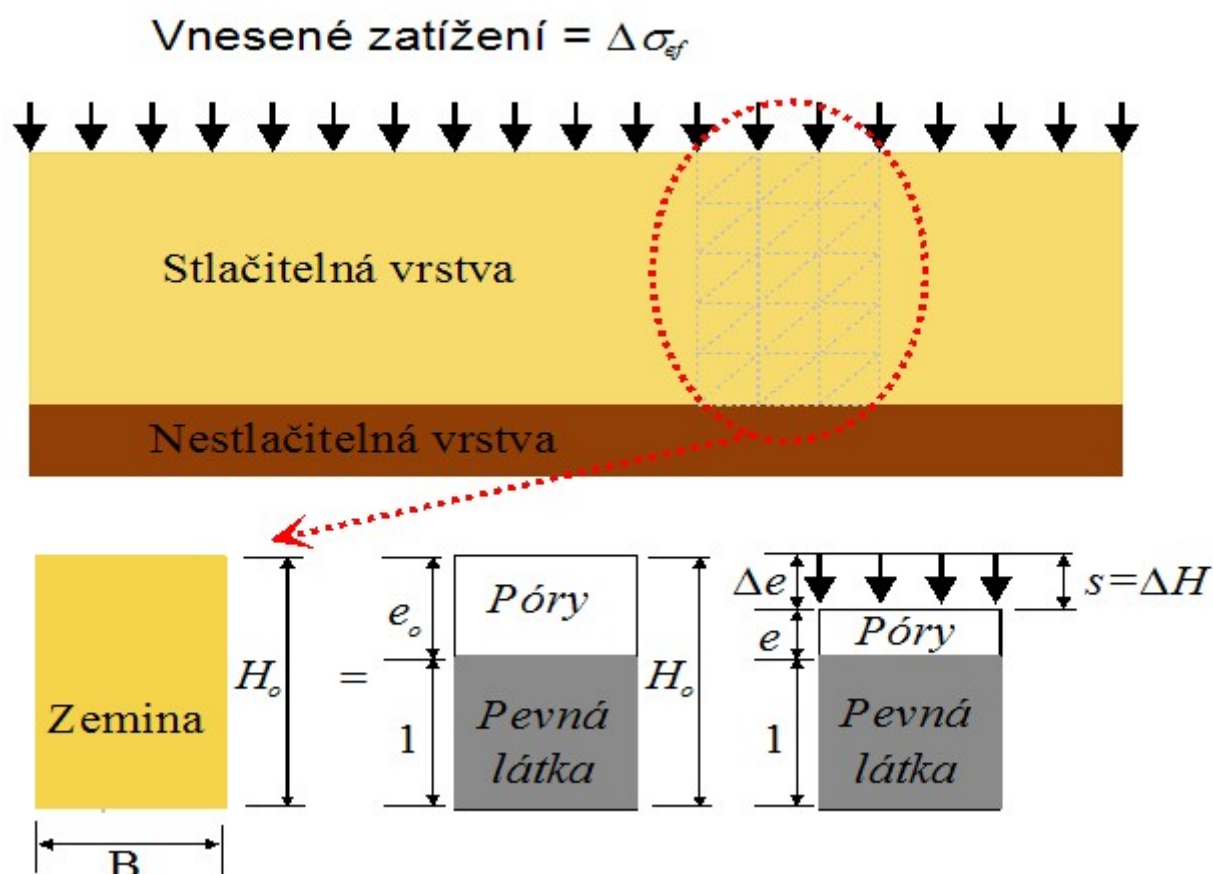
$$s = \sum s_i = \sum \varepsilon_i \cdot H_{oi}$$

- kde:
- s - sedání vrstevnatého podloží
 - ε_i - přetvoření i -té vrstvy zeminy
 - H_{oi} - mocnost i -té vrstvy zeminy

Nelineární pružná deformace

U většiny zemin je závislost mezi napětím a přetvořením nelineární, navíc často ovlivněna historií zatížení zeminy. Tato nelinearita se při výpočtu sedání jemnozrnných zemin (siltů, jílu) nemůže zanedbat. Je tedy zcela patrné, že výpočet sedání pomocí modulu pružnosti nelze použít obecně. I když budeme aplikovat výpočet pomocí **edometrického modulu přetvárnosti** vyjádřeného v závislosti na napětí v zemině, nepostihneme plně chování některých překonsolidovaných zemin. Nelineární pružná deformace je obecně modelována pomocí změny **číslo pórovitosti** a deformačních charakteristik zjištěných při jednoosé deformaci zeminy (tj. např. **součinitel stlačitelnosti**, **index stlačitelnosti** apod.).

Výpočet přetvoření stlačitelné vrstvy nenasyčené zeminy pomocí čísla pórovitosti e si popíšeme na prvku této zeminy, který má výšku H_o a šířku $B = 1 \text{ m}$:



Vzhledem k tomu, že zemina je trojfázový materiál (obsahuje látky pevného, kapalného i plynného skupenství), můžeme pevné částice zeminy (skelet, tj. úlomky hornin a zrna minerálů) popsat jejich objemem V_s (a považovat jej za jednotkový) a póry zeminy popsat pomocí **číslo pórovitosti e** .

Vyjmutý prvek zeminy přitížíme na horním povrchu svisle rovnoměrným zatížením q , tím vyvoláme změnu napětí ve vzorku zeminy a následně jeho svislou deformaci ΔH , která má za následek zmenšení objemu pórů V_p a tedy i čísla pórovitosti (z počátečního čísla e_o na číslo e). Svislé relativní stlačení (přetvoření) prvku zeminy ε je dané poměrem svislé deformace ΔH prvku a jeho původní výšky H_o , a je možné jej vyjádřit pomocí čísla pórovitosti e :

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H_o} = \frac{s}{H_o} = \frac{\Delta e}{1 + e}$$

kde:

- ε - svislé relativní stlačení
- ΔH - svislá deformace
- H_o - původní výška prvku
- s - sedání
- e - číslo pórovitosti
- Δe - změna čísla pórovitosti

Úpravou této rovnice dostaneme vztah pro sedání vzorku pomocí změny čísla pórovitosti:

$$s = \frac{\Delta e}{1 + e} \cdot H_o = \varepsilon \cdot H_o$$

kde:

- ε - svislé relativní stlačení
- H_o - původní výška prvku
- s - sedání
- e - číslo pórovitosti
- Δe - změna čísla pórovitosti

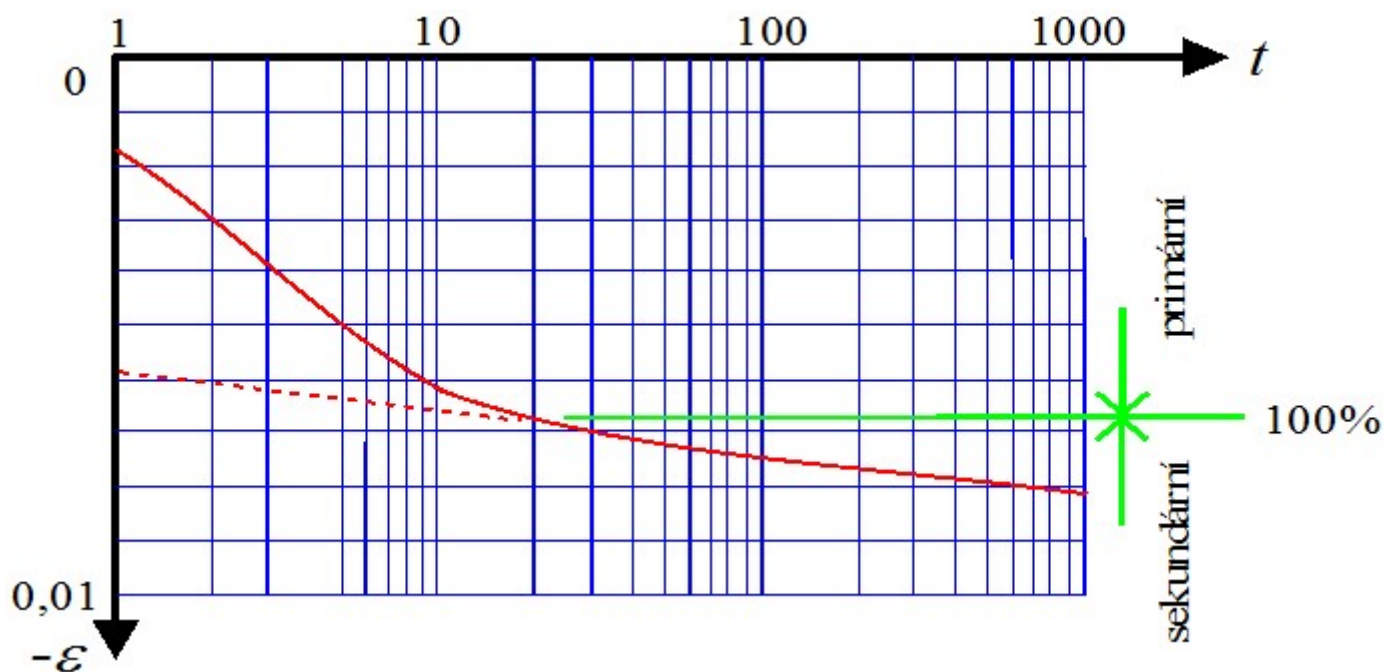
Sekundární sedání

Pro popis pozvolného dotvarování zeminy při sekundárním sedání je použito metody podle Buismana (za použití **indexu sekundární stlačitelnosti** C_α odvozeného **Laddem**). Buisman na základě zjištění, že v semilogaritmickém zobrazení může být deformace zeminy dobře aproximována přímkou, popsal přetvoření ε vyvolané dlouhodobým působením napětí vztahem:

$$\varepsilon = \varepsilon_p + \varepsilon_s \cdot \log\left(\frac{t}{t_0}\right)$$

kde:

- ε - celkové přetvoření
- ε_p - přetvoření vyvolané primární konsolidací
- ε_s - přetvoření vyvolané sekundární konsolidací
- t - čas přetváření (doba konsolidace)
- t_0 - referenční čas



Závislost deformace na čase (primární a sekundární konsolidace)

Konsolidace

Program umožňuje zavést do výpočtu vliv konsolidace nastavením v rámu "**Nastavení**". Konsolidovaná vrstva, tvořena nepropustnou, resp. méně propustnou zeminou, postupně sedá s rostoucím časem. Konsolidace ovlivňuje také hodnoty pórového tlaku. Parametry zeminy ovlivňující výpočet konsolidace se zadávají v rámu "**Zeminy**", ostatní **parametry konsolidace** v rámu "**Výpočet**" v jednotlivých fázích.

Nejprve je spočten součinitel konsolidace, závislý na vlastnostech zemin:

$$c_v = \frac{E_{oed} \cdot k}{\gamma_w}$$

kde:

- E_{oed} - edometrický modul přetvárnosti
- k - koeficient filtrace
- γ_w - objemová tíha vody

Je-li konsolidovaná vrstva tvořena nehomogenní zeminou, je součinitel c_v spočten jako vážený průměr součinitelů jednotlivých zemin.

Výpočet konsolidace je dále ovlivněn časovými faktory, které jsou závislé na dráze odtoku vody. Tato dráha je rovna mocnosti konsolidované vrstvy v případě odtoku pouze jedním směrem nebo polovině mocnosti vrstvy v případě odtoku oběma směry. Reálný časový faktor je spočten pomocí následující rovnice:

$$T_v = \frac{c_v t}{H^2}$$

kde: c_v - součinitel konsolidace
 t - reálný čas
 H - dráha odtoku vody

Časový faktor doby výstavby je ovlivněn časem působení zatížení. Je-li celé zatížení vneseno na počátku fáze, je čas výstavby roven nule. Pokud zatížení narůstá lineárně po celou dobu fáze, čas výstavby je roven času trvání této fáze. Časový faktor doby výstavby je vypočten následovně:

$$T_c = \frac{c_v t_c}{H^2}$$

kde: c_v - součinitel konsolidace
 t_c - čas výstavby
 H - dráha odtoku vody

Stupeň konsolidace je spočten podle následujících vztahů:

pro: $T_v \leq T_c$
$$U_{av} = \frac{T_v}{T_c} \left\{ 1 - \frac{2}{T_v} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{M^4} [1 - \exp(-M^2 T_v)] \right\}$$

pro: $T_v > T_c$
$$U_{av} = 1 - \frac{2}{T_c} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{1}{M^4} [\exp(M^2 T_c) - 1] \exp(-M^2 T_v)$$

kde:
$$M = (2m + 1) \frac{\pi}{2}$$

kde: T_v - reálný časový faktor
 T_c - časový faktor doby výstavby

Výsledná hodnota přetvoření v konsolidované vrstvě v dané fázi je přenásobena odpovídajícím stupněm konsolidace U_{av} :

$$\varepsilon_{fin} = U_{av} \cdot \varepsilon$$

kde: ε_{fin} - výsledná hodnota přetvoření
 ε - původní hodnota přetvoření
 U_{av} - stupeň konsolidace

Při konsolidaci je ovlivněna velikost pórového tlaku v konsolidované vrstvě. V momentě vnesení přetížení dosahuje pórový tlak nejvyšších hodnot a s rostoucím časem postupně klesá, až nakonec vymizí úplně (v reálném čase rovném teoreticky nekonečnu).

Pórový tlak se spočte:

pro: $T_v \leq T_c$
$$u = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2 \cdot u_0}{M^3 T_c} \cdot \sin \frac{M \cdot z}{H} [1 - \exp(-M^2 T_v)]$$

pro: $T_v > T_c$
$$u = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2 \cdot u_0}{M^3 T_c} [\exp(M^2 T_c) - 1] \sin \frac{M \cdot z}{H} \exp(-M^2 T_v)$$

kde:
$$M = (2m + 1) \frac{\pi}{2}$$

kde: T_v - reálný časový faktor
 T_c - časový faktor doby výstavby
 H - dráha odtoku vody
 z - hloubka, kde se počítá hodnota pórového tlaku
 u_0 - změna efektivního napětí oproti předchozí fázi (přetížení)

Literatura:

Braja M. Das. *Advanced Soil Mechanics*; Taylor & Francis: London, 2008, pp278 - 316 Verruijt A. *Soil Mechanics*, Delft University of Technology, 2010, pp97-123.

<http://geo.verruijt.net/software/SoilMechBook.pdf>

Stanovení hloubky deformační zóny

Přetížení povrchu způsobí změnu stavu napjatosti v podloží teoreticky do nekonečné hloubky. Zemina se ale stlačuje jen do určité hloubky v tzv. deformační zóně.

Program umožňuje omezit deformační zónu dvojím způsobem:

- Využitím **teorie strukturní pevnosti**
- Procentem velikosti **primárního geostatického napětí**

Teorie strukturní pevnosti

Strukturní pevnost vyjadřuje odpor zeminy proti přetvoření, a to při takovém zatížení, kdy začne porušování její struktury. Se zmenšujícím se součinitelem ***m*** se chování zeminy blíží k chování lineárně pružné hmoty.

Pokud uvažujeme při výpočtu sedání vliv strukturní pevnosti, pak:

a) je deformační zóna určena hloubkou pod základovou sparou, kde je přírůstek svislého napětí σ_z rovný strukturní pevnosti zeminy (určené přenásobením původního geostatického napětí σ_{or} **součinitelem *m***):

$$\sigma_z = m \cdot \sigma_{or}$$

kde: ***m*** - součinitel strukturní pevnosti
 σ_{or} - původní geostatické napětí

b) při výpočtu sedání vrstvy se uvažuje přírůstek svislého napětí σ_z vypočtený z přetížení redukovaný strukturní pevností podle vztahu:

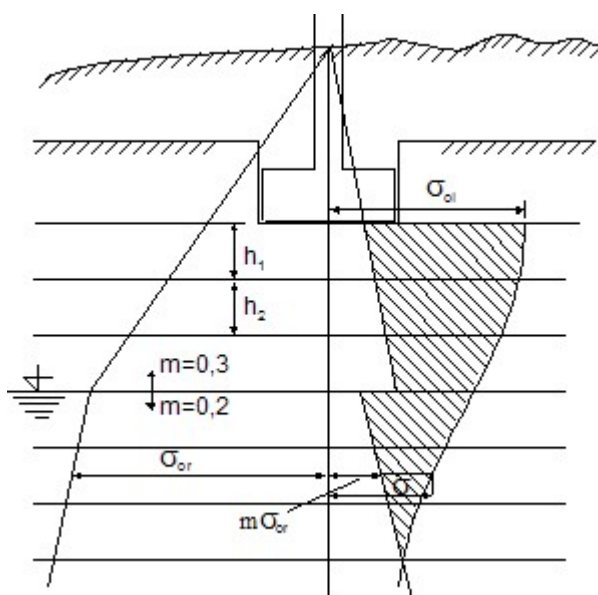
$$\sigma_z - m \cdot \sigma_{or}$$

kde: ***m*** - součinitel strukturní pevnosti
 σ_{or} - původní geostatické napětí
 σ_z - přírůstkové napětí ve středu vrstvy

a sedání *s* je počítáno z napětí, které je na obrázku vyznačeno šrafováním a je dáno obecným vztahem:

$$s = f(\sigma_z, m, \sigma_{or})$$

kde: ***m*** - součinitel strukturní pevnosti
 σ_{or} - původní geostatické napětí
 σ_z - přírůstkové napětí ve středu vrstvy



Velikost deformační zóny dle teorie strukturní pevnosti (obrazec účinného přetížení je vyšrafován)

Literatura:

Československá státní norma ČSN 73 1001 Zakládání staveb, Základová půda pod plošnými základy, 8.6.1987, Český normalizační institut 31060, Praha

Metoda omezení velikostí primárního napětí

Pokud uvažujeme při výpočtu sedání omezení procentem velikosti primárního geostatického napětí, pak:

a) je deformační zóna určena hloubkou pod základovou spárou, kde přírůstkové napětí σ_z dosáhne určité procento původního geostatického napětí:

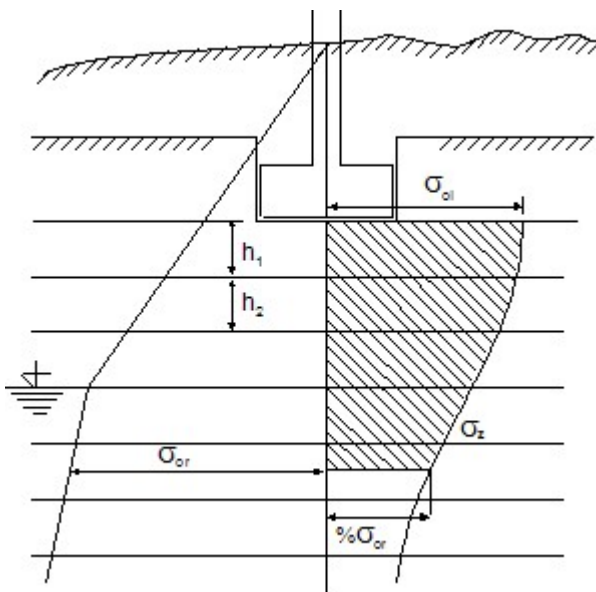
$$\sigma_z = x\%. \sigma_{or}$$

kde: $x\%$ - uvažovaná velikost geostatického napětí
 σ_{or} - geostatické napětí

b) sedání s je počítáno z napětí, které je na obrázku vyznačeno šrafováním a je dáno obecným vztahem:

$$s = f(\sigma_z, \sigma_{\theta r})$$

kde: σ_z - přírůstkové napětí
 σ_{or} - geostatické napětí



Velikost deformační zóny omezením velikostí primárního napětí

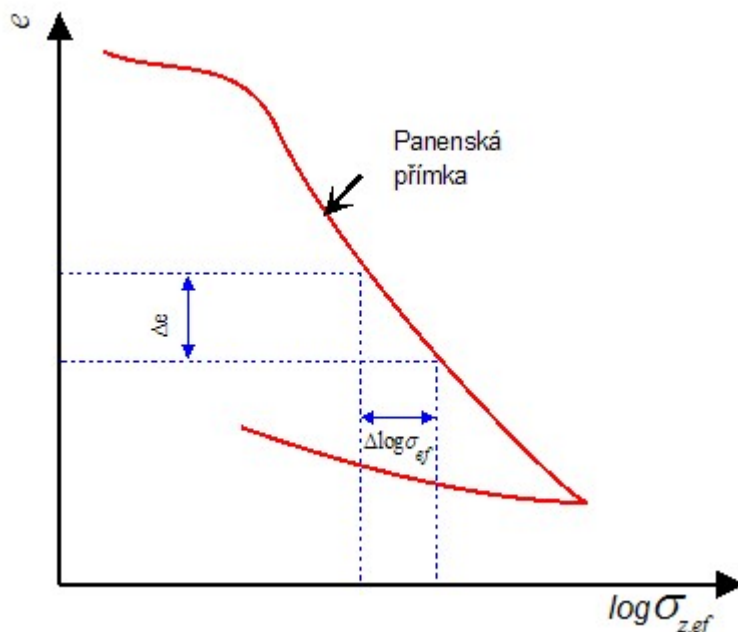
Charakteristiky výpočtů sedání

Pro výpočet sedání se v programu používají podle zvolené metody výpočtu následující charakteristiky, které se liší jednak typem zkoušky nutným pro její získání, popř. způsobem vyjádření měřených veličin:

- Index stlačitelnosti C_c
- Edometrický modul přetvárnosti E_{oed}
- Modul přetvárnosti E_{def}
- Součinitel stlačitelnosti C
- Součinitel stlačitelnosti desítkový C_{10}
- Číslo pórovitosti e
- Index opětného stlačení C_r
- Janbuovy charakteristiky
- Opravný součinitel m
- Modifikovaný index stlačitelnosti λ
- Index sekundární stlačitelnosti C_α
- Překonsolidační index sekundární stlačitelnosti C_{ar}

Index stlačiteľnosti

Popisuje závislost změny čísla pórovitosti e na změně efektivního napětí σ_{ef} vyneseném v logaritmickém měřítku:



Závislost změny čísla pórovitosti e na změně efektivního napětí σ_{ef}

Jedná se tedy o deformační charakteristiku překonsolidované zeminy:

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log \sigma_{ef}}$$

kde: Δe - změna čísla pórovitosti
 $\Delta \log \sigma_{ef}$ - změna efektivního napětí

Rozsah indexu stlačitelnosti C_c (*Naval Facilities Engineering Command Soil Mechanics DESIGN MANUAL 7.01*)

Obvyklý rozsah čísla stlačitelnosti je od 0,1 do 10. Přibližné hodnoty pro stejnorodý písek pro rozsah zatížení 95 **kPa** až 3926 **kPa** se udávají od 0,05 do 0,06 pro kyprý stav; 0,02 až 0,03 pro ulehý stav. Pro silty je to hodnota 0,20.

Kaufmann a Shermann (1964) udávají pro mírně překonsolidované jíly a silty z Loussiany v USA následující hodnoty:

Zemina	Efektivní konsolidační napětí σ_{cef} [kPa]	Konečné efektivní napětí v zemině σ_{ef} [kPa]	Index stlačitelnosti C_c [-]
CL měkký jíl	160	200	0,34
CL tvrdý jíl	170	250	0,44
ML hlína s nízkou plasticitou	230	350	0,16
CH jíl měkký s vysokou plasticitou	280	350	0,84
CH měkký jíl s vrstvou siltů	340	290	0,52

Prof. Juan M. Pestana-Nascimento (University of California, Berkeley) udává tyto typické hodnoty indexu stlačitelnosti C_c :

Zemina	Index stlačitelnosti C_c [-]
Normálně konsolidované jíly	0,20 - 0,50
Chicagský jíl se siltem (CL)	0,15 - 0,30
Bostonský modrý jíl (CL)	0,30 - 0,50
Vickburgský jíl (za sucha se rozpadající na hrudky) (CH)	0,30 - 0,60
Švédský jíl (CL - CH)	1 - 3
Kanadský jíl z Ledy (CL - CH)	1 - 4
Jíl z Mexico City (MH)	7 - 10

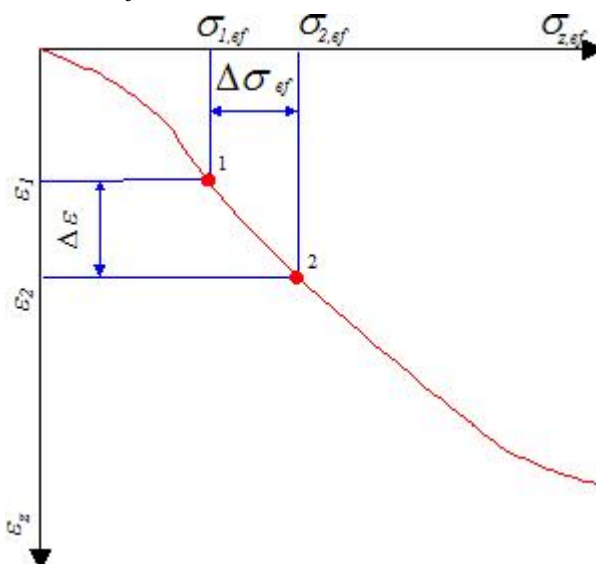
Organické jíly (OH)	4 a více
Rašeliny (Pt)	10 - 15
Organické siltů a jílovité siltů (ML - MH)	1,5 - 4,0
Usazeniny v San Franciském zálivu (CL)	0,4 - 1,2
Jíly ve staré San Franciské zátocě	0,7 - 0,9
Bangkokské jíly (CH)	0,4

Dále existují empirické vztahy pro určení přibližné hodnoty C_c u siltů, jíků a organických zemin, jsou však platné spíše místně:

Zemina	Vztah	Odkaz
Přetvořené jíly	$C_c = 0,007 \cdot (w_z - 7\%)$	Skempton 1944
Jíly	$C_c = 1,15 \cdot (e_0 - 0,35)$	Nishida 1956
Brazílské jíly Sao Paulské jíly	$C_c = 0,256 + 0,43 \cdot (e_0 - 0,84)$ $C_c = 0,0046 \cdot (w_z - 9\%)$	Cozzolino 1961
New Yorské jíly	$C_c = 0,009 \cdot (w_z - 10\%)$	Terzaghi a Peck 1948
Jíly s nízkou plasticitou	$C_c = 0,75 \cdot (w_0 - 0,50)$	Sowers 1970
Taipeiské jíly a siltů	$C_c = 0,54 \cdot (e_0 - 0,23)$ $C_c = 0,007 \cdot (w_z - 7\%)$	Moh a kol. 1989
Jíly	$C_c = 2,203 \cdot \rho_c \cdot e_0 \cdot \left(1 - \left(\frac{0,4}{e_0}\right)^2\right)$ $C_c = \frac{a \cdot w_z}{100} \cdot \left(1 - \left(\frac{20}{w_z}\right)^2\right)$	Pestana 1994

Edometrický modul

Pokud naměřené veličiny z edometrické zkoušky vyjádříme edometrickou křivkou (v závislosti $\Delta \varepsilon = f(\Delta \sigma_{ef})$), vidíme, že pro každý bod křivky dostáváme jiný poměr $\sigma_{ef} / \varepsilon$.



Určení edometrického modulu přetvárnosti E_{oed}

Pokud nahradíme deformační křivku pro určitý interval blízkých napětí $\sigma_{1ef} - \sigma_{2ef}$ sečnou, můžeme závislost považovat za lineární a stlačitelnost zeminy určit poměrem $\Delta \sigma_{ef} / \Delta \varepsilon$ - nazývaným edometrickým modulem přetvárnosti. Edometrický modul přetvárnosti E_{oed} je tedy sečnový modul, platný pro určitý interval napětí $\sigma_{1ef} - \sigma_{2ef}$ na deformační křivce $\Delta \varepsilon = f(\Delta \sigma_{ef})$:

$$E_{oed} = \frac{\Delta \sigma_{ef}}{\Delta \varepsilon} = \frac{\sigma_{2,ef} - \sigma_{1,ef}}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}$$

Edometrický modul přetvárnosti E_{oed} má obecnou tendenci zvyšovat svoji hodnotu s rostoucím rozsahem napětí. Proto

by měl být v každé vrstvě uvažován pro výpočet sedání edometrický modul přetvárnosti E_{oed} odpovídající příslušnému rozsahu napětí původního a konečného - tj. měl by být v každé vrstvě jiný. Této skutečnosti odpovídá i možnost zadávání edometrického modulu zeminy E_{oed} v programu, kdy je možné zadat pro každou zeminu edometrickou křivku (závislost σ_{ef}/ε).

Z praxe je však známo, že např. u jílu je rozdíl E_{oed} určeného přepočtem z modulu přetvárnosti E_{def} a zjištěného zatěžovací zkouškou v terénu až několikanásobný.

Převod mezi modulem deformace E_{def} a modulem edometrickým E_{oed} je dán podle následujícího vztahu:

$$E_{oed} = \frac{E_{def}}{\beta}$$

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1-\nu}$$

kde: ν - Poissonovo číslo
 E_{def} - modul přetvárnosti

Orientační rozmezí edometrického modulu přetvárnosti E_{oed} pro jednotlivé zeminy v rozsahu napětí vyskytujícím se nejběžněji při zakládání staveb (prof. I. Vaníček: Mechanika zemin):

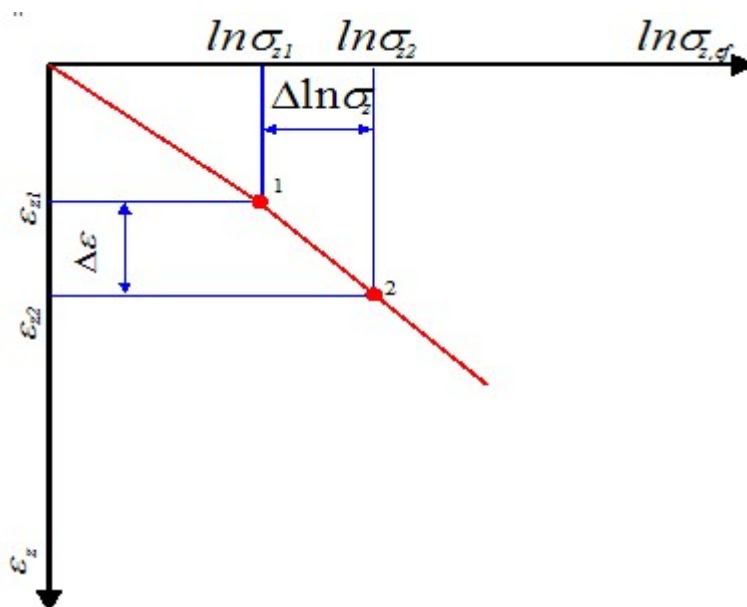
Zemina	Modul přetvárnosti E_{oed} [MPa]
štěrkovitá	60 - 600
písčítá středně ulehlá až ulehlá	7 - 130
soudržná	2 - 30

Literatura:

Vaníček, I.: *Geomechanika 10: mechanika zemin. 3. přepracované vydání, Praha, ČVUT, 2000, 229 s., ISBN 80-01-01437-1.*

Součinitel stlačitelnosti

Pokud vztah mezi efektivním napětím a poměrným stlačením zeminy znázorníme v semilogaritmickém měřítku, má tento vztah často podobu přímky.



Určení součinitele stlačitelnosti C

Sklon této přímky se považuje za charakteristiku deformačních vlastností zeminy při jednoosé deformaci a je charakterizován jako součinitel stlačitelnosti C :

$$C = \frac{1}{\Delta \varepsilon} \cdot \ln \frac{\sigma_{2,ef}}{\sigma_{1,ef}}$$

kde: σ_{1ef} - počáteční efektivní napětí zeminy v edometru
 σ_{2ef} - konečné efektivní napětí v edometru

Rozsahy součinitele stlačitelnosti C (J.Šimek: Mechanika zemin)

Zemina	Součinitel stlačitelnosti C [-]
Sprašová hlína	15 - 45
Jíl podle konzistence	30 - 120
Hlinité zeminy	60 - 150
Středně uhlé a uhlé písky	150 - 200
Písek se štěrkem	> 250

Součinitel stlačitelnosti desítkový

V inženýrské praxi se občas používá pro vynesení napětí σ_{ef} místo přirozeného logaritmu (základ e) logaritmus desítkový (základ 10). V tomto případě je zvykem značit součinitel stlačitelnosti s dolním indexem 10: C_{10} . Protože platí:

$$\log(x) = \frac{\ln(x)}{2,3}$$

je možné odvodit vztah mezi součiniteli stlačitelnosti C a C_{10} :

$$C_{10} = \frac{C}{2,3}$$

Arnold Verruijt (Soil Mechanics) udává tyto hodnoty pro součinitele stlačitelnosti:

Zemina	C	C_{10}
Písek	50 - 500	20 - 200
Silt	25 - 125	10 - 50
Jíl	10 - 100	4 - 40
Rašelina	2 - 25	1 - 10

Literatura:

Arnold Verruijt: *Soil mechanics*, Delft University of Technology, 2001, 2006, <http://geo.verruijt.net/>

Číslo pórovitosti

Číslo pórovitosti e popisuje póry zeminy a je definováno vztahem:

$$e = \frac{V_p}{V_s}$$

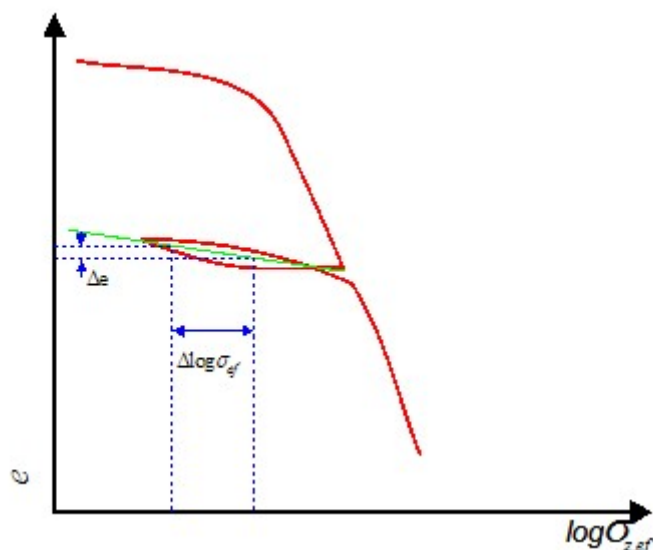
kde: V_p - objem pórů
 V_s - objem pevných částic

Rozsahy čísla pórovitosti e (Braja M. DAS: Principles of Foundation Engineering)

Zemina	Číslo pórovitosti e [-]
Stejnzrnný písek kyprý	0,80
Stejnzrnný písek uhlý	0,45
Kyprý prachovitý písek s ostrohrannými zrny	0,65
Uhlý prachovitý písek s ostrohrannými zrny	0,40
Tuhý jíl	0,60
Měkký jíl	0,90 - 1,40
Spraš	0,90
Měkký organický jíl	2,50 - 3,20
Ledovcový till	0,30

Index opětného stlačení

Index opětného stlačení C_r se určuje ze závislosti změny **čísla pórovitosti e** na změně efektivního napětí σ_{ef} vynesené v logaritmickém měřítku z úseku křivky odtížení - přitížení:

Určení indexu opětného stlačení C_r

$$C_r = \frac{\Delta e}{\Delta \log \sigma_{ef}}$$

kde: Δe - změna čísla pórovitosti pro křivku odtížení - přetížení
 $\Delta \log \sigma_{ef}$ - změna efektivního napětí pro křivku odtížení - přetížení

Pokud není k dispozici měření z laboratorních testů či zkoušek in-situ, lze přibližně pro určení indexu opětného stlačení C_r použít následující vztah:

$$C_r \cong \frac{1}{5} \sim \frac{1}{10} C_c$$

kde: C_c - index stlačitelnosti

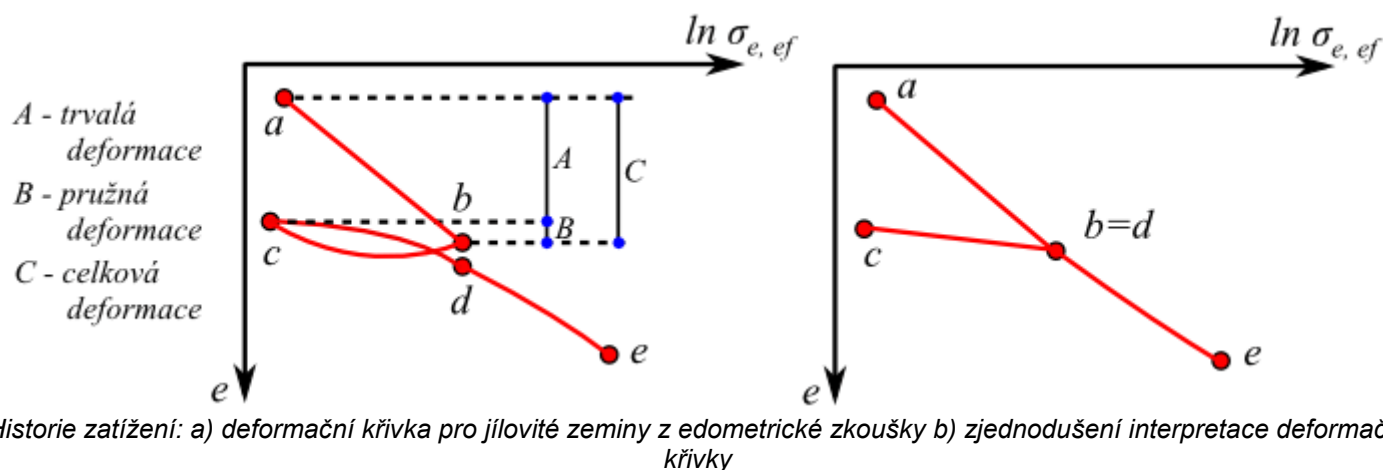
Janbuovy charakteristiky

Hodnoty Janbuova modulu m a exponentu napětí j (podle Canadian Foundation Engineering Manual 1992)

Zemina	Janbuův modul m	Index napětí j
Velmi ulehlý až ulehlý till, ledovcová hlína	1000 - 300	1
Štěrk	400 - 40	0,5
Ulehlý písek	400 - 250	0,5
Hutný písek	250 - 150	0,5
Kyprý písek	150 - 100	0,5
Ulehlý silt	200 - 80	0,5
Hutný silt	80 - 60	0,5
Kyprý silt	60 - 40	0,5
Tvrdý až pevný jíł	60 - 20	0
Měkký až tuhý jíł	20 - 10	0
Jílovitý měkký silt	10 - 5	0
Měkké mořské jíly	20 - 5	0
Organické jíly	20 - 5	0
Rašelina	5 - 1	0

Vliv historie zatížení

Historie zatížení má velký vliv na průběh deformační křivky a tedy i na hodnoty deformačních charakteristik. Na obrázku dále je zobrazena deformační křivka (vycházející ze závislosti $\Delta e = f(\Delta \sigma_{ef})$) z edometrické zkoušky odpovídající např. volně ulehlé písčité zemině.



Vzorek zeminy byl postupně zatěžován až do napětí σ_{bef} , závislost napětí ve vzorku zeminy σ_{ef} a přetvoření ε je přímková (úsek $a-b$) a nazývá se primární či panenská (tj probíhá relativní stlačení). Při dosažení napětí σ_{bef} byl vzorek zeminy odlehčen, v zemině došlo k určitému vypružení (roztážení), kdy vymizela pružná deformace vzorku zeminy (úsek $b-c$ deformační křivky). Při opětovném přitížení vzorku na původní hodnotu napětí σ_{bef} , proběhla deformace zeminy po úseku $c-d$. Úsek deformační křivky $b-c-d$ se nazývá hysterezní smyčka či křivka odtížení / přitížení. Po dalším zatížení vzorku zeminy nad hodnotu σ_{bef} se deformační křivka v úseku $d-e$ asymptoticky vrací k primární přímce a při dalším nárůstu napětí dojde k porušení vzorku. Tato poměrně složitá závislost se velice často zjednodušuje do tzv. idealizované deformační křivky (obr. b). Takto získaná deformační křivka charakterizuje tzv. překonsolidované zeminy, které v minulosti konsolidovaly většími tlaky a potom byly odlehčeny. Poměr maximálního svislého konsolidačního tlaku v minulosti k dnešnímu se nazývá stupeň překonsolidace (**OCR**). Pro překonsolidované zeminy je typická deformační křivka určená spojnici bodů $c-d-e$. Na této části deformační křivky dochází k lomu (dán přibližně bodem d), který odpovídá buď svislému geostatickému napětí σ_{or} (normálně konsolidované zeminy) nebo překonsolidačnímu napětí σ_c (překonsolidované zeminy). Tento lom ovlivňuje přetvoření, v úseku $c-d$ je menší než v úseku $d-e$ (kde pro vysoký stupeň překonsolidace deformace značně narůstá). Tato skutečnost vedla k zavedení dalších deformačních charakteristik jako např. modulu deformace při odlehčení E_e , součinitele při odlehčení C_e , čísla opětovného stlačení C_r apod. V současnosti se nejvíce používá číslo opětovného stlačení C_r vhodné pro výpočet sedání překonsolidovaných zemin.

Součinitel m

Opravný součinitel přitížení vlivem strukturní pevnosti zeminy m určuje strukturní pevnost zeminy.

Hodnoty opravného součinitele přitížení m

Druh základové půdy	m
silně stlačitelné jemnozrnné zeminy tříd F1 - F8 - s modulem přetvoření $E_{def} < 4 \text{ MPa}$ - nepřekonsolidované - konzistence měkké nebo tuhé (všechny 3 znaky musí být splněny), násypy a jiné sypaniny druhohorní a třetihorní sedimenty horniny tříd R1, R2	0,1
jemnozrnné zeminy třídy F1-F8, jimž nenáleží součinitel $m = 0,1$ ani $0,4$ ani $0,6$ písky a štěrky tříd S1, S2, G1; G2 pod hladinou podzemní vody horniny třídy R3, R4	0,2
písky a štěrky tříd S1, S2, G1, G2 nad hladinou podzemní vody písky a štěrky hlinité, jílovité či s příměsí jemnozrnné zeminy, tříd S3, S4, S5, G3, G4, G5 horniny tříd R5, R6	0,3
eluvia vyvěřelých a metamorfovaných hornin	0,4

Modifikovaný index stlačitelnosti

Výpočet pomocí Soft soil modelu vychází z pružno-plastického modelu vyvinutého universitou v Cambridge. Deformace zeminy je odvozena podle závislosti poměrného přetvoření ε na přirozeném logaritmu změny efektivního napětí v zemině. Použití tohoto modelu vyžaduje zadat modifikovaný index stlačitelnosti λ , který se získá z triaxiálních zkoušek.

Pokud není znám z měření modifikovaný index stlačitelnosti λ , je možné ho přibližně určit z indexu stlačitelnosti C_c :

$$\lambda = \frac{C_c}{2,3 \cdot (1 + e)}$$

kde: C_c - index stlačitelnosti

e - průměrné číslo pórovitosti (pokud není známo, je možné ho přibližně nahradit počátečním číslem pórovitosti e_0)

Index sekundární stlačitelnosti

Index sekundární stlačitelnosti je úměrný logaritmu času a směrnici přímky primární konsolidace (je velmi závislý na konečném efektivním napětí v zemině):

$$C_\alpha = \frac{\Delta \varepsilon}{\log t_2 - \log t_1}$$

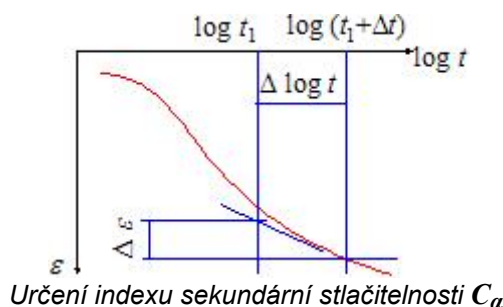
kde: C_α - index sekundární stlačitelnosti

ε - přetvoření vrstvy zeminy

t_1 - počáteční čas sledovaného období (měřeno od začátku konsolidace)

t_2 - konečný čas sledovaného období

Určení hodnoty indexu sekundární stlačitelnosti C_α závisí na laboratorních zkouškách (např. jednoosá konsolidace v edometru) či testů in-situ:

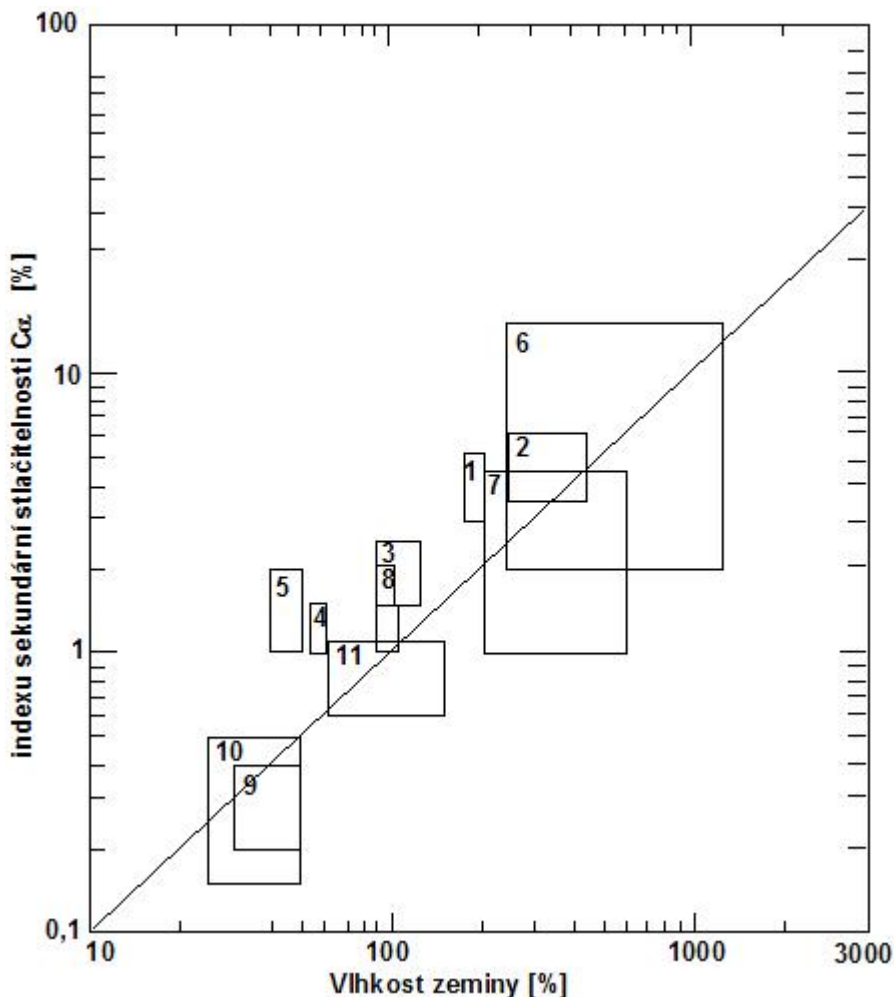


Rozsahy hodnot indexu sekundární stlačitelnosti C_α

písek	0,00003 - 0,00006
sprašová hlína	0,0004
jíl	0,01

Poměr mezi indexem sekundární stlačitelnosti C_α a indexem stlačitelnosti C_c je přibližně konstantní pro většinu normálně konsolidovaných jílu pro zatížení běžná v inženýrské praxi, jeho průměrná hodnota je 0,05.

Mesri sestavil graf závislosti přirozené vlhkosti zeminy a indexu sekundární stlačitelnosti C_α :



Závislost přirozené vlhkosti zeminy a indexu sekundární stlačitelnosti C_α podle Mesriho

- 1 Whangamarinský jíl
- 2 jíl v Mexico City
- 3 vápnitý organický silt
- 4 jíl v Ledě
- 5 norské plastické jíly
- 6 amorfni a plstnatá rašelina
- 7 kanadská rašelina z jezerních slatin
- 8 organické mořské sedimenty
- 9 Bostonský modrý jíl
- 10 Chicagský modrý jíl
- 11 Organický prachovitý jíl

Překonsolidační index sekundární stlačitelnosti

Překonsolidační index sekundární stlačitelnosti závisí na laboratorních zkouškách (např. jednoosá konsolidace v edometru) a je úměrný logaritmu času a směrnici přímky primární konsolidace určený za podmínky, že nebylo dosaženo překonsolidačního napětí:

$$C_{\alpha} = \frac{\Delta \varepsilon}{\log t_2 - \log t_1}$$

- kde:
- | | |
|---------------|--|
| C_{α} | - překonsolidační index sekundární stlačitelnosti |
| ε | - přetvoření vrstvy zeminy |
| t_1 | - počáteční čas sledovaného období (měřeno od začátku konsolidace) |
| t_2 | - konečný čas sledovaného období |

Výrub

Výpočty prováděné v programu "Výrub" lze rozdělit do dvou skupin:

- Výpočet tvaru poklesové kotliny nad výrubu
- Výpočet porušení budov

Výpočet porušení budov vychází z tvaru spočtené poklesové kotliny.

Výpočet poklesové kotliny

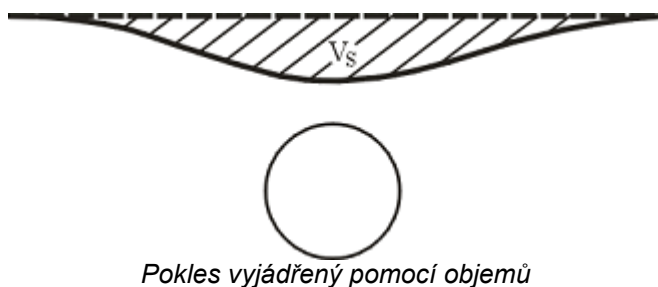
Výpočet poklesové kotliny se skládá z několika postupných kroků:

- Stanovení **maximálního sednutí** a **rozměrů poklesové kotliny** pro jednotlivé výrubu
- Výpočet **tvaru poklesové kotliny**
- Přepočet tvaru a rozměrů poklesové kotliny je-li počítána **kotlina v hloubce** pod povrchem
- Stanovení **celkového tvaru** poklesové kotliny při více výrubech
- Dopčet **dalších veličin** (vodorovné přetvoření, sklon)

Výpočet maximálního sednutí a rozměrů poklesové kotliny může být proveden podle teorie **ztráty objemu** nebo některou z **klasických teorií** (Peck, Fazekas, Limanov).

Ztráta objemu

Metoda ztráty objemu je semi-empirickou metodu obsahující jen částečně teoretické odvození. Metoda zavádí do výpočtu nepřímo základní parametry ražby, jako jsou mechanické parametry prostředí, efekt technologie ražby, vystrojení výrubu atd., pomocí 2 souhrnných parametrů (**koeficientu k pro výpočet inflexního bodu** a **procentu ztráty objemu VL**). **Tyto parametry** jednoznačně definují tvar poklesové kotliny a jsou stanovovány empiricky, na základě zkušenosti.



Maximální sednutí S_{max} a poloha inflexního bodu L_{inf} se vypočtou podle vztahů:

$$L_{inf} = kZ$$

$$S_{max} = \frac{A \cdot VL}{100} \frac{1}{\sqrt{2\pi L_{inf}}}$$

kde:

- A - plocha výrubu
- Z - hloubka středu výrubu
- k - koeficient pro výpočet inflexního bodu
- VL - procento ztráty objemu

Deformace stropu u_a se vypočte podle vztahu:

$$u_a = \frac{2r - \sqrt{4r^2 - \frac{4r^2 VL}{100}}}{2}$$

kde:

- r - poloměr výrubu
- VL - procento ztráty objemu

Literatura:

<http://www.groundloss.com/>

Doporučené hodnoty

Přehled dat pro určení poklesové kotliny metodou ztraceného objemu.

Koeficient pro výpočet inflexního bodu k

Zemina	k
nesoudržné zeminy	0,3
normálně konsolidované jíly	0,5
překonsolidované jíly	0,6 - 0,7
jílovité břidlice	0,6 - 0,8

křemence	0,8 - 0,9
----------	-----------

Procento ztráty objemu VL

Technologie	VL
TBM	0,5 - 1
Sekvenční výrubu	0,8 - 1,5

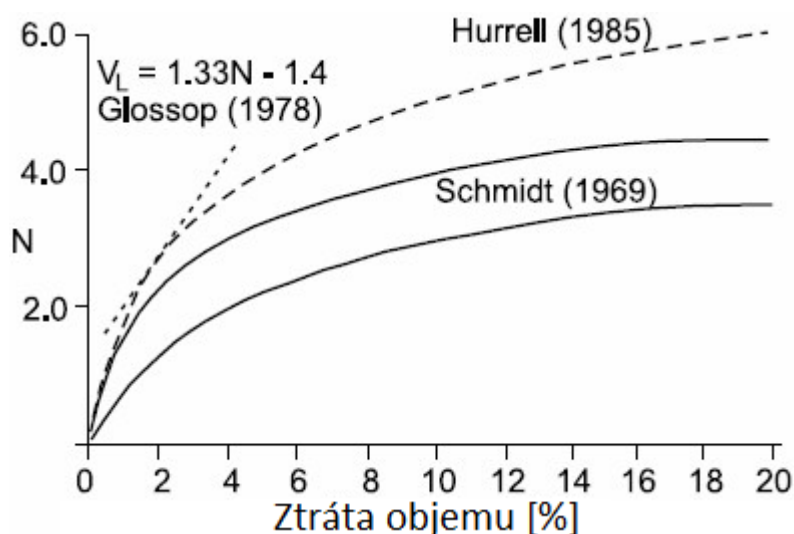
Bylo také odvozeno několik vztahů pro určení hodnoty ztraceného objemu VL na základě stabilitního poměru N definovaného Broms a Bennermarkem:

$$N = \frac{\sigma_v \sigma_t}{S_u}$$

kde:

- σ_v - celkové napětí v ose výrubu
- σ_t - odpor výstroje výrubu (pokud je vystrojen)
- S_u - neodvodněná pevnost jílu

Pro $N < 2$ je hornina/zemina v okolí výrubu pružná a stabilní. Pro $N \in < 2,4$ se začnou objevovat lokální plastické oblasti v okolí výrubu, pro $N \in < 4,6$ dochází k vytvoření plastické oblasti okolo výrubu a pro $N = 6$ nastává nestabilita čelby. Na obrázku jsou znázorněny závislosti mezi stabilitním poměrem N a ztraceným objemem VL .



Literatura:

Broms, B.B., Bennemark, H., 1967. Stability of clay at vertical openings. ASCE, Journal of Soil Mechanics and Foundation Engineering Division, SMI 93, 71-94.

Klasické teorie

Výpočet konvergence výrubu a maximálního sednutí **homogenního prostředí** je stejný pro všechny klasické teorie. Výpočet kotliny je podle jednotlivých teorií (Peck, Fazekas, Limanov) rozdílný ve **vrstevnatém prostředí**.

Při výpočtu sednutí se nejprve určí radiální zatížení kruhového výrubu podle vztahu:

$$p = \sigma_z \frac{1 + K_r}{2}$$

kde:

- σ_z - geostatické napětí ve středu výrubu
- K_r - součinitel tlaku v klidu soudržné zeminy

Deformace stropu u_a a dna výrubu u_b se počítají podle vztahů:

$$u_a = (1 + \nu) \frac{p}{E} r \frac{Z + (1 - 2\nu) r}{Z - r}$$

$$u_b = -(1 + \nu) \frac{p}{E} r \frac{Z - (1 - 2\nu) r}{Z + r}$$

kde:

- Z - hloubka středu výrubu
- r - poloměr výrubu

E - modul pružnosti horniny/zeminy v okolí výrubu

ν - Poissonovo číslo horniny/zeminy v okolí výrubu

Maximální velikost sednutí terénu a délka poklesové kotliny se určí podle vztahů:

$$S_{max} = (1 - \nu^2) \frac{p}{E} \frac{4r^2 Z}{Z^2 - r^2}$$

$$L = 2\sqrt{Z^2 - r^2}$$

kde: Z - hloubka středu výrubu

r - poloměr výrubu

E - modul pružnosti horniny/zeminy v okolí výrubu

ν - Poissonovo číslo horniny/zeminy v okolí výrubu

Při **předepsané deformaci stropu tunelu** se maximální pokles vypočte podle vztahu:

$$S_{max} = 4u_a \frac{rZ(1 - \nu)}{(Z + r)(Z + r + 2\nu r)}$$

kde: Z - hloubka středu výrubu

r - poloměr výrubu

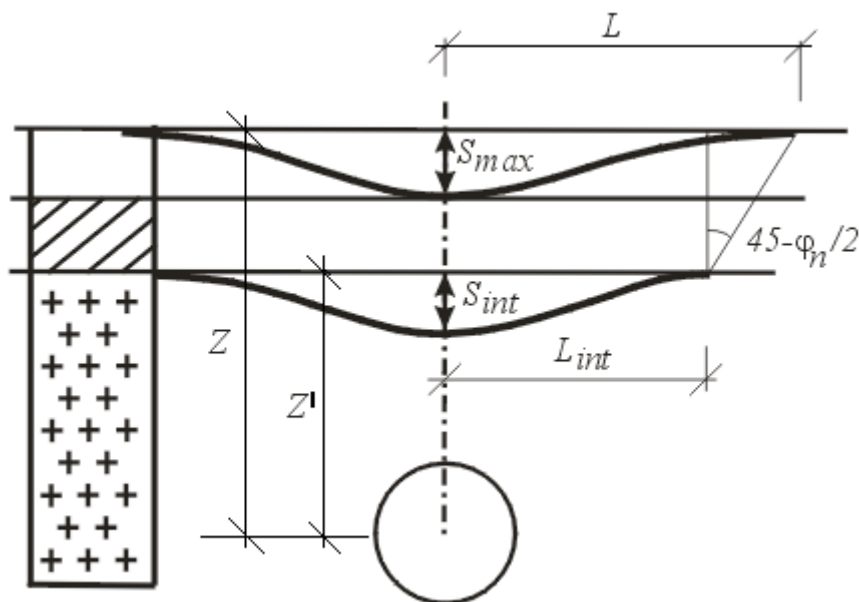
u_a - deformace stropu výrubu

ν - Poissonovo číslo horniny/zeminy v okolí výrubu

Výpočet při vrstevnatém prostředí

Při výpočtu sednutí vrstevnatého podloží se počítá nejprve sednutí rozhraní mezi první vrstvou nad výrubem a dalšími vrstvy nadloží S_{int} a délka poklesové kotliny na rozhraní vrstev L_{int} . Postup je v tomto případě shodný jako pro **homogenní zeminu**.

Dále se (podle obrázku) stanoví délka poklesové kotliny na povrchu terénu L .



Výpočet sednutí pro vrstevnaté podloží

Další výpočet se liší podle zvolené teorie výpočtu:

Výpočet podle Limanova

Limanov popsal svislý posun nad výrubem pomocí ztracené plochy F :

$$S_{max} = \frac{F}{L}$$

kde: L - délka poklesové kotliny

F - objem ztráty zeminy na bm , který se určí ze vztahu

$$F = S_{int} \pi \frac{L_{int}}{2}$$

kde: L_{int} - délka poklesové kotliny na rozhraní vrstev nad výrubem

S_{int} - sednutí příslušného rozhraní

Výpočet podle Fazekase

Fazekas popsal svislý posun nad výrubem pomocí vztahu:

$$S_{max} = S_{int} \frac{L_{int}}{L}$$

kde: L - délka poklesové kotliny

L_{int} - poklesové kotliny na rozhraní vrstev nad výrubem

S_{int} - sednutí příslušného rozhraní

Výpočet podle Pecka

Peck popsal svislý posun nad výrubem pomocí vztahu:

$$S_{max} = S_{int} \frac{L_{int}}{L_{inf}} \frac{\pi}{5}$$

kde: L_{int} - poklesové kotliny na rozhraní vrstev nad výrubem

S_{int} - sednutí příslušného rozhraní

L_{inf} - vzdálenost inflexního bodu poklesové křivky od osy výrubu na povrchu terénu

Literatura:

Széchy, Károly, *The art of tunnelling*, Budapest : Akadémiai Kiadó, 1966.

Tvar poklesové kotliny

Program nabízí dva tvary poklesových kotlin - podle Gausse a Aversina.

Křivka podle Gausse

Mnoho výzkumů a studií provedených v USA a Velké Británii prokázalo, že příčný tvar poklesové kotliny může být obecně popsán pomocí Gaussovy funkce. Na základě tohoto předpokladu je možné svislý posun ve vzdálenosti x od osy svislé symetrie vyjádřit vztahem:

$$S_i = S_{max} e^{\left(\frac{-x_i^2}{2L_{inf}^2} \right)}$$

kde: S_i - sednutí v bodě o souřadnici x_i

S_{max} - maximální sednutí terénu

L_{inf} - vzdálenost inflexního bodu

Křivka podle Aversina

Aversin odvodil na základě pozorování a měření podzemních děl v Rusku následující vztah pro tvar poklesové kotliny:

$$S_i = S_{max} \left(1 - \frac{x_i}{L} \right)^4 e^{\left(\frac{4x_i}{L} \right)}$$

kde: S_i - sednutí v bodě o souřadnici x_i

S_{max} - maximální sednutí terénu

L - dosah poklesové kotliny

Literatura:

Széchy, Károly, *The art of tunnelling*, Budapest : Akadémiai Kiadó, 1966.

Koeficient výpočtu inflexního bodu

U **klasických teorií** se ze zadaného koeficientu k_{inf} dopočte poloha inflexního bodu podle vztahu $L_{inf} = L/k_{inf}$. V tomto případě je koeficient k_{inf} velice důležitým vstupním údajem, který zásadním způsobem ovlivňuje **tvár a strmost poklesové kotliny**. Velikost tohoto koeficientu závisí na průměrné zemině resp. hornině v nadloží - v literatuře jsou uváděny hodnoty k_{inf} v rozmezí 2,1 - 4,0.

Na základě srovnávacích výpočtů metodou konečných prvků se doporučují tyto orientační hodnoty:

šterkovité zeminy G1-G3	$k_{inf} = 3,5$
písčité a šterkovité zeminy S1-S5, G4, G5, horniny R5-R6	$k_{inf} = 3,0$
jemnozrnné zeminy F1-F4	$k_{inf} = 2,5$
jemnozrnné zeminy F5-F8	$k_{inf} = 2,1$

Koeficient pro výpočet polohy inflexního bodu se zadává v rámu "Nastavení".

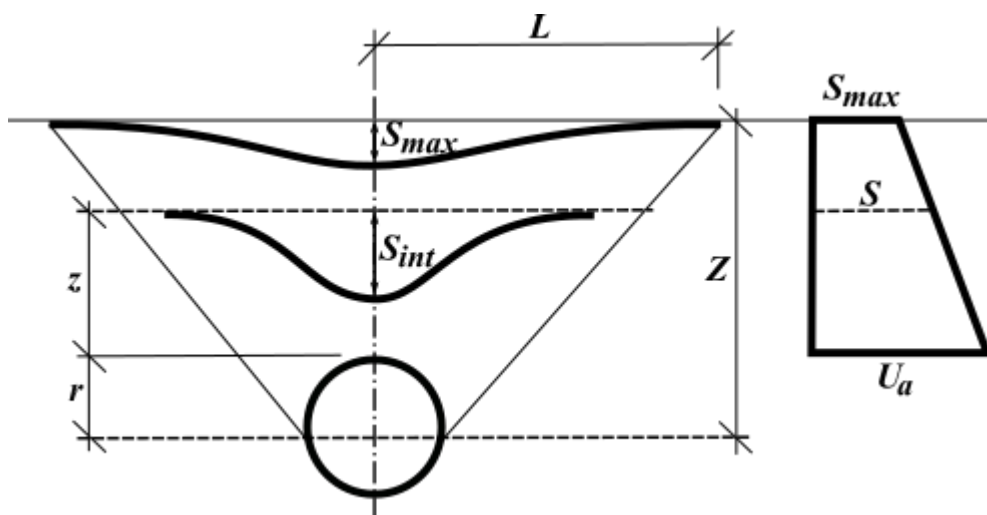
Poklesová kotlina při více výrubech

Program pro výpočet sednutí členěných výrubů a vícenásobných výrubů používá princip superposice. Nejprve spočte podle zadaných parametrů poklesové kotliny a vodorovné deformace od jednotlivých výrubů a poté provede dopočet celkové poklesové kotliny.

Ze spočtené poklesové kotliny se dále dopočítají **ostatní veličiny** - vodorovná přetvoření a sklony poklesové kotliny.

Výpočet poklesové kotliny v hloubce

Pro výpočet maximálního sednutí S v hloubce h pod povrchem terénu v homogenním prostředí je použita lineární interpolace mezi maximální hodnotou sednutí na povrchu terénu S_{max} a deformací stropu výrubu U_a .



Výpočet poklesové kotliny v hloubce

Šířka poklesové kotliny v nadloží l se spočte podle vztahu:

$$l = \frac{(L - r)(z + r)}{Z} + r$$

kde:

- L - délka poklesové kotliny na povrchu terénu
- r - poloměr výrubu
- Z - hloubka středu výrubu
- z - hloubka výpočtu

Z hodnot l a S je pak vypočten tvar poklesové kotliny v nadloží nad výrubem.

Výpočet dalších veličin

Sedání je doprovázeno vodorovnými posuny, které mohou vyvolat poškození budov. Vodorovný posun může být odvozen z příčného sedání za předpokladu, že výsledné vektory posunutí směřují do středu výrubu. Vodorovný posun zeminy může být pak vyjádřen pomocí rovnice:

$$S_x = -\frac{s(x)}{Z - r}$$

kde:

- x - vzdálenost bodu x od osy výrubu
- $s(x)$ - sednutí v bodě x
- Z - hloubka středu výrubu
- r - poloměr výrubu

Vodorovná přetvoření jsou získána diferenčně podle osy x a dají se v příčném směru vyjádřit rovnicí:

$$\varepsilon_x = -\frac{s(x)}{Z - r} \left(\frac{x^2}{L_{inf}^2} - 1 \right)$$

kde:

- x - vzdálenost bodu x od osy výrubu
- $s(x)$ - sednutí v bodě x
- Z - hloubka středu výrubu
- L_{inf} - vzdálenost inflexního bodu
- r - poloměr výrubu

Výpočet porušení budov

Program nejprve spočte tvar a rozměry **poklesové kotliny** a poté provede posouzení účinků na budovy.

Program nabízí čtyři typy posouzení:

- Posouzení **tahového porušení**
- Posouzení **porušení vlivem sklonu**
- Posouzení **relativního průhybu budov** (nahoru a dolů)
- Posouzení **zadaného úseku budovy**

Tahové porušení

Jednou z příčin poruch budov je **vodorovné tahové přetvoření**. Program vykreslí budovy vybarvené a vyšrafované vzorkem, odpovídajícím příslušné oblasti porušení. Maximální hodnota tahového přetvoření je uvedena v textovém výpisu.

Program nabízí předdefinované oblasti porušení pro zděné budovy. Tyto hodnoty lze měnit v rámu "**Nastavení fáze**". V průběhu ražeb řady tunelů pod zástavbou, byl upřesněn vztah mezi tvarem poklesové kotliny a poškozením budov do takové míry, že na jeho základě lze plánovat rozsah kompenzací za poškození budov ražbou tunelů s přesností vyhovující jak pro potřeby přípravy zadávací dokumentace, tak i pro potřeby dodavatelů připravujících nabídky na ražbu tunelů.

Doporučené hodnoty pro zděné budovy o 1 až šesti patrech jsou uvedeny v následujících tabulce.

Horizontální přetvoření (promile)

Poměrná h.d. (promile)	Škody	Charakteristika
0,20 - 0,50	Mikrotrhliny	Mikrotrhliny
0,50 - 0,75	Velmi malé poškození	Trhliny v omítce
0,75 - 1,00	Malé poškození	Malé trhliny ve zdech
1,00 - 1,80	Střední poškození, funkční	Trhliny ve zdech, problémy s okny a dveřmi
1,8 -	Vysoké poškození	Široké otevřené trhliny v nosných zdech a nosnících.

Porušení vlivem sklonu

Jednou z příčin poruch budov je sklon poklesové kotliny. Program vykreslí budovy vybarvené a vyšrafované vzorkem, odpovídajícím příslušné oblasti porušení. Maximální hodnota sklonu je uvedena v textovém výpisu.

Program nabízí předdefinované oblasti porušení pro zděné budovy. Tyto hodnoty lze měnit v rámu "**Nastavení fáze**". V průběhu ražeb řady tunelů pod zástavbou, byl upřesněn vztah mezi tvarem poklesové kotliny a poškozením budov do takové míry, že na jeho základě lze plánovat rozsah kompenzací za poškození budov ražbou tunelů s přesností vyhovující jak pro potřeby přípravy zadávací dokumentace, tak i pro potřeby dodavatelů připravujících nabídky na ražbu tunelů.

Doporučené hodnoty pro zděné budovy o 1 až šesti patrech jsou uvedeny v následujících tabulce.

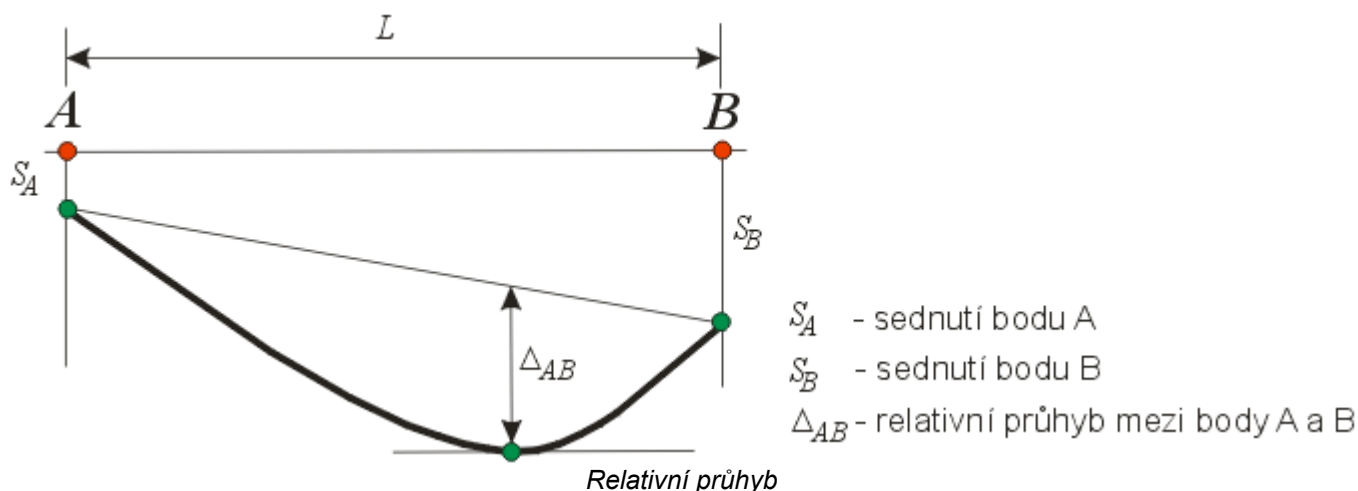
Sklony

Sklony	Škody	Charakteristika
--------	-------	-----------------

1:1200 - 800	Mikrotrhliny	Mikrotrhliny
1:800 - 500	Velmi malé poškození	Trhliny v omítce
1:500 - 300	Malé poškození	Malé trhliny ve zdech
1:300 - 150	Střední poškození, funkční	Trhliny ve zdech, problémy s okny a dveřmi
1:150 - 0	Vysoké poškození	Široké otevřené trhliny v nosných zdech a nosnících.

Relativní průhyb

Definice pojmu relativní průhyb je zřejmá z obrázku. Program hledá na budovách oblasti s maximálním relativním průhybem a to dolu i nahoru. Je zřejmé, že pro poškození budovy je daleko nebezpečnější relativní průhyb nahoru, která způsobuje "tahové rozevření" budovy.



Posouzení maximálního relativního průhybu je ponecháno na uživateli - následující tabulky obsahují přehled doporučených limitních hodnot z literatury.

Typ konstrukce	Typ poškození	Limitní relativní průhyb Δ/l			
		Burland and Wroth	Meyerhof	Polshin a Tokar	ČSN 73 1001
Nevyztužené nosné zdi	Trhliny ve zdech	Pro $L/H = 1 - 0.0004$ Pro $L/H = 5 - 0.0008$	0,0004	0,0004	0,0015
	Trhliny v nosných konst.	Pro $L/H = 1 - 0.0002$ Pro $L/H = 5 - 0.0004$	-	-	-

Posouzení porušení úseku budovy

Program na zadaném úseku stanovuje tyto veličiny:

- maximální **tahové přetvoření**
- maximální **sklon**
- maximální **relativní průhyb**
- natočení (**relativní pootočení**) mezi zadanými body budovy

Vyhodnocení spočteného úseku je ponecháno na uživateli - následující tabulky obsahují přehled doporučených limitních hodnot relativního pootočení a relativního průhybu.

Typ konstrukce	Typ poškození	Limitní relativní pootočení				
		Skempton	Meyerhof	Polshin a Tokar	Bjerrum	ČSN 73 1001
Rámové konstrukce a vyztužené nosné zdi	Strukturní	1/150	1/250	1/200	1/150	
	Trhliny ve zdech	1/300	1/500	1/500	1/500	1/500

Typ konstrukce	Typ poškození	Limitní relativní průhyb Δ/l			
		Burland and Wroth	Meyerhof	Polshin a Tokar	ČSN 73 1001
Nevyztužené nosné zdi	Trhliny ve zdech	Pro $L/H = 1 - 0.0004$ Pro $L/H = 5 - 0.0008$	0,0004	0,0004	0,0015
	Trhliny v nosných konst.	Pro $L/H = 1 - 0.0002$ Pro $L/H = 5 - 0.0004$	-	-	-

Dimenzování železobetonových konstrukcí

Podle následujících norem lze dimenzovat železobetonové konstrukce:

- EN 1992-1-1 (EC 2) nebo EN 1992-2
- ČSN 73 1201R
- ČSN 73 6206 (pouze pro mostní opěru)
- PN-B-03264:2002
- BS 8110:1997
- IS 456
- ACI 318-19
- AS 3600-2018
- SNiP 52-101-2003
- GB 50010-2010
- NZS 3101-2006
- CSA A23.3-14
- NBR 6118-2014

EN 1992-1-1 (EC2) nebo EN 1992-2

Nápověda k dimenzování betonových a železobetonových konstrukcí obsahuje následující kapitoly:

- Materiály, součinitelé, použité značení
- Standardní hodnoty součinitelů
- Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu
- Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu
- Posouzení kruhového železobetonového průřezu
- Posouzení patky na protlačení
- Návrh podélné výztuže do desky
- Návrh smykové výztuže do desky
- Posouzení šířky trhlin

Materiály, součinitelé, použité značení

Norma používá tato označení pro materiálové charakteristiky:

f_{ck}	- charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{cd}	- výpočtová pevnost betonu v tlaku
f_{cm}	- střední hodnota pevnosti betonu v tlaku
f_{ctm}	- střední hodnota pevnosti betonu v tahu
$f_{ctk0,05}$	- dolní hodnota charakteristické pevnosti betonu v tahu
f_{ctd}	- výpočtová pevnost betonu v tahu
f_{yk}	- charakteristická pevnost oceli v tahu
f_{yd}	- výpočtová pevnost oceli v tahu

Charakteristická pevnost betonu v tlaku je základním vstupním parametrem určeným třídou betonu - z této veličiny jsou určeny ostatní pevnosti pomocí součinitelů spolehlivosti (Tab. 3.1).

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}$$

$$f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln \left(1 + \frac{f_{cm}}{10} \right)$$

$$f_{ctk,005} = 0,7 \cdot f_{ctm}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,005}}{\gamma_c}$$

$$E_{cm} = 22 \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,3}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

pro: $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

pro: $f_{ck} > 50 \text{ MPa}$

V programu jsou zabudovány **standardní hodnoty součinitelů** α_{cc} , γ_c , α_{ct} , γ_s - tyto hodnoty lze také v programu měnit v závislosti na **použité Národní příloze**.

Nejčastěji se vyskytující tyto geometrické značky:

- b - šířka průřezu
- h - výška průřezu
- d - účinná výška průřezu
- z - rameno vnitřních sil

Standardní hodnoty součinitelů

Norma obsahuje množství součinitelů, které lze v **Národních přílohách** měnit. V tabulce jsou vypsány jednotliví součinitelé, jejich hodnota a příslušný článek normy. V některých případech je proměnná hodnota čísla ve vzorci, která nemá v normě žádné označení - v tomto případě je uveden vzorec a **proměnná je pojmenována X**.

Součinitel	Hodnota	Vysvětlivky	Článek
γ_c	1,5		2.4.2.4
γ_s	1,15		2.4.2.4
α_{cc}	1		3.1.6
α_{ct}	1		3.1.6
$\alpha_{cc,pl}$	0,8		12.3.1
$\alpha_{ct,pl}$	0,8		12.3.1
k	1,5		12.6.3
ρ_{min}	0,0013		9.2.1.1
X	0,26	$\rho_{min} = X \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$	9.2.1.1
ρ_{max}	0,04		9.2.1.1
ρ_{min}	0,002		9.5.2
X	0,1	$\rho_{min} = \frac{X N_{Ed}}{f_{yd} A_s}$	9.5.2
ρ_{max}	0,04		9.5.2
X	0,18	$C_{Rd,c} = \frac{X}{\gamma_c}$	6.2.2
ν_{min}	-	$0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$	6.2.2
X	0,5	$\nu_{max} = X \cdot \nu \cdot f_{cd}$	6.2.2

ν	-	$\nu = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$	6.2.2
$\cot \theta_{min}$	1		6.2.3
$\cot \theta_{max}$	2,5		6.2.3

Národní příloha Česko (ČSN EN 1992-1-1 - 2010)

Součinitel	Hodnota	Vysvětlivky	Článek
$\alpha_{ct,pl}$	0,7		12.3.1

ostatní hodnoty jsou standardní

Národní příloha Slovensko (STN EN 1992-1-1 - 2008)

všechny hodnoty jsou standardní

Národní příloha Polsko (PN EN 1992-1-1 - 2008)

Součinitel	Hodnota	Vysvětlivky	Článek
γ_c	1,4		2.4.2.4
$\cot \theta_{max}$	2,0		6.2.3

ostatní hodnoty jsou standardní

Národní příloha Norsko (NS EN 1992-1-1 - 2004)

Součinitel	Hodnota	Vysvětlivky	Článek
α_{cc}	0,85		3.1.6
α_{ct}	0,85		3.1.6

ostatní hodnoty jsou standardní

Národní příloha Rumunsko (BDS EN 1992-1-1 - 2005)

všechny hodnoty jsou standardní

Národní příloha Itálie (UNI EN 1992-1-1 - 2005)

Součinitel	Hodnota	Vysvětlivky	Článek
α_{cc}	0,85		3.1.6
ν	0,5 pro $\leq C70/85$	$\nu = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$ pro ostatní	6.2.2

ostatní hodnoty jsou standardní

Národní příloha Spojené království (BS EN 1992-1-1 - 2004)

Součinitel	Hodnota	Vysvětlivky	Článek
α_{cc}	0,85		3.1.6
$\alpha_{cc,pl}$	0,6		12.3.1
$\alpha_{ct,pl}$	0,6		12.3.1

ostatní hodnoty jsou standardní

EN 1992-2 - 2007

Součinitel	Hodnota	Vysvětlivky	Článek
α_{cc}	0,85		3.1.6

ostatní hodnoty jsou standardní

Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu

Průřez je obdélníkový, namáhaný ohybovým momentem M_{Ed} , normálovou silou N_{Ed} (působí v těžišti průřezu) a posouvající silou V_{Ed} . Smyková únosnost je počítána podle vzorce (čl. 12.6.3):

$$V_{Rd} = \frac{f_{cvd} \cdot A_{cc}}{k}$$

kde: A_{cc} - tlaččená plocha betonu

$$f_{cvd} = \sqrt{f_{ctd}^2 + \sigma_{cp} \cdot f_{ctd} - \left(\frac{\text{Max}(0; \sigma_{cp} - \sigma_{c,lim})}{2} \right)^2}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_{cc}}$$

$$\sigma_{c,lim} = f_{cd} - 2 \cdot \sqrt{f_{ctd} \cdot (f_{cd} + f_{ctd})}$$

V programu je zabudována **standardní hodnota součinitele k** (čl. 12.6.3) - tato hodnota lze také v programu měnit v závislosti na **použité Národní příloze**.

Únosnost průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se vypočte podle následujících vztahů (čl. 12.6.1) podle excentricity normálové síly e :

Jako větší z hodnot:

$$N_{Rd} = b \cdot x \cdot \eta \cdot f_{cd}$$

$$N_{Rd} = \text{Min} \left(\frac{b \cdot h \cdot f_{ctd}}{\frac{6 \cdot e}{h} - 1}; \frac{b \cdot h \cdot f_{cd}}{\frac{6 \cdot e}{h} + 1} \right)$$

Vzorec vyjadřuje únosnost při lineárním rozdělení napětí v průřezu neporušeném trhlinou.

$$\eta = 1,0 - \frac{\text{Max}(f_{ck}; 50) - 50}{200}$$

$$x = h - 2 \cdot e$$

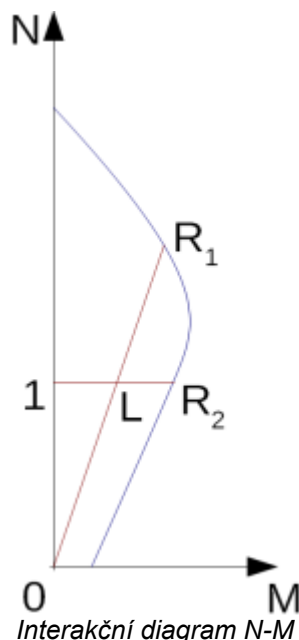
$$e = \text{Max} \left(\text{abs} \left(\frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} \right); \frac{h}{30}; 20 \text{ mm} \right)$$

Minimální hodnoty excentricity jsou z článku 6.1(3) normy.

$$f_{cd} = \alpha_{cc,pl} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct,pl} \cdot \frac{f_{ctk,005}}{\gamma_c}$$

V programu jsou zabudovány **standardní hodnoty součinitelů $\alpha_{cc,pl}$, $\alpha_{ct,pl}$, γ_c** - tyto hodnoty lze také v programu měnit v závislosti na **použité Národní příloze**.



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR_1|$ nebo $|IL|/|IR_2|$. Kde L je zatížení, R_1 je únosnost při zachování excentricity a R_2 je únosnost při zachování normálové síly.

Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu

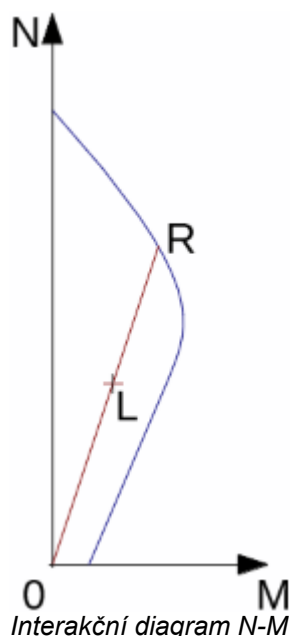
Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem a tlakovou normálovou silou. Je použita metoda mezních přetvoření. Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,002 až 0,0035. Tlačená výztuž se do únosnosti nezapočítává. Je aplikována minimální excentricita (čl. 6.1(3)):

$$e_0 = \text{Min} \left[\frac{h}{30}; 20mm \right]$$

Stupeň vyztužení je spočten a zkontrolován podle vztahů (čl. 9.2.1.1):

$$\begin{aligned} \rho_{min} &\leq \rho \leq \rho_{max} \\ \rho &= \frac{A_s}{bd} \\ \rho_{min} &= \text{Max} \left(0.0013; 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right) \\ \rho_{max} &= 0.04 \end{aligned}$$

V programu jsou zabudovány **standardní hodnoty součinitelů** ρ_{min} , ρ_{max} - tyto hodnoty lze také v programu zadat v závislosti na **použité Národní příloze**.



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení prostého ohybu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem M_{Ed} .

Moment na mezi únosnosti pro zadanou plochu výztuže A_s se spočte podle vztahu (čl. 6.1, čl. 3.1.7(3)):

$$M_{Rd} = \lambda x b \eta f_{cd} \left(d - \frac{\lambda}{2} x \right)$$

$$x = \frac{A_s f_{yd}}{\lambda b \eta f_{cd}}$$

$$\lambda = 0.8 - \frac{\text{Max}(f_{ck}; 50) - 50}{400}$$

$$\eta = 1.0 - \frac{\text{Max}(f_{ck}; 50) - 50}{200}$$

Limitní poloha neutrální osy se vypočte podle vztahu (čl. 5.6.3(2)):

$x_{max} = 0,45d$ pro beton třídy C40/45 a nižší

$x_{max} = 0,35d$ pro beton třídy C45/50 a vyšší

Posouzení smyku

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu $V_{Rd,c}$ (čl. 6.2.2(1)).

$$V_{Rd,c} = \text{Max} \left[\nu_{min}; C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] b d$$

kde:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b d} \leq 0.02$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu $V_{Rd,max}$ (čl. 6.2.3(3)).

$$V_{Rd,max} = b z \nu f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

Dále je dopočtena požadovaná plocha výztuže podle vzorce (čl. 6.2.3(3)):

$$A_{sw,l} = \frac{V_{Ed}}{z f_{ywd} \cot \theta}$$

V programu jsou zabudovány **standardní hodnoty součinitelů** ν , ν_{min} , $\cot \theta_{min}$, $\cot \theta_{max}$ - tyto hodnoty lze také v programu měnit v závislosti na **použité Národní příloze**.

Posouzení kruhového železobetonového průřezu

Program posuzuje železobetonovou pilotu metodou mezního přetvoření. Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,002 - 0,0035. Pevnost betonu $\eta \cdot f_{cd}$ je snížena o deset procent kvůli tvaru průřezu (Článek 3.1.7).

Dále program kontroluje stupně vyztužení podle vztahu:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Pilota** (čl. 9.8.5)

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$A_c \leq 0,5m^2$$

$$\rho_{min} = 0,005$$

$$0,5m^2 < A_c \leq 1m^2$$

$$\rho_{min} = 0,0025m^2/A_c$$

$$A_c \geq 1m^2$$

$$\rho_{min} = 0,0025$$

kde: A_c - průřezová plocha piloty

$$\rho_{max} = 0.04$$

- **Sloup** - kontrola pro převládající tlak (čl. 9.5.2)

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0.002; \frac{0.1 N_{Ed}}{f_{yd} A_s} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.04$$

- **Nosník** - kontrola pro převládající ohyb (čl. 9.2.1.1)

$$\rho = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

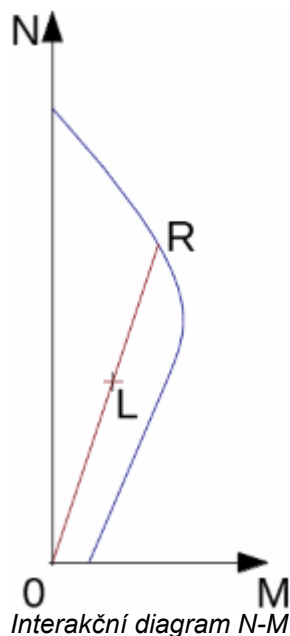
$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0.0013; 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0.04$$

kde: d - průměr piloty

A_s - plocha výztuže

V programu jsou zabudovány **standardní hodnoty součinitelů** ρ_{min} , ρ_{max} - tyto hodnoty lze také v programu měnit v závislosti na **použité Národní příloze**.



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení smyku

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu $V_{Rd,c}$. Vzorci jsou z čl. 6.2.2(1), ve kterém je za šířku průřezu (b_w) dosazeno $0,88 \cdot d$ a za efektivní výšku (d) dosazeno $0,8 \cdot d$.

$$V_{Rd,c} = \text{Max} \left[\nu_{\min}; C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] 0.704 d^2$$

kde:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{0.8d}} \leq 2.0$$

$$\rho_l = 0.33 \frac{A_{sl}}{0.25 \pi d^2} \leq 0.02$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu $V_{Rd,max}$ a únosnost průřezu se smykovou výztuží $V_{Rd,s}$ (čl. 6.2.3(3)).

$$V_{Rd,max} = (0.88d)(0.72d) \nu f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} 0.72 d f_{ywd} \cot \theta$$

$$V_{Rd} = \text{Max}(V_{Rd,c}; \text{Min}(V_{Rd,max}; V_{Rd,s}))$$

V programu jsou zabudovány **standardní hodnoty součinitelů** ν , ν_{\min} , $\cot \theta_{\min}$, $\cot \theta_{\max}$ - tyto hodnoty lze také v programu měnit v závislosti na **použité Národní příloze**.

Posouzení patky na protlačení

Průřez je namáhán zadanými momenty M_{Edx} , M_{Edy} a silou V_{Ed} , která se vypočte podle vzorce:

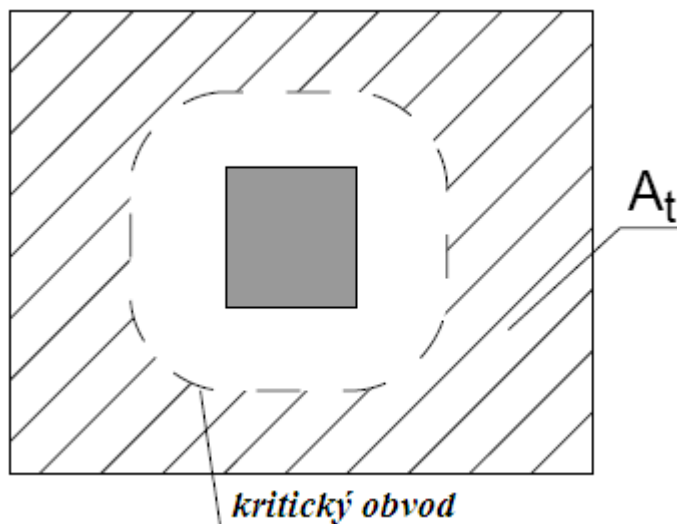
$$V_{Ed} = \frac{V A_t}{A}$$

kde:

A - plocha patky

V - zadaná svislá síla ve sloupu

A_t - plocha znázorněná šrafováním na následujícím obrázku

Dimenzování smykové výztuže - plocha A_t

Program vytváří **kontrolní obvody** ve vzdálenosti " a " $0,5d$ až $2d$ v případě **nevyztuženého základu** a $0,5d$ až $4d$ při **použití smykové výztuže** (d je efektivní výška patky). Smyková výztuž je uvažována ve vzdálenosti menší než $2d$ od okraje sloupu. Kontrolní obvody jsou konstruovány v intervalech $0,25d$.

V každém kontrolním obvodu je spočteno napětí od zatížení v_{Ed} pomocí postupu 6.4.3 (3),

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i d}$$

$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \frac{u_1}{W_1}$$

$$v_{Rd,c} = \text{Max}(C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3}; v_{min}) 2d/a$$

únosnost nevyztuženého průřezu $v_{Rd,c}$ dle 6.4.4 (2)

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2.0$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \rho_{ly}} \leq 0.02$$

$$C_{Rd,c} = 0.18/\gamma_c$$

a případně únosnost vyztuženého průřezu $v_{Rd,cs}$ dle 6.4.5 (1).

$$v_{Rd,cs} = \text{Min}(0.75 v_{Rd,c} + 0.75 \frac{A_{sw} f_{ywd,eff}}{u d}; k_{max} v_{Rd,c})$$

$$f_{ywd,eff} = 250 + 0.25d \leq f_{ywd}$$

Dále je kontrolována **únosnost tlakové diagonály** na obvodu sloupu $v_{Rd,max}$ dle 6.4.5 (3), která je závislá na rozměrech sloupu a tloušťce patky.

$$v_{Rd,max} = 0.4 \nu f_{cd}$$

Pro $v_{Ed} < v_{Rd,c}$ průřez vyhovuje bez smykové výztuže.

Pro $v_{Ed} > v_{Rd,c}$ a $v_{Ed} < v_{Rd,max}$ je nutné navrhnout smykovou výztuž.

Pro $v_{Ed} > v_{Rd,max}$ nelze smykovou výztuž navrhnout a je nutné zvětšit výšku průřezu.

Kontrolní průřez s nejhorším poměrem zatížení a únosnosti je považován za kritický a vyznačen v programu.

V programu jsou zabudovány **standardní hodnoty součinitelů** ν , v_{min} - tyto hodnoty lze také v programu měnit v závislosti na **použití Národní příloze**.

Návrh podélné výztuže do desky

Návrh výztuže je proveden na namáhání ohybovým momentem M_{Ed} . Výsledkem návrhu je nutná plocha tažené, popřípadě i tlačené výztuže. Dále program zohledňuje podmínky minimálního a maximálního stupně vyztužení v daném

průřezu. Nejprve se vypočte poloha neutrální osy průřezu podle vzorce (čl. 3.1.7, čl. 6.1):

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M_{Ed}}{0,5 \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}}}}{\lambda}$$

Je-li poloha neutrální osy menší než mezní dovolená poloha ($x < x_{max}$), pak program vypočte ploch tažené výztuže A_{st} podle vzorce:

$$A_{st} = \frac{\lambda \cdot \eta \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Je-li poloha neutrální osy větší než mezní dovolená poloha ($x > x_{max}$), pak program vypočte plochy tlačené A_{sc} a tažené výztuže A_{st} podle vzorců:

$$A_{sc} = \frac{M - F_{c,max}(d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x_{max})}{f_{yd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} \cdot f_{yd}}{f_{yd}}$$

$$F_{c,max} = \lambda \cdot \eta \cdot b \cdot x_{max} \cdot f_{cd}$$

Limitní poloha neutrální osy se vypočte podle vztahu (čl. 5.6.3(2)):

$x_{max} = 0,45d$ pro beton třídy C40/45 a nižší

$x_{max} = 0,35d$ pro beton třídy C45/50 a vyšší

Stupeň vyztužení je spočten a zkontrolován podle vztahů (čl. 9.3.1.1):

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,0013 ; 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

V programu jsou zabudovány **standardní hodnoty součinitelů** ρ_{min} , ρ_{max} - tyto hodnoty lze také v programu zadat v závislosti na **použité Národní příloze**.

Je-li překročen maximální stupeň vyztužení celého průřezu ρ_{max} , pak program informuje, že výztuž do průřezu nelze navrhnout.

Návrh smykové výztuže do desky

Program umožňuje spočítat do desky nutné množství smykové výztuže tvořené třmínky resp. ohyby.

Nejprve program spočte limitní posouvající síly v daném průřezu - posouvající sílu přenášenou betonem $V_{Rd,c}$ (čl. 6.2.2(1)) a maximální dovolenou posouvající sílu $V_{Rd,max}$ (čl. 6.2.3(3)).

$$V_{Rd,c} = \text{Max} \left[\nu_{min}; C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{\frac{1}{3}} \right] d$$

kde:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b d} \leq 0,02$$

$$V_{Rd,max} = z \nu f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$$

Pro výztuž tvořenou třmínky se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 6.2.3(3)):

$$A_{sw,l} = \frac{V_{Ed}}{z f_{ywd} \cot \theta}$$

Pro výztuž tvořenou ohyby se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 6.2.3(4)):

$$A_{sw,l} = \frac{V_{Ed}}{z f_{ywd} \sin \alpha (\cot \theta + \cot \alpha)}$$

V programu jsou zabudovány **standardní hodnoty součinitelů** ν , ν_{min} - tyto hodnoty lze také v programu měnit v závislosti na **použité Národní příloze**.

Posouzení šířky trhlin

Trhliny jsou posuzovány přímým výpočtem podle kapitoly 7.3.4 normy.

Nejprve se na ideálním průřezu určí tahové napětí betonu. Pokud je menší než pevnost betonu v tahu f_{ctm} , trhliny nevzniknou.

Pokud tato podmínka není splněna, určí se šířka trhliny podle následujících vzorců:

$$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

kde

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma - k_t \frac{f_{ctm}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

kde σ_s je napětí v tahové výztuži stanovené na ideálním průřezu porušeném trhlínou

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

$$A_{c,eff} = b \times \text{Min} (2.5(h - d), (h - x)/3, h/2)$$

$$k_t = 0.4$$

pokud je vzdálenost vložek výztuže menší než $5(c+\phi/2)$ tak:

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \phi / \rho_{p,eff}$$

kde:

$$k_1 = 0,8$$

$$k_2 = 0,5$$

$$k_3 = 3,4$$

$$k_4 = 0,425$$

c - krytí

ϕ - průměr výztuže

pokud je vzdálenost vložek výztuže větší než $5(c+\phi/2)$ tak:

$$s_{r,max} = 1.3(h - x)$$

ČSN 73 1201 R

Nápověda k dimenzování betonových a železobetonových konstrukcí obsahuje následující kapitoly:

- Materiály, součinitelé, použité značení
- Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu
- Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu
- Posouzení kruhového železobetonového průřezu
- Posouzení patky na protlačení
- Návrh podélné výztuže do desky
- Návrh smykové výztuže do desky

Materiály, součinitelé, použité značení

Norma používá tato označení pro materiálové charakteristiky:

- R_{bd} - výpočtová pevnost betonu v tlaku
- R_{btd} - výpočtová pevnost betonu v tahu
- γ_u - součinitel tvaru průřezu
- z - rameno vnitřních sil

Součinitel γ_u se vypočte v závislosti na výšce průřezu podle vzorce (čl. 5.2.2):

$$\gamma_u = \text{Max} \left(1 - \frac{20}{1000 \cdot h + 50} ; 0,85 \right)$$

Nejčastěji se vyskytující geometrické značky:

- b - šířka průřezu
- h - výška průřezu
- h_e - účinná výška průřezu
- z - rameno vnitřních sil

Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu

Průřez je obdélníkový, namáhaný ohybovým momentem M , normálovou silou N (působí v těžišti průřezu) a posouvající silou Q . Únosnost průřezu namáhaného momentem se spočte podle vzorce (čl. 5.2.5):

$$M_u = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot R_{btd} \cdot \gamma_u$$

Smyková únosnost je počítána podle vzorce (čl. 5.3.3, příloha 9):

$$Q_u = \frac{1}{3} \cdot \kappa_h \cdot \kappa_n \cdot b \cdot h \cdot R_{btd}$$

$$\kappa_h = \text{Max} \left(1 ; 1,4 - \frac{2}{3} h \right)$$

$$\kappa_n = \text{Min} \left(2 ; 1 + 0,2 \cdot \frac{N}{b \cdot h \cdot R_{btd}} \right)$$

Únosnost průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se vypočte podle následujících vztahů podle excentricity normálové síly e (čl. 5.2.5):

pro:

$$e < 0,9 \cdot a_{gc} \Rightarrow N_u = b \cdot x \cdot R_{bd} \cdot \gamma_u$$

$$e > 0,9 \cdot a_{gc} \Rightarrow N_u = \frac{b \cdot h \cdot R_{btd} \cdot \gamma_u}{\frac{6 \cdot e}{h} - 1}$$

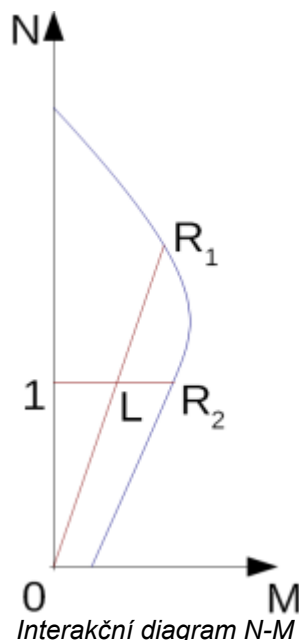
$$x_u = h - 2 \cdot e$$

$$e = \frac{\text{abs}(M)}{N}$$

$$a_{gc} = \frac{h}{2}$$

Dále je kontrolována limitní únosnost průřezu podle vztahu (čl. 5.2.5.5):

$$N_{lim} = 0,8 \cdot b \cdot x_u \cdot R_{btd} \cdot \gamma_u$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR_1|$ nebo $|IL|/|IR_2|$. Kde L je zatížení, R_1 je únosnost při zachování excentricity a R_2 je únosnost při zachování normálové síly.

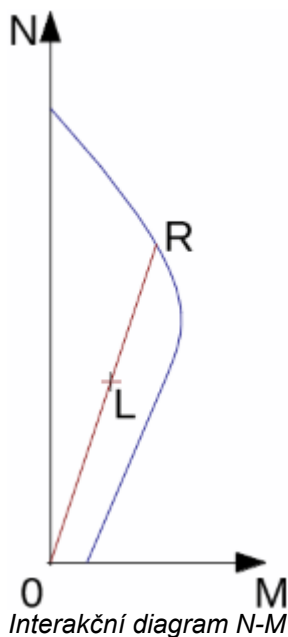
Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem a tlakovou normálovou silou. Je použita metoda mezních přetvoření (čl. 5.2.8). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,0025. Tlačená výztuž se do únosnosti nezapočítává.

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů (čl. 3.1.4.3, čl. 3.1.4.6):

$$\mu_{st,min} = \frac{R_{btd}}{3 \cdot R_{sd}} < \mu_{st} < 0,03 = \mu_{st,max}$$

$$\mu_{st} = \frac{A_s}{b h}$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení prostého ohybu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem M_d .

Moment na mezi únosnosti se spočte podle vztahu (čl. 5.2.7):

$$M_u = b x_u R_{bd} \left(h_s - \frac{x_u}{2} \right) \gamma_u$$

$$x_u = \frac{A_s R_{sd}}{b R_{bd}}$$

Program dále kontroluje, zda poloha neutrální osy x je menší než mezní poloha neutrální osy x_{lim} , která se určí podle vztahu (čl. 5.2.7.1):

$$x_{lim} = \text{Min} \left(0,533 ; \frac{1}{1,25 + \frac{R_{sd}}{420}} \right)$$

Posouzení smyku

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu Q_{bu} (čl. 5.3.3, příloha 9).

$$Q_{bu} = \frac{1}{3} b h \kappa_q R_{bd}$$

kde:

pro: $h \geq 0,3m$	je $\kappa_q = 1,25$
pro: $h > 0,15m$	je $\kappa_q = 1,50$
pro: $h < 0,15m$	je $\kappa_q = 1,60$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu Q_{max} (čl. 5.3.2.1).

$$Q_{max} = \frac{1}{3} b h \text{Min} (R_{bd} ; 18)$$

Dále je dopočtena požadovaná plocha výtuže podle vzorce (čl. 5.3.4)

$$A_b = \frac{Q - Q_{bu}}{R_{sd} c} b$$

kde (čl. 5.3.5):

$$c = \text{Max} \left(\frac{1,2 b R_{bd} h_s^2}{Q - Q_{bu}} ; z \right)$$

Velikost c je omezena vztahem:

$$c < 0,18 \frac{R_{bd} \cdot h}{\kappa_q \cdot R_{bd}}$$

Posouzení kruhového železobetonového průřezu

Program posuzuje železobetonovou pilotu metodou mezního přetvoření (čl. 5.2.8). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,0025. Dále program kontroluje stupně vyztužení podle vztahu:

- **Sloup** - kontrola pro převládající tlak (čl. 3.1.4.3, čl. 3.1.4.6)

$$\mu_{st,min} = 0,0008 \leq \mu_{st} \leq 0,04 = \mu_{st,max}$$

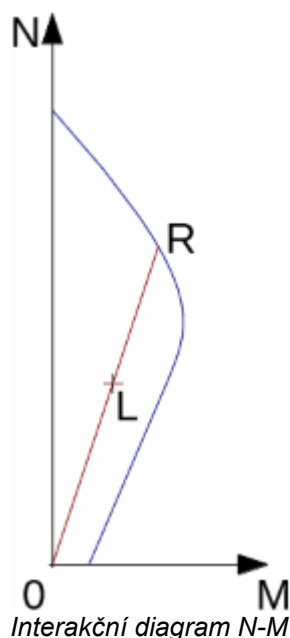
$$\mu_{st} = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

- **Nosník** - kontrola pro převládající ohyb

$$\mu_{st,min} = \frac{R_{btd}}{3R_{sd}} \leq \mu_{st} \leq 0.03 = \mu_{st,max}$$

$$\mu_{st} = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

kde: d - průměr piloty
 A_s - plocha výztuže



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení smyku

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu Q_{bu} .

$$Q_{bu} = \frac{1}{3}(0.88d)(0.88d)\kappa_q R_{btd}$$

kde:

pro: $0.88d \geq 0,3m$	je $\kappa_q = 1,25$
pro: $0.88d > 0,15m$	je $\kappa_q = 1,50$
pro: $0.88d < 0,15m$	je $\kappa_q = 1,60$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu Q_{max} a únosnost vyztuženého průřezu Q_u .

$$Q_{max} = \frac{1}{3}(0.88d)(0.88d)\text{Min}(R_{bd}, 18)$$

$$Q_u = Q_{bu} + A_b R_{swd} c$$

kde:

$$c = \text{Max} \left(\frac{1.2(0.88d) R_{btd}(0.8d)^2}{Q - Q_{bu}}; 0.9(0.8d) \right)$$

Velikost c je omezena vztahem:

$$c \leq 0.18 \frac{R_{bd}(0.88d)}{\kappa_q R_{btd}}$$

Posouzení patky na protlačení

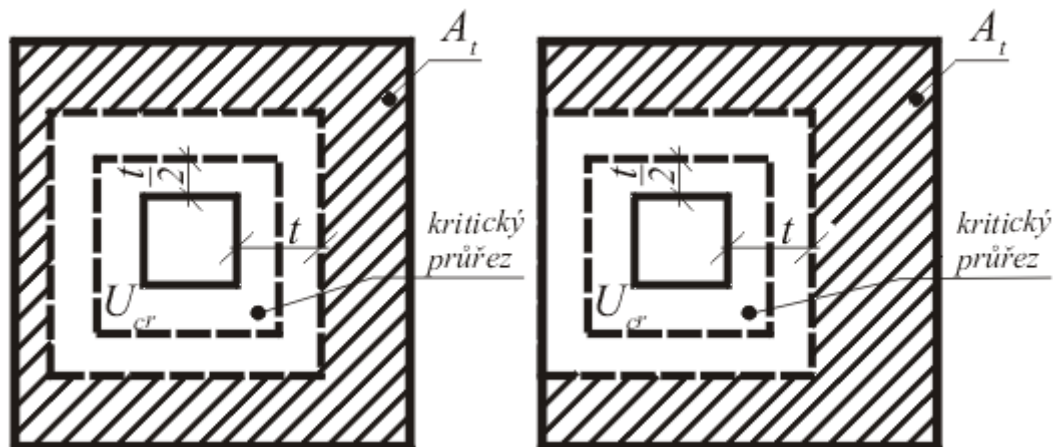
Program umožňuje posoudit patku na protlačení sloupu, popřípadě navrhnout smykovou výztuž. Kritický průřez namáhaný na smyk U_{cr} je vzdálen od kraje sloupu o polovinu tloušťky patky. Je namáhán zadanými momenty M_x , M_y a silou Q_r ,

která se vypočte podle vzorce:

$$Q_{dmax} = \frac{Q \cdot A_t}{A}$$

kde:

- A - plocha patky
- Q - zadaná svislá síla ve sloupu
- A_t - plocha znázorněná šrafováním na následujícím obrázku



Dimenzování smykové výztuže - plocha A_t

Program vypočte maximální smykovou sílu Q_{dmax} v kritickém průřezu, dále pak posouvající sílu přenášenou betonem bez smykové výztuže Q_{bu} a maximální dovolenou sílu Q_{max} .

$$Q_{bu} = 0,42 \cdot \kappa_h \cdot \kappa_n \cdot \kappa_s \cdot t \cdot R_{btd}$$

$$Q_{max} = 2 \cdot Q_{bu}$$

kde pro: $\mu_s > \mu_{min}$ platí: $\kappa_s = \text{Min}[1 + 50 \cdot (\mu_s - \mu_{min}); 1,5]$, jinak je: $\kappa_s = 1$

$$\kappa_h = \text{Max}\left[1,4 - \frac{2}{3} \cdot \frac{h}{d}; 1\right]$$

$$\kappa_n = 1$$

Pro $Q_{dmax} < Q_{bu}$ průřez vyhovuje bez smykové výztuže.

Pro $Q_{dmax} > Q_{bu}$ a $Q_{dmax} < Q_{max}$ je nutné navrhnout smykovou výztuž. Smyková síla na mezi únosnosti se vypočte podle vztahů:

$$Q_u = Q_{su} + Q_{bu}$$

$$Q_{su} = \frac{A_s \cdot R_{sd} \cdot \sin \alpha}{U_{cr}}$$

kde:

- U_{cr} - délka kritického průřezu
- α - sklon ohybů
- A_s - celková plocha ohybů v patce

Pro $Q_{dmax} > Q_{max}$ nelze smykovou výztuž navrhnout a je nutné zvětšit výšku průřezu.

Návrh podélné výztuže do desky

Návrh výztuže je proveden na namáhání ohybovým momentem M . Výsledkem návrhu je nutná plocha tažené, popřípadě i tlačené výztuže. Dále program zohledňuje podmínky minimálního a maximálního stupně vyztužení v daném průřezu. Nejprve se vypočte poloha neutrální osy průřezu podle vzorce:

$$x = \frac{h_e - \sqrt{h_e^2 - \frac{M}{0,5 \cdot b \cdot \gamma_u \cdot R_{bd}}}}{0,8}$$

Je-li poloha neutrální osy menší než mezní dovolená poloha ($x < x_{lim}$), pak program vypočte ploch tažené výztuže A_{st} podle vzorce:

$$A_{st} = \frac{0,8 \cdot b \cdot x \cdot R_{bd}}{R_{sd}}$$

Je-li poloha neutrální osy větší než mezní dovolená poloha ($x > x_{lim}$), pak program vypočte plochy tlačené A_{sc} a tažené výztuže A_{st} podle vzorců:

$$A_{sc} = \frac{\frac{M}{\gamma_u} - N_{max} (h_e - 0,5 \cdot 0,8 \cdot x_{lim})}{R_{sd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{N_{max} + A_{sc} \cdot R_{scd}}{R_{sd}}$$

$$N_{max} = x_{lim} \cdot 0,8 \cdot b \cdot R_{bd}$$

Limitní poloha neutrální osy se vypočte podle vztahu:

$$x_{max} = \text{Min} \left(0,533 ; \frac{1}{1,25 + \frac{R_{sd}}{420}} \right) \cdot h_e$$

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů:

$$\mu_{st,min} = \frac{R_{btd}}{3 R_{sd}} < \mu_{st} < 0,03 = \mu_{st,max}$$

$$\mu_{st} = \frac{A_s}{b h}$$

Je-li překročen maximální stupeň vyztužení taženou výztuží ($\mu_{st,max} = 0,03$) resp. maximální stupeň vyztužení celého průřezu ($\mu_{max} = 0,04$), pak program informuje že výztuž do průřezu nelze navrhnout.

Návrh smykové výztuže do desky

Program umožňuje spočítat do desky nutné množství smykové výztuže tvořené třmínky resp. ohyby.

Nejprve program spočte limitní posouvající síly v daném průřezu - posouvající sílu přenášenou betonem Q_{bu} a maximální dovolenou posouvající sílu Q_{max} .

$$Q_{bu} = \frac{1}{3} b \cdot h \cdot \kappa_q \cdot R_{btd}$$

$$Q_{max} = \frac{1}{3} b \cdot h \cdot \text{Min}(R_{bd} ; 18)$$

kde:

pro: $h \geq 0,3m$	je $\kappa_q = 1,25$
pro: $h > 0,15m$	je $\kappa_q = 1,50$
pro: $h < 0,15m$	je $\kappa_q = 1,60$

Pro výztuž tvořenou třmínky se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce:

$$A_b = \frac{Q - Q_{bu}}{R_{swd} \cdot c}$$

Pro výztuž tvořenou ohyby se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce:

$$A_b = \frac{Q - Q_{bu}}{R_{swd} (c \cdot \sin \alpha + 0,8 \cdot h_e \cdot \cos \alpha)}$$

kde:

$$c = \text{Max} \left(\frac{1,2 \cdot b \cdot R_{btd} \cdot h_e^2}{Q - Q_{bu}} ; z \right)$$

Velikost c je omezena vztahem:

$$c < 0,18 \frac{R_{bd} \cdot h}{\kappa_q \cdot R_{btd}}$$

ČSN 73 6206

Při volbě posouzení "ČSN 73 6206" v rámu "**Nastavení**" je posouzení rozhodujících spár provedeno podle normy ČSN 73 6206 "Navrhování betonových a železobetonových mostních konstrukcí", včetně změn a-10/1989 a Z2/1994. V programu lze posoudit průřezy z prostého betonu a průřezy ze železobetonu jednostranně vyztužené. Veškeré betonářské výpočty jsou provedeny podle **teorie dovolených namáhání**.

Hlavní změnou oproti ostatním normám je, že při dimenzování betonových spár se zemní tlak počítá **vždy bez redukce vstupních součinitelů**, nezávisle na zadání v rámu "Nastavení". To umožňuje (např. při zadání součinitelů výpočtu podle ČSN 73 0037) počítat posouzení s výpočtovými hodnotami zemního tlaku a dimenzování s normovými hodnotami.

Při posuzování průřezu z prostého betonu i železobetonu lze zadat **součinitel dovoleného namáhání** podle článku 47 ČSN 73 6206, kterým se zvyšují dovolená namáhání materiálu.

Program umožňuje posoudit tyto spáry:

Dřík opěry - základ, pracovní spára - Průřez může být buď z prostého betonu nebo železobetonu. Je posuzována na namáhání normálovou silou a momentem. Posuzují se dovolená namáhání betonu, dovolené namáhání oceli, namáhání betonu v dostředném tlaku. U železobetonových průřezů jsou kontrolovány stupně vyztužení, u průřezů z prostého betonu pak posouzení na překlopení ($h/2e < 1,35$) a posunutí ($N \cdot f < 1,5$; tření beton-beton je uvažováno hodnotou $f = 0,5$),

Závěrná zídka - úložný práh - Průřez je posuzován na namáhání normálovou silou a momentem. Předpokládá se vždy železobetonový. Jsou kontrolována dovolená namáhání betonu a oceli a stupně vyztužení.

Křídlo - opěra - Spára může být buď z prostého betonu nebo železobetonu. Posuzují se dovolená namáhání betonu, dovolené namáhání oceli, namáhání betonu v dostředném tlaku. U železobetonových průřezů jsou kontrolovány stupně vyztužení.

Přední výstupek základu opěry - Přední výstupek opěry je posuzován v závislosti na jeho vyložení. Při vyložení výstupku $v < 0,5h_z$ (h_z je výška základového výstupku) se posuzuje velikost napětí v hlavním tahu od sil v nadzákladové spáře. Napětí se určí podle vztahu:

$$\sigma = 0,15 \cdot \frac{N}{d - 2 \cdot \frac{M}{N}}$$

kde: d - šířka nadzákladové spáry

M, N - moment a normálová síla v nadzákladové spáře

Při vyložení výstupku $v > 0,5h_z$ se výstupek počítá jako krakorec ohýbaný reakcí (napětím) základové půdy. Spára může být buď z prostého betonu nebo železobetonu. Posuzují se dovolená namáhání betonu, dovolené namáhání oceli, namáhání betonu v dostředném tlaku. U železobetonových průřezů jsou kontrolovány stupně vyztužení.

PN-B-03264:2002

Nápověda k dimenzování betonových a železobetonových konstrukcí obsahuje následující kapitoly:

- Materiály, součinitelé, použité značení
- Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu
- Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu
- Posouzení kruhového železobetonového průřezu
- Posouzení patky na protlačení
- Návrh podélné výztuže do desky
- Návrh smykové výztuže do desky

Materiály, součinitelé, použité značení

V následujících kapitolách jsou použita tato označení pro materiálové charakteristiky:

- f_{ck} - charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku
- f_{cd} - výpočtová pevnost betonu v tlaku
- f_{ctk} - charakteristická hodnota pevnosti betonu v tahu
- f_{ctd} - výpočtová pevnost betonu v tahu
- f_{yk} - charakteristická pevnost oceli
- f_{yd} - výpočtová pevnost oceli
- f_{ctm} - střední pevnost betonu v tahu

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot \alpha_{cc}$$

$$f_{ctd} = \frac{0,7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c} \cdot \alpha_{ct}$$

$$f_{ctm} = 0,3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}}$$

- kde:
- $\alpha_{cc} = 1$
 - $\alpha_{ct} = 1$
 - $\gamma_c = 1,5$ - pro železobetonové konstrukce
 - $\gamma_c = 1,8$ - pro betonové konstrukce

Nejčastěji se vyskytují tyto geometrické značky:

- kde:
- b - šířka průřezu
 - h - výška průřezu
 - d - účinná výška průřezu
 - z - rameno vnitřních sil

Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu

Průřez je obdélníkový, namáhaný ohybovým momentem M_{Sd} , normálovou silou N_{Sd} (působí v těžišti průřezu) a posouvající silou V_{Sd} . Únosnost průřezu namáhaného momentem se spočte podle vzorce:

$$M_{Rd} = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot f_{ctd}$$

Smyková únosnost je počítána podle vzorce:

$$V_{Rd,1} = 0,35 \cdot f_{ctd} \cdot k \cdot 1,2 \cdot b \cdot d$$

kde:

$$k = \text{Max}(1,6 - d ; 1)$$

Únosnost průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se vypočte podle následujících vztahů podle excentricity normálové síly e :

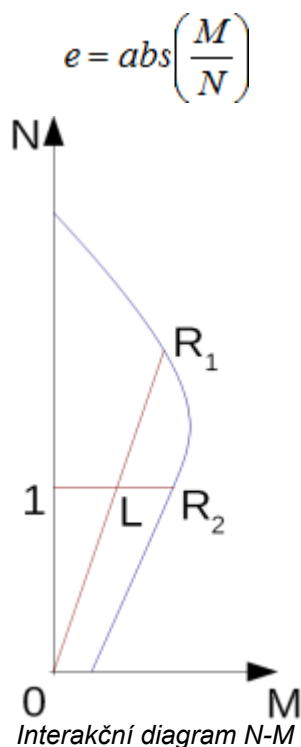
Jako větší z hodnot:

$$N_{Rd} = b \cdot x \cdot f_{cd}$$

$$N_{Rd} = \text{Min} \left(\frac{b \cdot h \cdot f_{ctd}}{\frac{6 \cdot e}{h} - 1} ; \frac{b \cdot h \cdot f_{cd}}{\frac{6 \cdot e}{h} + 1} \right)$$

kde:

$$x = h - 2 \cdot e$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR_1|$ nebo $|IL|/|IR_2|$. Kde L je zatížení, R_1 je únosnost při zachování excentricity a R_2 je únosnost při zachování normálové síly.

Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem a tlakovou normálovou silou. Je použita metoda mezních přetvoření. Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,002 až 0,0035. Tlačená výztuž se do únosnosti nezapočítává.

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů:

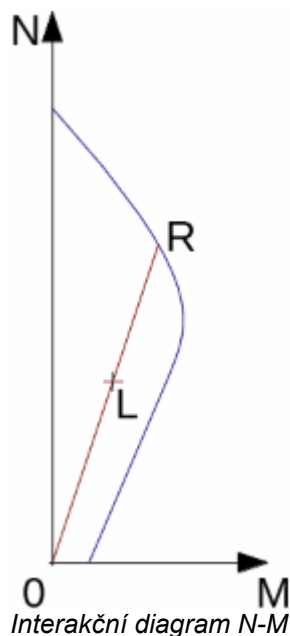
$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

kde:

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

$$\rho_{min} = \text{Max}\left(0,0013 ; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}\right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení prostého ohybu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem M_{Sd} .

Moment na mezi únosnosti pro zadanou plochu výztuže A_s se spočte podle vztahu:

$$M_{rd} = 0,8 x b f_{cd} (d - 0,4 x)$$

$$x = \frac{A_s f_{yd}}{0,8 b f_{cd}}$$

Program dále kontroluje, zda poloha neutrální osy x je menší než mezní poloha neutrální osy x_{max} , která se určí podle vztahu:

$$x_{max} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} d$$

kde:

$$\varepsilon_{cv} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s}$$

Posouzení smyku

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_{Rd1} .

$$V_{Rd1} = 0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) d b$$

kde:

$$k = 1,6 - d$$

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b d} \leq 0,01$$

kde:

$$v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu V_{Rd2} .

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} z b$$

Dále je dopočtena požadovaná plocha výtuže podle vzorce

$$A_{sw1} = \frac{V_{Ed}}{f_{ywd1} z} b$$

Posouzení kruhového železobetonového průřezu

Program posuzuje železobetonovou pilotu metodou mezního přetvoření. Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je **0,002 až 0,0035**. Dále program kontroluje stupně vyztužení podle vztahu:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Sloup** - kontrola pro převládající tlak

$$\rho = \frac{4 \cdot A_s}{\pi \cdot d^2}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,003 ; \frac{0,15 N_{Ed}}{f_{yd} A_s} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

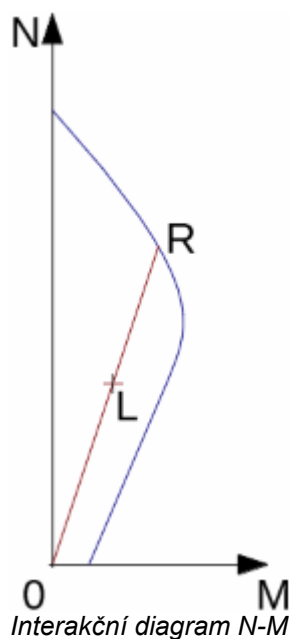
- **Nosník** - kontrola pro převládající ohyb

$$\rho = 0,5 \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,0013 ; 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

kde: d - průměr piloty
 A_s - plocha výtuže



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL| / |OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení patky na protlačení

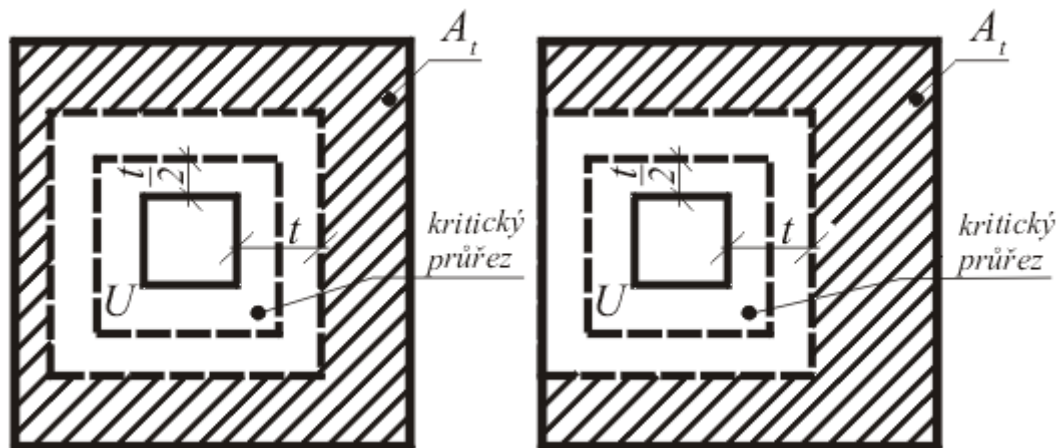
Kritický průřez namáhaný na smyk u je vzdálen od kraje sloupu o polovinu tloušťky patky. Je namáhán zadanými

momenty M_x , M_y a silou N_{Sd} , která se vypočte podle vzorce:

$$N_{Sd} = \frac{Q \cdot A_t}{A}$$

kde:

- A - plocha patky
- Q - zadaná svislá síla ve sloupu
- A_t - plocha znázorněná šrafováním na následujícím obrázku



Dimenzování smykové výztuže - plocha A_t

Program vypočte maximální smykovou sílu N_{Sd} v kritickém průřezu, dále pak posouvající sílu přenášenou betonem bez smykové výztuže N_{Rd1} a maximální dovolenou sílu $N_{Rd,max}$.

$$N_{Rd} = f_{ctd} \cdot d$$

$$N_{Rd,max} = 1,4 \cdot N_{Rd}$$

Pro $N_{Sd} < N_{Rd}$ průřez vyhovuje bez smykové výztuže.

Pro $N_{Sd} > N_{Rd}$ a $N_{Sd} < N_{Rd,max}$ je nutné navrhnout smykovou výztuž. Smyková síla na mezi únosnosti se vypočte podle vztahů:

$$N_{Rd} = \frac{\sum A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha}{u}$$

kde:

- u - délka kritického průřezu
- α - sklon ohybů
- A_{sw} - celková plocha ohybů v patce

Pro $N_{Sd} > N_{Rd,max}$ nelze smykovou výztuž navrhnout a je nutné zvětšit výšku průřezu.

Návrh podélné výztuže do desky

Návrh výztuže je proveden na namáhání ohybovým momentem M_{Sd} . Výsledkem návrhu je nutná plocha tažené, popřípadě i tlačené výztuže. Dále program zohledňuje podmínky minimálního a maximálního stupně vyztužení v daném průřezu. Nejprve se vypočte poloha neutrální osy průřezu podle vzorce:

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M_{sd}}{0,5 \cdot b \cdot f_{cd}}}}{0,8}$$

Je-li poloha neutrální osy menší než mezní dovolená poloha ($x < x_{max}$), pak program vypočte plochu tažené výztuže A_{st} podle vzorce:

$$A_{st} = \frac{0,8 \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}}{f_{yd}}$$

Je-li poloha neutrální osy větší než mezní dovolená poloha ($x > x_{max}$), pak program vypočte plochy tlačené A_{sc} a tažené

výztuže A_{st} podle vzorců:

$$A_{sc} = \frac{M - F_{c,max}(d - 0,4 \cdot x_{max})}{f_{yd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} \cdot f_{yd}}{f_{yd}}$$

$$F_{c,max} = 0,8 \cdot x_{max} \cdot b \cdot f_{cd}$$

Limitní poloha neutrální osy se vypočte podle vztahu:

$$x_{max} = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}} \cdot d$$

kde:

$$\varepsilon_{cu} = 0,0035$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s}$$

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

kde:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0,0013 ; 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \right)$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

Je-li překročen maximální stupeň vyztužení celého průřezu ρ_{max} , pak program informuje že výztuž do průřezu nelze navrhnout.

Návrh smykové výztuže do desky

Program umožňuje spočítat do desky nutné množství smykové výztuže tvořené třmínky resp. ohyby.

Nejprve program spočte limitní posouvající síly v daném průřezu - posouvající sílu přenášenou betonem V_{Rd1} a maximální dovolenou posouvající sílu V_{Rd2} .

$$V_{Rd1} = 0,35 \cdot k \cdot f_{ctd} \cdot (1,2 + 40 \cdot \rho_L) \cdot d$$

kde:

$$k = 1,6 - d$$

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b \cdot d} \leq 0,01$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} \cdot Z$$

kde:

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

Pro výztuž tvořenou třmínky se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce:

$$A_{sw1} = \frac{V_{Ed}}{f_{ywd1} \cdot Z}$$

Pro výztuž tvořenou ohyby se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce:

$$A_{sw2} = \frac{V_{Ed}}{f_{ywd2} \cdot z \cdot \sin \alpha \cdot (1 + \cot \alpha)}$$

BS 8110:1997

This help contains the following computational methods:

- [Materials, coefficients, notation](#)
- [Verification of rectangular cross-section made of plain concrete](#)
- [Verification of rectangular RC cross-section](#)
- [Verification of circular RC cross-section](#)
- [Verification of spread footing for punching shear](#)
- [Design of longitudinal reinforcement for slabs](#)
- [Design of shear reinforcement for slabs](#)

Materials, coefficients, notation

The following notation for material parameters is used:

- f_{cu} - characteristic strength of concrete
 f_y - characteristic strength of reinforcement
 f_{yd} - design strength of steel in tension

$$f_{yd} = \frac{f_y}{1,05}$$

The characteristic compressive strength of concrete is the basic input parameter given by the class of concrete.

The most common notation for geometrical parameters:

- b - cross-section width
 h - cross-section depth
 d - effective depth of cross-section
 z - lever arm (arm of internal forces)

All computations are carried out according to the theory of limit states.

Verification of rectangular cross-section made of plain concrete

The cross-section is rectangular, loaded by the bending moment M , normal force N (applied in the cross-section centroid) and by the shear force V .

Strength of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force with eccentricity e is derived from the following expressions:

$$N_u = x \cdot 0,45 \cdot f_{cu}$$

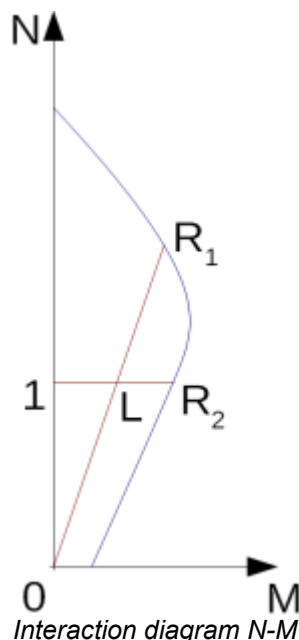
$$x = h - 2 \cdot e$$

$$e = \text{Max} \left(\frac{\text{abs}(M)}{N} ; 0,05 \cdot h ; 20 \text{mm} \right)$$

The shear strength is provided by:

$$V_u = v_c \cdot b \cdot h$$

where: v_c - is the design value of shear stress in concrete for degree of longitudinal reinforcement $\rho = 0$ (see: [Verification of spread footing for punching shear](#))



Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|0L|/|0R_1|$ or $|1L|/|1R_2|$. Where L is loading, R_1 is strength with prescribed excentricity and R_2 is strength with prescribed normal force.

Verification of rectangular RC cross-section

The cross-section is rectangular, unilaterally reinforced and loaded by the bending moment and normal compression force. The program verifies a reinforced concrete section using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0,002 - 0,0035. Compression reinforcement is not taken into account. Minimum eccentricity is applied:

$$e_0 = \text{Min}(0,05.h ; 20\text{mm})$$

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

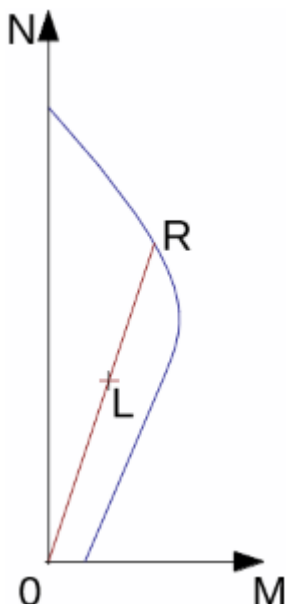
where:

$$\rho = \frac{A_s}{b.d}$$

$$\rho_{\max} = 0,04$$

$$\rho_{\min} = 0,0013 \quad \text{- for } f_y = 460 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{\min} = 0,0024 \quad \text{- for } f_y = 250 \text{ N/mm}^2$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|0L|/|0R|$. Where L is load and R is strength with prescribed excentricity.

Bending without normal force

The cross-section is rectangular, reinforced on one side and loaded by the bending moment M_u .

The permissible moment for a given area of reinforcements A_s reads:

$$\begin{aligned} M_u &= b \cdot F_c \cdot (d - 0,45 \cdot x) \\ F_c &= 0,402 f_{cu} x \\ x &= \frac{A_s f_{yd}}{b \cdot 0,402 f_{cu}} \end{aligned}$$

The program further checks whether the location of neutral axis x is less than the limit location of neutral axis x_{max} given by:

$$x_{max} = 0,5 \cdot d$$

Shear

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete V_c .

$$V_c = v_c d b$$

where:

$$v_c = \frac{0,79 \left(\frac{100 A_s}{b h} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{400}{d} \right)^{\frac{1}{4}}}{1,25}$$

The v_c values are for f_{cu} above 25 N/mm² multiplied by $(f_{cu} / 25)^{1/3}$

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength V_{max} is checked.

$$V_{max} = \text{Min} \left(5 ; 0,8 \sqrt{f_{cu}} \right) d b$$

Next, the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sl} = \frac{V - V_c}{0,95 f_{yv} (d - d')} b$$

where:

$$f_{yv} \leq 460 \text{ MPa}$$

Verification of circular RC cross-section

The program verifies a reinforced concrete pile using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0,002 - 0,0035.

The degree of reinforcement is checked using the formula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Column** - check for dominant compression

$$\rho = \frac{4 \cdot A_s}{\pi \cdot d^2}$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

$$\rho_{min} = 0,0013 \quad - \text{ for } f_y = 460 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{min} = 0,0024 \quad - \text{ for } f_y = 250 \text{ N/mm}^2$$

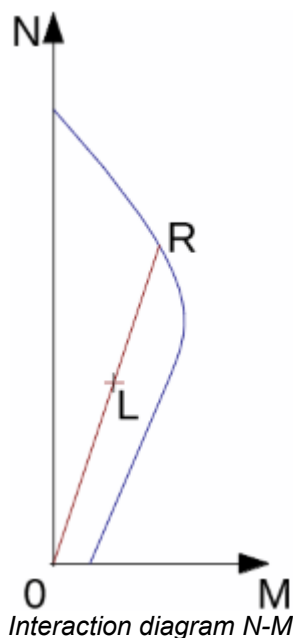
- **Beam** - check for dominant bending

$$\rho = 0,5 \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{max} = 0,06$$

$$\rho_{min} = 0,004$$

where: d - pile diameter
 A_s - reinforcement area



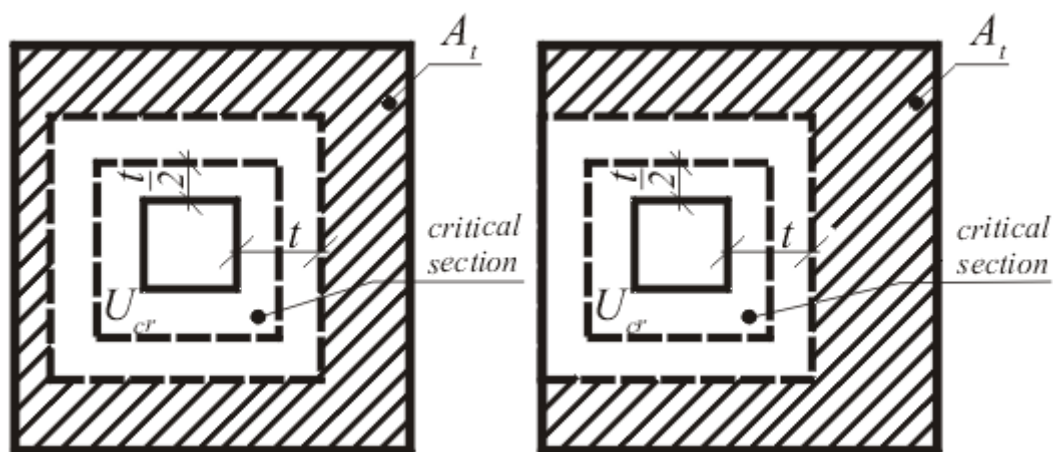
Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|0L|/|0R|$. Where L is load and R is strength with prescribed excentricity.

Verification of spread footing for punching shear

The critical section loaded in shear U_{cr} is distant from the column edge by one half of the footing thickness. It is loaded by the prescribed moments M_x, M_y and by the shear force V provided by:

$$V = \frac{Q \cdot A_t}{A}$$

where: A - area of footing
 Q - assigned vertical force developed in column
 A_t - hatched area in fig.



Dimensioning of shear reinforcement area A_t

The program computes the maximum shear force V developed in the critical section, the shear force transmitted by concrete with no shear reinforcement V_c , and the maximal allowable force V_u :

$$V_c = v_c \cdot d$$

$$V_u = v_u \cdot d$$

where:

$$v_c = \frac{0,79 \cdot \left(\frac{100 \cdot A_s}{b \cdot h} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{400}{d} \right)^{\frac{1}{4}}}{1,25}$$

The v_c values are for f_{cu} above 25 N/mm² multiplied by $(f_{cu} / 25)^{1/3}$

$$v_u = 0,8 \cdot \sqrt{f_{cu}} \text{ or } 5 \text{ N/mm}^2$$

where: v_u - is ultimate shear stress

For $V < V_c$ no shear reinforcement is needed.

For $V > V_c$ and $V_c < V_u$ it is necessary to design shear reinforcement. The permissible shear force is given by:

$$V_{rd} = V_c + V_{us}$$

$$V_{us} = \frac{\sum 0,95 A_{us} \cdot f_{yv} \cdot \sin \alpha}{u}$$

$$f_{yv} = \text{Min}(f_y ; 460)$$

where: u - critical cross-section span

α - angle of bends

A_{us} - overall area of bends in footing

For $V > V_u$ the shear reinforcement cannot be designed. It is therefore necessary to increase the cross-section depth.

Design of longitudinal reinforcement for slabs

The design of reinforcement is performed for load caused by the bending moment M_d . The program provides the required area of tensile and compressive (if needed) reinforcement. It takes into account conditions for the minimum and maximum degree of reinforcement in a given cross-section. First, the program determines the location of neutral axis as:

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot M_d}{0,402 \cdot b \cdot f_{cu}}}}{0,9}$$

Providing the location of neutral axis is less than the allowable one ($x < x_{max}$), the program determines the area of tensile reinforcement A_{st} from the expression:

$$A_{st} = \frac{0,402 \cdot b \cdot f_{cu} \cdot 0,9 \cdot x}{f_{yd}}$$

Providing the location of neutral axis is greater than the allowable one ($x > x_{max}$), the program determines the areas of both compressive A_{sc} and tensile A_{st} reinforcement from the expressions:

$$A_{sc} = \frac{M - F_{c,max} (d - 0,45 \cdot x_{max})}{f_{yd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} \cdot f_{yd}}{f_{yd}}$$

$$F_{c,max} = 0,9 \cdot x_{max} \cdot 0,67 \cdot \frac{f_{cu}}{1,5}$$

The limit location of neutral axis is found from:

$$x_{u,lim} = 0,5$$

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

where:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

$$\rho_{min} = 0,0013 \quad \text{- for } f_y = 460 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho_{min} = 0,0024 \quad \text{- for } f_y = 250 \text{ N/mm}^2$$

If the maximum degree of reinforcement ρ_{max} is exceeded, the program informs the user that the longitudinal reinforcement cannot be designed for a given cross-section.

Design of shear reinforcement for slabs

The program allows determination of the required amount of shear reinforcement form by stirrups and bends, respectively.

First, the program computes the ultimate shear strength in a given section - the shear force transmitted by concrete V_c and the maximum allowable shear force V_{max} .

$$V_c = v_c \cdot d$$

where:

$$v_c = \frac{0,79 \cdot \left(\frac{100 \cdot A_s}{b \cdot h} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{400}{d} \right)^{\frac{1}{4}}}{1,25}$$

The v_c values are for f_{cu} above 25 N/mm² multiplied by $(f_{cu} / 25)^{1/3}$

$$V_{max} = \text{Min}(5 ; 0,8 \cdot \sqrt{f_{cu}}) \cdot d$$

As for stirrups the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sl} = \frac{V - V_c}{0,95 \cdot f_{yv} \cdot (d - d')}$$

As for bends the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sb} = \frac{V - V_c}{0,95 \cdot f_{yv} \cdot (\sin \beta + \cos \beta) \cdot (d - d')}$$

where:

$$f_{yv} \leq 460 \text{ MPa}$$

IS 456

This help contains the following computational methods:

- Materials, coefficients, notation
- Verification of rectangular cross-section made of plain concrete
- Verification of rectangular RC cross-section
- Verification of circular RC cross-section
- Verification of spread footing for punching shear
- Design of longitudinal reinforcement for slabs
- Design of shear reinforcement for slabs

Materials, coefficients, notation

The following notation for material parameters is used:

f_{ck} - characteristic cube compressive strength of concrete

- f_{cd} - design compressive strength of concrete
 f_{ctk} - characteristic tensile strength of concrete
 f_{ctd} - design tensile strength of concrete
 f_y - characteristic strength of steel bar
 f_{yd} - design tensile strength of steel bar

The characteristic compressive strength of concrete is the basic input parameter given by the class of concrete - it serves to derive the remaining coefficients of reliability.

$$\begin{aligned}
 f_{cd} &= 0,67 \cdot \frac{f_{ck}}{1,5} \\
 f_{ctk} &= 0,7 \cdot \sqrt{f_{ck}} \\
 f_{ctd} &= \frac{f_{ctk}}{1,5} \\
 E_c &= 5000 \cdot \sqrt{f_{ck}} \\
 f_{yd} &= \frac{f_y}{1,15}
 \end{aligned}$$

The most common notation for geometrical parameters:

- b - cross-section width
 h - cross-section depth
 d - effective depth of cross-section
 z - lever arm (arm of internal forces)

All computations are carried out according to the theory of limit states.

Verification of rectangular cross-section made of plain concrete

The cross-section is rectangular, loaded by the bending moment M , normal force N (applied in the cross-section centroid) and by the shear force V :

$$M_{rd} = \frac{b h^2}{6} f_{ctd}$$

The shear strength is provided by:

$$V_{rd} = \tau_c b h$$

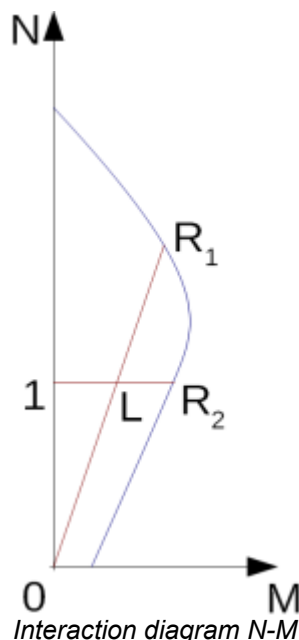
where: τ_c - is the design value of stress in concrete obtained from table 19 of the IS456 standard for degree of longitudinal reinforcement $\rho = 0$.

Strength of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force with eccentricity e is derived from the following expressions:

$$\begin{aligned}
 P_{rd} &= b x f_{cd} \\
 P_{rd} &= \text{Min} \left(\frac{b h f_{ctd}}{\frac{6 e}{h} - 1} ; \frac{b h f_{cd}}{\frac{6 e}{h} + 1} \right)
 \end{aligned}$$

where:

$$\begin{aligned}
 x &= h - 2 e \\
 e &= \frac{\text{abs}(M_u)}{P_u}
 \end{aligned}$$



Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|0L|/|0R_1|$ or $|1L|/|1R_2|$. Where L is load, R_1 is strength with prescribed excentricity and R_2 is strength with prescribed normal force.

Verification of rectangular RC cross-section

The cross-section is rectangular, unilaterally reinforced and loaded by the bending moment and normal compression force. The program verifies a reinforced concrete section using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.002 - 0.0035. Compression reinforcement is not taken into account. Minimum eccentricity is applied:

$$e_0 = \text{Max}\left(\frac{h}{30} ; 20\text{mm}\right)$$

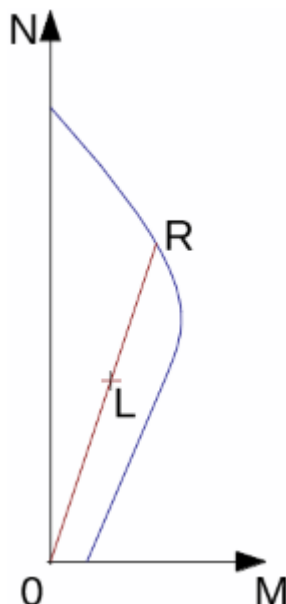
The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,85}{f_y}$$

$$\rho_{\max} = 0,04$$



Interaction diagram N-M

Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|0L|/|0R|$. Where L is load and R is strength with prescribed excentricity.

Bending without normal force

The cross-section is rectangular, reinforced on one side and loaded by the bending moment M .

The permissible moment for a given area of reinforcements A_s reads:

$$M_{rd} = b F_c (d - 0,42 x)$$

$$F_c = 0,36 f_{ck} x$$

$$x = \frac{A_s f_{yd}}{b 0,36 f_{ck}}$$

The program further checks whether the location of neutral axis x is less than the limit location of neutral axis x_{max} given by:

$x_{max} = 0.53d$ - for steel Fe 250

$x_{max} = 0.48d$ - for steel Fe 400

$x_{max} = 0.46d$ - for steel Fe 500

Shear

First, the program computes the ultimate shear strength of concrete V_{uc} .

$$V_{uc} = \tau_c d b$$

where: τ_c is determined according to table 19 standard IS 456 : 2000.

If the ultimate shear strength of concrete is exceeded, the ultimate shear strength $V_{uc,max}$ is checked.

$$V_{uc,max} = \tau_{c,max} d b$$

where: $\tau_{c,max}$ is determined according to table 20 standard IS 456 : 2000.

Next, the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sv} = \frac{V_u - V_{uc}}{0,87 f_y d} b$$

where:

$$f_y \leq 415 \text{ MPa}$$

Verification of circular RC cross-section

The program verifies a reinforced concrete pile using the method of limit deformation. The maximum allowable strain of concrete in compression is 0.002 - 0.0035.

The degree of reinforcement is checked using the formula:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Column** - check for dominant compression

$$\rho = \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = 0,008$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

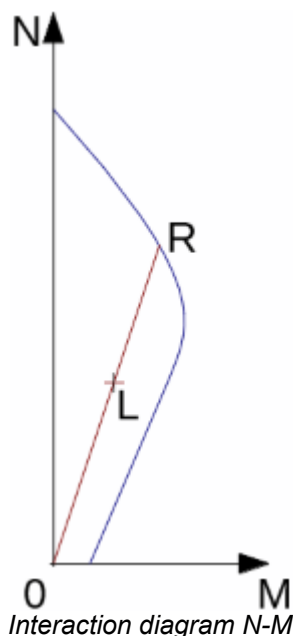
- **Beam** - check for dominant bending

$$\rho = 0,5 \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{0,85}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0,04$$

where: d - pile diameter
 A_s - reinforcement area



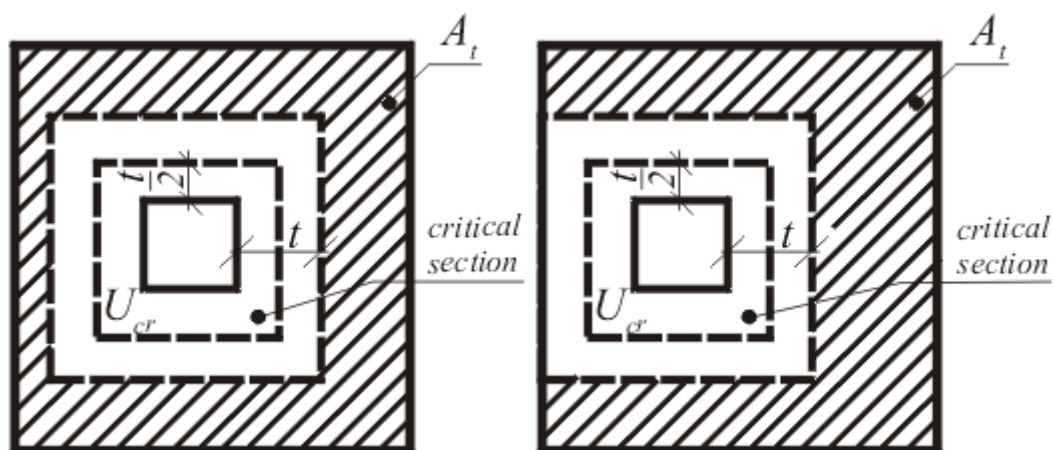
Usage ratio of concrete cross-section subject to the combination of bending moment and normal force is determined as $|0L|/|0R|$. Where L is load and R is strength with prescribed excentricity.

Verification of spread footing for punching shear

The critical section loaded in shear U_{cr} is distant from the column edge by one half of the footing thickness. It is loaded by the prescribed moments M_x , M_y and by the shear force V_r provided by:

$$V_r = \frac{Q \cdot A_t}{A}$$

where: A - area of footing
 Q - assigned vertical force developed in column
 A_t - hatched area in fig.



Dimensioning of shear reinforcement area A_t

The program computes the maximum shear force V developed in the critical section, the shear force transmitted by concrete with no shear reinforcement V_c , and the maximal allowable force V_{max} :

$$V_c = \tau_{rd} \cdot k_s \cdot h$$

$$V_{max} = 1,5 \cdot V_c$$

where:

$$\tau_c = 0,25 \cdot \sqrt{f_{ctk}}$$

$$k_s = \text{Min} \left(0,5 + \frac{c_x}{c_y} ; 1 \right)$$

where: c_x, c_y - are dimensions of footing column

For $V < V_c$ no shear reinforcement is needed.

For $V > V_c$ and $V < V_{max}$ it is necessary to design shear reinforcement. The permissible shear force is given by:

$$V_{rd,3} = \frac{1}{2} \cdot V_c + V_{us}$$

$$V_{us} = \frac{\sum 0,87 A_{sv} \cdot f_{yd} \cdot \sin \alpha}{u}$$

where:

- u - critical cross-section span
- α - is angle of bends
- A_{sv} - overall area of bends in footing

For $V > V_{max}$ the shear reinforcement cannot be designed. It is therefore necessary to increase the cross-section depth.

Design of longitudinal reinforcement for slabs

The design of reinforcement is performed for load caused by the bending moment M_{rd} . The program provides the required area of tensile and compressive (if needed) reinforcement. It takes into account conditions for the minimum and maximum degree of reinforcement in a given cross-section. First, the program determines the location of neutral axis as:

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M_{rd}}{0,96 \cdot b \cdot f_{cd}}}}{0,84}$$

Providing the location of neutral axis is less than the allowable one ($x < x_{max}$), the program determines the area of tensile reinforcement A_{st} from the expression:

$$A_{st} = 0,36 \cdot b \cdot x \cdot f_{ck}$$

Providing the location of neutral axis is greater than the allowable one ($x > x_{max}$), the program determines the areas of both compressive A_{sc} and tensile A_{st} reinforcement from the expressions:

$$A_{sc} = \frac{M - F_{c,max} (d - 0,42 \cdot x_{max})}{f_{yd} \cdot Z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} \cdot f_{yd}}{f_{yd}}$$

$$F_{c,max} = 0,36 \cdot x_{max} \cdot b \cdot f_{ck}$$

The limit location of neutral axis is found from:

$x_{max} = 0,53d$ for steel Fe 250
 $x_{max} = 0,48d$ for steel Fe 400
 $x_{max} = 0,46d$ for steel Fe 500

The computed degree of reinforcement is checked using the following expressions:

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,85}{f_y}$$

$$\rho_{\max} = 0,04$$

If the maximum degree of tensile reinforcement ($\rho_{t,\max} = 0.04$) or total reinforcement ($\rho_{\max} = 0.08$), respectively, is exceeded, the program informs the user that the longitudinal reinforcement cannot be designed for a given cross-section.

Design of shear reinforcement for slabs

The program allows determination of the required amount of shear reinforcement form by stirrups and bends, respectively.

First, the program computes the ultimate shear strength in a given section - the shear force transmitted by concrete V_{cu} and the maximum allowable shear force $V_{uc,\max}$.

$$V_{uc} = \tau_c \cdot d$$

where: τ_c is determined according to table 19 standard IS 456 : 2000.

$$V_{uc,\max} = \tau_{c,\max} \cdot d$$

where: $\tau_{c,\max}$ is determined according to table 20 standard IS 456 : 2000.

As for stirrups the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sv} = \frac{V_u - V_{uc}}{0,87 \cdot f_y \cdot d}$$

As for bends the necessary reinforcement area is given by:

$$A_{sv} = \frac{V_u - V_{uc}}{0,87 \cdot f_y \cdot (\sin \alpha + \cos \alpha) \cdot d}$$

where:

$$f_y \leq 415 \text{ MPa}$$

ACI 318-19

Nápověda k dimenzování betonových a železobetonových konstrukcí obsahuje následující kapitoly:

- Materiály, součinitelé, použité značení
- Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu
- Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu
- Posouzení kruhového železobetonového průřezu
- Posouzení patky na protlačení
- Návrh podélné výztuže do desky
- Návrh smykové výztuže do desky

Materiály, součinitelé, použité značení

Norma používá tato označení pro materiálové charakteristiky:

f'_c - specifická pevnost betonu v tlaku

E_c - modul pružnosti betonu

f_y - specifická pevnost oceli v tahu

Modul pružnosti se spočte ze vztahu (čl. 19.2.2.1b):

$$E_c = 57000 \sqrt{f'_c}$$

Nejčastěji se vyskytující geometrické značky:

b - šířka průřezu

h - výška průřezu

d - účinná výška průřezu

Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu

Průřez je obdélníkový, namáhaný ohybovým momentem M , normálovou silou P (působí v těžišti průřezu) a posouvající silou V_n .

Smyková únosnost je počítána podle vzorce (čl. 22.5.5, čl. 14.5.5.1):

$$\begin{aligned}\phi V_n &\geq V_u \\ V_n &= \frac{4}{3} \sqrt{f'_c} b h \\ \phi &= 0.6\end{aligned}$$

Posouzení průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se vypočte podle následujících vztahů (čl. 21.2, čl. 14.5.2-4):

pro tlačnou stranu:

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + \frac{P_u}{\phi P_n} \leq 1$$

kde:

$$\begin{aligned}P_n &= 0.60 f'_c b h \\ M_n &= 0.85 f'_c S_m \\ S_m &= \frac{b h^2}{6} \\ \phi &= 0.6\end{aligned}$$

pro taženou stranu:

$$\frac{M_u}{S_m} - \frac{P_u}{b h} \leq 5 \phi \sqrt{f'_c}$$

kde:

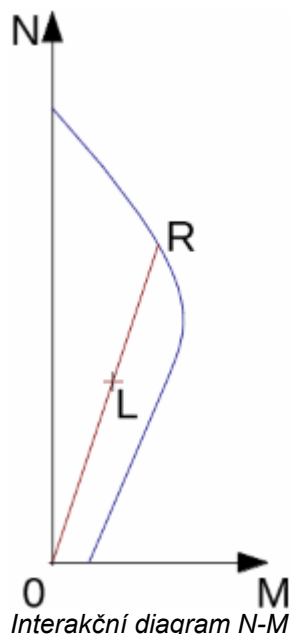
$$\phi = 0.6$$

Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem a tlakovou normálovou silou. Je použita metoda mezních přetvoření (čl. 22.2). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je **0,003**.

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů (čl. 9.6.1.2):

$$\begin{aligned}\rho_{min} &\leq \rho \leq \rho_{max} \\ \rho &= \frac{A_s}{b d} \\ \rho_{min} &= \frac{\text{Max}\left(3\sqrt{f'_c}; 200\right)}{f_y}\end{aligned}$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení prostého ohybu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem M_u .

Moment na mezi únosnosti se spočte podle vztahu (čl. 9.3, čl. 21.2.2, čl. 22.2.2.4.3):

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \frac{f'_c - 4000}{1000}$$

$$0.65 \leq \beta_1 \leq 0.85$$

$$\phi = 0.65 + 0.25 \frac{(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{0.003}$$

$$0.65 \leq \phi \leq 0.9$$

Limitní poloha neutrální osy se vypočte podle vztahu (čl. 9.3.1.1):

$$c_{max} = \frac{0.003}{0.003 + \varepsilon_{ty}}$$

Posouzení smyku

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_c (čl. 22.5.5.1).

$$V_c = \left[\text{Max}(2; 8\sqrt[3]{\rho_w}) \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d \leq 5\sqrt{f'_c} b_w d$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající síla V_{max} (čl. 22.5.12).

$$V_{max} = V_c + 8\sqrt{f'_c}b_wd$$

Dále je dopočtena požadovaná plocha výztuže podle vzorce (čl. 22.5.8.5.3)

$$A_v = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi f_{yt}d} b_w$$

kde (čl. 20.2.2.4, čl. 21.2.1):

$$f_{yt} \leq 60000 \text{ psi}$$

$$\phi = 0.75$$

Posouzení kruhového železobetonového průřezu

Program posuzuje železobetonovou pilotu metodou mezního přetvoření (čl. 22.2). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je $0,003$. Dále program kontroluje stupně vyztužení podle vztahu:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Sloup** - kontrola pro převládající tlak (čl. 10.6.1)

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = 0.01$$

$$\rho_{max} = 0.08$$

- **Nosník** - kontrola pro převládající ohyb (čl. 9.6.1.2)

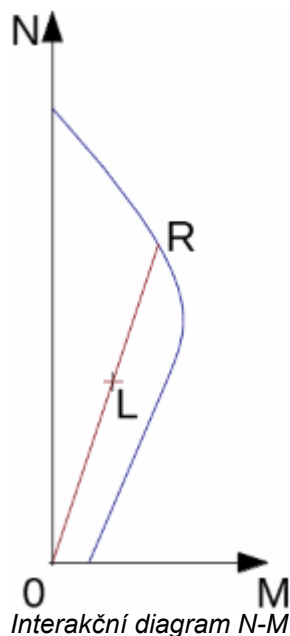
$$\rho = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{\text{Max}\left(3\sqrt{f'_c}; 200\right)}{f_y}$$

kde:

d - průměr piloty

A_s - plocha výztuže



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení smyku

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_c (čl. 22.5.5.1).

$$V_c = \left[\text{Max}(2; 8\sqrt[3]{\rho_w}) \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] 0.8d^2 \leq 5\sqrt{f'_c} 0.8d^2$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající síla V_{max} (čl. 22.5.12) a únosnost průřezu se smykovou výztuží V_s (čl. 22.5.8.5.3).

$$V_{max} = V_c + 8\sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} 0.8d}{s}$$

kde (čl. 20.2.2.4, čl. 21.2.1):

$$f_{yt} \leq 60000 \text{ psi}$$

$$\phi = 0.75$$

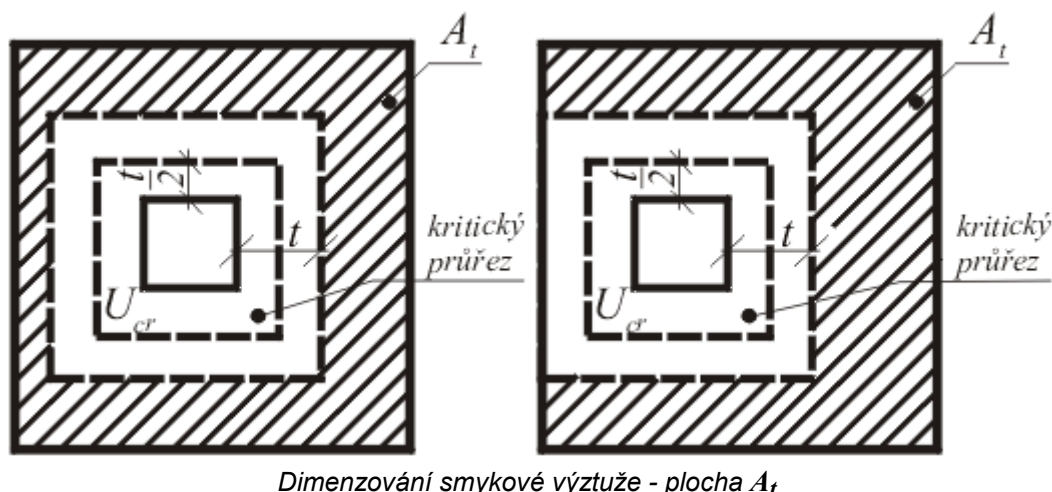
Posouzení patky na protlačení

Program umožňuje posoudit patku na protlačení sloupu, popřípadě navrhnout smykovou výztuž. Kritický průřez namáhaný na smyk b_o je vzdálen od kraje sloupu o polovinu tloušťky patky. Je namáhán zadanými momenty M_x , M_y a silou V_u , která se vypočte podle vzorce:

$$V_u = \frac{VA_t}{A}$$

kde:

- A - plocha patky
- V - zadaná svislá síla ve sloupu
- A_t - plocha znázorněná šrafováním na následujícím obrázku



Program vypočte maximální smykovou sílu V_u v kritickém průřezu, dále pak posouvající sílu přenášenou betonem bez smykové výztuže V_c jako minimum z hodnot (čl. 22.6.5.2):

$$V_c = \left(2 + \frac{4}{\beta}\right) \lambda_s \sqrt{f'_c} b_o d$$

kde β_c je poměr delší a kratší strany sloupu.

$$V_c = \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_o}\right) \lambda_s \sqrt{f'_c} b_o d$$

kde α_s =

- 40 - vnitřní sloup
- 30 - obvodový sloup
- 20 - rohový sloup

$$V_c = 4 \lambda_s \sqrt{f'_c} b_o d$$

a maximální dovolenou sílu V_{max} (čl. 22.6.6.3):

$$V_{max} = 6 \sqrt{f'_c} b_o d$$

Pro $V_u < \phi \times V_c$ průřez vyhovuje bez smykové výztuže.

Pro $V_u > \phi \times V_c$ a $V_u < \phi \times V_{max}$ je nutné navrhnout smykovou výztuž. Smyková síla na mezi únosnosti se vypočte podle vztahů (čl. 22.6.6):

$$V_n = \phi \left(2 \lambda_s \sqrt{f'_c} b_o d + A_v f_{yt} \sin \alpha \right)$$

$$\phi = 0.75$$

kde:

- b_o - délka kritického průřezu
- α - sklon ohybů
- A_v - celková plocha ohybů v patce

Pro $V_u > \phi \times V_{max}$ nelze smykovou výztuž navrhnout a je nutné zvětšit výšku průřezu.

Návrh podélné výztuže do desky

Návrh výztuže je proveden na namáhání ohybovým momentem M . Výsledkem návrhu je nutná plocha tažené, popřípadě i tlačené výztuže. Dále program zohledňuje podmínky minimálního a maximálního stupně vyztužení v daném průřezu. Nejprve se vypočte poloha neutrální osy průřezu podle vzorce:

$$x = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_d}{0.85\phi b f'_c}}$$

Je-li poloha neutrální osy menší než mezní dovolená poloha ($c < c_{max}$), pak program vypočte plochu tažené výztuže A_{st} podle vzorce:

$$A_{st} = \frac{0.85 f'_c b x \beta_1}{f_y}$$

Je-li poloha neutrální osy větší než mezní dovolená poloha ($c > c_{max}$), pak program vypočte plochy tlačené A_{sc} a tažené výztuže A_{st} podle vzorců:

$$A_{sc} = \frac{\frac{M}{\phi} - F_{c,max}(d - 0.45x_{max})}{f_y d z}$$

$$A_{st} = \frac{M - A_{sc} f_y}{f_y}$$

$$F_{c,max} = 0.85 b f'_c$$

kde:

$$\phi = 0.65 + 0.25 \frac{(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{0.003}$$

$$0.65 \leq \phi \leq 0.9$$

Limitní poloha neutrální osy se vypočte podle vztahu (čl. 9.3.1.1):

$$c_{max} = \frac{0.003}{0.003 + \varepsilon_{ty}}$$

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů (čl. 7.6.1.1):

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

$$\rho_{min} = 0.0018$$

Návrh smykové výztuže do desky

Program umožňuje spočítat do desky nutné množství smykové výztuže tvořené třmínky resp. ohyby.

Nejprve program spočte limitní posouvající síly v daném průřezu - posouvající sílu přenášenou betonem V_c (čl. 22.5.5) a maximální dovolenou posouvající sílu V_{max} (čl. 22.5.1.2).

$$V_c = \left[\text{Max}(2; 8\sqrt[3]{\rho_w}) \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right] b_w d \leq 5 \sqrt{f'_c} b_w d$$

$$V_{max} = V_c + 8 \sqrt{f'_c} b_w d$$

Pro výztuž tvořenou třmínky se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 22.5.8.5.3):

$$A_v = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi f_{yt} d}$$

Pro výztuž tvořenou ohyby se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 22.5.8.5.4):

$$A_v = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi f_{yt} (\sin \alpha + \cos \alpha) d}$$

kde (čl. 20.2.2.4, čl. 21.2.1):

$$f_{yt} \leq 60000 \text{ psi}$$

$$\phi = 0.75$$

AS 3600-2018

Nápověda k dimenzování betonových a železobetonových konstrukcí obsahuje následující kapitoly:

- Materiály, součinitelé, použité značení
- Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu
- Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu
- Posouzení kruhového železobetonového průřezu
- Posouzení patky na protlačení
- Návrh podélné výztuže do desky
- Návrh smykové výztuže do desky

Materiály, součinitelé, použité značení

Norma používá tato označení pro materiálové charakteristiky:

- f'_c - charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28dnů
 E_c - střední hodnota modulu pružnosti betonu ve stáří 28dnů
 $f'_{ct,f}$ - charakteristická pevnost betonu v tahu za ohybu
 f'_{ct} - charakteristická pevnost betonu v tahu
 f_{sy} - mez kluzu oceli v tahu

$$f'_{ct} = 0.36 \sqrt{f'_c}$$

$$f'_{ct,f} = 0.6 \sqrt{f'_c}$$

Charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28dnů je vstup daný třídou betonu.

Nejčastěji se vyskytující geometrické značky:

- b - šířka průřezu
 D - výška průřezu
 d - účinná výška průřezu
 z - rameno vnitřních sil

Všechny výpočty jsou provedeny s dle teorie mesních stavů.

Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu

Průřez je obdélníkový, namáhaný ohybovým momentem M , normálovou silou N (působí v těžišti průřezu) a posouvající silou V . Únosnost průřezu namáhaného momentem se spočte podle vzorce (čl. 20.4.2, 2.2.2):

$$M < \phi M_{uo}$$

$$M_{uo} = \frac{b D^2}{6} f'_{ct,f}$$

$$\phi = 0.6$$

Smyková únosnost je počítána podle vzorce (čl. 20.4.3):

$$V < \phi V_{uc}$$

$$V_{uc} = 0.15bD(f'_c)^{\frac{1}{3}}$$

$$\phi = 0.6$$

Únosnost průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se vypočte podle následujících vztahů podle excentricity normálové síly $e \geq 0,05D$ (čl. 10.1.2, 20.4.2, 2.2.2):

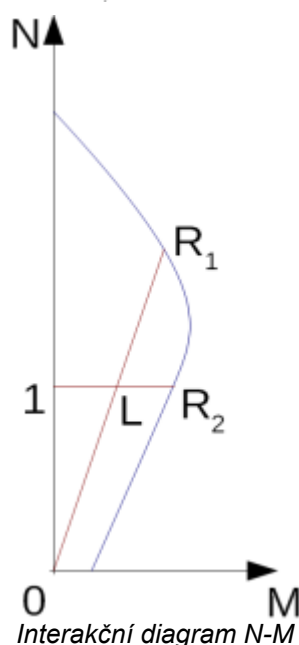
$$N < \phi N_{uo}$$

$$N_{uo} = \text{Min} \left(\frac{bDf'_{ct,f}}{\frac{6e}{D} - 1}, \frac{bDf'_c}{\frac{6e}{D} + 1} \right)$$

kde:

$$e = \left| \frac{M}{N} \right|$$

$$\phi = 0.6$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR_1|$ nebo $|IL|/|IR_2|$. Kde L je zatížení, R_1 je únosnost při zachování excentricity a R_2 je únosnost při zachování normálové síly.

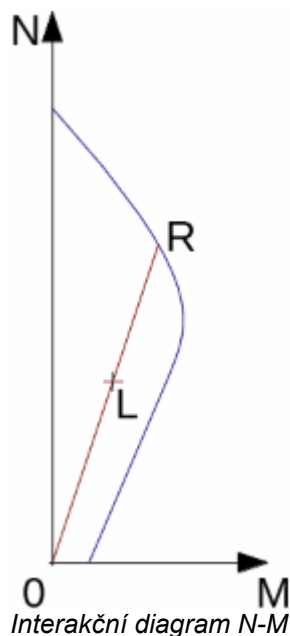
Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem a tlakovou normálovou silou. Je použita metoda mezních přetvoření (čl. 8.1). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,003. Tlačená výztuž se do únosnosti nezapočítává.

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů:

$$\rho_{min} = \left[0.2 \left(\frac{D}{d} \right)^2 \frac{f_{ct,f}}{f_{sy}} \right] < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení prostého ohybu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem M .

Moment na mezi únosnosti se spočte podle vztahu:

$$M < \phi M_{uo}$$

pro třídu výztuže L (čl. 2.2.2):

$$\phi = 0.65$$

pro třídu výztuže N:

$$\phi = 0.65 \leq \left(1.24 - \frac{13k_u o}{12} \right) \leq 0.85$$

kde

$$M_{uo} = A_s f_{sy} (d - 0.5 \gamma k_u d)$$

$$\gamma k_u d = \frac{A_s f_{sy}}{b \alpha_2 f'_c}$$

$$\alpha_2 = \text{Max} (0.67; 0.85 - 0.0015 f'_c)$$

$$\gamma = \text{Max} (0.67; 0.97 - 0.0025 f'_c)$$

Limitní poloha neutrální osy k_u se vypočte podle vztahu (čl. 8.1.5):

$$k_u \leq 0.36$$

$$k_u = \frac{A_s f_{sy}}{b \alpha_2 f'_c \gamma d}$$

Posouzení smyku

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_{uc} (čl. 8.2.4.1).

$$V_{uc} = k_v b_v d_v \sqrt{f'_c}$$

kde (čl. 8.2.1.9, čl. 8.2.4.3):

$$d_v = \text{Max} (0.72D; 0.9d)$$

$$\sqrt{f'_c} \leq 8 \text{ MPa}$$

$$k_v = \text{Min} \left(0.1; \frac{200}{1000 + 1.3d_v} \right)$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající síla $V_{u,max}$ (čl. 8.2.3.3).

$$V_{u,max} = 0.55 \left[f'_c b d_v \frac{\cot(\theta_v)}{1 + \cot(\theta_v)^2} \right]$$

$$\theta_v = 36^\circ$$

Dále je dopočtena požadovaná plocha výztuže podle vzorce (čl. 8.2.5.2)

$$A_{sv} = \frac{V - \phi V_{uc}}{\phi f_{sy,f} d_v \cot(\theta_v)} b$$

kde:

$$\phi = 0.75$$

Posouzení kruhového železobetonového průřezu

Program posuzuje železobetonovou pilotu metodou mezního přetvoření (čl. 10.6.1). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,003. Dále program kontroluje stupně vyztužení podle vztahu:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Sloup** - kontrola pro převládající tlak (čl. 10.7.1)

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = 0.01$$

$$\rho_{max} = 0.04$$

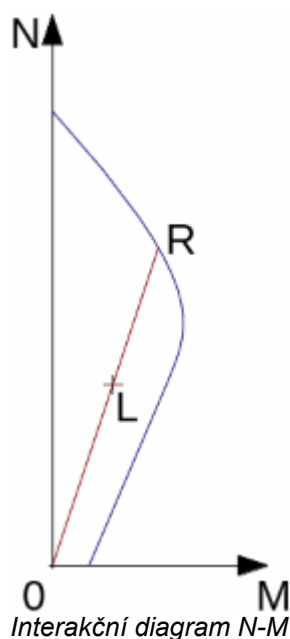
- **Nosník** - kontrola pro převládající ohyb (čl. 8.1.6.1)

$$\rho = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \left[0.2 \left(\frac{D}{d} \right)^2 \frac{f_{ct,f}}{f_{sy}} \right]$$

$$\rho_{max} = 0.04$$

kde: d - průměr piloty
 A_s - plocha výztuže



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení smyku

$$V < \phi V_u$$

$$\phi = 0.75$$

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_c . Vzorci jsou z čl. 8.2.4.1, ve kterém je za šířku průřezu (b_v) dosazeno $0,88d$ a za efektivní výšku (d_v) dosazeno $0,8 * 0,9 * 0,9d$:

$$V_{uc} = 0.57k_v d^2 \sqrt{f'_c}$$

kde (čl. 8.2.1.9, čl. 8.2.4.3):

$$\sqrt{f'_c} \leq 8 \text{ MPa}$$

$$k_v = \text{Min} \left(0.1; \frac{200}{1000 + 1.3d_v} \right)$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající síla $V_{u,max}$ (čl. 8.2.3.3) a únosnost průřezu se smykovou výztuží V_{us} (čl. 8.2.5.2):

$$V_{u,max} = 0.55 \left[f'_c 0.57 d^2 \frac{\cot(\theta_v)}{1 + \cot(\theta_v)^2} \right]$$

$$\theta_v = 36^\circ$$

$$V_{us} = V_{uc} + \frac{A_{sv}}{s} f_{sy,f} d_v \cot(\theta_v)$$

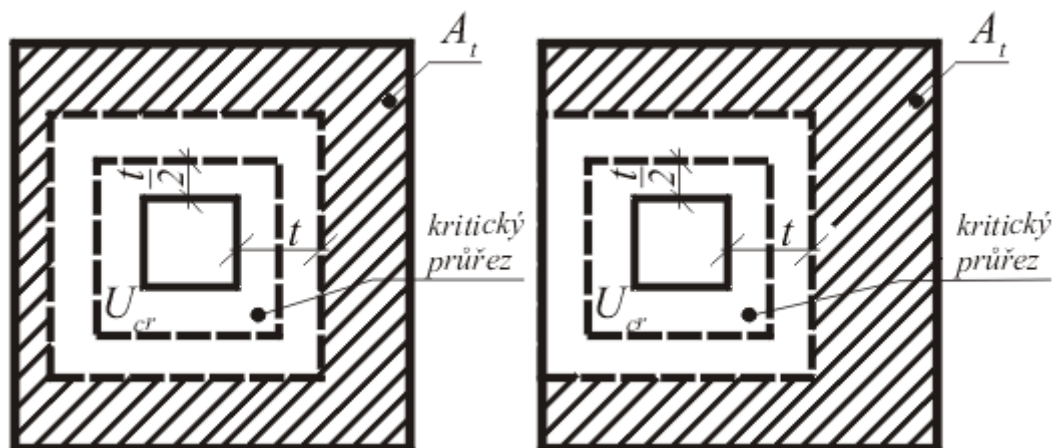
Posouzení patky na protlačení

Program umožňuje posoudit patku na protlačení sloupu, popřípadě navrhnout smykovou výztuž. Kritický průřez namáhaný na smyk U_{cr} je vzdálen od kraje sloupu o polovinu tloušťky patky. Je namáhán zadanými momenty M_x , M_y a silou V^* , která se vypočte podle vzorce:

$$V^* = \frac{V A_t}{A}$$

kde:

- A - plocha patky
- V - zadaná svislá síla ve sloupu
- A_t - plocha znázorněná šrafováním na následujícím obrázku



Dimenzování smykové výztuže - plocha A_t

Program vypočte maximální smykovou sílu V^* v kritickém průřezu, dále pak posouvající sílu přenášenou betonem bez smykové výztuže V_{uc} podle vzorce (čl. 9.3.3):

$$V^* \leq \phi V_u$$

$$\phi = 0.75$$

$$V_{uc} = \frac{V_{uo}}{1 + u \frac{M_v^*}{8V^* a d_{om}}}$$

kde

$$V_{uo} = u d_{om} f_{cv}$$

$$f_{cv} = \text{Min} \left(0.34; 0.17 + \left(1 + \frac{2}{\beta_h} \right) \right) \sqrt{f'_c}$$

kde β_c je poměr delší a kratší strany zkoumaného obvodu.

a maximální dovolenou sílu V_{max} (čl. 9.3.4):

$$V_{umax} = 3V_{umin} \sqrt{\frac{x}{y}}$$

$$V_{umin} = \frac{1.2V_{uo}}{1 + u \frac{M_v^*}{2V^* a^2}}$$

kde:

- u - délka kritického průřezu
- x - kratší strana
- y - delší strana
- a - rozměr kritického obvodu měřená rovnoběžně se směrem posuzovaného momentu M_v^*
- M_v^* - moment přenášený do desky

Pro $V^* < V_{uc}$ průřez vyhovuje bez smykové výztuže.

Pro $V^* > V_{uc}$ a $V^* < V_{umax}$ je nutné navrhnout smykovou výztuž. Smyková síla na mezi únosnosti se vypočte podle vztahů (čl. 9.3.4):

$$V_{us} = V_{umin} \sqrt{\frac{\frac{A_{sw}}{s}}{A_{swmin}}}$$

$$A_{swmin} = \frac{0.2y_1}{f_{sy,f}}$$

Plocha výztuže musí splňovat podmínku (čl. 9.3.4):

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq A_{swmin}$$

Pro $V^* > V_{umax}$ nelze smykovou výztuž navrhnout a je nutné zvětšit výšku průřezu.

Program provede výpočet nezávisle ve směru x a y , jako výsledek se použije menší hodnota.

Návrh podélné výztuže do desky

Návrh výztuže je proveden na namáhání ohybovým momentem M . Výsledkem návrhu je nutná plocha tažené, popřípadě i tlačené výztuže. Dále program zohledňuje podmínky minimálního a maximálního stupně vyztužení v daném průřezu. Nejprve se vypočte poloha neutrální osy průřezu podle vzorce (čl. 8.1):

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M}{0.5\phi b \alpha_2 f'_c}}}{\gamma}$$

kde:

$$\alpha_2 = \text{Max} (0.67; 0.85 - 0.0015 f'_c)$$

$$\gamma = \text{Max} (0.67; 0.97 - 0.0025 f'_c)$$

pro třídu výztuže L (čl. 2.2.2):

$$\phi = 0.65$$

pro třídu výztuže N:

$$\phi = 0.65 \leq \left(1.24 - \frac{13k_u o}{12} \right) \leq 0.85$$

Je-li poloha neutrální osy menší než mezní dovolená poloha x_{max} , pak program vypočte ploch tažené výztuže A_{st} podle vzorce:

$$A_{st} = \frac{\gamma \alpha_2 b x f'_c}{f_{sy}}$$

Je-li poloha neutrální osy větší než mezní dovolená poloha x_{max} , pak program vypočte plochy tlačené A_{sc} tažené výztuže A_{st} podle vzorců:

$$A_{sc} = \frac{\frac{M}{\phi} - F_{x,max}(d - 0.5\gamma x_{max})}{f_{sy}z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{x,max} + A_{sc}f_{sy}}{f_{sy}}$$

$$F_{x,max} = \gamma \alpha_2 b x_{max} f'_c$$

Limitní poloha neutrální osy x_{max} se vypočte podle vztahu (čl. 8.1.5):

$$x_{max} = 0.36d$$

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů (čl. 10.5.1.2):

$$\rho_{min} = \left[0.2 \left(\frac{D}{d} \right)^2 \frac{f_{ct,f}}{f_{sy}} \right] < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

Je-li překročen maximální stupeň vyztužení celého průřezu ρ_{max} , pak program informuje že výztuž do průřezu nelze navrhnout.

Návrh smykové výztuže do desky

Program umožňuje spočítat do desky nutné množství smykové výztuže tvořené třmínky resp. ohyby.

Nejprve program spočte limitní posouvající síly v daném průřezu - posouvající sílu přenášenou betonem V_{uc} (čl. 8.2.4.1) a maximální dovolenou posouvající sílu $V_{u,max}$ (čl. 8.2.3.3).

$$V < \phi V_u$$

$$\phi = 0.75$$

kde:

$$V_{uc} = k_v b_v d_v \sqrt{f'_c}$$

$$\sqrt{f'_c} \leq 8 \text{ MPa}$$

$$d_v = \text{Max}(0.72D; 0.9d)$$

$$k_v = \text{Min} \left(0.1; \frac{200}{1000 + 1.3d_v} \right)$$

$$V_{u,max} = 0.55 \left[f'_c b d_v \frac{\cot(\theta_v)}{1 + \cot(\theta_v)^2} \right]$$

$$\theta_v = 36^\circ$$

Pro výztuž tvořenou třmínky se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 8.2.5.2):

$$A_{sv} = \frac{V - \phi V_{uc}}{\phi f_{sy,f} d_v \cot(\theta_v)}$$

Pro výztuž tvořenou ohyby se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 8.2.5.2):

$$A_{sv} = \frac{V - \phi V_{uc}}{\phi f_{sy,f} d_v (\sin(\alpha_v) \cot(\theta_v) + \cos(\alpha_v))}$$

SNiP 52-101-2003

Nápověda k dimenzování betonových a železobetonových konstrukcí obsahuje následující kapitoly:

- Materiály, součinitelé, použité značení
- Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu
- Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu
- Posouzení kruhového železobetonového průřezu
- Posouzení patky na protlačení
- Návrh podélné výztuže do desky
- Návrh smykové výztuže do desky

Materiály, součinitelé, použité značení

Norma používá tato označení pro materiálové charakteristiky:

- R_b - výpočtová pevnost betonu v tlaku
 R_{bt} - výpočtová pevnost betonu v tahu
 R_{sc} - výpočtová pevnost oceli v tlaku
 R_s - výpočtová pevnost oceli v tahu

Nejčastěji se vyskytující geometrické značky:

- b - šířka průřezu
 h - výška průřezu
 h_0 - účinná výška průřezu
 z - rameno vnitřních sil

Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu

Průřez je obdélníkový, namáhaný ohybovým momentem M , normálovou silou N (působí v těžišti průřezu) a posouvající silou Q . Únosnost průřezu namáhaného momentem se spočte podle vzorce:

$$M_{ult} = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot R_{bt}$$

Smyková únosnost je počítána podle vzorce:

$$Q_{ult} = 1,5 \cdot b \cdot h \cdot R_b$$

Únosnost průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se vypočte podle následujících vztahů podle excentricity normálové síly e :

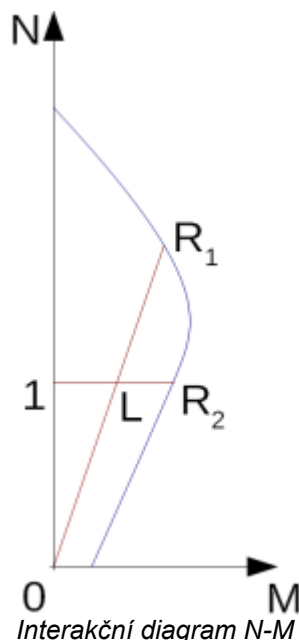
pro:

$$N_{ult} = b \cdot x \cdot R_b$$

$$N_{ult} = \text{Min} \left(\frac{b \cdot h \cdot R_{bt}}{\frac{6 \cdot e}{h} - 1} ; \frac{b \cdot h \cdot R_b}{\frac{6 \cdot e}{h} + 1} \right)$$

$$x_u = h - 2 \cdot e$$

$$e = \frac{\text{abs}(M)}{N}$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR_1|$ nebo $|IL|/|IR_2|$. Kde L je zatížení, R_1 je únosnost při zachování excentricity a R_2 je únosnost při zachování normálové síly.

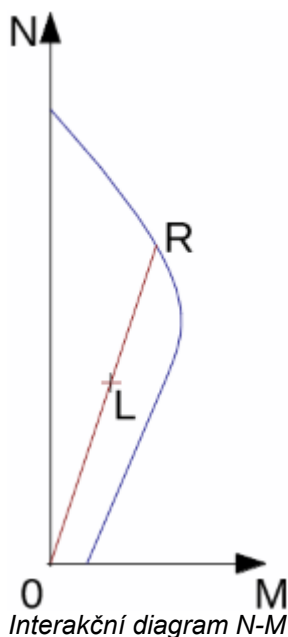
Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem a tlakovou normálovou silou. Je použita metoda mezních přetvoření. Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,002 až 0,0035. Tlačená výztuž se do únosnosti nezapočítává.

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů:

$$\mu_{st,min} = 0,001 < \mu_{st}$$

$$\mu_{st} = \frac{A_s}{b h_0}$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení prostého ohybu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem M .

Moment na mezi únosnosti se spočte podle vztahu:

$$M_{ult} = b \times R_b \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$$

$$x = \frac{A_s R_s}{b R_b}$$

Program dále kontroluje, zda poloha neutrální osy x je menší než mezní poloha neutrální osy x_R , která se určí podle vztahu:

$$x_R = \frac{0,8 h_0}{1 + \frac{R_s}{700}}$$

Posouzení smyku

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu Q_b .

$$Q_b = 2,5 R_{bt} h_0 b$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu Q_{max} .

$$Q_{max} = 0,3 R_b h_0 b$$

Dále je dopočtena požadovaná plocha výztuže podle vzorce

$$A_{sw} = \frac{Q - 1,5 R_{bt} h_0 b}{0,75 R_{sw} h_0} b$$

kde:

$$R_{sw} = \text{Min}(0,8 R_s ; 300 \text{ MPa})$$

Posouzení kruhového železobetonového průřezu

Program posuzuje železobetonovou pilotu metodou mezního přetvoření. Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je $0,0015 - 0,0035$. Dále program kontroluje stupně vyztužení podle vztahu:

- **Sloup** - kontrola pro převládající tlak

$$\mu_{st,min} = 0,001 < \mu_{st}$$

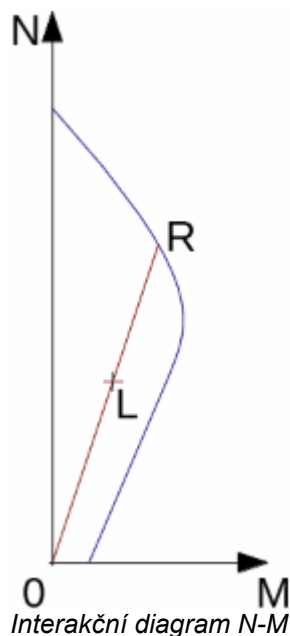
$$\mu_{st} = \frac{4 \cdot A_s}{\pi \cdot d^2}$$

- **Nosník** - kontrola pro převládající ohyb

$$\mu_{st,min} = 0,001 < \mu_{st}$$

$$\mu_{st} = 0,5 \frac{4 A_s}{\pi d^2}$$

kde: d - průměr piloty
 A_s - plocha výztuže



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL| / |OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

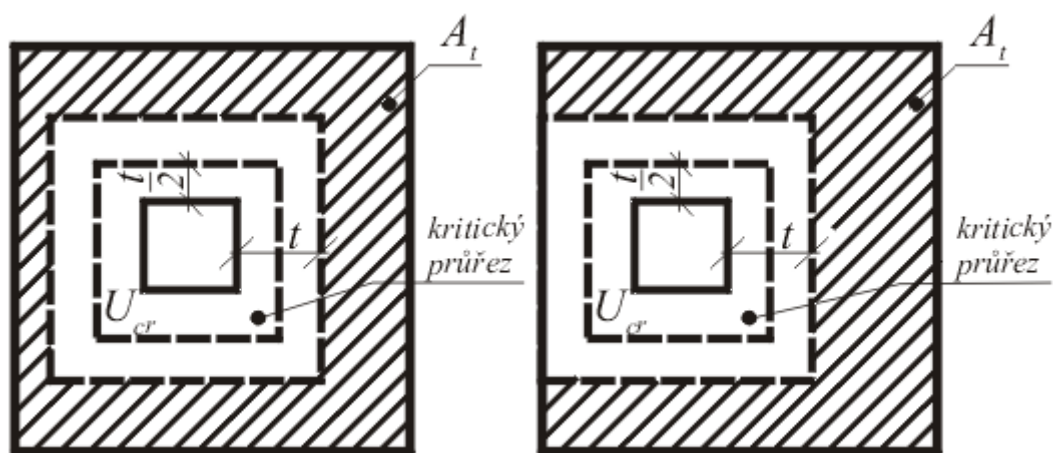
Posouzení patky na protlačení

Program umožňuje posoudit patku na protlačení sloupu, popřípadě navrhnout smykovou výztuž. Kritický průřez namáhaný na smyk U_{cr} je vzdálen od kraje sloupu o polovinu tloušťky patky. Je namáhán zadanými momenty M_x , M_y a silou F , která se vypočte podle vzorce:

$$F = \frac{Q \cdot A_t}{A}$$

kde:

- A - plocha patky
- Q - zadaná svislá síla ve sloupu
- A_t - plocha znázorněná šrafováním na následujícím obrázku



Dimenzování smykové výztuže - plocha A_t

Program vypočte maximální smykovou sílu F v kritickém průřezu, dále pak posouvající sílu přenášenou betonem bez smykové výztuže $F_{b,ult}$ a maximální dovolenou sílu $F_{ult,max}$.

$$F_{b,ult} = R_{bt} \cdot h_0$$

$$F_{ult,max} = 2 \cdot F_{b,ult}$$

Pro $F < F_{b,ult}$ průřez vyhovuje bez smykové výztuže.

Pro $F > F_{b,ult}$ a $F < F_{ult,max}$ je nutné navrhnout smykovou výztuž. Smyková síla na mezi únosnosti se vypočte podle vztahů:

$$F_{ult} = F_{b,ult} + F_{sw,ult}$$

$$F_{sw,ult} = \frac{0,8 \cdot A_s \cdot R_{sw} \cdot \sin \alpha}{V_{cr}}$$

kde: V_{cr} - délka kritického průřezu
 α - sklon ohybů
 A_s - celková plocha ohybů v patce

Pro $F > F_{ult,max}$ nelze smykovou výztuž navrhnout a je nutné zvětšit výšku průřezu.

Návrh podélné výztuže do desky

Návrh výztuže je proveden na namáhání ohybovým momentem M . Výsledkem návrhu je nutná plocha tažené, popřípadě i tlačené výztuže. Dále program zohledňuje podmínky minimálního a maximálního stupně vyztužení v daném průřezu. Nejprve se vypočte poloha neutrální osy průřezu podle vzorce:

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{M}{0,5 \cdot b \cdot R_b}}$$

Je-li poloha neutrální osy menší než mezní dovolená poloha ($x < x_{max}$), pak program vypočte plochu tažené výztuže A_{st} podle vzorce:

$$A_{st} = \frac{b \cdot x \cdot R_{bd}}{R_{sd}}$$

Je-li poloha neutrální osy větší než mezní dovolená poloha ($x > x_{max}$), pak program vypočte plochy tlačené (A_{sc}) tažené výztuže (A_{st}) podle vzorců:

$$A_{sc} = \frac{M - F_{c,max} (h_e - 0,5 \cdot x_{max})}{R_{sd} \cdot z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} \cdot R_{sd}}{R_{sd}}$$

$$F_{c,max} = x_{max} \cdot b \cdot R_{bd}$$

Limitní poloha neutrální osy se vypočte podle vztahu:

$$x_{max} = 0,533 \cdot h_e$$

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů:

$$\mu_{st,min} = 0,001 < \mu_{st}$$

$$\mu_{st} = \frac{A_s}{b \cdot h_0}$$

Návrh smykové výztuže do desky

Program umožňuje spočítat do desky nutné množství smykové výztuže tvořené třmínky resp. ohyby.

Nejprve program spočte limitní posouvající síly v daném průřezu - posouvající sílu přenášenou betonem Q_b a maximální dovolenou posouvající sílu Q_{max} .

$$Q_b = 2,5 R_{bt} h_0$$

$$Q_{max} = 0,3 R_b h_0$$

Pro výztuž tvořenou třmínky se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce:

$$A_{sw} = \frac{Q - 1,5 R_{bt} h_0}{0,75 R_{sw} h_0}$$

Pro výztuž tvořenou ohyby se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce:

$$A_{sw} = \frac{Q - 1,5 R_{bt} h_0}{0,75 R_{sw} h_0 \sin \alpha}$$

kde:

$$R_{sw} = \text{Min}(0,8 R_s ; 300 \text{ MPa})$$

GB 50010-2010

Nápověda k dimenzování betonových a železobetonových konstrukcí obsahuje následující kapitoly:

- Materiály, součinitelé, použité značení
- Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu
- Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu
- Posouzení kruhového železobetonového průřezu
- Posouzení patky na protlačení
- Návrh podélné výztuže do desky
- Návrh smykové výztuže do desky

Materiály, součinitelé, použité značení

Norma používá tato označení pro materiálové charakteristiky:

- f_c - výpočtová pevnost betonu v tlaku
 f_t - výpočtová pevnost betonu v tahu
 f'_y - výpočtová pevnost oceli v tlaku
 f_y - výpočtová pevnost oceli v tahu

Nejčastěji se vyskytující geometrické značky:

- b - šířka průřezu
 h - výška průřezu
 h_0 - účinná výška průřezu

Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu

Průřez je obdélníkový, namáhaný ohybovým momentem M , normálovou silou N (působí v těžišti průřezu) a posouvající silou V . Únosnost průřezu namáhaného momentem se spočte podle vzorce (čl. D.3):

$$M_u = \frac{bh^2}{6} \gamma f_{ct}$$

kde (čl. 7.2.4, čl. D.2.2):

$$\gamma = \left(0,7 + \frac{120}{h} \right) 1,55$$

$$400\text{mm} \leq h \leq 1600\text{mm}$$

$$f_{ct} = 0,55 f_t$$

Smyková únosnost je počítána podle vzorce (čl. 6.3.3):

$$V_u = 0,7 f_t b h$$

Únosnost průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se vypočte podle následujících vztahů podle excentricity normálové síly e_0 (čl. D.2.1):

Jako větší z hodnot:

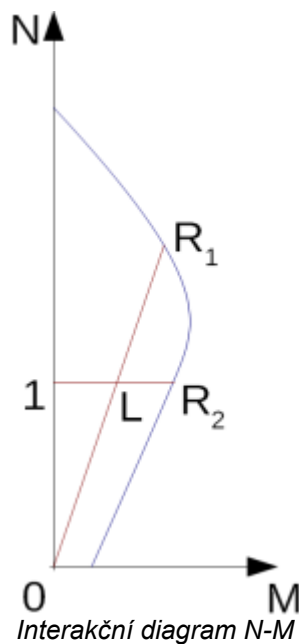
$$e_0 \leq 0,45h \Rightarrow N_u = f_{cc} b (h - 2e_0)$$

$$N_u = \text{Min} \left(\frac{bh\gamma f_{ct}}{\frac{6e_0}{h} - 1}, \frac{bh f_c}{\frac{6e_0}{h} + 1} \right)$$

kde (čl. D.2.1):

$$f_{cc} = 0.85 f_c$$

$$e_0 = \left| \frac{M}{N} \right|$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR_1|$ nebo $|IL|/|IR_2|$. Kde L je zatížení, R_1 je únosnost při zachování excentricity a R_2 je únosnost při zachování normálové síly.

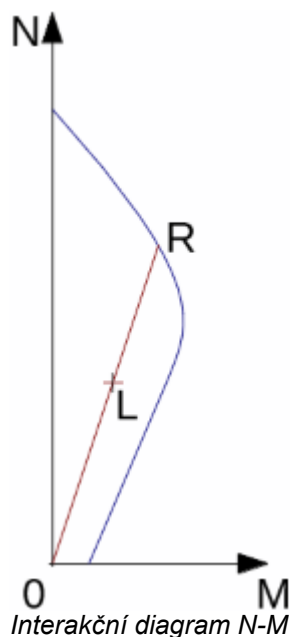
Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem a tlakovou normálovou silou. Je použita metoda mezních přetvoření (čl. 6.2.1). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je **0,002** až **0,0033**. Tlačená výztuž se do únosnosti nezapočítává.

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů (čl. 8.5.1):

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0.002; 0.45 \frac{f_t}{f_y} \right) \leq \rho$$

$$\rho = \frac{A_s}{bh_0}$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení prostého ohybu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem M .

Moment na mezi únosnosti se spočte podle vztahu (čl. 6.2.10):

$$M_u = \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$$

$$x = \frac{f_y A_s}{\alpha_1 f_c b}$$

$\alpha_1 = 1$ pro: $\leq \mathbf{C50}$

$\alpha_1 = 0.94$ pro: $\geq \mathbf{C80}$, mezilehlé hodnoty jsou interpolovány (čl. 6.2.6).

Program dále kontroluje, zda výška tlačené oblasti x je menší než mezní výška tlačené oblasti $\xi_b h_0$, která se určí podle vztahu (čl. 6.2.7):

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}}$$

$\beta_1 = 0.8$ pro: $\leq \mathbf{C50}$

$\beta_1 = 0.74$ pro: $\geq \mathbf{C80}$, mezilehlé hodnoty jsou interpolovány (čl. 6.2.6).

Posouzení smyku

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_c :

pro ohýbaný prvek (čl. 6.3.3):

$$V_c = 0.7 f_t b h$$

pro prvek namáhaný tlakem (čl. 6.3.12):

$$V_c = \frac{1.75}{\frac{M}{V h_0} + 1} f_t b h + 0.07 \text{ Min}(N; 0.3 f_c A)$$

pro prvek namáhaný tahem (čl. 6.3.14):

$$V_c = \frac{1.75}{\frac{M}{V h_0} + 1} f_t b h - 0.2 N$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu V_{max} (čl. 6.3.1).

pro $h_0/b \leq 4$

$$V_{max} = 0.25 \beta_c f_c b h_0$$

pro $h_0/b \geq 6$

$$V_{max} = 0.2 \beta_c f_c b h_0$$

mezilehlé hodnoty jsou interpolovány

$\beta_c = 1$ pro: $\leq \mathbf{C50}$

$\beta_c = 0.8$ pro: $\geq \mathbf{C80}$, mezilehlé hodnoty jsou interpolovány

Dále je dopočtena požadovaná plocha výztuže podle vzorce (čl. 6.3.4)

$$A_{sv} = \frac{V - V_c}{f_{yv} h_0}$$

$$f_{yv} = \text{Min}(360 \text{ MPa}, f_y)$$

Posouzení kruhového železobetonového průřezu

Program posuzuje železobetonovou pilotu metodou mezního přetvoření (čl. 6.2.1). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je $0,002 - 0,0033$. Dále program kontroluje stupně vyztužení podle vztahu:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Sloup** - kontrola pro převládající tlak (čl. 8.5.1, čl. 9.3.1)

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

pro ocel o pevnosti větší nebo rovné **500MPa**

$$\rho_{min} = 0.005$$

pro ocel o pevnosti větší nebo rovné **400MPa**

$$\rho_{min} = 0.0055$$

pro ocel o pevnosti menší než **335MPa**

$$\rho_{min} = 0.006$$

pro beton třídy vyšší než **C60** se ρ_{min} zvětší o **0.001**

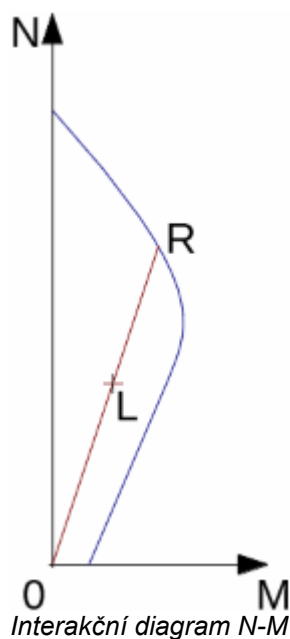
$$\rho_{max} = 0.05$$

- **Nosník** - kontrola pro převládající ohyb (čl. 8.5.1)

$$\rho = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0.002; 0.45 \frac{f_t}{f_y} \right)$$

kde: d - průměr piloty
 A_s - plocha výztuže



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení smyku

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_c :

pro ohýbaný prvek (čl. 6.3.3, čl. 6.3.15):

$$V_c = 0.7 f_t (0.88d)(0.8d)$$

pro prvek namáhaný tlakem (čl. 6.3.12, čl. 6.3.15):

$$V_c = \frac{1.75}{\frac{M}{Vh_0} + 1} f_t (0.88d)(0.8d) + 0.07 \text{Min}(N; 0.3 f_c A)$$

pro prvek namáhaný tahem (čl. 6.3.14, čl. 6.3.15):

$$V_c = \frac{1.75}{\frac{M}{Vh_0} + 1} f_t (0.88d) (0.8d) - 0.2N$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu V_{max} (čl. 6.3.1, čl. 6.3.15) a únosnost průřezu se smykovou výztuží V_{cs} (čl. 6.3.4, čl. 6.3.12, čl. 6.3.14, čl. 6.3.15).

pro $h_0/b \leq 4$

$$V_{max} = 0.25\beta_c f_c (0.88d) (0.8d)$$

pro $h_0/b \geq 6$

$$V_{max} = 0.2\beta_c f_c (0.88d) (0.8d)$$

mezilehlé hodnoty jsou interpolovány

$\beta_c = 1$ pro: $\leq \mathbf{C50}$

$\beta_c = 0.8$ pro: $\geq \mathbf{C80}$, mezilehlé hodnoty jsou interpolovány

$$V_{cs} = V_c + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} (0.8d)$$

$$f_{yv} = \text{Min} (360\text{MPa}, f_y)$$

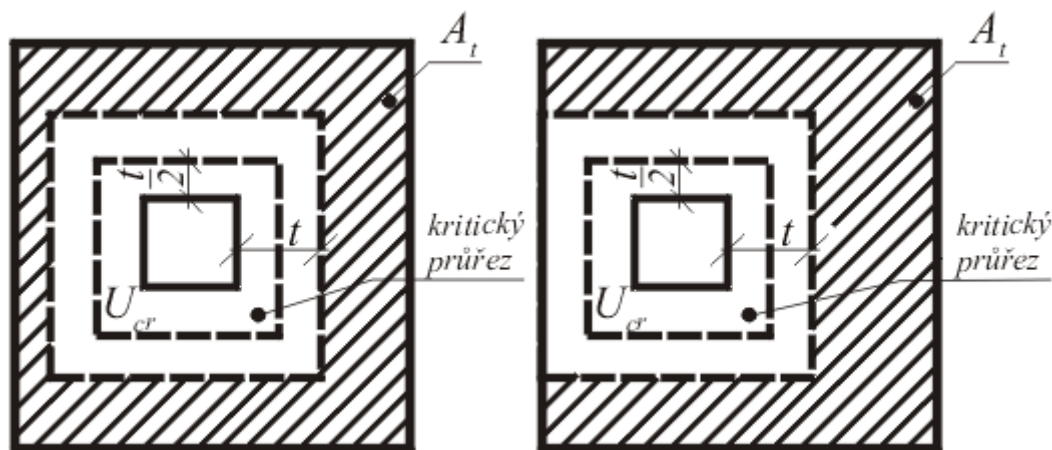
Posouzení patky na protlačení

Program umožňuje posoudit patku na protlačení sloupu, popřípadě navrhnout smykovou výztuž. Kritický průřez namáhaný na smyk U_{cr} je vzdálen od kraje sloupu o polovinu tloušťky patky. Je namáhán zadanými momenty M_x , M_y a silou F_l , která se vypočte podle vzorce:

$$F_l = \frac{QA_t}{A}$$

kde:

- A - plocha patky
- Q - zadaná svislá síla ve sloupu
- A_t - plocha znázorněná šrafováním na následujícím obrázku



Dimenzování smykové výztuže - plocha A_t

Program vypočte maximální smykovou sílu F_l v kritickém průřezu (přidá se vliv nevyváženého momentu podle přílohy F), dále pak posouvající sílu přenášenou betonem bez smykové výztuže F_c (čl. 6.5.1) a maximální dovolenou sílu F_{max} (čl. 6.5.3). Zatížení i únosnosti jsou vztaženy na jednotku délky kritického průřezu.

$$F_c = 0.7\beta_h f_t \eta h_0$$

$\beta_h = 0.9$ pro $h \geq 2000\text{mm}$

$\beta_h = 1$ pro $h \leq 800\text{mm}$, mezilehlé hodnoty jsou interpolovány

$$\eta = \text{Min} (\eta_1, \eta_2)$$

$$\eta_1 = 0.4 + \frac{1.2}{\beta_s}$$

kde β_s je poměr delší a kratší strany patky

$$2 \leq \beta_s \leq 4$$

$$\eta_2 = 0.5 + \frac{\alpha_s h_0}{4u_m}$$

kde α_s :

- 40 - pro vnitřní sloup
- 30 - pro okrajový sloup
- 20 - pro rohový sloup

$$F_{max} = 1.2 f_t \eta h_0$$

Pro $F_l < F_c$ průřez vyhovuje bez smykové výztuže.

Pro $F_l > F_c$ a $F < F_{max}$ je nutné navrhnout smykovou výztuž. Smyková síla na mezi únosnosti se vypočte podle vztahů (čl. 6.5.3):

$$F_u = 0.5 f_t \eta h_0 + 0.8 f_{yv} A_{sbu} \sin \alpha$$

$$f_{yv} = \text{Min} (360 \text{MPa}, f_y)$$

kde:

- u_m - délka kritického průřezu
- α - sklon ohybů
- A_{sbu} - plocha ohybů na jednotku délky kritického průřezu

Pro $F > F_{max}$ nelze smykovou výztuž navrhnout a je nutné zvětšit výšku průřezu.

Pro úzké patky a pro základové pasy je provedena navíc kontrola smykové únosnosti betonu podle článku 8.2.9 normy GB50007-2011.

$$V_c = 0.7 \beta_h f_t b_0 h_0$$

kde:

$$\beta_h = \left(\frac{800}{h_0} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$800 \text{mm} \leq h_0 \leq 2000 \text{mm}$$

b_0 je průměrná šířka základové patky.

Návrh podélné výztuže do desky

Návrh výztuže je proveden na namáhání ohybovým momentem M . Výsledkem návrhu je nutná plocha tažené, popřípadě i tlačené výztuže. Dále program zohledňuje podmínky minimálního a maximálního stupně vyztužení v daném průřezu. Nejprve se vypočte výška tlačené oblasti průřezu podle vzorce (čl. 6.2.10):

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{M}{0.5 b \alpha_1 f_c}}$$

Je-li výška tlačené oblasti menší než mezní dovolená výška ($x < \xi_b h_0$), pak program vypočte plochu tažené výztuže A_{st} podle vzorce:

$$A_{st} = \frac{\alpha_1 b x f_c}{f_y}$$

Je-li výška tlačené oblasti větší než mezní dovolená výška ($x > \xi_b h_0$), pak program vypočte plochy tlačené A_{sc} tažené výztuže A_{st} podle vzorců:

$$A_{sc} = \frac{\frac{M}{h_0 - 0.5 \xi_b h_0} - F_{c,max}}{f'_y}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} f_y'}{f_y}$$

$$F_{c,max} = \alpha_1 b \xi_b h_0 f_c$$

Limitní výška tlačené oblasti $\xi_b h_0$ se vypočte podle vztahu (čl. 6.2.7):

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}}$$

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů (čl. 8.5.1):

$$\rho_{min} = \text{Max} \left(0.0015; 0.45 \frac{f_t}{f_y} \right) \leq \rho$$

$$\rho = \frac{A_s}{bh_0}$$

Návrh smykové výztuže do desky

Program umožňuje spočítat do desky nutné množství smykové výztuže tvořené třmínky resp. ohyby.

Nejprve program spočte limitní posouvající síly v daném průřezu - posouvající sílu přenášenou betonem V_c (čl. 6.3.3) a maximální dovolenou posouvající sílu V_{max} (čl. 6.3.1).

$$V_c = 0.7 \beta_h f_t b h_0$$

kde:

$$\beta_h = \left(\frac{800}{h_0} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$800\text{mm} \leq h_0 \leq 2000\text{mm}$$

pro $h_0/b \leq 4$

$$V_{max} = 0.25 \beta_c f_c b h_0$$

pro $h_0/b \geq 6$

$$V_{max} = 0.2 \beta_c f_c b h_0$$

mezilehlé hodnoty jsou interpolovány

$\beta_c = 1$ pro: $\leq \text{C50}$

$\beta_c = 0.8$ pro: $\geq \text{C80}$, mezilehlé hodnoty jsou interpolovány

Pro výztuž tvořenou třmínky se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 6.3.4):

$$A_{sv} = \frac{V - V_c}{f_{yv} h_0}$$

$$f_{yv} = \text{Min} (360\text{MPa}, f_y)$$

Pro výztuž tvořenou ohyby se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 6.3.5):

$$A_{sb} = \frac{V - V_c}{0.8 f_{yv} h_0 \sin \alpha_s}$$

NZS 3101-2006

Nápopověda k dimenzování betonových a železobetonových konstrukcí obsahuje následující kapitoly:

- Materiály, součinitelé, použité značení
- Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu
- Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu
- Posouzení kruhového železobetonového průřezu
- Posouzení patky na protlačení
- Návrh podélné výztuže do desky

- Návrh smykové výztuže do desky

Materiály, součinitelé, použité značení

Norma používá tato označení pro materiálové charakteristiky:

- f'_c - specifická pevnost betonu v tlaku
 E_c - modul pružnosti betonu
 f_y - pevnost oceli v tahu

$$E_c = \left[3320\sqrt{f'_c} + 6900 \right]$$

Nejčastěji se vyskytující geometrické značky:

- b - šířka průřezu
 h - výška průřezu
 d - účinná výška průřezu
 z - rameno vnitřních sil

Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu

Průřez je obdélníkový, namáhaný ohybovým momentem M^* , normálovou silou N^* (působí v těžišti průřezu) a posouvající silou V^* . Smyková únosnost je počítána podle vzorce:

$$V^* \leq \phi V_n$$

kde:

$$V_n = v_c \cdot b \cdot h$$

pro průřezy s výškou menší než 200mm

$$v_c = 0.17\sqrt{f'_c}$$

pro průřezy s výškou větší než 400mm

$$v_c = 0.08\sqrt{f'_c}$$

mezilehlé hodnoty jsou interpolovány.

f'_c je omezeno hodnotou **50MPa**.

$$\phi = 0.75$$

Únosnost průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se vypočte podle následujících vztahů podle excentricity normálové síly e :

$$N^* \leq \phi N_n$$

kde N_n je určena jako větší z hodnot podle následujících vztahů:

$$N_n = bx\alpha_1 f'_c$$

$$N_n = \min \left(\frac{bh0.36\sqrt{f'_c}}{\frac{6e}{h} - 1}; \frac{bh f'_c}{\frac{6e}{h} + 1} \right)$$

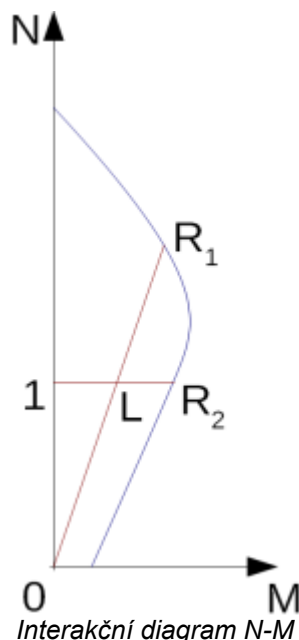
pro $f'_c < 55MPa$ je $\alpha_1 = 0.85$

pro beton s vyšší pevností je

$$\alpha_1 = \max(0.85 - 0.004(f'_c - 55); 0.75)$$

$$x = h - 2e$$

$$\phi = 0.6$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR_1|$ nebo $|IL|/|IR_2|$. Kde L je zatížení, R_1 je únosnost při zachování excentricity a R_2 je únosnost při zachování normálové síly.

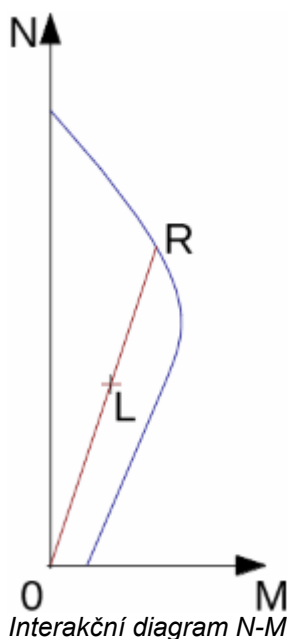
Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem a tlakovou normálovou silou. Je použita metoda mezních přetvoření. Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je $0,003$. Tlačená výztuž se do únosnosti nezapočítává.

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů:

$$\rho_{min} = \frac{\text{Max}(0.25\sqrt{f_c}; 1.4)}{f_y} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení prostého ohybu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem M^* .

Moment na mezi únosnosti se spočte podle vztahu:

$$M^* \leq \phi M_n$$

$$\phi = 0.85$$

$$M_n = \beta_1 c b \alpha_1 f'_c (d - 0.5 \beta_1 c)$$

$$c = \frac{A_s f_y}{\beta_1 b \alpha_1 f'_c}$$

pro $f'_c < 55 \text{ MPa}$ je $\alpha_1 = 0.85$

pro beton s vyšší pevností je

$$\alpha_1 = \text{Max}(0.85 - 0.004(f'_c - 55); 0.75)$$

pro $f'_c < 30 \text{ MPa}$ je $\beta_1 = 0.85$

pro beton s vyšší pevností je

$$\beta_1 = \text{Max}(0.65; 0.85 - 0.008(f'_c - 30))$$

Program dále kontroluje, zda poloha neutrální osy c je menší než mezní poloha neutrální osy $0.75c_b$, která se určí podle vztahu:

$$c_b = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}}$$

Posouzení smyku

$$V^* \leq \phi V_n$$

kde:

$$\phi = 0.75$$

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_c .

$$V_c = v_c b d$$

pro průřezy s výškou menší než 200mm

$$v_c = 0.17 \sqrt{f'_c}$$

v_c je spočten podle následujících vztahů pro průřezy s výškou větší než 400mm, mezilehlé hodnoty jsou interpolovány.

$$v_c = k_n k_d v_b$$

$$k_n = 1 + \frac{N^*}{b h f'_c}$$

$$k_d = \text{Max}(0.9; \text{Min}(1; (400/d)^{0.25}))$$

$$v_b = \text{Min}(0.2; \text{Max}(0.08; 0.07 + 10\rho_w)) \sqrt{f'_c}$$

kde ρ_w je stupeň vyztužení podélnou výztuží a f'_c je omezeno hodnotou **50MPa**.

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu V_{max} .

$$V_{max} = \text{Min}(8 \text{ MPa}; 0.2 f'_c) b d$$

Dále je dopočtena požadovaná plocha výtuže podle vzorce

$$A_v = \frac{V^* - \phi V_c}{f_{yt} d} b$$

Posouzení kruhového železobetonového průřezu

Program posuzuje železobetonovou pilotu metodou mezního přetvoření. Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,003.

Dále program kontroluje stupně vyztužení podle vztahu:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Pilota**

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$A_g < 0,5m^2$$

$$\rho_{min} = 2,4 / f_y$$

$$A_g > 2m^2$$

$$\rho_{min} = 1,2 / f_y$$

kde: A_g - průřezová plocha piloty

mezilehlé hodnoty jsou spočteny dle:

$$\rho_{min} = \frac{2.4}{f_y \sqrt{2A_g}}$$

$$\rho_{max} = 0.08$$

- **Sloup** - kontrola pro převládající tlak

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = 0.008$$

$$\rho_{max} = 0.08$$

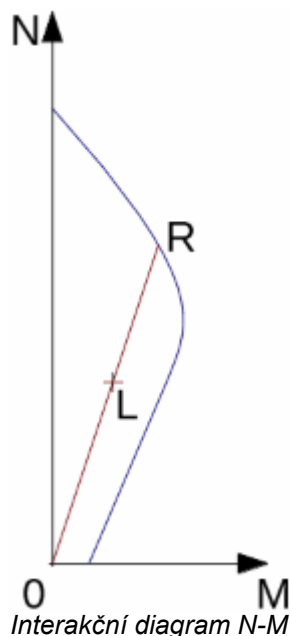
- **Nosník** - kontrola pro převládající ohyb

$$\rho = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{\text{Max}(0.25 \sqrt{f'_c}; 1.4)}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.04$$

kde: d - průměr piloty
 A_s - plocha výztuže



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL| / |OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení smyku

$$V^* \leq \phi V_n$$

kde:

$$\phi = 0.75$$

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_c .

$$V_c = v_c b d$$

pro průřezy s výškou menší než 200mm

$$v_c = 0.17 \sqrt{f'_c}$$

v_c je spočten podle následujících vztahů pro průřezy s výškou větší než 400mm, mezilehlé hodnoty jsou interpolovány.

$$v_c = k_n k_d v_b$$

$$k_n = 1 + \frac{N^*}{b h f'_c}$$

$$k_d = \text{Max}(0.9; \text{Min}(1; (400/d)^{0.25}))$$

$$v_b = \text{Min}(0.2; \text{Max}(0.08; 0.07 + 10\rho_w)) \sqrt{f'_c}$$

kde ρ_w je stupeň vyztužení podélnou výztuží a f'_c je omezeno hodnotou 50 MPa.

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu V_{max} a únosnost průřezu se smykovou výztuží V_s .

$$V_{max} = \text{Min}(8\text{MPa}; 0.2 f'_c) b d$$

Dále je dopočtena požadovaná plocha výtuže podle vzorce

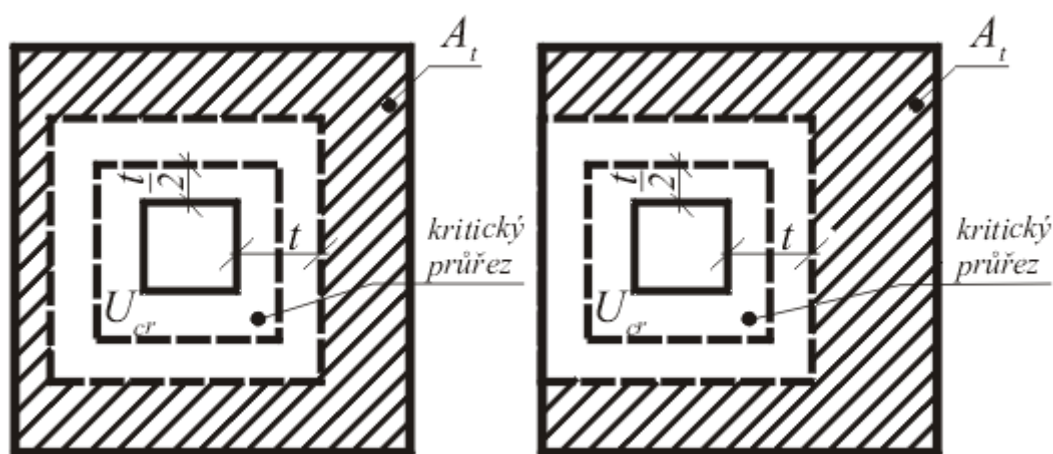
$$V_{cs} = \phi V_c + \phi A_v f_{yt} (0.8d)$$

Posouzení patky na protlačení

Program umožňuje posoudit patku na protlačení sloupu, popřípadě navrhnout smykovou výztuž. Kritický průřez namáhaný na smyk b_o je vzdálen od kraje sloupu o polovinu tloušťky patky. Je namáhán zadanými momenty M_x^* , M_y^* a silou V^* , která se vypočte podle vzorce:

$$V^* = \frac{V A_t}{A}$$

- kde:
- A - plocha patky
 - V - zadaná svislá síla ve sloupu
 - A_t - plocha znázorněná šrafováním na následujícím obrázku



Dimenzování smykové výtuže - plocha A_t

Program vypočte maximální smykovou sílu V^* v kritickém průřezu, dále pak posouvající sílu přenášenou betonem bez smykové výtuže V_c a maximální dovolenou sílu V_{max} .

$$V_c = v_c b_o d$$

kde:

$$v_c = \frac{1}{6} k_{ds} \left(1 + \text{Min} \left(1; \frac{2}{\beta_c}; \frac{\alpha_s d}{b_o} \right) \right) \sqrt{f'_c}$$

kde α_s :

- 20 - pro vnitřní sloup
- 15 - pro okrajový sloup
- 10 - pro rohový sloup

β_c je poměr delší strany kritického průřezu ke kratší straně

$$k_{ds} = \sqrt{\frac{0.2}{d}} \cdots \langle 0.5; 1 \rangle$$

$$V_{max} = 0.5 \sqrt{f'_c}$$

Pro $V^* < \phi V_c$ průřez vyhovuje bez smykové výztuže.

Pro $V^* < \phi V_c$ a $V^* < \phi V_{max}$ je nutné navrhnout smykovou výztuž. Smyková síla na mezi únosnosti se vypočte podle vztahů:

$$V_n = \text{Min} \left(V_c; \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \right) + A_v f_{yv} \sin \alpha$$

kde:

- b_o - délka kritického průřezu
- α - sklon ohybů
- A_v - celková plocha ohybů v patce

Pro $V^* > \phi V_{max}$ nelze smykovou výztuž navrhnout a je nutné zvětšit výšku průřezu.

Návrh podélné výztuže do desky

Návrh výztuže je proveden na namáhání ohybovým momentem M^* . Výsledkem návrhu je nutná plocha tažené, popřípadě i tlačené výztuže. Dále program zohledňuje podmínky minimálního a maximálního stupně vyztužení v daném průřezu. Nejprve se vypočte poloha neutrální osy průřezu podle vzorce:

$$c = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M^*}{0.5 b \alpha_1 f'_c}}}{\beta_1}$$

Je-li poloha neutrální osy menší než mezní dovolená poloha ($c < 0.75 c_b$), pak program vypočte plochu tažené výztuže A_{st} podle vzorce:

$$A_{st} = \frac{\beta_1 \alpha_1 b c f'_c}{f_y}$$

Je-li poloha neutrální osy větší než mezní dovolená poloha ($c > 0.75 c_b$), pak program vypočte plochy tlačené A_{sc} tažené výztuže A_{st} podle vzorců:

$$A_{sc} = \frac{M^* - F_{c,max}(d - 0.5 \beta_1 0.75 c_b)}{f_y z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} f_y}{f_y}$$

$$F_{c,max} = \beta_1 \alpha_1 b 0.75 c_b f'_c$$

Limitní poloha neutrální osy se vypočte podle vztahu:

$$c_b = \frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}}$$

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů:

$$\rho_{min} = \frac{\text{Max}(0.25\sqrt{f'_c}; 1.4)}{f_y} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

Je-li překročen maximální stupeň vyztužení celého průřezu ρ_{max} , pak program informuje že výztuž do průřezu nelze navrhnout.

Návrh smykové výztuže do desky

Program umožňuje spočítat do desky nutné množství smykové výztuže tvořené třmínky resp. ohyby.

Nejprve program spočte limitní posouvající síly v daném průřezu - posouvající sílu přenášenou betonem V_c a maximální dovolenou posouvající sílu V_{max} .

$$V^* \leq \phi V_n$$

kde:

$$\phi = 0.75$$

$$V_c = v_c b d$$

pro průřezy s výškou menší než 200mm

$$v_c = 0.17\sqrt{f'_c}$$

v_c je spočten podle následujících vztahů pro průřezy s výškou větší než 400mm, mezilehlé hodnoty jsou interpolovány.

$$v_c = k_d v_b$$

$$k_d = \text{Max}(0.9; \text{Min}(1; (400/d)^{0.25}))$$

$$v_b = \text{Min}(0.2; \text{Max}(0.08; 0.07 + 10\rho_w))\sqrt{f'_c}$$

kde ρ_w je stupeň vyztužení podélnou výztuží a f'_c je omezeno hodnotou **50MPa**.

$$V_{max} = \text{Min}(8\text{MPa}; 0.2f'_c)bd$$

Pro výztuž tvořenou třmínky se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce:

$$A_v = \frac{V^* - \phi V_c}{f_{yt} d}$$

Pro výztuž tvořenou ohyby se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce:

$$A_v = \frac{V^* - \phi V_c}{f_{yt} d \sin \alpha}$$

CSA A23.3-14

Návod k dimenzování betonových a železobetonových konstrukcí obsahuje následující kapitoly:

- Materiály, součinitelé, použité značení
- Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu
- Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu
- Posouzení kruhového železobetonového průřezu
- Posouzení patky na protlačení
- Návrh podélné výztuže do desky
- Návrh smykové výztuže do desky

Materiály, součinitelé, použité značení

Norma používá tato označení pro materiálové charakteristiky:

f'_c - specifická pevnost betonu v tlaku

E_c - modul pružnosti

f_r - specifická pevnost betonu v tahu za ohybu

f_y - pevnost oceli v tahu

Modul pružnosti se spočte ze vztahu (čl. 8.6.2.3):

$$E_c = 4500\sqrt{f'_c}$$

$$f_r = 0.6\sqrt{f'_c}$$

Nejčastěji se vyskytující geometrické značky:

- b - šířka průřezu
- h - výška průřezu
- d - účinná výška průřezu

Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu

Průřez je obdélníkový, namáhaný ohybovým momentem M_f , normálovou silou P_f (působí v těžišti průřezu) a posouvající silou V_f . Únosnost průřezu namáhaného momentem se spočte podle vzorce (čl. 22.6.5):

$$M_r = \frac{bh^2}{6} 0.37\phi_c \frac{f_r}{0.6}$$

kde (čl. 8.4.2, čl. 8.6.4):

$$\phi_c = 0.65$$

$$f_r = 0.6\sqrt{f'_c}$$

Smyková únosnost je počítána podle vzorce (čl. 22.6.6):

$$V_r = \frac{2}{3} 0.18\phi_c \sqrt{f'_c} b h$$

$$\sqrt{f'_c} \leq 8 \text{ MPa}$$

Únosnost průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se vypočte podle následujících vztahů podle excentricity normálové síly $e \geq 0.1h$ (čl. 22.6.5):

Jako větší z hodnot:

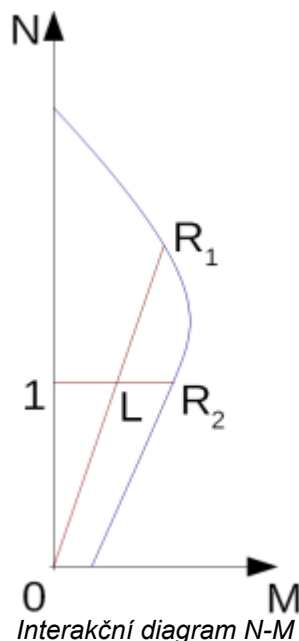
$$P_r = 0.45\alpha_1\phi_c f'_c b (h - 2e)$$

$$P_r = \text{Min} \left(\frac{bh 0.37\phi_c \frac{f_r}{0.6}}{\frac{6e}{h} - 1}, \frac{bh 0.75\phi_c f'_c}{\frac{6e}{h} + 1} \right)$$

kde (čl. 8.4.2):

$$f_r = 0.6\sqrt{f'_c}$$

$$e = \left| \frac{M_f}{P_f} \right|$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$ nebo $|IL|/|IR_2|$. Kde L je zatížení, R_1 je únosnost při zachování excentricity a R_2 je únosnost při zachování normálové síly.

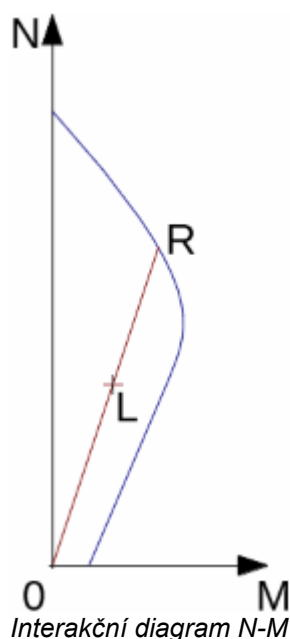
Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem a tlakovou normálovou silou. Je použita metoda mezních přetvoření (čl. 10.1). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,0035. Tlačená výztuž se do únosnosti nezapočítává.

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů (čl. 10.5.1.2):

$$\rho_{min} = \frac{0.2\sqrt{f'_c}}{f_y} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení prostého ohybu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem M_f .

Moment na mezi únosnosti se spočte podle vztahu (čl. 10.1.7, 8.4.2, 8.4.3):

$$M_r \leq M_f$$

$$M_r = \beta_1 c b \alpha_1 \phi_c f'_c (d - 0.5 \beta_1 c)$$

$$c = \frac{A_s \phi_s f_y}{\beta_1 b \alpha_1 \phi_c f'_c}$$

$$\phi_c = 0.65$$

$$\phi_s = 0.85$$

$$\alpha_1 = \text{Max}(0.85 - 0.0015 f'_c; 0.67)$$

$$\beta_1 = \text{Max}(0.65; 0.85 - 0.008(f'_c - 30))$$

$$\beta_1 = \text{Max}(0.97 - 0.0025 f'_c; 0.67)$$

Program dále kontroluje, zda poloha neutrální osy c je menší než mezní poloha neutrální osy c_{max} , která se určí podle vztahu (čl. 10.5.2):

$$c_{max} = \frac{700}{700 + f_y} d$$

Posouzení smyku

$$V_f \leq V_r$$

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_c (čl. 11.3.4):

$$V_c = 0.18 \phi_c \sqrt{f'_c} b d_v$$

kde

$$\sqrt{f'_c} \leq 8 \text{ MPa}$$

$$d_v = 0.9d$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu $V_{r,max}$ (čl. 11.3.3):

$$V_{r,max} = 0.25 \phi_c f'_c b d_v$$

Dále je dopočtena požadovaná plocha výtuže podle vzorce (čl. 11.3.5.1):

$$A_v = \frac{V_f - V_c}{\phi_s f_y d_v} b$$

Posouzení kruhového železobetonového průřezu

Program posuzuje železobetonovou pilotu metodou mezního přetvoření (čl. 10.1). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,0035. Dále program kontroluje stupně vyztužení podle vztahu:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Sloup** - kontrola pro převládající tlak (čl. 10.9.1, 10.9.2)

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = 0.01$$

$$\rho_{max} = 0.08$$

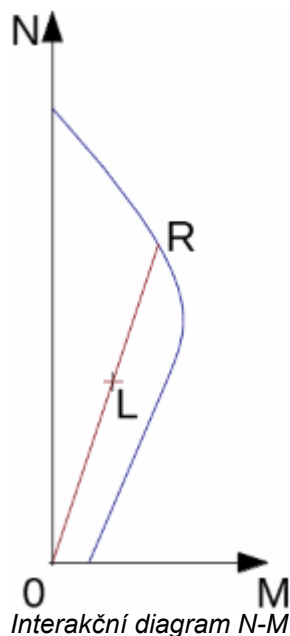
- **Nosník** - kontrola pro převládající ohyb (čl. 10.5.1)

$$\rho = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = \frac{0.2 \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.04$$

kde: d - průměr piloty
 A_s - plocha výtuže



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL| / |OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení smyku

$$V_f \leq V_r$$

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_c . Vzorce jsou z čl. 11.3.4, ve kterém je za šířku průřezu (b) dosazeno $0.88 \times d$ a za efektivní výšku (d_v) dosazeno $0.8 \times 0.9 \times d$:

$$V_c = 0.18 \phi_c \sqrt{f'_c} 0.6336 d^2$$

kde

$$\sqrt{f'_c} \leq 8 \text{ MPa}$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu $V_{r,max}$ a únosnost průřezu se smykovou výztuží V_s (čl. 11.5.1):

$$V_{r,max} = 0.25 \phi_c f'_c 0.6336 d^2$$

$$V_s = \frac{A_v \phi_s f_y 0.72 d}{s}$$

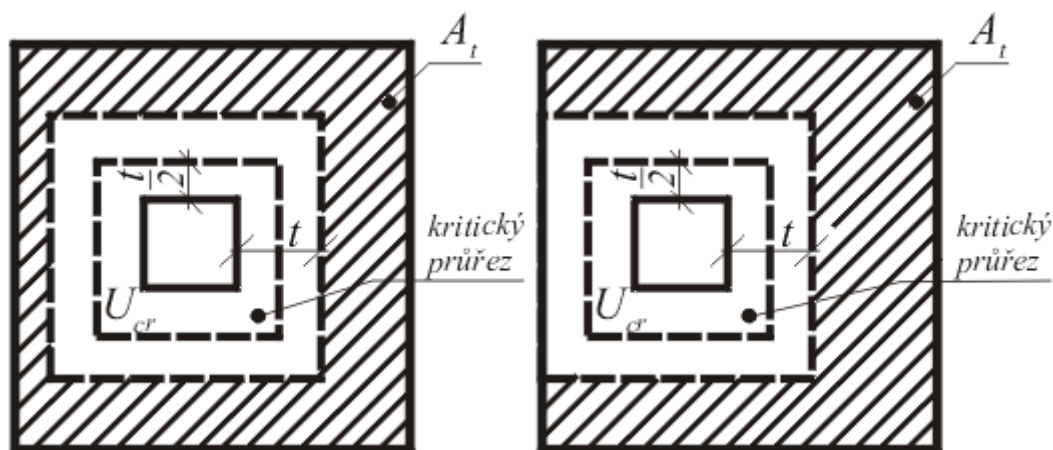
Posouzení patky na protlačení

Program umožňuje posoudit patku na protlačení sloupu, popřípadě navrhnout smykovou výztuž. Kritický průřez namáhaný na smyk b_o je vzdálen od kraje sloupu o polovinu tloušťky patky. Je namáhán zadanými momenty M_x , M_y a silou V_f , která se vypočte podle vzorce:

$$V_f = \frac{V A_t}{A}$$

kde:

- A - plocha patky
- V - zadaná svislá síla ve sloupu
- A_t - plocha znázorněná šrafováním na následujícím obrázku

Dimenzování smykové výztuže - plocha A_t

Program vypočte maximální smykovou sílu V_f v kritickém průřezu, dále pak posouvající sílu přenášenou betonem bez smykové výztuže V_c jako minimum z hodnot (čl. 13.3.4.1):

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) 0.19 \phi_c \sqrt{f'_c} b_o d$$

kde β_c je poměr delší a kratší strany sloupce.

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 0.19\right) \phi_c \sqrt{f'_c} b_o d$$

kde α_s =

- 4 - vnitřní sloup
- 3 - obvodový sloup
- 2 - rohový sloup

$$V_c = 0.38 \phi_c \sqrt{f'_c} b_o d$$

kde

$$\sqrt{f'_c} \leq 8 \text{ MPa}$$

a maximální dovolenou sílu V_{max} (čl. 13.3.9.2):

$$V_{max} = 0.55 \phi_c \sqrt{f'_c} b_o d$$

Pro $V_f < V_c$ průřez vyhovuje bez smykové výztuže.

Pro $V_f > V_c$ a $V_f < V_{max}$ je nutné navrhnout smykovou výztuž. Smyková síla na mezi únosnosti se vypočte podle vztahů (čl. 13.3.9.4):

$$V_s = \left(0.19 \phi_c \sqrt{f'_c} b_o d + A_{vs} f_{yv} \sin \alpha\right)$$

kde:

- b_o - délka kritického průřezu
- α - sklon ohybů
- A_v - celková plocha ohybů v patce

Pro $V_f > V_{max}$ nelze smykovou výztuž navrhnout a je nutné zvětšit výšku průřezu.

Návrh podélné výztuže do desky

Návrh výztuže je proveden na namáhání ohybovým momentem M_f . Výsledkem návrhu je nutná plocha tažené, popřípadě i tlačené výztuže. Dále program zohledňuje podmínky minimálního a maximálního stupně vyztužení v daném průřezu. Nejprve se vypočte poloha neutrální osy průřezu podle vzorce (čl. 10.1):

$$c = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M_f}{0.5 b \alpha_1 f'_c}}}{\beta_1}$$

Je-li poloha neutrální osy menší než mezní dovolená poloha c_{max} , pak program vypočte ploch tažené výztuže A_{st} podle vzorce:

$$A_{st} = \frac{\beta_1 \alpha_1 b c f'_c}{f_y}$$

Je-li poloha neutrální osy větší než mezní dovolená poloha c_{max} , pak program vypočte plochy tlačené A_{sc} tažené výztuže A_{st} podle vzorců:

$$A_{sc} = \frac{M_f - F_{c,max}(d - 0.5\beta_1 c_{max})}{f_y z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} f_y}{f_y}$$

$$F_{c,max} = \beta_1 \alpha_1 b c_{max} f'_c$$

Limitní poloha neutrální osy c_{max} se vypočte podle vztahu (čl. 10.5.2):

$$c_{max} = \frac{700}{700 + f_y} d$$

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů (čl. 10.5.1.2):

$$\rho_{min} = \frac{0.2 \sqrt{f'_c}}{f_y} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

Je-li překročen maximální stupeň vyztužení celého průřezu ρ_{max} , pak program informuje že výztuž do průřezu nelze navrhnout.

Návrh smykové výztuže do desky

Program umožňuje spočítat do desky nutné množství smykové výztuže tvořené třmínky resp. ohyby.

Nejprve program spočte limitní posouvající síly v daném průřezu - posouvající sílu přenášenou betonem V_c (čl. 11.3.4) a maximální dovolenou posouvající sílu V_{max} (čl. 11.3.3).

$$V_f \leq V_r$$

kde

$$V_c = 0.18 \phi_c \sqrt{f'_c} b d_v$$

$$\sqrt{f'_c} \leq 8 \text{ MPa}$$

$$d_v = 0.9d$$

$$V_{r,max} = 0.25 \phi_c f'_c b d_v$$

Pro výztuž tvořenou třmínky se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 11.3.5.1):

$$A_v = \frac{V_f - V_c}{\phi_s f_y d_v}$$

Pro výztuž tvořenou ohyby se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 11.3.5.1):

$$A_v = \frac{V_f - V_c}{\phi_s f_y d_v \sin \alpha}$$

NBR 6118-2014

Nápověda k dimenzování betonových a železobetonových konstrukcí obsahuje následující kapitoly:

- [Materiály, součinitelé, použité značení](#)
- [Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu](#)
- [Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu](#)
- [Posouzení kruhového železobetonového průřezu](#)

- [Posouzení patky na protlačení](#)
- [Návrh podélné výztuže do desky](#)
- [Návrh smykové výztuže do desky](#)

Materiály, součinitelé, použité značení

Norma používá tato označení pro materiálové charakteristiky:

- f_{ck} - charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
 f_{cd} - výpočtová pevnost betonu v tlaku
 f_{ctm} - střední hodnota pevnosti betonu v tahu
 f_{ctd} - výpočtová pevnost betonu v tahu
 f_{yk} - charakteristická pevnost oceli v tahu
 f_{yd} - výpočtová pevnost oceli v tahu

Charakteristická pevnost betonu v tlaku je základním vstupním parametrem určeným třídou betonu - z této veličiny jsou určeny ostatní pevnosti (kap. 8.2).

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$\gamma_c = 1.4$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$$\gamma_s = 1.15$$

pro $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$$E_{ci} = \alpha_E 5600 \sqrt{f_{ck}}$$

pro $f_{ck} > 50 \text{ MPa}$

$$E_{ci} = \alpha_E 21500 \sqrt[3]{0.1 f_{ck} + 1.25}$$

$$\alpha_E = 1$$

$$E_{cs} = \alpha_i E_{ci}$$

$$\alpha_i = 0.8 + 0.2 \frac{f_{ck}}{80} \leq 1$$

$$G = \frac{E_{cs}}{2.4}$$

pro $f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$

$$f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$$

pro $f_{ck} > 50 \text{ MPa}$

$$f_{ctm} = 2.12 \ln(1 + 0.11 f_{ck})$$

Nejčastěji se vyskytující tyto geometrické značky:

- b - šířka průřezu
 h - výška průřezu
 d - účinná výška průřezu
 z - rameno vnitřních sil

Posouzení obdélníkového průřezu z prostého betonu

Průřez je obdélníkový, namáhaný ohybovým momentem M_{Sd} , normálovou silou N_{Sd} (působí v těžišti průřezu) a posouvající silou V_{Sd} . Únosnost průřezu namáhaného momentem se spočte podle vzorce (čl. 24.5.2):

$$M_{Rd} = \frac{bh^2}{6} f_{ctd}$$

kde:

$$f_{ctd} = 0.85(0.7 f_{ctm}) / \gamma_C$$

$$\gamma_C = 1.68$$

Smyková únosnost je počítána podle vzorce (čl. 24.5.2.3, 24.5.5.1):

$$V_{Rd} = \tau_{wRd} A_{cc}$$

kde: A_{cc} - tlačná plocha betonu

$$\tau_{wRd} = 0.3 f_{ctd} \text{ Min} \left(1 + 3 \frac{N_{Sd}}{bh}; 2 \right)$$

Únosnost průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se vypočte podle následujících vztahů podle excentricity normálové síly e (čl. 24.5.2):

Jako větší z hodnot:

$$N_{Rd} = f_{cd} b (h - 2e)$$

$$N_{Rd} = \text{Min} \left(\frac{bh f_{ctd}}{\frac{6e}{h} - 1}; \frac{bh f_{cd}}{\frac{6e}{h} + 1} \right)$$

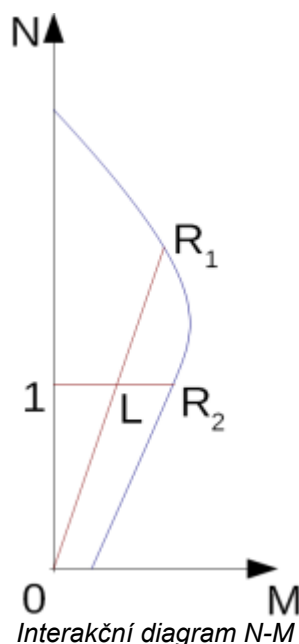
kde:

$$f_{cd} = 0.85 f_{ck} / \gamma_C$$

$$f_{ctd} = 0.85(0.7 f_{ctm}) / \gamma_C$$

$$\gamma_C = 1.68$$

$$e = \left| \frac{M_{Sd}}{N_{Sd}} \right|$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL| / |OR_1|$ nebo $|IL| / |IR_2|$. Kde L je zatížení, R_1 je únosnost při zachování excentricity a R_2 je únosnost při zachování normálové síly.

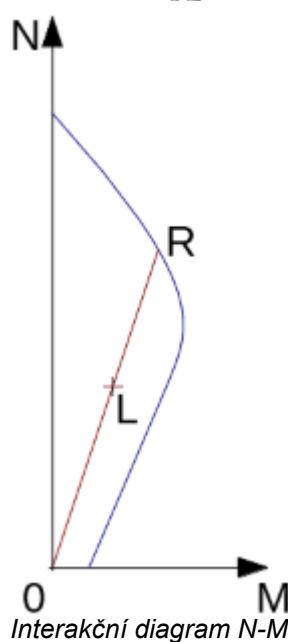
Posouzení obdélníkového železobetonového průřezu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem a tlakovou normálovou silou. Je použita metoda mezních přetvoření (čl. 17.2). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je **0,0035** (čl. 8.2.10.1). Tlačná výztuž se do únosnosti nezapočítává.

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů (čl. 17.3.5.2.1, 17.3.5.2.4, ρ_{min} z tabulky 17.3):

$$\rho_{min} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení prostého ohybu

Průřez je obdélníkový, jednostranně vyztužený, namáhaný ohybovým momentem M_{Sd} .

Moment na mezi únosnosti se spočte podle vztahu (čl. 17.2.2):

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}$$

$$M_{Rd} = \lambda x b \alpha_c f_{cd} (d - 0.5 \lambda x)$$

$$x = \frac{A_s f_{yd}}{\lambda b \alpha_c f_{cd}}$$

$$\lambda = 0.8; f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0.8 - (f_{ck} - 50)/400; f_{ck} > 50 \text{ MPa}$$

$$\alpha_c = 0.85; f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\alpha_c = 0.85[1 - (f_{ck} - 50)/200]; f_{ck} > 50 \text{ MPa}$$

Program dále kontroluje, zda poloha neutrální osy x je menší než mezní poloha neutrální osy x_{max} , která se určí podle vztahu:

$$x_{max} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}} d$$

Posouzení smyku

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_{Rd1} (čl. 17.4.2.2 - Model I):

$$V_{Rd1} = 0.6 f_{ctd} b_w d$$

kde

$$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_C$$

$$f_{ctk,inf} = 0.7 f_{ctm}$$

$$\gamma_C = 1.4$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu V_{Rd2} (čl. 17.4.2.2):

$$V_{Rd2} = 0.27 \alpha_{v2} f_{cd} b_w d$$

$$\alpha_{v2} = (1 - f_{ck}/250)$$

Dále je dopočtena požadovaná plocha výtuže podle vzorce (čl. 17.4.2.2):

$$A_{sw} = \frac{V_{Sd} - V_{Rd1}}{0.9 f_{ywd} d} b$$

Posouzení kruhového železobetonového průřezu

Program posuzuje železobetonovou pilotu metodou mezního přetvoření (čl. 17.2). Maximální poměrné přetvoření betonu v tlaku je 0,0035. Dále program kontroluje stupně vyztužení podle vztahu:

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

- **Sloup** - kontrola pro převládající tlak (čl. 17.3.5.3)

$$\rho = \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

$$\rho_{min} = 0.15 \frac{N_d}{f_{yd} A_c} \geq 0.004$$

$$\rho_{max} = 0.08$$

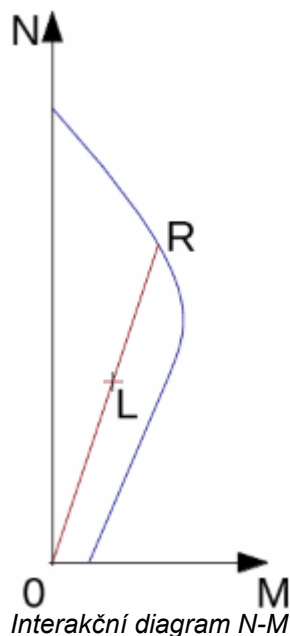
- **Nosník** - kontrola pro převládající ohyb (čl. 17.3.5.2)

$$\rho = 0.5 \frac{4A_s}{\pi d^2}$$

ρ_{min} z tabulky 17.3.

$$\rho_{max} = 0.04$$

kde: d - průměr piloty
 A_s - plocha výtuže



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR|$. Kde L je zatížení a R je únosnost při zachování excentricity.

Posouzení smyku

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

Nejprve program spočte smykovou únosnost betonu V_{Rd1} . Vzorce jsou z čl. 17.4.2.2 - Model I, ve kterém je za šířku průřezu (b_w) dosazeno $0,88d$ a za efektivní výšku (d) dosazeno $0,8 \cdot 0,9d$:

$$V_{Rd1} = 0.6 f_{ctd} 0.6336 d^2$$

kde

$$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_C$$

$$f_{ctk,inf} = 0.7 f_{ctm}$$

$$\gamma_C = 1.4$$

Pokud je překročena únosnost betonu, je zkontrolována maximální dovolená posouvající sílu V_{Rd2} a únosnost průřezu se smykovou výztuží V_{Rd3} (čl. 17.4.2.2):

$$V_{Rd2} = 0.27 \alpha_{v2} f_{cd} 0.6336 d^2$$

$$\alpha_{v2} = (1 - f_{ck}/250)$$

$$V_{Rd3} = V_{Rd1} + \frac{A_{sw} 0.9 f_{ywd} 0.72 d}{s}$$

Posouzení patky na protlačení

Průřez je namáhán zadanými momenty M_{Sdx} , M_{Sdy} a silou F_{Sd} , která se vypočte podle vzorce:

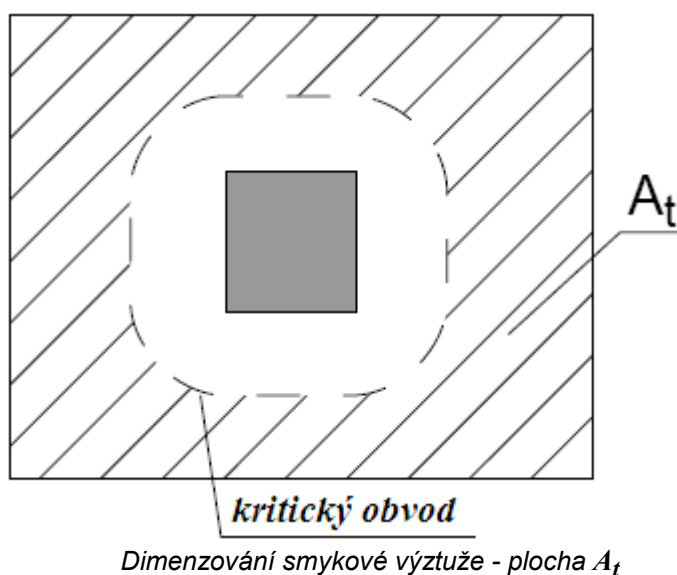
$$F_{Sd} = \frac{V A_t}{A}$$

kde:

A - plocha patky

V - zadaná svislá síla ve sloupu

A_t - plocha znázorněná šrafováním na následujícím obrázku



Program vytváří **kontrolní obvody** ve vzdálenosti " a " $0,5d$ až $2d$ v případě **nevyztuženého základu** $0,5d$ až $4d$ při **použití smykové výztuže** (d je **efektivní výška patky**). Smyková výztuž je uvažována ve vzdálenosti menší než $2d$ od okraje sloupu. Kontrolní obvody jsou konstruovány v intervalech $0,25d$.

V každém kontrolním obvodu je spočteno napětí od zatížení τ_{Sd} pomocí postupu 19.5.2,

$$\tau_{Sd} = \frac{F_{Sd}}{ud} + \frac{K M_{Sd}}{W_p d}$$

$$W_p = \int_0^u |e| dl$$

K se získá z tabulky 19.2

únosnost nevyztuženého průřezu τ_{Rd1} dle 19.5.3.2

$$\tau_{Rd1} = 0.13 (1 + \sqrt{20/d}) (100 \rho f_{ck})^{(1/3)} 2d/a$$

$$\rho = \sqrt{\rho_x \rho_y}$$

a případně únosnost vyztuženého průřezu τ_{Rd3} dle 19.4.2, 15.5.4.

$$\tau_{Rd3} = 0.10(1 + \sqrt{20/d})(100\rho f_{ck})^{(1/3)} 2d/a + 0.75 \frac{A_{sw} f_{ywd} \sin \alpha}{ud}$$

Dále je kontrolována **únosnost tlakové diagonály** na obvodu sloupu τ_{Rd2} dle 19.5.3.1, která je závislá na rozměrech sloupu a tloušťce patky.

$$\tau_{Rd2} = 0.27 \alpha_v f_{cd}$$

$$\alpha_{v2} = (1 - f_{ck}/250)$$

Pro $\tau_{Sd} < \tau_{Rd1}$ průřez vyhovuje bez smykové výztuže.

Pro $\tau_{Sd} > \tau_{Rd1}$ a $\tau_{Sd} < \tau_{Rd2}$ je nutné navrhnout smykovou výztuž.

Pro $\tau_{Sd} > \tau_{Rd2}$ nelze smykovou výztuž navrhnout a je nutné zvětšit výšku průřezu.

Kontrolní průřez s nejhorším poměrem zatížení a únosnosti je považován za kritický a vyznačen v programu.

Návrh podélné výztuže do desky

Návrh výztuže je proveden na namáhání ohybovým momentem M_{Sd} . Výsledkem návrhu je nutná plocha tažené, popřípadě i tlačené výztuže. Dále program zohledňuje podmínky minimálního a maximálního stupně vyztužení v daném průřezu. Nejprve se vypočte poloha neutrální osy průřezu podle vzorce (čl. 17.2):

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{M_f}{0.5b\alpha_c f_{cd}}}}{\lambda}$$

Je-li poloha neutrální osy menší než mezní dovolená poloha x_{max} , pak program vypočte plochu tažené výztuže A_{st} podle vzorce:

$$A_{st} = \frac{\lambda \alpha_c b x f_{cd}}{f_{yd}}$$

Je-li poloha neutrální osy větší než mezní dovolená poloha x_{max} , pak program vypočte plochy tlačené A_{sc} tažené výztuže A_{st} podle vzorců:

$$A_{sc} = \frac{M_{Sd} - F_{c,max}(d - 0.5\lambda x_{max})}{f_{yd} z}$$

$$A_{st} = \frac{F_{c,max} + A_{sc} f_{yd}}{f_{yd}}$$

$$F_{c,max} = \lambda \alpha_c b x_{max} f_{cd}$$

$$\lambda = 0.8; f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\lambda = 0.8 - (f_{ck} - 50)/400; f_{ck} > 50 \text{ MPa}$$

$$\alpha_c = 0.85; f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

$$\alpha_c = 0.85[1 - (f_{ck} - 50)/200]; f_{ck} > 50 \text{ MPa}$$

Limitní poloha neutrální osy x_{max} se vypočte podle vztahu:

$$x_{max} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}} d$$

Také je spočítán stupeň vyztužení a zkontrolována jeho velikost podle vztahů (čl. 17.3.5.2.1, 17.3.5.2.4, ρ_{min} z tabulky 17.3):

$$\rho_{min} < \rho < 0.04 = \rho_{max}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

Je-li překročen maximální stupeň vyztužení celého průřezu ρ_{max} , pak program informuje že výztuž do průřezu nelze navrhnout.

Návrh smykové výztuže do desky

Program umožňuje spočítat do desky nutné množství smykové výztuže tvořené třmínky resp. ohyby.

Nejprve program spočte limitní posouvající síly v daném průřezu - posouvající sílu přenášenou betonem V_{Rd1} (čl. 17.4.2.2 - Model I, 19.4.1) a maximální dovolenou posouvající sílu V_{Rd2} (čl. 17.4.2.2).

$$V_{Sd} \leq V_{Rd}$$

kde

$$V_{Rd1} = \tau_{Rd} k (1.2 + 40 \rho_1) b_w d$$

$$\tau_{Rd} = 0.25 f_{ctd}$$

$$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_C$$

$$f_{ctk,inf} = 0.7 f_{ctm}$$

$$\gamma_C = 1.4$$

$$V_{Rd2} = 0.27 \alpha_{v2} f_{cd} b_w d$$

$$\alpha_{v2} = (1 - f_{ck}/250)$$

Pro výztuž tvořenou třmínky se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 17.4.2.2):

$$A_{sw} = \frac{V_{Sd} - V_{Rd1}}{0.9 f_{ywd} d}$$

Pro výztuž tvořenou ohyby se nutná plocha výztuže spočte podle vzorce (čl. 17.4.2.2):

$$A_{sw} = \frac{V_{Sd} - V_{Rd1}}{0.9 f_{ywd} d \sin \alpha}$$

Dimenzování ocelových průřezů

Posouzení ocelových průřezů pažení se provádí pro dva případy zatížení:

1. pro maximální hodnotu ohybového momentu a odpovídající posouvající sílu ($M_{max} + Q$)
2. pro maximální hodnotu posouvající síly a odpovídající ohybový moment ($Q_{max} + M$)

Do posouzení v obou případech zatížení přistupuje ještě vliv normálové síly, která se zadává zvlášť. Její hodnota je pro oba zatěžovací případy shodná. Vnitřní síly jsou před výpočtem ještě přenásobeny výpočtovým součinitelem namáhání průřezu. Tento součinitel vyjadřuje míru nejistoty stanovení teoretických hodnot vnitřních sil a vnáší do výpočtu s teoreticky stanovenými hodnotami jistou bezpečnost. Hodnota tohoto součinitele je určena výhradně uživatelem.

Program "**Pažení posudek**" používá pro dimenzování ocelových průřezů následující způsoby výpočtu:

- Posouzení podle EN 1993-1-1 (EC 3)
- Posouzení podle ČSN 73 1401
- Posouzení podle stupně bezpečnosti
- Posouzení podle teorie mezních stavů
- Posouzení podle GB 50017-2003

Každý průřez je posuzován na tři druhy namáhání:

1. Posouzení ohybového momentu a normálové síly

Provádí se posudek normálového napětí σ na okraji průřezu, daného vztahem:

$$\sigma = \frac{M}{W} + \frac{N}{A}$$

kde:

M	- ohybový moment
W	- elastický průřezový modul
N	- normálová síla
A	- průřezová plocha

2. Posouzení smyku

Provádí se posudek smykového napětí τ v těžišti průřezu, daného vztahem:

$$\tau = \frac{QS}{It}$$

kde:

Q	- posouvající síla
S	- statický moment průřezu
I	- moment setrvačnosti
t	- šířka průřezu (tloušťka) v jeho těžišti

3. Posouzení rovinné napjatosti při kombinaci napětí σ_I a τ_I v místě nejnepříznivějšího namáhání

Ekvivalentní napětí při rovinné napjatosti se stanovuje podle vztahu:

$$\sigma_k = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}$$

Všechna posouzení se provádějí za předpokladu elastického (pružného) působení materiálu, s plasticitou se nepočítá.

Posouzení ocelových I-profilů pažení

Vnitřní síly se v programu Pažení posudek počítají na 1 **bm** šířky konstrukce, z výpočtu tedy obdržíme hodnoty posouvajících sil Q v **kN/m** a ohybových momentů M v **kNm/m**. Pro dimenzování jednotlivých I-profilů jsou tyto spočtené vnitřní síly před samotným posouzením automaticky přenásobeny jejich osovou vzdáleností a [m], abychom získali jejich hodnoty v těžišti průřezu, tj. posouvající síly Q v **kN** a ohybové momenty M v **kNm**. Normálové napětí σ se posuzuje na vnějším líci přírub. Smykové napětí τ se posuzuje v těžišti, tedy uprostřed výšky stěny. Rovinná napjatost σ_k se posuzuje na stěně, v místě napojení příruby (řez 1).

Posouzení štětovnicové stěny

Posouzení se provádí pro úsek stěny o jednotkové délce. Všechny průřezové charakteristiky jsou tedy stanoveny nikoliv pro jednotlivou štětovnici, ale pro úsek stěny o jednotkové délce. Normálové napětí σ se posuzuje na vnějším líci hřbetů štětovnic. Smykové napětí τ se posuzuje v těžišti stěny, tedy pro štětovnice tvaru **U** v místě zámků a pro štětovnice tvaru **Z** uprostřed šikmých stěn štětovnic. Rovinná napjatost σ_k se posuzuje na stěnách štětovnic, v místech napojení hřbetů štětovnic (řez 1).

Posouzení podle EN 1993-1-1 (EC 3)

Posouzení ohybu a namáhání normálovou silou

Únosnost v ohybu je dána vztahem:

$$M_{c,Rd} = \frac{W f_y}{\gamma_{M0}}$$

kde:

W	- elastický modul průřezu
f_y	- mez kluzu oceli
γ_{M0}	- dílčí součinitel únosnosti průřezu

Únosnost na normálovou sílu je dána vztahem:

$$N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}}$$

kde:

A	- plocha průřezu
f_y	- mez kluzu oceli
γ_{M0}	- dílčí součinitel únosnosti průřezu

Hodnoty ohybového momentu a normálové síly se posuzují podle vztahu:

$$\frac{M}{M_{c,Rd}} + \frac{N}{N_{c,Rd}} \leq 1,0$$

a hodnota využití je dána výrazem:

$$\left(\frac{M}{M_{c,Rd}} + \frac{N}{N_{c,Rd}} \right) 100\%$$

Posouzení smyku

Únosnost ve smyku je dána vztahem:

$$V_{c,Rd} = \frac{I t}{S} \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$$

kde:	I	- moment setrvačnosti průřezu
	t	- tloušťka řezu v těžišti průřezu
	S	- statický moment průřezu
	f_y	- mez kluzu oceli
	γ_{M0}	- dílčí součinitel únosnosti průřezu

Smyková síla se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{Q}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$$

a hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{Q}{V_{c,Rd}} 100\%$$

Posouzení rovinné napjatosti

Rovinná napjatost se posuzuje podle následující podmínky:

$$\left(\frac{\sigma_1}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + 3 \left(\frac{\tau_1}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 \leq 1,0$$

kde:	σ_1	- normálové napětí
	τ_1	- smykové napětí

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_1}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + 3 \left(\frac{\tau_1}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2} 100\%$$

Literatura:

Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a obecná pravidla pro pozemní stavby.

Posouzení podle ČSN 73 1401

Norma ČSN 73 1401 (z roku 1998) používá jako charakteristiku materiálu výpočtovou pevnost oceli R_d . Pokud tato hodnota není pro použitou ocel přímo stanovena, dopočítává se z meze kluzu oceli podle vztahu:

$$R_d = R_y / \gamma_m$$

kde:	γ_m	- součinitel materiálu, který má hodnotu 1,15 pro $R_y \leq 300 \text{ MPa}$ a 1,25 pro $R_y > 300 \text{ MPa}$
------	------------	---

Posouzení ohybu

Normálové napětí σ od ohybu se posuzuje podle vztahu:

$$\sigma \leq R_d$$

a hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\sigma}{R_d} 100\%$$

Posouzení smyku

Smykové napětí τ se posuzuje podle vztahu:

$$\tau \leq 0,6 R_d$$

a hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\tau}{0,6 R_d} 100\%$$

Posouzení rovinné napjatosti

Rovinná napjatost se posuzuje podle následující podmínky:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq 1,1R_d$$

kde: σ_I - normálové napětí
 τ_I - smykové napětí v posuzovaném řezu

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}}{1,1R_d} 100\%$$

Literatura:

ČSN 73 1401 (1998): *Navrhování ocelových konstrukcí.*

Posouzení podle stupně bezpečnosti

Posouzení ohybu

Normálové napětí σ od ohybu se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{f_y}{\sigma} \geq SF_s$$

kde: f_y - mez kluzu oceli
 SF_s - zadaný stupeň bezpečnosti

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{SF_s}{f_y/\sigma} 100\%$$

Posouzení smyku

Smykové napětí τ se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{f_y}{\sqrt{3}\tau} \geq SF_s$$

a hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{SF_s}{f_y/(\sqrt{3}\tau)} 100\%$$

Posouzení rovinné napjatosti

Rovinná napjatost se posuzuje podle následujících podmínek:

$$\frac{f_y}{\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}} \geq SF_s$$

kde: σ_I - normálové napětí
 τ_I - smykové napětí v posuzovaném řezu

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{SF_s}{f_y/\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}} 100\%$$

Posouzení podle teorie mezních stavů

Při výpočtu podle teorie mezních stavů se mez kluzu oceli f_y redukuje součinitelem spolehlivosti materiálu γ_{ss} .

Posouzení ohybu

Normálové napětí σ od ohybu se posuzuje podle vztahu:

$$\sigma \leq \frac{f_y}{\gamma_{ss}}$$

a hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\sigma}{f_y / \gamma_{ss}} 100\%$$

Posouzení smyku

Smykové napětí τ se posuzuje podle vztahu:

$$\tau \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{ss}}$$

a hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\tau}{f_y / \sqrt{3} \gamma_{ss}} 100\%$$

Posouzení rovinné napjatosti

Rovinná napjatost se posuzuje podle následující podmínky:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_{ss}}$$

kde: σ_I - normálové napětí
 τ_I - smykové napětí v posuzovaném řezu

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2}}{f_y / \gamma_{ss}} 100\%$$

Posouzení podle GB 50017-2003

Norma GB 50017-2003 používá jako charakteristiku materiálu výpočtovou pevnost oceli v tlaku, tahu a ohybu f a ve smyku f_v . Pokud tyto hodnoty nejsou pro použitou ocel přímo stanoveny, dopočítávají se z meze kluzu oceli f_y podle vztahů:

$$f = \frac{f_y}{\gamma_R}$$

$$f_v = \frac{f}{\sqrt{3}}$$

kde: γ_R - součinitel pevnosti materiálu, který má hodnotu 1,087 pro $f_y \leq 240 \text{ MPa}$ a 1,111 pro $f_y > 240 \text{ MPa}$

Posouzení ohybu a namáhání normálovou silou

Namáhání ohybem a normálovou silou se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{M}{\gamma_x W} + \frac{N}{A} \leq f$$

kde: A - plocha průřezu
 W - elastický modul průřezu
 γ_x - součinitel vlivu plasticity průřezu
 f - výpočtová pevnost oceli

Součinitel vlivu plasticity průřezu γ_x závisí na tvaru průřezu. Pro I-průřezy, šetovnice i pažnice je uvažována hodnota $\gamma_x = 1,05$. Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\frac{M}{\gamma_x W} + \frac{N}{A}}{f} 100\%$$

Posouzení smyku

Smykové napětí τ se posuzuje podle vztahu:

$$\tau \leq f_v$$

a hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\tau}{f_v} 100\% /_o$$

Posouzení rovinné napjatosti

Rovinná napjatost se posuzuje podle následující podmínky:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \leq \beta_1 f$$

kde:

- σ_I - normálové napětí
- τ_I - smykové napětí v posuzovaném řezu
- β_1 - součinitel zvýšení pevnosti, který zde má hodnotu 1,1

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}}{\beta_1 f} 100\% /_o$$

Dimenzování betonového průřezu vyztuženého ocelovým profilem

Posouzení betonového průřezu vyztuženého ocelovým profilem se provádí pro dva případy zatížení:

1. pro maximální hodnotu ohybového momentu a odpovídající posouvající sílu ($M_{max} + Q$)
2. pro maximální hodnotu posouvající síly a odpovídající ohybový moment ($Q_{max} + M$)

Do posouzení v obou případech zatížení přistupuje ještě vliv normálové síly, která se zadává zvlášť. Její hodnota je pro oba zatěžovací případy shodná. Vnitřní síly jsou před výpočtem ještě přenásobeny výpočtovým součinitelem namáhání průřezu. Tento součinitel vyjadřuje míru nejistoty stanovení teoretických hodnot vnitřních sil a vnáší do výpočtu s teoreticky stanovenými hodnotami jistou bezpečnost. Hodnota tohoto součinitele je určena výhradně uživatelem.

Posouzení průřezů pažení

Vnitřní síly se v programu "**Pažení posudek**" počítají na 1 *bm* šířky konstrukce, z výpočtu tedy obdržíme hodnoty posouvajících sil Q v *kN/m* a ohybových momentů M v *kNm/m*. Pro dimenzování jednotlivých průřezů jsou tyto spočtené vnitřní síly před samotným posouzením automaticky přenásobeny jejich osovou vzdáleností a [*m*], abychom získali jejich hodnoty v těžišti průřezu, tj. posouvající síly Q v *kN* a ohybové momenty M v *kNm*.

Program provádí dimenzování betonového průřezů s ocelovým profilem pouze **podle EN 1994-1-1**.

Posouzení podle EN 1994-1-1

Norma EN 1994-1-1 se při posudku betonového průřezu vyztuženého ocelovým profilem odvolává na normy EC2 a EC3. Dílčí únosnosti ocelových částí průřezu se tedy počítají podle EN 1993-1-1 a dílčí únosnosti betonových částí podle EN 1992-1-1, resp. EN 1992-2.

Posouzení smyku

Únosnost průřezu ve smyku je dána součtem:

$$V_{Rd} = V_{pl,a,Rd} + V_{Rd,c}$$

kde:

- $V_{pl,a,Rd}$ - návrhová únosnost ocelového průřezu ve smyku
- $V_{Rd,c}$ - smyková únosnost betonové části průřezu

$V_{pl,a,Rd}$ je dána podle EN 1993-1-1, kap. 6.2.6 vztahem:

$$V_{pl,a,Rd} = A_V f_{yd} / \sqrt{3}$$

kde:

- A_V - smyková plocha ocelového průřezu
- f_{yd} - návrhová pevnost oceli

$V_{Rd,c}$ je dána podle EN 1992-1-1, kap. 6.2 vztahy:

$$V_{Rd,c} = \left[0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d[\text{mm}]}} \leq 2.0$$

kde:	f_{ck}	- charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku
	k_1	- součinitel s doporučenou hodnotou 0,15
	σ_{cp}	- napětí betonu v tlaku
	b_w	- šířka průřezu
	d	- výška průřezu

Smyková únosnost se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{Q}{V_{Rd}} \leq 1.0$$

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{Q}{V_{Rd}} 100\%$$

Pokud je hodnota využití na smyk vyšší než 50%, počítá se v dalších posudcích na tlak a ohyb s redukovanou hodnotou návrhové pevnosti oceli $(1-\rho) f_{yd}$ na těch částech ocelového průřezu, které přenášejí smyk. Součinitel redukce je dán vztahem

$$\rho = (2Q/V_{Rd} - 1)^2$$

Posouzení tlaku

Únosnost průřezu v tlaku se počítá podle EN 1994-1-1, kap. 6.7.3.2. Únosnost se počítá s vlivem redukce návrhové pevnosti oceli kvůli namáhání smykem. U betonové části průřezu vně ocelového profilu se počítá s redukovanou pevností betonu a v části, kde beton vyplňuje uzavřený průřez, se počítá s plnou hodnotou pevnosti betonu. Únosnost průřezu v tlaku je počítána následovně:

$$N_{pl,Rd} = (A_a - \rho A_V) f_{yd} + (0,85 A_{1,c} + A_{2,c}) f_{cd}$$

kde:	A_a	- plocha ocelového průřezu
	ρ	- součinitel redukce pevnosti oceli vlivem smyku
	A_V	- smyková plocha ocelového průřezu
	f_{yd}	- návrhová hodnota pevnosti oceli
	$A_{1,c}$	- plocha betonu vně ocelového průřezu
	$A_{2,c}$	- plocha betonu uvnitř ocelového průřezu
	f_{cd}	- návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku

Tlaková únosnost se posuzuje podle vztahu:

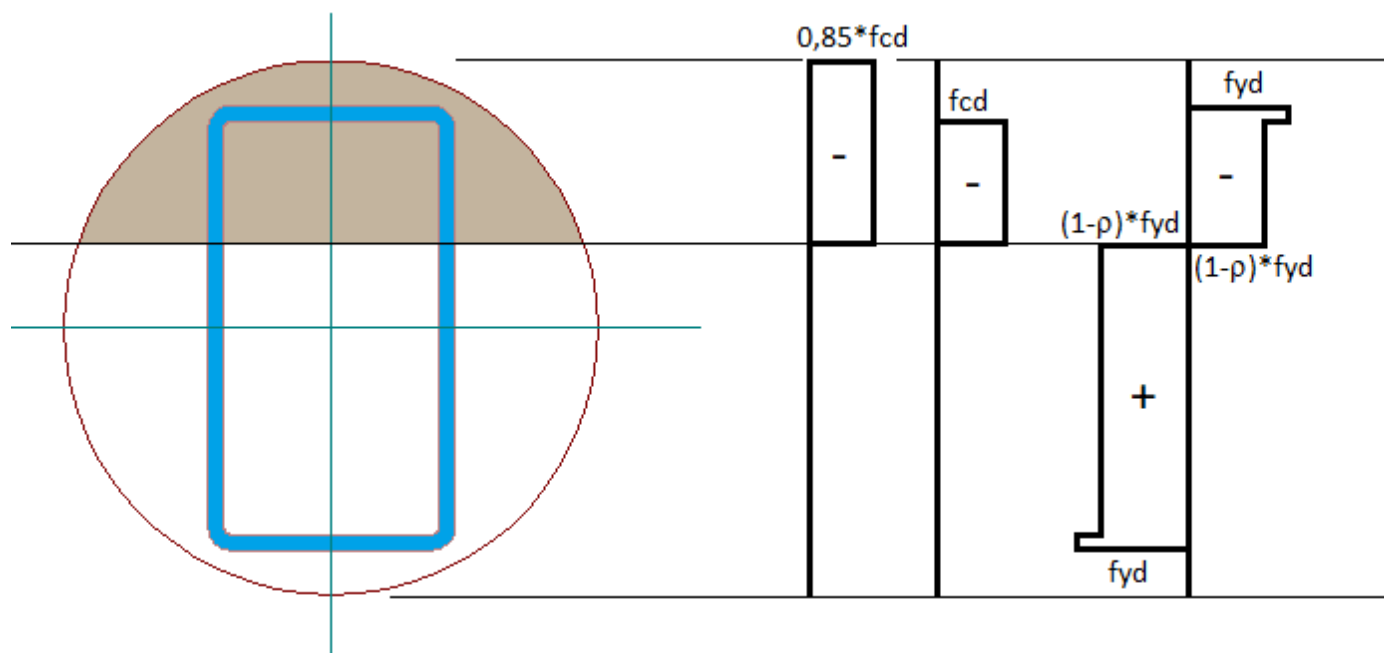
$$\frac{N}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0$$

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{N}{N_{pl,Rd}} 100\%$$

Posouzení ohybu

Únosnost průřezu v ohybu se určuje z interakčního diagramu v souladu s EN 1994-1-1, kap. 6.7.3.2, čl. (5). Mezními hodnotami interakčního diagramu jsou únosnost v tlaku $N_{pl,Rd}$ a únosnost v čistém ohybu $M_{pl,Rd}$. Vychází se z předpokladu, že beton nepůsobí v tahu a předpokládá se průběh napětí podle teorie plasticity. Schéma působení napětí pro stanovení momentu $M_{pl,Rd}$ je znázorněno na obrázku. Na betonové části vně ocelového průřezu se počítá s redukovanou hodnotou pevnosti $0,85 f_{cd}$, u betonu uvnitř ocelového průřezu se počítá s plnou pevností f_{cd} . Na částech ocelového průřezu, které přenášejí smyk, se uvažuje redukováná pevnost oceli $(1-\rho) f_{yd}$ a na ostatních částech plná pevnost f_{yd} . S pomocí výchozích hodnot $N_{pl,Rd}$ a $M_{pl,Rd}$ se vypočítá interakční diagram a z něj se pro působící normálovou sílu N stanoví odpovídající hodnota momentové únosnosti $M_{pl,N,Rd}$.

Schéma pro stanovení momentové únosnosti $M_{pl,Rd}$

Únosnost v ohybu se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{M}{M_{pl,N,Rd}} \leq \alpha_M$$

Součinitel α_M má hodnotu 0,9 pro ocel s mezí kluzu $f_y < 400$ MPa a hodnotu 0,8 pro ocel s mezí kluzu $f_y \geq 400$ MPa.

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{M}{\alpha_M M_{pl,N,Rd}} 100\%$$

Dimenzování dřevěných průřezů

Posouzení dřevěných průřezů pažení se provádí pro zatížení vypočteným ohybovým momentem, normálovou silou a posouvající silou. Posudek se provádí pro vybrané zatížení nebo se počítá obálka zadaných zatížení, kdy se vybírá rozhodující ze zatížení, pro něž vychází nejvyšší hodnota využití průřezu.

Programy pro návrh a posouzení pilot používají pro dimenzování dřevěných průřezů následující způsoby výpočtu:

- Posouzení podle EN 1995-1-1 (EC 5)
- Posouzení podle stupně bezpečnosti
- Posouzení podle teorie mezních stavů

Každý průřez je posuzován na dva druhy namáhání:

1. Posouzení ohybového momentu a normálové síly

Provádí se posudek normálového napětí σ_m od ohybového momentu na okraji průřezu, daného vztahem:

$$\sigma_m = \frac{M}{W}$$

kde: M - ohybový moment
 W - elastický průřezový modul

a normálového napětí σ_n od osové síly daného vztahem:

$$\sigma_n = \frac{N}{A}$$

kde: N - normálová síla
 A - průřezová plocha

Normálová síla může být tah nebo tlak.

2. Posouzení smyku

Provádí se posudek smykového napětí τ v těžišti průřezu, daného vztahem:

$$\tau = \frac{QS}{It}$$

kde:

Q	- posouvající síla
S	- statický moment průřezu
I	- moment setrvačnosti
t	- tloušťka průřezu v těžišti

Posouzení podle EN 1995-1-1, Eurokód EC5

Posouzení kombinace tlaku a ohybu

Návrhová pevnost dřeva v ohybu je dána vztahem:

$$f_{m,d} = k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$$

kde:

$f_{m,k}$	- charakteristická pevnost dřeva v ohybu
k_{mod}	- modifikační součinitel vlivu trvání zatížení a vlhkosti
γ_M	- dílčí součinitel vlastností dřeva

Návrhová pevnost dřeva v tlaku je dána vztahem:

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \frac{f_{c,k}}{\gamma_M}$$

kde:

$f_{c,k}$	- charakteristická pevnost dřeva v tlaku
k_{mod}	- modifikační součinitel vlivu trvání zatížení a vlhkosti
γ_M	- dílčí součinitel vlastností dřeva

Namáhání kombinací tlaku a ohybu se posuzuje podle vztahu:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

kde:

$\sigma_{c,0,d}$	- návrhové napětí v tlaku
$\sigma_{m,d}$	- návrhové napětí v ohybu

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\left[\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \right] 100\%$$

Posouzení kombinace tahu a ohybu

Návrhová pevnost dřeva v tahu je dána vztahem:

$$f_{t,d} = k_{mod} \frac{f_{t,k}}{\gamma_M}$$

kde:

$f_{t,k}$	- charakteristická pevnost dřeva v tahu
k_{mod}	- modifikační součinitel vlivu trvání zatížení a vlhkosti
γ_M	- dílčí součinitel vlastností dřeva

Namáhání kombinací tahu a ohybu se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

kde:

$\sigma_{t,0,d}$	- návrhové napětí v tahu
------------------	--------------------------

$\sigma_{m,d}$ - návrhové napětí v ohybu

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\left(\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \right) 100\%$$

Posouzení smyku

Návrhová pevnost dřeva ve smyku je dána vztahem:

$$f_{v,d} = k_{mod} \frac{f_{v,k}}{\gamma_M}$$

kde: $f_{v,k}$ - charakteristická pevnost dřeva ve smyku
 k_{mod} - modifikační součinitel vlivu trvání zatížení a vlhkosti
 γ_M - dílčí součinitel vlastností dřeva

Namáhání smykem se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{\tau_d}{k_{cr}} \leq f_{v,d}$$

kde: τ_d - návrhové napětí ve smyku
 k_{cr} - součinitel účinné šířky průřezu ve smyku, zohledňující vliv trhlin

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\tau_d}{k_{cr} f_{v,d}} 100\%$$

Posouzení podle stupně bezpečnosti

Posouzení namáhání ohybem a normálovou silou

Namáhání kombinací normálové síly a ohybu se posuzuje podle vztahu:

$$\left(\frac{\sigma_n}{f_n} + \frac{\sigma_m}{f_m} \right)^{-1} \geq SF_s$$

kde: σ_n - napětí od normálové síly (tlakové nebo tahové)
 σ_m - napětí v ohybu
 f_n - pevnost dřeva v tlaku, resp. v tahu
 f_m - pevnost dřeva v ohybu
 SF_s - daný stupeň bezpečnosti

Hodnota využití je dána výrazem:

$$SF_s \left(\frac{\sigma_n}{f_n} + \frac{\sigma_m}{f_m} \right) 100\%$$

Posouzení smyku

Smykové napětí τ se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{f_v}{\tau} \geq SF_s$$

kde: f_v - pevnost dřeva ve smyku

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{SF_s}{f_v / \tau} 100\%$$

Posouzení podle teorie mezních stavů

Při výpočtu podle teorie mezních stavů se pevnosti dřeva redukuje součinitelem spolehlivosti materiálu γ_s .

Posouzení namáhání ohybem a normálovou silou

Namáhání kombinací normálové síly a ohybu se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{\sigma_n}{f_n/\gamma_s} + \frac{\sigma_m}{f_m/\gamma_s} \leq 1$$

kde:

σ_n	- napětí od normálové síly (tlakové nebo tahové)
σ_m	- napětí v ohybu
f_n	- pevnost dřeva v tlaku, resp. v tahu
f_m	- pevnost dřeva v ohybu

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\left(\frac{\sigma_c}{f_c/\gamma_s} + \frac{\sigma_m}{f_m/\gamma_s} \right) 100\%$$

Posouzení smyku

Smykové napětí τ se posuzuje podle vztahu:

$$\tau \leq \frac{f_v}{\gamma_s}$$

kde: f_v - pevnost dřeva ve smyku

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\tau}{f_v/\gamma_s} 100\%$$

Dimenzování zděných konstrukcí

Podle následujících norem lze dimenzovat zděné konstrukce:

- Dimenzování vyztužené zdi podle AS 3700
- Dimenzování vyztužené zdi podle EN 1996-1-1
- Dimenzování tížné zdi - kamenné zdivo podle EN 1996-1-1
- Dimenzování tížné zdi - kamenné zdivo podle GB 50003-2011
- Dimenzování tížné zdi - kamenné zdivo podle JTG D61-2005

Dimenzování vyztužené zdi podle AS 3700

Vyztužené zdivo je posuzováno na namáhání ohybovým momentem, posouvající silou a kombinací tlakové normálové síly a ohybového momentu. Při zatížení normálovou silou je nutné zadat koeficient vzpěru S_r .

Posouzení na tlak a ohyb

$$F_d \leq 0,85 \cdot \phi \cdot k_s (f'_m \cdot A_b + f_{sy} \cdot A_s)$$

$$f'_m = 0,35 \cdot f'_{mb}$$

$$f'_{mb} = 1,3 \cdot \sqrt{f'_{uc}}$$

kde:

F_d	- normálová síla
ϕ	- redukční faktor - 0,75
k_s	- redukční faktor vzpěru 1,18 - 0,03 * S_r , ale ne více než 1,0
f'_{uc}	- pevnost zdiva v tlaku
f'_m	- výpočtová pevnost zdiva v tlaku
A_b	- plocha průřezu
f_{sy}	- pevnost výztuže v tahu
A_s	- celková plocha oceli v průřezu

Posouzení na ohyb

$$M_d \leq \phi \cdot f_{sy} \cdot A_{sd} \cdot d \left(1 - \frac{0,6 \cdot f_{sy} \cdot A_{sd}}{1,3 \cdot f'_m \cdot d} \right)$$

$$f'_m = 0,35 \cdot f'_{mb}$$

$$f'_{mb} = 1,3 \cdot \sqrt{f'_{uc}}$$

kde:

- M_d - ohybový moment
- ϕ - redukční faktor - 0,75
- f_{sy} - pevnost výztuže v tahu
- A_{sd} - plocha dostatečně kotvené tahové výztuže - menší než:

$$\frac{0,29 \cdot 1,3 \cdot f'_m \cdot d}{f_{sy}}$$
- f'_m - výpočtová pevnost zdiva v tlaku
- d - efektivní výška průřezu
- f'_{uc} - pevnost zdiva v tlaku

Posouzení na smyk

$$V_d \leq \phi \cdot (f'_{vm} \cdot d + f_{sv} \cdot A_{st})$$

ale ne více než:

$$4 \cdot \phi \cdot f'_{vm} \cdot d$$

kde:

- V_d - posouvající síla
- ϕ - redukční faktor - 0,75
- f'_{vm} - smyková pevnost zdiva - 0,35 MPa
- d - efektivní výška průřezu
- f_{sv} - smyková pevnost výztuže - 17,5 MPa
- f_{sy} - pevnost výztuže v tahu
- A_{st} - plocha dostatečně kotvené tahové výztuže

Dimenzování vyztužené zdi podle EN 1996-1-1

Vyztužené zdivo je posuzováno na namáhání kombinací tlakové normálové síly a ohybového momentu a na namáhání posouvající silou.

Posouzení na tlak a ohyb

Předpoklady výpočtu (Kapitola 6.6):

- rovinné průřezy zůstávají rovinné
- poměrná přetvoření výztuže jsou stejná jako poměrná přetvoření přilehlého zdiva
- pevnost zdiva v tlaku se rovná nule
- mezní poměrné přetvoření zdiva v tlaku je 0,0035
- mezní poměrné přetvoření výztuže v tahu je 0,01
- průběh vztahu mezi napětím a poměrným přetvořením zdiva se uvažuje parabolickoobdélníkový
- průběh vztahu mezi napětím a poměrným přetvořením výztuže se uvažuje jako omezený s horní vodorovnou větví
- vlastnosti výplňového betonu jsou uvažovány stejné jako vlastnosti zdiva (je potřeba zadat horší z materiálů)
- návrhová pevnost zdiva (betonu) se určí pomocí vztahu:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M}$$

kde:

- f_k - charakteristická pevnost zdiva (betonu)
- γ_M - 1,8

- pokud je štíhlostní poměr určený jako podíl výšky a šířky zdi větší než 12, je vliv účinků II. řádu uvažován přídatným návrhovým ohybovým momentem určeným pomocí vztahu:

$$M_{ad} = \frac{N_{Ed} h_{ef}^2}{2000t}$$

kde:

- N_{Ed} - návrhová hodnota normálové síly
- h_{ef} - vzpěrná výška stěny

t - tloušťka stěny

- pokud je štíhlostní poměr větší než 27, není možné provést výpočet a je potřeba změnou geometrie dosáhnout příznivějšího štíhlostního poměru

Posouzení na smyk

Kapitola 6.7, Příloha J

$$V_{Ed} \leq f_{vd} t l$$

$$f_{vd} = \frac{\text{Min}(f_{vk} + 17.5\rho, 0.7)}{\gamma_M}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d}$$

kde:

V_{Ed}	- návrhová hodnota posouvající síly
f_{vd}	- návrhová hodnota pevnosti zdiva (betonu) ve smyku
ρ	- stupeň vyztužení podélnou výztuží
t	- tloušťka stěny
l	- délka stěny - 1 bm

Dimenzování tížné zdi - kamenné zdivo podle EN 1996-1-1

Kamenné zdivo je posuzováno na namáhání kombinací tlakové normálové síly a ohybového momentu a na namáhání posouvající silou.

Posouzení na tlak a ohyb

Kapitola 6.1.2.1

$$N_{Ed} \leq N_{Rd}$$

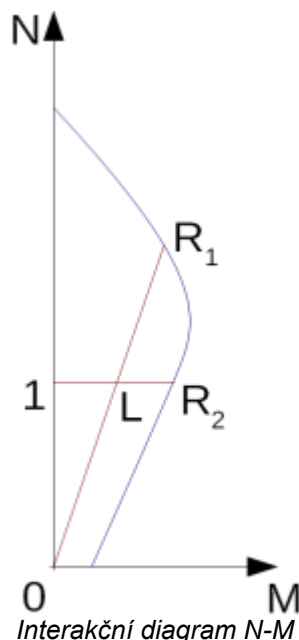
$$N_{Rd} = A_c f_k / \gamma_M$$

$$A_c = b h \left(1 - 2 \frac{e}{h} \right)$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$

kde:

N_{Ed}	- návrhová hodnota normálové síly
N_{Rd}	- tlaková únosnost
A_c	- plocha tlačené části průřezu
f_k	- charakteristická hodnota tlakové pevnosti zdiva
γ_M	- dílčí součinitel materiálu
b	- šířka průřezu
h	- výška průřezu
e	- excentricita
M_{Ed}	- návrhová hodnota ohybového momentu



Využití průřezu namáhaného momentem a normálovou silou se určí jako podíl délek úseček $|OL|/|OR_1|$ nebo $|IL|/|IR_2|$. Kde L je zatížení, R_1 je únosnost při zachování excentricity a R_2 je únosnost při zachování normálové síly.

Posouzení na smyk

Kapitola 6.2

$$V_{Ed} \leq V_{Rd}$$

$$V_{Rd} = A_c f_{vk} / \gamma_M$$

$$f_{vk} = \text{Min} \left(f_{vko} + 0.4 \frac{N_{Ed}}{A_c}; 0.065 f_b \right)$$

kde:

- V_{Ed} - návrhová hodnota posouvající síly
- V_{Rd} - smyková únosnost
- f_{vk} - charakteristická hodnota smykové pevnosti zdiva
- f_{vko} - charakteristická hodnota počáteční smykové pevnosti zdiva
- f_b - tlaková pevnost zdícího prvku

Dimenzování tížné zdi - kamenné zdivo podle GB 50003-2011

Kamenné zdivo je posuzováno na namáhání kombinací tlakové normálové síly a ohybového momentu a na namáhání posouvající silou.

Posouzení na tlak a ohyb

Návrhová situace bez zemětřesení (Kap. 5.1.1):

$$\gamma_0 N \leq \varphi f A$$

Návrhová situace se zemětřesením (Kap. 10.1):

$$N \leq \varphi f A / \gamma_{RE}$$

kde:

- γ_0 - součinitel důležitosti budovy
- N - návrhová hodnota normálové síly
- f - návrhová hodnota tlakové pevnosti zdiva
- A - plocha průřezu
- φ - součinitel vlivu excentricity a tloušťky konstrukce
- γ_{RE} - součinitel pro zemětřesení

φ je určen:

Když $\beta \leq 3$ (Kap. D.0.1-1)

$$\varphi = \frac{1}{1 + 12 \left(\frac{e}{B} \right)^2}$$

Když $\beta > 3$ (Kap. D.0.1-2, D.0.1-3)

$$\varphi = \frac{1}{1 + 12 \left[\frac{e}{B} + \sqrt{\frac{1}{12} \left(\frac{1}{\varphi_0} - 1 \right)} \right]^2}$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{1 + \alpha \beta^2}$$

kde:

- e - excentricita
- B - tloušťka průřezu
- φ_0 - součinitel tlaku
- α - součinitel pevnosti malty
- β - štíhlostní poměr

β je učen:

$$\beta = \gamma_\beta \frac{2H}{B}$$

$$\varphi_0 = \frac{1}{1 + \alpha \beta^2}$$

kde:

- γ_β - koeficient typu materiálu
- H - výška konstrukce

Posouzení na smyk

Návrhová situace bez zemětřesení (Kap. 5.5.1-1):

$$\gamma_0 V \leq (f_v + \alpha \mu \sigma_0) A$$

Návrhová situace se zemětřesením (Kap. 10.1):

$$V \leq (f_v + \alpha \mu \sigma_0) A / \gamma_{RE}$$

Když $\gamma_G \leq 1,2$ (Kap. 5.5.1-2):

$$\mu = 0.26 - 0.082 \frac{\text{Min}(0.8f; \sigma_0)}{f}$$

Když $\gamma_G \geq 1,35$ (Kap. 5.5.1-3):

$$\mu = 0.23 - 0.065 \frac{\text{Min}(0.8f; \sigma_0)}{f}$$

Mezilehlé hodnoty jsou interpolovány.

kde:

- γ_0 - součinitel důležitosti budovy
- V - návrhová hodnota smykové síly
- f_v - návrhová hodnota smykové pevnosti zdiva
- A - plocha průřezu
- σ_0 - průměrná hodnota tlakového napětí po průřezu
- f - návrhová hodnota tlakové pevnosti zdiva
- γ_G - dílčí součinitel pro stálé zatížení
- α - opravný součinitel; když $\gamma_G \leq 1,2$: $\alpha = 0,64$; $\gamma_G \geq 1,35$: $\alpha = 0,66$ Mezilehlé hodnoty jsou interpolovány
- μ - součinitel vlivu zatížení smykem a tlakem
- γ_{RE} - součinitel pro zemětřesení

Dimenzování plastových štetovnic

Posouzení vinylových profilů

Pro pažení z vinylových profilů se provádí posouzení únosnosti na ohyb a na smyk. Ohyb se posuzuje na působení maximálního momentu M_{max} , u smyku se posuzuje působení normálové síly Q_{max} . Hodnoty vnitřních sil jsou stanoveny na jednotku délky pažení.

Spočtené vnitřní síly jsou před výpočtem ještě přenásobeny **výpočtovým součinitelem namáhání průřezu**. Tento

součinitel vyjadřuje míru nejistoty stanovení teoretických hodnot vnitřních sil a vnáší do výpočtu s teoreticky stanovenými hodnotami jistou bezpečnost. Hodnota tohoto součinitele je určena výhradně uživatelem.

Posouzení ohybu:

Ohybová únosnost se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{M_{\max}}{M_u} \leq 1,0$$

kde: M_{\max} - hodnota působícího ohybového momentu na jednotku délky pažení
 M_u - únosnost průřezu v ohybu

Hodnota ohybové únosnosti průřezu M_u vyjadřuje únosnost na jednotku délky pažení a je dána výrobcem profilů.

Hodnota využití je dána výrazem

$$\frac{M_{\max}}{M_u} 100\%$$

Posouzení smyku:

Smyková únosnost se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{Q_{\max}}{Q_u} \leq 1,0$$

kde: Q_{\max} - hodnota působící posouvající síly
 Q_u - únosnost průřezu ve smyku

Hodnota smykové únosnosti průřezu Q_u vyjadřuje únosnost na jednotku délky pažení a je dána výrobcem profilů.

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{Q_{\max}}{Q_u} 100\%$$

Pevnost materiálu vinyl:

Únosnosti profilu jsou stanoveny pro materiál, jehož mezní tahová pevnost f_u je 6300 *psi* (43,44 *MPa*). Program nabízí možnost tuto pevnost změnit. Pokud je pevnost změněna, hodnoty únosnosti dané výrobcem budou před výpočtem přepočteny v poměru odpovídajícím změněné hodnotě pevnosti.

Literatura:

Štětovnice zařazené v katalogu

- Katalog firmy Everlast Synthetic Products, LLC - dostupný na <https://everlastseawalls.com/seawall-products/vinyl-sheet-piling>

Dimenzování cementozeminových konstrukcí

Cementozeminovou stěnu lze posoudit na **ohyb** a **smyk**.

Spočtené vnitřní síly jsou stanoveny jako **v případě pažin** a před výpočtem jsou přenásobeny **výpočtovým součinitelem namáhání průřezu**. Tento součinitel vyjadřuje míru nejistoty stanovení teoretických hodnot vnitřních sil a vnáší do výpočtu s teoreticky stanovenými hodnotami jistou bezpečnost. Hodnota tohoto součinitele je určena výhradně uživatelem.

Posouzení ohybu:

Ohybová únosnost se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{\sigma}{UCS} \leq 1$$

kde: σ - normálové napětí v průřezu
 UCS - Pevnost v tlaku cementozeminy (viz níže)

Hodnota využití je pak dána výrazem:

$$\frac{\sigma}{UCS} \cdot 100$$

Normálové napětí v průřezu je stanoveno následovně:

$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{0,5 \cdot h}$$

kde: N_{Ed} - normálová síla
 h - tloušťka stěny

Normálová síla je stanovena následovně:

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{h_{red} \cdot \cos(\alpha)}$$

kde: M_{Ed} - působící moment
 h_{red} - vzepětí klenby, standardně dopočítané jako 2/3 výšky nosníku, popř. zadané přímo

Úhel α je stanoven následovně:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{4 \cdot h_{red}}{d}\right)$$

kde: d - vzdálenost profilů

Posouzení smyku:

Smyková únosnost se posuzuje podle vztahu:

$$\frac{\tau_{Ed}}{\tau} \leq 1$$

kde: τ_{Ed} - smykové napětí v průřezu
 τ - smyková únosnost cementozeminy (viz níže)

Hodnota využití je dána výrazem:

$$\frac{\tau_{Ed}}{\tau} \cdot 100$$

Smykové napětí v průřezu je stanoveno následovně:

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{0,5 \cdot h}$$

kde: V_{Ed} - působící posouvající síla

Základním **materiálovým vstupem** cementozeminové směsi je její **tlaková pevnost UCS**. Ostatní parametry lze na základě této pevnosti dopočítat, popř. mohou být zadány přímo.

Smyková pevnost τ je dopočtena následovně, mezilehlé hodnoty jsou interpolovány:

pro: $UCS = 0,0 \text{ MPa}$ $\tau = 0,5 \cdot UCS$
 $UCS = 1,0 \text{ MPa}$ $\tau = 0,4 \cdot UCS$
 $UCS = 1,5 \text{ MPa}$ $\tau = 0,35 \cdot UCS$
 $UCS = 3,5 \text{ MPa}$ $\tau = 0,3 \cdot UCS$
 $UCS \geq 4,0 \text{ MPa}$ $\tau = 0,2 \cdot UCS$

Modul pružnosti E je dopočten následovně, mezilehlé hodnoty jsou interpolovány:

pro: $UCS = 0,0 \text{ MPa}$ $E = 50 \cdot UCS$
 $UCS = 2,0 \text{ MPa}$ $E = 300 \cdot UCS$
 $UCS = 5,0 \text{ MPa}$ $E = 1000 \cdot UCS$

Smykový modul pružnosti G je dopočten následovně:

$$G = 0,4 \cdot E$$

Literatura:

Nicolas Denies, Noel Huybrechts: Deep mixing method for the construction of earth and water retaining walls, Rilem Technical Letters (2017) 2:1-9

A.Porbaha: State of the art in deep mixing technology. Part IV: design considerations, Ground Improvement (2000) 3, 111-125