

## Výpočet svislé únosnosti a sedání skupiny pilot

Program: Skupina pilot

Soubor: Demo\_manual\_17.gsp

Cílem tohoto inženýrského manuálu je vysvětlit použití programu GEO 5 – SKUPINA PILOT.

### Úvod

Výpočty v programu Skupina pilot lze rozdělit do dvou skupin:

- pružinová metoda,
- analytická řešení.

**Pružinová metoda** umožňuje výpočet deformace celého pilotového základu a stanovení vnitřních sil po délce jednotlivých pilot. Zatížení je definováno jako obecná prostorově působící kombinace  $N, M_x, M_y, M_z, H_x, H_y$ . Důležitým výsledkem této analýzy je především natočení a posunutí tuhého pilotového roštu a dále dimenzování armokoše jednotlivých pilot. Pružinové metodě je věnována následující kapitola 18. *Výpočet přetvoření a dimenzování pilotové skupiny.*

**Analytické řešení** je určeno k výpočtu svislé únosnosti skupiny pro zatížení pouze svislou normálovou silou. Výsledkem výpočtu je svislá únosnost pilotového základu a průměrné sednutí pilotového základu.

Analytické řešení se dále dělí podle typu zeminy:

- pro soudržné zeminy,
- pro nesoudržné zeminy.

Svislá únosnost skupiny pilot v **soudržné zemině** se uvažuje za neodvodněných podmínek. Určí se jako únosnost zemního tělesa ve tvaru hranolu opsaného skupině pilot podle FHWA. Pro výpočet se zadává jen totální soudržnost zeminy  $c_u$  (více informací v nápovědě k programu – F1).

Sedání skupiny pilot v soudržné zemině (neodvodněných podmínkách) vychází z výpočtu sedání fiktivního plošného základu (tzv. *konsolidační sedání skupiny pilot* nebo zkráceně *metoda 2:1*).

Pro toto posouzení sedání pilotové skupiny se do výpočtu zahrnuje vliv hloubky založení a mocnosti deformační zóny podle metodiky posuzování sedání plošných základů. V České a Slovenské republice

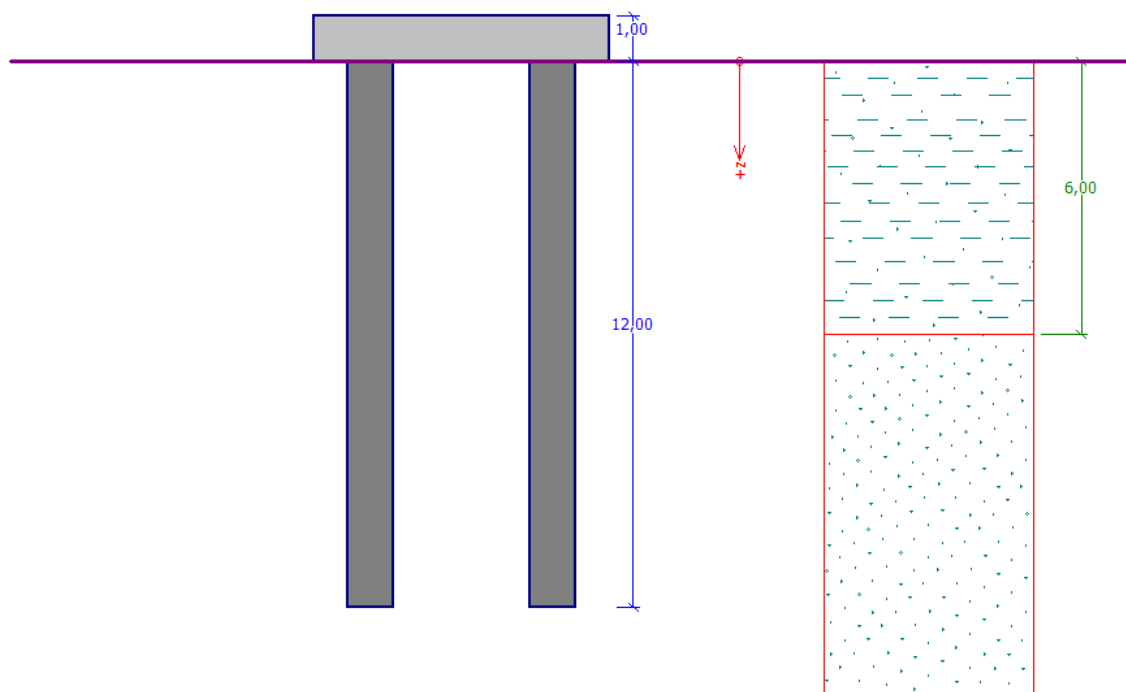
Ize při výpočtu sedání skupiny pilot využít postup podle normy ČSN 73 1001 – Základová půda pod plošnými základy.

Posouzení skupiny pilot v **nesoudržné zemině** vychází ze stejných postupů jako výpočet osamělé piloty v nesoudržné zemině (kapitola 13. *Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty*). Navíc se zavádí pouze tzv. účinnost pilotové skupiny, která redukuje celkovou svislou únosnost pilotového základu.

Zatěžovací křivka pro skupinu pilot v nesoudržné zemině je sestrojena stejným způsobem jako u osamělé piloty (kapitola 14. *Výpočet sedání osamělé piloty*) podle prof. H. G. Poulouse, pouze hodnota celkového sedání pilotové skupiny se zvětšuje o tzv. součinitel skupinového účinku sedání  $g_f$ , který zohledňuje skupinové působení jednotlivých pilot. Rozsah tohoto parametru závisí na geometrickém uspořádání pilotové skupiny.

### Specifikace zadání úlohy

Obecné zadání úlohy bylo popsáno v předchozí kapitole (12. *Pilotové základy – úvod*). Veškeré výpočty pro svislou únosnost skupiny pilot proveďte podle EN 1997-1 (NP 2) v návaznosti na úlohu 13. *Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty*. Výslednice celkového zatížení  $N, M_y, H_x$  působí v úrovni horní podstavy základové desky, a to v jejím středu.



*Schéma zadání úlohy – skupina pilot*

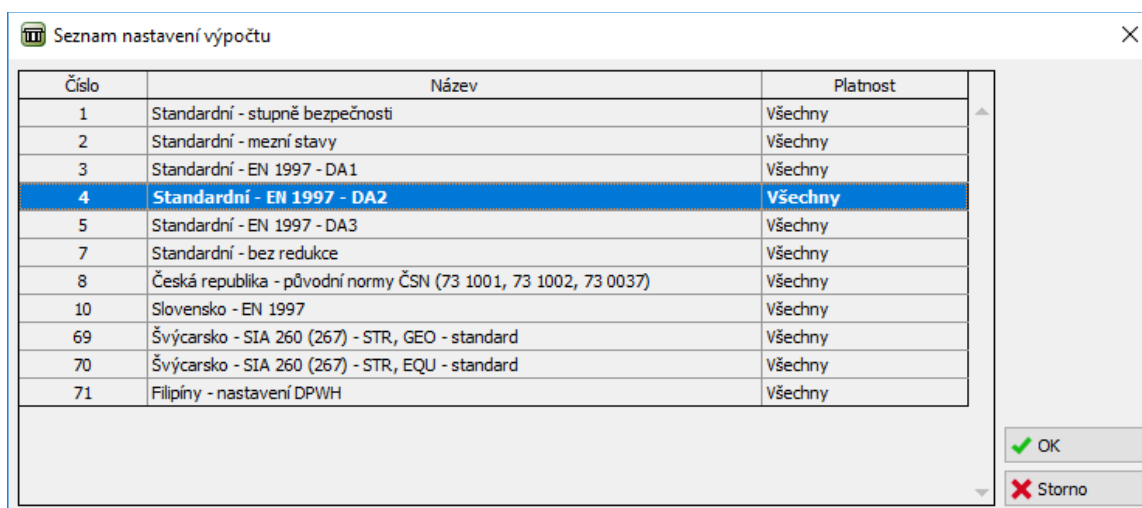
## Řešení

K výpočtu této úlohy použijeme program GEO 5 – SKUPINA PILOT. Pro zjednodušení a urychlení zadávání obecných parametrů úlohy (projekt, zeminy, přiřazení a profil) importujeme data z úlohy 13. *Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty.*

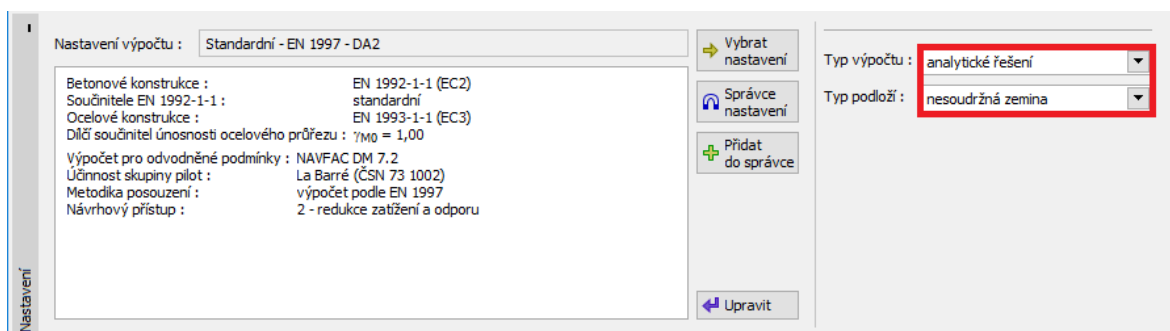
V tomto výpočtu budeme pilotovou skupinu posuzovat podle stejných analytických metod výpočtu (NAVFAC DM 7.2, EFEKTIVNÍ NAPĚTÍ a ČSN 73 1002) jako osamělou pilotu. Zaměříme se na další **vstupní parametry**, které ovlivňují celkové výsledky.

## Postup zadání

V rámu „Nastavení“ klikneme na tlačítko „Vybrat nastavení“ a poté zvolíme nastavení výpočtu „Standardní – EN 1997 – DA2“. Způsob výpočtu svislé únosnosti skupiny pilot ponecháme pomocí *analytického řešení*. V našem případě budeme typ podloží uvažovat jako **nesoudržnou zeminu**, protože budeme posuzovat pilotu v *odvodněných podmínkách*.

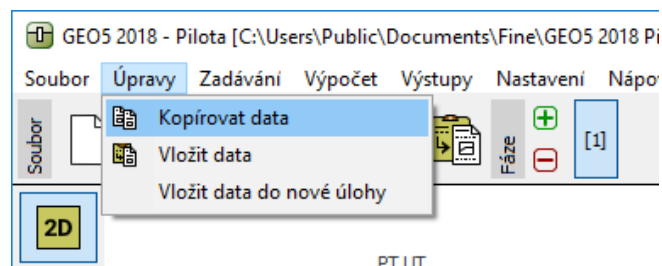


Dialogové okno „Seznam nastavení výpočtu“



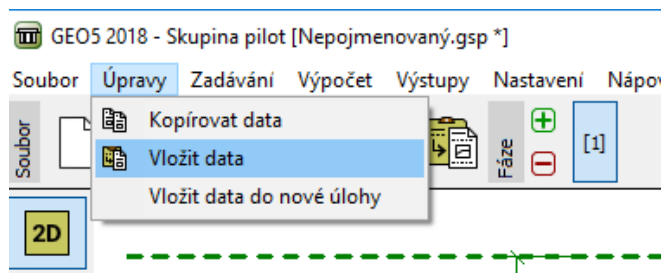
Rám „Nastavení“

Abychom nemuseli všechny vstupní parametry výpočtu zadávat znovu, využijeme možnost importu dat. V programu GEO 5 – Pilota spustíme úlohu 13. *Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty*. Na horní liště klikneme na tlačítko „Úpravy“ a vybereme možnost „Kopírovat data“.



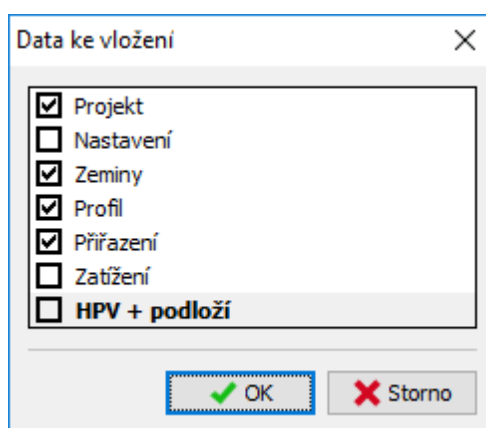
Program „Pilota“

Následně v programu GEO 5 – Skupina pilot v námi editovaném souboru opět klikneme na horní liště na tlačítko „Úpravy“ a zvolíme možnost „Vložit data“. Tímto krokem se přenesou údaje potřebné pro výpočet a usnadníme si tak značnou část práce se zadáváním vstupních dat.



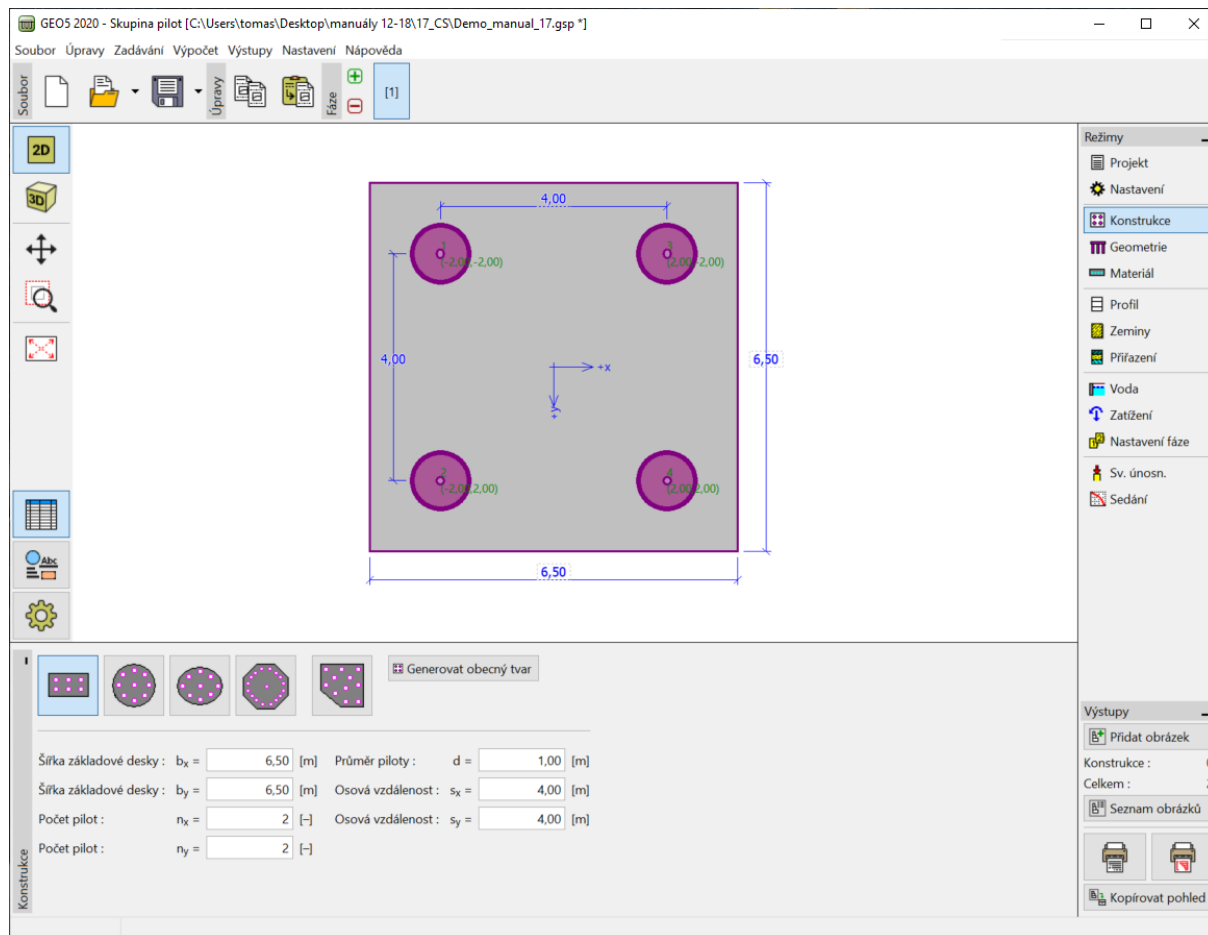
Program „Skupina pilot“

V dialogovém okně, které se otevře, ponecháme zatrhnuté všechny možnosti kromě možností „nastavení“, „zatížení“ a „HPV + podloží“.



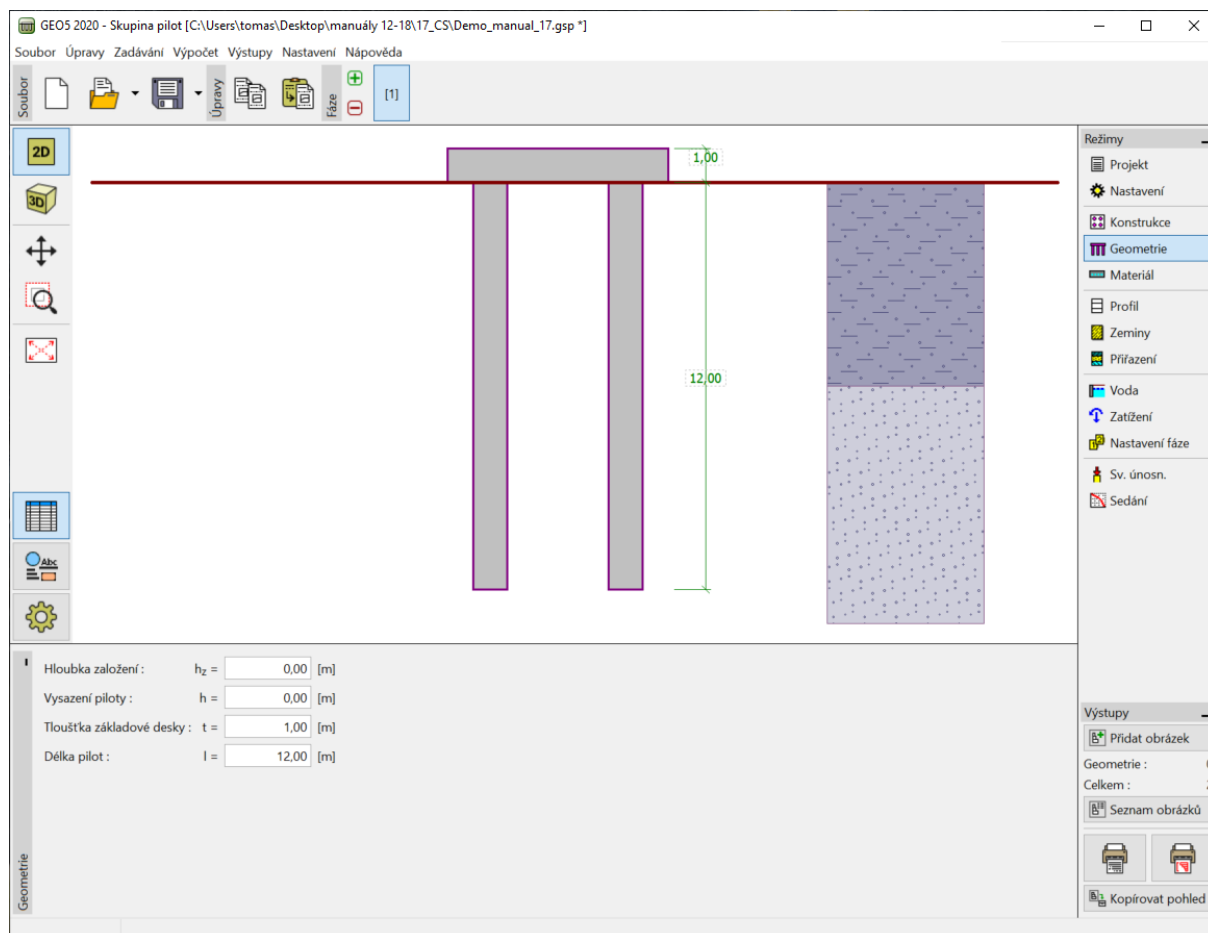
Dialogové okno „Vložit data“

Nyní přejdeme do rámu „Konstrukce“. V tomto rámu zadáme půdorysné rozměry základové desky (pilotového roštu), počet pilot ve skupině, dále jejich průměr a osovou vzdálenost (mezi pilotami ve směru x nebo y). Nastavíme šířku základové desky jako 6,50 m a vložíme počet pilot jako 2 v obou směrech.



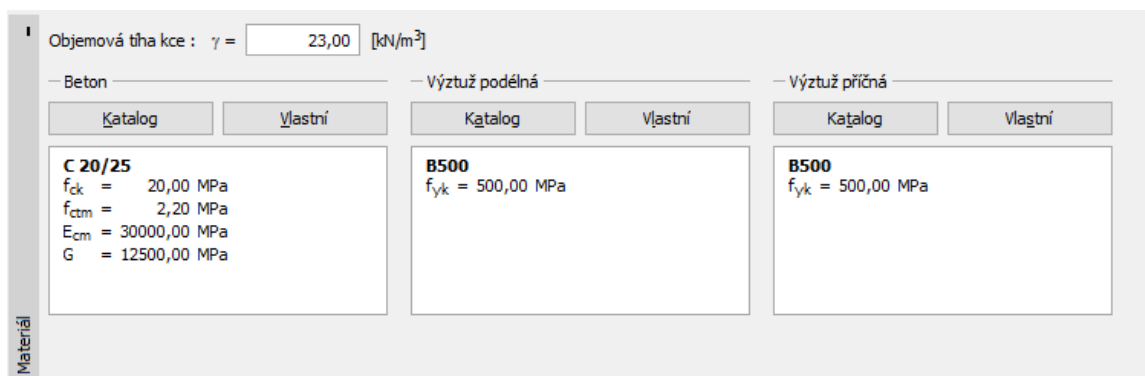
Rám „Konstrukce“

Následně v rámu „Geometrie“ definujeme hloubku založení, vysazení pilot, tloušťku základové desky a délku všech pilot ve skupině. Jednotlivé piloty ve skupině mají shodný průměr a jsou stejně dlouhé.



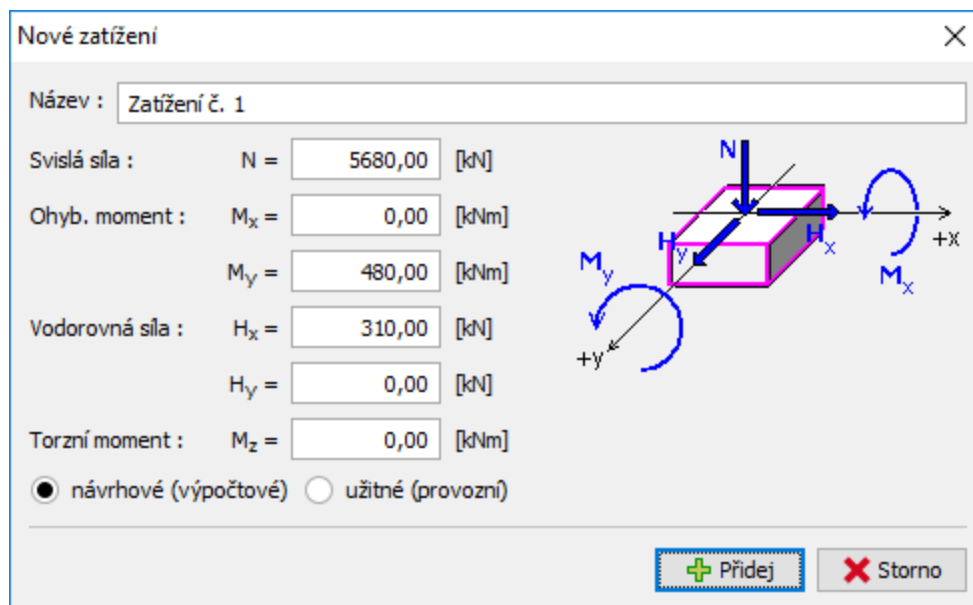
Rám „Geometrie“

V rámu „Materiál“ zadáme objemovou tíhu konstrukce  $\gamma = 23,0 \text{ kN/m}^3$ .



Rám „Materiál“

Následně definujeme zatížení. Pro výpočet svislé únosnosti skupiny pilot se uvažuje návrhové zatížení, pro výpočet sedání pak zatížení užitné. Kliknutím na tlačítko „Přidat“ přidáme jedno návrhové zatížení a jedno užitné zatížení dle následujících obrázků.



**Nové zatížení**

Název : Zatížení č. 1

Svislá síla :  $N = 5680,00$  [kN]

Ohyb. moment :  $M_x = 0,00$  [kNm]  
 $M_y = 480,00$  [kNm]

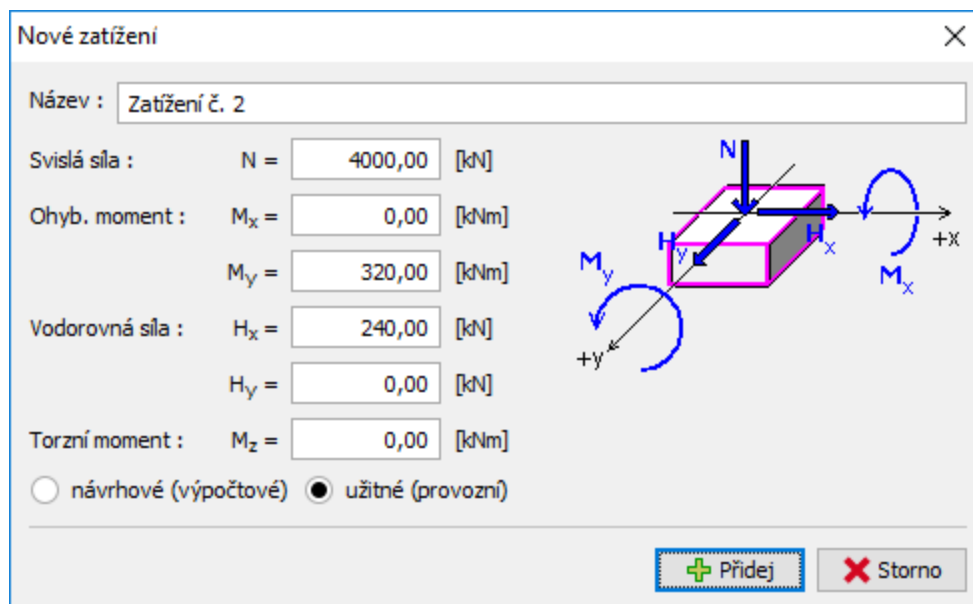
Vodorovná síla :  $H_x = 310,00$  [kN]  
 $H_y = 0,00$  [kN]

Torzní moment :  $M_z = 0,00$  [kNm]

☒ návrhové (výpočtové) ☐ užitné (provozní)

**+ Přidej** **✖ Storno**

Dialogové okno „Nové zatížení“ – Návrhové (výpočtové) zatížení



**Nové zatížení**

Název : Zatížení č. 2

Svislá síla :  $N = 4000,00$  [kN]

Ohyb. moment :  $M_x = 0,00$  [kNm]  
 $M_y = 320,00$  [kNm]

Vodorovná síla :  $H_x = 240,00$  [kN]  
 $H_y = 0,00$  [kN]

Torzní moment :  $M_z = 0,00$  [kNm]

☐ návrhové (výpočtové) ☒ užitné (provozní)

**+ Přidej** **✖ Storno**

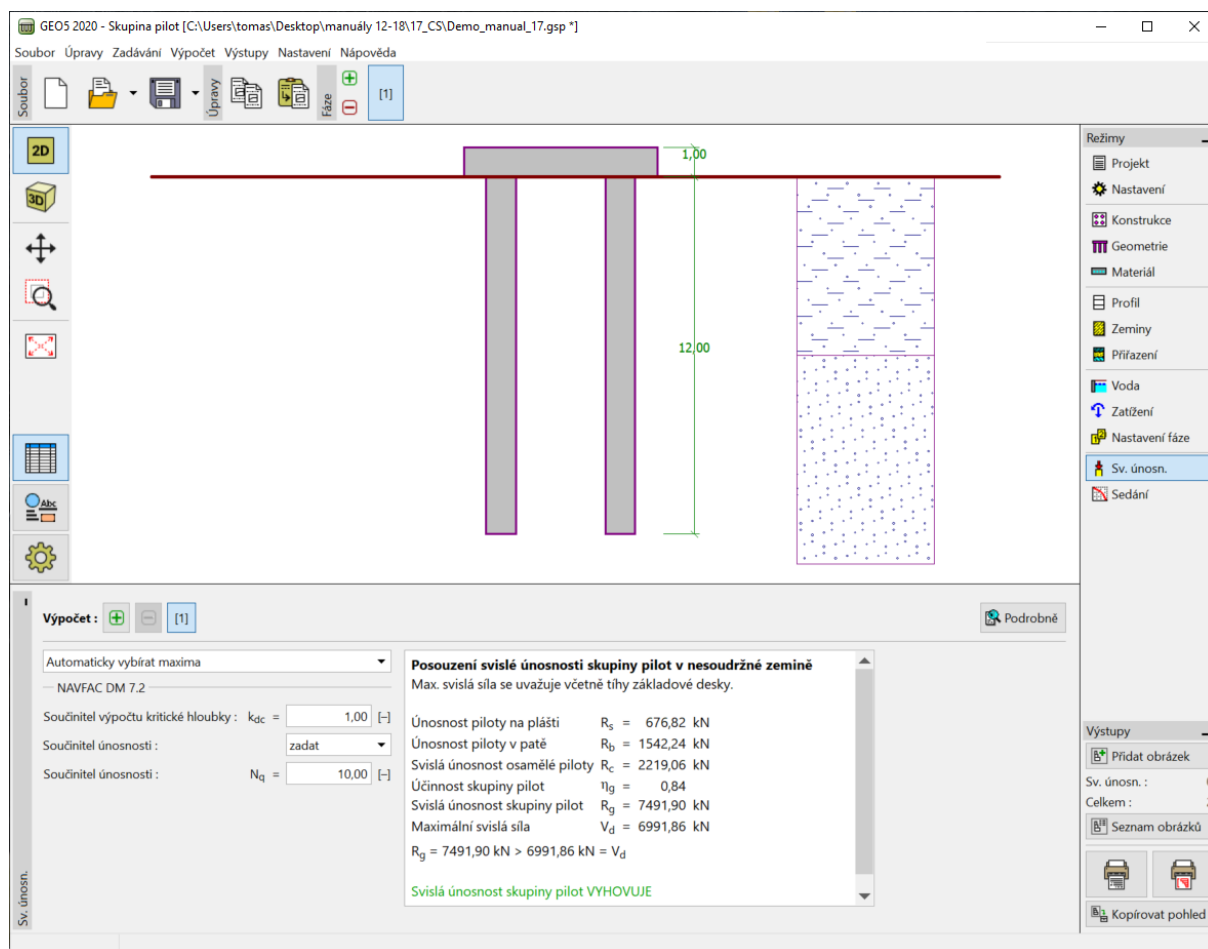
Dialogové okno „Nové zatížení“ – Užitné (provozní) zatížení

Provedeme posouzení skupiny pilot v rámu „Svislá únosnost“. Pro splnění podmínky spolehlivosti musí být hodnota  $R_g$  větší než velikost působícího návrhového zatížení  $V_d$  (více informací v nápovědě k programu – F1). Pro metodu výpočtu **NAVFAC DM 7.2** a účinnost skupiny pilot *La Barré* (ČSN 73 1002) podle úvodního nastavení výpočtu vycházejí výsledky svislé únosnosti skupiny pilot takto:

– **La Barré** (ČSN 73 1002):  $\eta_g = 0,84$ .

$$R_g = 7491,90 \text{ kN} > V_d = 6991,86 \text{ kN}$$

**VYHOVUJE**



*Rám „Sv. únosnost“*

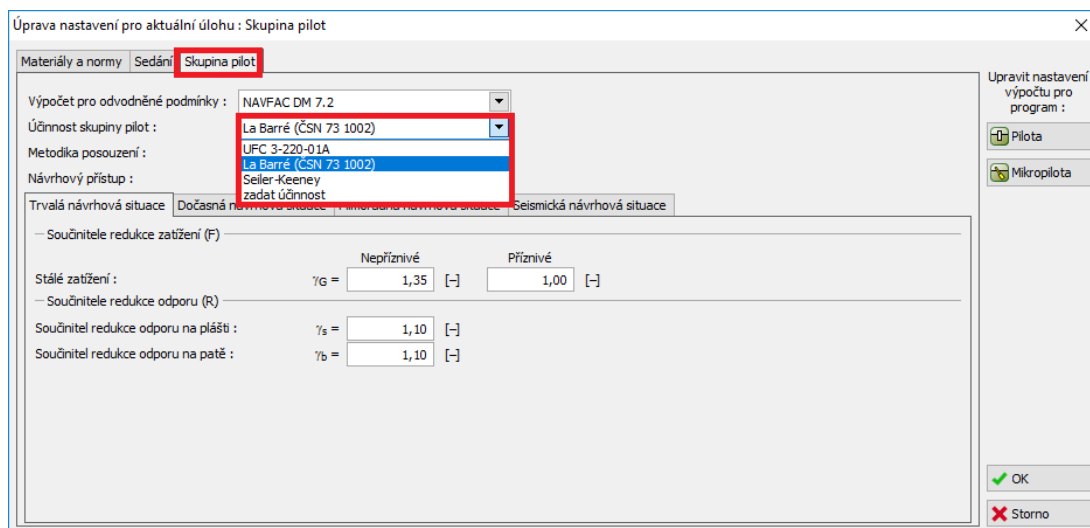
*Poznámka: Vypočtená svislá únosnost pilotové skupiny v nesoudržné zemině se musí redukovat, protože dochází ke vzájemnému statickému ovlivnění jednotlivých pilot. Posouzení v programu uvažuje několik způsobů, jak stanovit účinnost skupiny pilot  $\eta_g$ . Toto bezrozměrné číslo (obvykle v rozsahu 0,5 až 1,0) redukuje celkovou svislou únosnost pilotové skupiny  $R_g$  s ohledem na:*

- *počet pilot ve skupině  $n_x, n_y$ ;*
- *osovou vzdálenost pilot ve skupině  $s_x, s_y$ ;*
- *průměr pilot ve skupině  $d$ .*

*Účinnost skupiny pilot  $\eta_g$  závisí pouze na zadané geometrii pilotové skupiny, nikoliv na použité metodě výpočtu.*



Dále můžeme prověřit svislou únosnost i pro jiné způsoby určení účinnosti pilotové skupiny  $\eta_g$ . Přejdeme zpět do rámu „Nastavení“. Uprostřed dolní části obrazovky klikneme na tlačítko „Upravit“ a v záložce „Skupina pilot“ vybereme postupně zbývající možnosti „UFC 3-220-01A“, resp. „Seiler-Keeney“.



Dialogové okno „Úprava nastavení pro aktuální úlohu“

Pro další metody výpočtu je postup v programu analogický jako při řešení úlohy 13. *Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty*. U metody efektivního napětí budeme uvažovat součinitel únosnosti  $N_p = 30$ .

Výsledky výpočtu svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině (tj. odvodněných podmínkách) v závislosti na použité metodě výpočtu a rovněž na účinnosti skupiny pilot  $\eta_g$  jsou uvedeny v následující tabulce:

- **La Barré** (ČSN 73 1002):  $\eta_g = 0,84$ ,
- **UFC 3-220-01A**:  $\eta_g = 0,80$ ,
- **Seiler-Keeney**:  $\eta_g = 0,99$ .

EN 1997-1, DA2 (nesoudržná zemina) Metoda výpočtu	Účinnost skupiny pilot $\eta_g [-]$	Svislá únosnost osamělé piloty $R_c [kN]$	Svislá únosnost skupiny pilot $R_g [kN]$
NAVFAC DM 7.2	0,84	2219,06	7491,90
	0,80		7100,98
	0,99		8829,18
EFEKTIVNÍ NAPĚTÍ	0,84	6172,80	20 840,41
	0,80		19 572,96
	0,99		24 560,34
ČSN 73 1002	0,84	5776,18	19 501,36
	0,80		18 483,79
	0,99		22 982,28

*Souhrnný přehled výsledků – Svislá únosnost skupiny pilot v odvozených podmínkách*

### Závěr (svislá únosnost skupiny pilot)

Vypočtená svislá únosnost pilotové skupiny  $R_g$  v nesoudržné zemině se musí redukovat (pomocí tzv. účinnosti skupiny pilot  $\eta_g$ ), protože dochází ke vzájemnému statickému ovlivňování jednotlivých pilot. Obecně platí, že s klesající osovou vzdáleností pilot, se jednotlivé piloty ve skupině více ovlivňují.

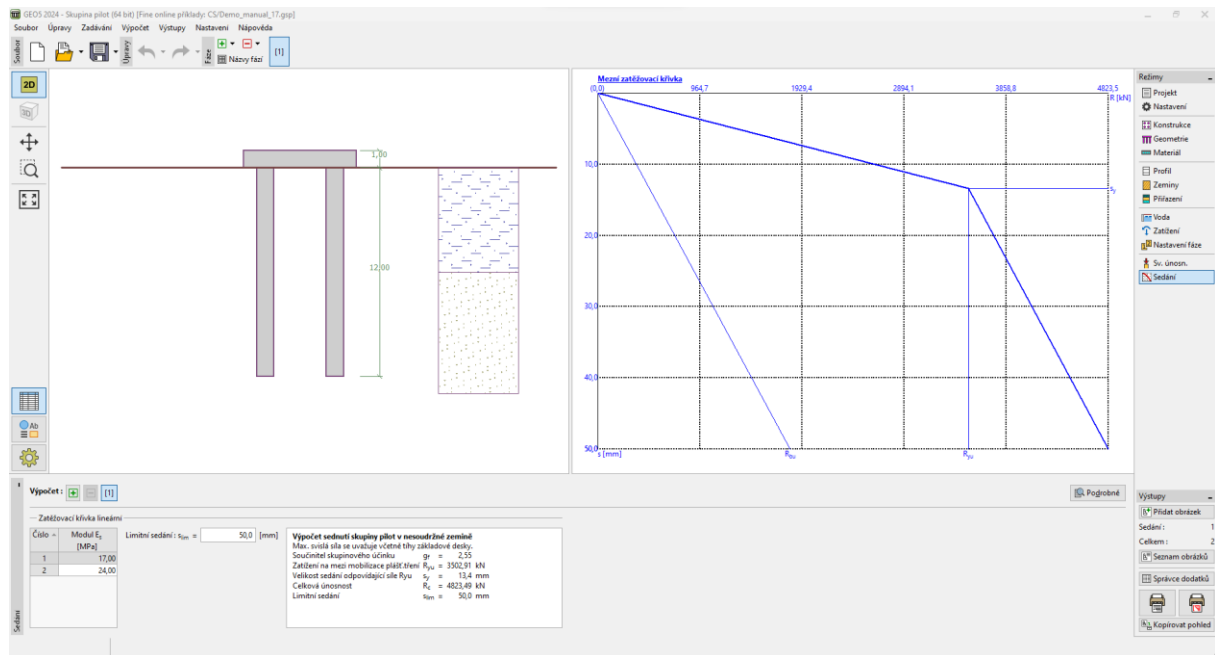
Projektant by měl vždy pečlivě zvážit, zda pro analytické řešení svislé únosnosti skupiny pilot použije výpočet v odvozených nebo neodvozených podmínkách. Oba typy výpočtu se značně liší.

### Výpočet sedání pilotové skupiny

Výpočet sedání skupiny pilot je zcela shodný jako u osamělé piloty, jediným rozdílem je, že spočtené sedání je navíc přenásobeno součinitelem skupinového účinku skupiny  $g_f$ .

*Poznámka: Rozsah součinitele skupinového účinku sedání  $g_f$  závisí na geometrickém uspořádání pilotové skupiny – na průměru pilot ve skupině a šířce základové desky (pilotového roštu).*

Sedání pilotové skupiny budeme počítat podle lineární teorie (prof. Poulose). Použijeme hodnoty sečnového modulu deformace  $E_s$  z manuálu 14. *Výpočet sedání osamělé piloty* (17 MPa pro první vrstvu a 24 MPa pro druhou vrstvu). Limitní sedání budeme uvažovat jako 50 mm.



Rám „Sedání“ – metoda NAVFAC DM 7.2

Výsledky výpočtu jsou uvedeny v následující tabulce:

Metoda výpočtu svislé únosnosti skupiny pilot	Síla na mezi mobilizace plášťového tření $R_{yu}$ [kN]	Sedání skupiny pilot $s$ [mm] pro sílu $V = 4000$ kN
NAVFAC DM 7.2	3502,91	27,2
EFEKTIVNÍ NAPĚTÍ	8001,87	15,3
ČSN 73 1002	8863,55	15,3

*Souhrnný přehled výsledků – Sedání skupiny pilot podle lineární teorie (Poulos)*

### Závěr (sedání skupiny pilot)

Z výsledků výpočtu vyplývá, že svislá únosnost skupiny pilot se s ohledem na její celkové sedání liší. Výpočet sedání skupiny pilot v nesoudržné zemině (odvodněných podmínkách) vychází z lineární teorie sedání, pro kterou jsou základním vstupním údajem pro výpočet sedání hodnoty plášťového tření  $R_s$  a odporu paty piloty  $R_b$ .

Oproti tomu sedání skupiny pilot v soudržné zemině (neodvodněných podmínkách) vychází z výpočtu sedání fiktivního plošného základu. Ve světě se tento způsob výpočtu pojmenovává jako tzv. *konsolidační sedání skupiny pilot* nebo zkráceně jako *metoda 2:1*. Pro toto posouzení sedání pilotové skupiny se do výpočtu zahrnuje vliv hloubky založení a mocnosti deformační zóny podle metodiky posuzování sedání plošných základů.

Oba způsoby výpočtu se značně liší a udávají naprosto rozdílné výsledky. Autoři programu GEO5 doporučují počítat svislou únosnost a sedání skupiny pilot podle místních zvyklostí.