

## Pilotové základy – úvod

Program: Pilota, Pilota CPT, Skupina pilot

Cílem tohoto inženýrského manuálu je vysvětlit praktické použití programů GEO 5 pro výpočet pilotových základů.

Software GEO 5 obsahuje tři programy pro výpočet pilotových základů – **Pilota**, **Pilota CPT** a **Skupina pilot**. V následujícím textu je blíže vysvětleno, kdy a za jakých podmínek se má který program vhodně použít – jednotlivé programy jsou pak popsány v dalších kapitolách.

Svislá únosnost pilotových základů se určuje různými způsoby:

- **statickou zatěžovací zkouškou**: v některých zemích se tyto zkoušky přímo vyžadují a statický výpočet funguje pouze jako předběžný návrh pilotových základů;
- **analytickým výpočtem na základě parametrů smykové pevnosti zemin**: pomocí metod výpočtu NAVFAC DM 7.2, Tomlinson, ČSN 73 1002 a Efektivní napětí v programech PILOTA a SKUPINA PILOT;
- **výpočtem na základě vyhodnocení penetračních zkoušek**: program PILOTA CPT;
- **výpočtem podle rovnic regresních křivek získaných z výsledků statických zatěžovacích zkoušek** (podle Masopusta): program PILOTA; Svislá únosnost se určuje ze zatěžovací křivky piloty pro odpovídající sedání (ČSN 73 1002 udává odpovídající hodnotu sedání  $s_{lim} = 25,0 \text{ mm}$ ).
- **výpočtem na základě Mohr-Coulombových parametrů a přetvárných charakteristik zemin**: pomocí tzv. pružinové metody v programech PILOTA a SKUPINA PILOT;
- **numerickým výpočtem metodou konečných prvků**: program MKP.

Z tohoto výčtu je zřejmé, že piloty lze posuzovat mnoha způsoby a na základě rozdílných vstupních parametrů. Výsledky výpočtu tak mohou být stejné, ale mnohdy i značně odlišné.

Velkou výhodou softwaru GEO 5 je skutečnost, že uživatel může vyzkoušet více variant a metod výpočtu, najít nejpravděpodobnější chování pilotového základu a následně stanovit celkovou únosnost nebo sedání osamělé piloty, resp. skupiny pilot.

Svislá únosnost pilotových základů se v programech GEO 5 posuzuje (až na jedinou výjimku: Skupina pilot – pružinová metoda) pouze na zatížení svislou normálovou silou. Zatížení vodorovnými silami, ohybovým a torzním momentem nemá na výpočet svislé únosnosti pilot žádný vliv.

Postup výpočtu svislé únosnosti osamělé piloty v programu GEO 5 – PILOTA je uveden v *kapitolách 13 a 14*, výpočet stejné piloty na základě zkoušek CPT je popsán v *kapitole 15*.

### Vodorovná únosnost pilotových základů

Výsledkem výpočtu horizontálně namáhané piloty je vodorovná deformace piloty a průběh vnitřních sil po délce piloty.

U osamělé piloty její vodorovná deformace a vyztužení závisí na spočteném modulu vodorovné reakce podloží a na zatížení příčnou silou, resp. ohybovým momentem. Postup výpočtu je vysvětlen v *kapitole 16*. Pro skupinu pilot je výpočet vodorovné únosnosti uveden v *kapitole 18*.

### Sedání pilotových základů

Skutečná únosnost piloty je přímo spojena s jejím sedáním, protože prakticky každá pilota pod působením zatížení sedá a dochází k její svislé deformaci.

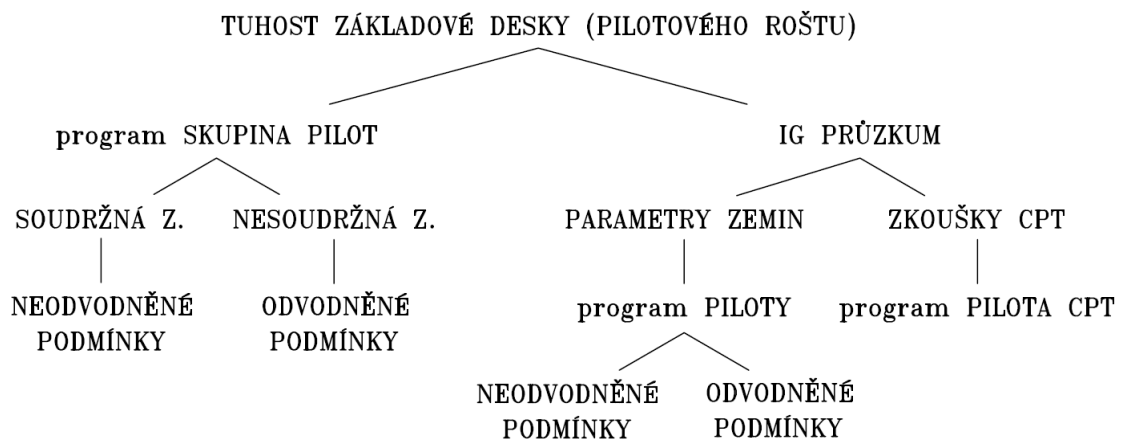
Sedání osamělých pilot se v programu PILOTA určuje následujícími způsoby:

- **podle Masopusta** (nelineární): program počítá sedání osamělé piloty na základě zadaných regresních koeficientů podél pláště a pod patou piloty.
- **podle Poulose** (lineární): program počítá hodnotu celkového sedání na základě stanovené únosnosti piloty na patě  $R_b$  a jejím plášti  $R_s$ .
- **pomocí Pružinové metody**: program počítá zatěžovací křivku na základě zadaných parametrů zemin metodou konečných prvků.

Pro všechny metody program PILOTA sestrojí zatěžovací křivku (tj. pracovní diagram piloty).

### Volba programu:

1. **rozhodnutí** dle tuhosti základové desky (pilotového roštu). Pokud se uvažuje pilotový rošt jako nekonečně tuhý, použije se pro řešení skupina pilot. V ostatních případech vyšetřujeme osamělé piloty.
2. **rozhodnutí** dle výsledků geologického průzkumu. Pokud jsou k dispozici zkoušky CPT, pak se pro výpočet osamělé piloty nebo skupiny pilot použije program Pilota CPT. V ostatních případech se řešení provede pomocí programu Pilota (nebo Skupina pilot) na základě zadaných parametrů zemin.



Podle **typu výpočtu** se rozlišuje:

- **výpočet pro odvodněné podmínky:** v programech Pilota a Skupina pilot se standardně používají efektivní parametry smykové pevnosti zemin  $\varphi_{ef}$ ,  $c_{ef}$  pro metody výpočtu ČSN 73 1002 a *Efektivní napětí*;
- **výpočet pro neodvodněné podmínky:** v programech Pilota a Skupina pilot se zadává pouze hodnota totální soudržnosti zeminy  $c_u$ . Svislá únosnost osamělé piloty se určí podle *Tomlinsona*, skupina pilot se počítá jako únosnost zemního hranolu dle *FHWA*.

Metoda NAVFAC DM 7.2 kombinuje oba výše uvedené postupy výpočtu. U každé vrstvy zeminy lze zvolit, zda se zemina uvažuje jako odvodněná (nesoudržná) nebo neodvodněná (soudržná).

## Obecné zadání úlohy

Vypočtete svislou únosnost a sedání pilotového základu (viz schéma) v zadaném geologickém profilu, dále stanovte vodorovnou deformaci pilot a navrhnete výztuž do jednotlivých pilot. Pilotový základ se skládá ze 4 vrtaných pilot o průměru  $d = 1,0 \text{ m}$  a délce  $l = 12,0 \text{ m}$ . Výslednice celkového zatížení  $N, M_y, H_x$  působí v úrovni horní podstavy základové desky, a to v jejím středu. Při výpočtu uvažujte trvalou návrhovou situaci. Piloty jsou provedeny z železobetonu třídy C 20/25.

## Zatížení na piloty

Pro zjednodušení úlohy budeme v programu uvažovat vždy 1 zatěžovací stav.

Stanovení zatížení na pilotový základ se liší podle typu konstrukce a následného řešení, tj. zda řešíme osamělou pilotu nebo skupinu pilot.

### A) Skupina pilot

Předpokládáme, že deska spojující piloty je tuhá. V našem příkladu budeme uvažovat desku o tloušťce  $t = 1,0 \text{ m}$ . V tomto případě stanovíme celkovou reakci ve středu základové desky.

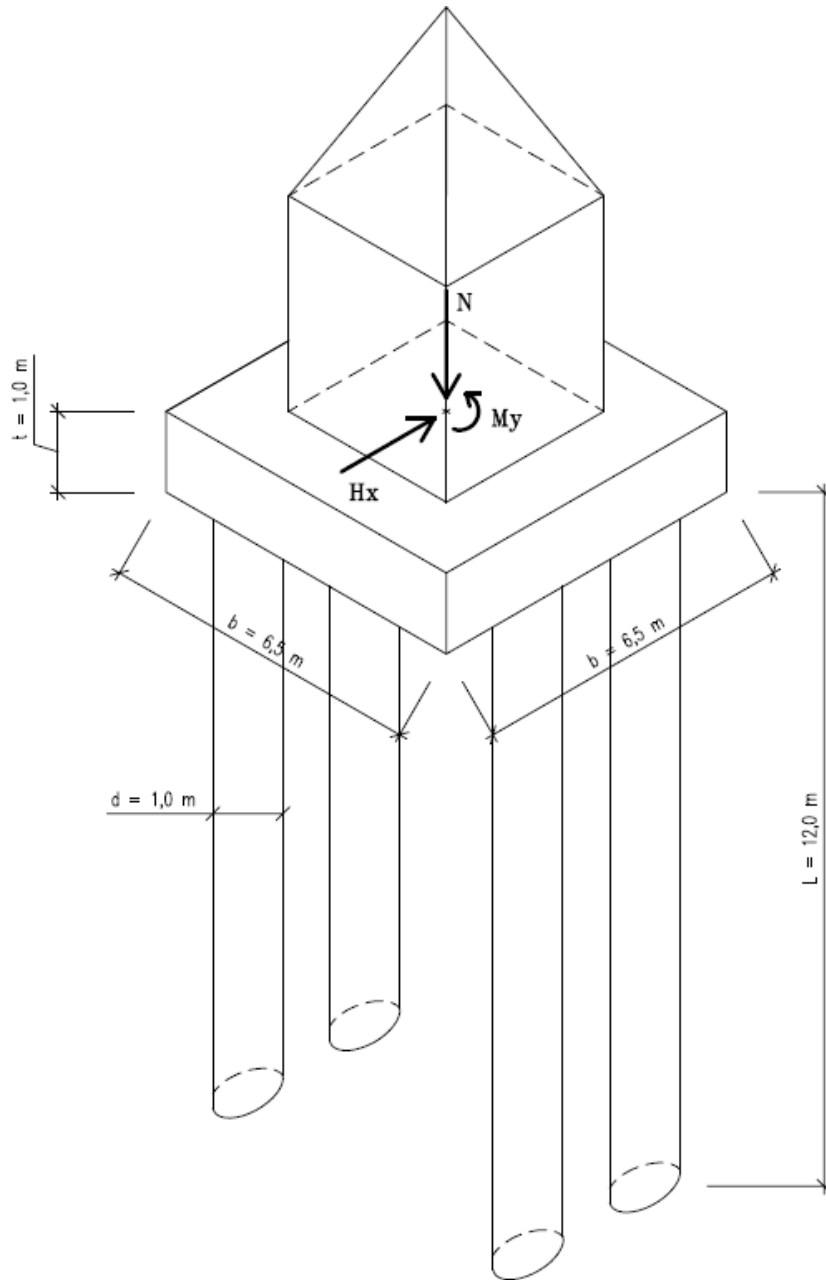
*Pozn. Jednoduchý způsob jak získat zatížení na skupinu pilot pomocí libovolného statického programu je popsán v nápovědě k programu Skupina pilot „[Stanovení zatížení na skupinu pilot](#)“.*

#### a) Návrhové (výpočtové) zatížení:

- Svislá normálová síla:  $N = 5680 \text{ kN}$ ,
- Ohybový moment:  $M_y = 480 \text{ kNm}$ ,
- Vodorovná síla:  $H_x = 310 \text{ kN}$ .

#### b) Užité (provozní) zatížení:

- Svislá normálová síla:  $N = 4000 \text{ kN}$ ,
- Ohybový moment:  $M_y = 320 \text{ kNm}$ ,
- Vodorovná síla:  $H_x = 240 \text{ kN}$ .



*Schéma zadání úlohy – pilotový základ*

**B) Osamělé piloty:**

Je-li deska ohybově měkká (netuhá), nebo je dům založen na základovém roštu, pak je statické schéma konstrukce rozdílné a ze statického programu (např. GEO 5 – Deska, FIN 3D, SCIA Engineer, Dlubal RStab aj.) získáme reakce v hlavách jednotlivých pilot.

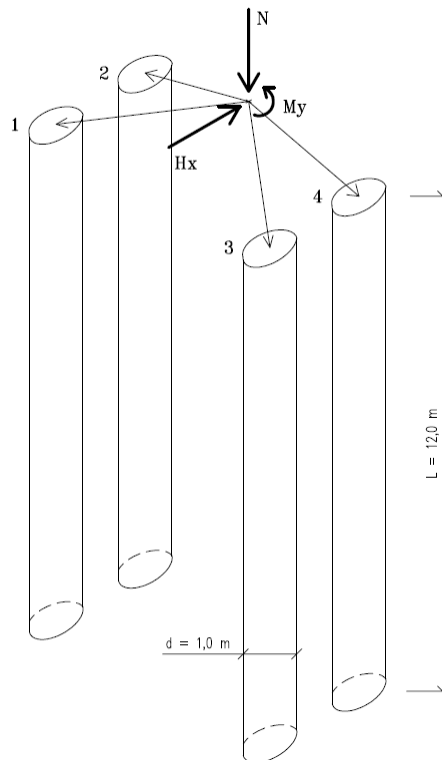
V tomto příkladu provedeme pro jednoduchost posouzení piloty jen na jeden zatěžovací stav.

**a) Návrhové (výpočtové) zatížení:**

- Svislá normálová síla:  $N_1 = 1450 \text{ kN}$ ,
- Ohybový moment:  $M_{y,1} = 120 \text{ kNm}$ ,
- Vodorovná síla:  $H_{x,1} = 85 \text{ kN}$ .

**b) Užité (provozní) zatížení:**

- Svislá normálová síla:  $N_1 = 1015 \text{ kN}$ ,
- Ohybový moment:  $M_{y,1} = 80 \text{ kNm}$ ,
- Vodorovná síla:  $H_{x,1} = 60 \text{ kN}$ .



*Schéma působení zatížení – rozdělení zatížení do jednotlivých osamělých pilot*

*Pozn. Pokud předpokládáme stejné rozměry a vyztužení pilot, můžeme všechny piloty posoudit jako jednu, ovšem se zatěžovacími kombinacemi na všechny piloty*

## Geologický profil

- 0,0 až 6,0 m: Jíl písčítý (třída F4, konzistence tuhá),
- od 6,0 m: Písek s příměsí jemnozrnné zeminy (třída S3, středně ulehlá).

*Pozn. Základní pevnostní a deformační parametry zemin jsou stejné jak pro výpočet osamělých pilot, tak i pro posouzení skupiny pilot. Jejich hodnoty jsou uvedeny v tabulce.*

Parametry zemin / Klasifikace (zatřídění)	Třída F4 tuhá konzistence	Třída S3, středně ulehlá
Objemová tíha zeminy $\gamma$ [ $kN/m^3$ ]	18,5	17,5
Obj. tíha saturované zeminy $\gamma_{sat}$ [ $kN/m^3$ ]	20,5	19,5
Soudržnost zeminy $c_{ef} / c_u$ [ $kPa$ ]	14,0 / 50,0	0 / 0
Efektivní úhel vnitřního tření $\varphi_{ef}$ [ $^\circ$ ]	24,5	29,5
Součinitel adheze $\alpha$ [-]	0,6	–
Součinitel únosnosti piloty $\beta_p$ [-]	0,3	0,45
Poissonovo číslo $\nu$ [-]	0,35	0,3
Edometrický modul $E_{oed}$ [ $MPa$ ]	8,0	21,0
Modul přetvárnosti $E_{def}$ [ $MPa$ ]	5,0	15,5
Typ zeminy	Jíl (soudržná zemina)	Písek, štěrk (nesoudržná zemina)
Úhel roznášení $\beta$ [ $^\circ$ ]	10,0	15,0
Koeficient $k$ [ $MN/m^3$ ]	60,0	150,0
Modul horizontální stlač. $n_h$ [ $MN/m^3$ ]	–	4,5
Modul pružnosti $E$ [ $MPa$ ]	5,0	15,5

*Tabulka s parametry zemin – pilotové základy (kompletní přehled)*

**Seznam kapitol týkajících se pilotových základů:**

- Inženýrský manuál 12: Pilotové základy – úvod.
- Inženýrský manuál 13: Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty.
- Inženýrský manuál 14: Výpočet sedání osamělé piloty.
- Inženýrský manuál 15: Výpočet piloty na základě zkoušek CPT.
- Inženýrský manuál 16: Výpočet vodorovné únosnosti osamělé piloty.
- Inženýrský manuál 17: Výpočet svislé únosnosti a sedání skupiny pilot.
- Inženýrský manuál 18: Výpočet přetvoření a dimenzování skupiny pilot.