

# ČÁST D.1.8

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S-JTSK

OBJEDNATEL PD



STŘEDOČESKÝ KRAJ  
Zborovská 11  
150 21 Praha 5  
IČO: 708 91 095

PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO PROVÁDĚNÍ STAVBY

PDPS

## II/114, II/117 Hořovice, východní obchvat

HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU

Ing. Jan Petr



projektová, průzkumná a konzultační společnost

PUDIS a.s., Podbabská 1014/20, 160 00 Praha 6 - Bubeneč  
tel.: +420 267 004 111, [www.pudis.cz](http://www.pudis.cz), [info@pudis.cz](mailto:info@pudis.cz)

Vypracoval:  
Ing. Jiří Kašpárek

Hlavní inženýr projektu:  
Ing. Jan Petr

Investor:

Výrobní ředitel:  
Ing. Jan Viček

Středočeský kraj  
Zborovská 11  
150 21 Praha 5

Odpovědný projektant:  
Ing. Miroslav Kroupar

Ředitel společnosti:  
Ing. Martin Höfler

Číslo zakázky:  
1-0029-05/30

Datum:  
11/2021

Akce:

II/114, II/117 HOŘOVICE, VÝCHODNÍ OBCHVAT

D.1.8 OBJEKTY POZEMNÍCH STAVEB

Měřítko:

Formát:

22xA4

Stupeň:

PDPS

Souprava:

Příloha:

S0 701 Protihluková stěna vpravo km 0,000 – 0,200  
STATICKÝ VÝPOČET

Číslo přílohy:

09

## **II/114 – II/117 HOŘOVICE, VÝCHODNÍ OBCHVAT**

### **D.1.8 OBJEKTY POZEMNÍCH STAVEB**

SO 701 Protihluková stěna vpravo v km 0,000–0,200

Projektová dokumentace pro provádění stavby

**Statický výpočet**



## Obsah:

<b>1</b>	<b>Identifikační údaje objektu .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>4</b>
2.1	Základní údaje o objektu.....	4
2.2	Rozsah a účel statického výpočtu.....	5
2.3	Metodika výpočtu.....	5
2.4	Použité programy.....	5
2.5	Použitá literatura.....	5
<b>3</b>	<b>Materiály .....</b>	<b>6</b>
3.1	Dílčí součinitele spolehlivosti materiálu.....	6
3.2	Ocel S355 – sloupky PHS.....	6
3.3	Beton C30/37 – piloty .....	6
3.4	Betonářská výztuž B500B.....	6
3.5	Krycí vrstva.....	6
<b>4</b>	<b>Zatížení .....</b>	<b>7</b>
4.1	Stálé zatížení.....	7
4.2	Proměnné zatížení.....	8
4.3	Kombinace zatížení .....	10
<b>5</b>	<b>Výpočet a posouzení sloupku .....</b>	<b>11</b>
5.1	Vnitřní síly v patě sloupku .....	11
5.2	Posouzení ocelového sloupku .....	12
<b>6</b>	<b>Výpočet a posouzení založení.....</b>	<b>14</b>
6.1	Vnitřní síly v hlavě piloty .....	14
6.2	Posouzení piloty .....	16
<b>7</b>	<b>Závěr statického výpočtu .....</b>	<b>21</b>

# 1 Identifikační údaje objektu

Stavba:	II/114 – II/117 Hořovice, východní obchvat
Číslo stavebního objektu:	<b>SO 701</b>
Název stavebního objektu:	Protihluková stěna vpravo v km 0,000 – 0,200
Území (NUTS 1):	Česko (CZ0)
Region (NUTS 2):	Střední Čechy (CZ02)
Kraj (NUTS 3):	Středočeský (CZ020)
Okres (LAU 1):	Beroun (CZ0202)
Obec (LAU 2):	Hořovice (CZ0202531189)
Katastrální území [číslo k. ú.]:	Hořovice [645371]
<b>Stavebník / objednatel PD:</b>	<b>Středočeský kraj</b> , Zborovská 81/11, 150 21 Praha 5 IČO: 70891095, DIČ: CZ70891095
Zástupce pro smluvní jednání:	Libor Lesák, radní pro oblast investic, majetku a veřejných zakázek
E-mail/telefon:	<a href="mailto:lesak@kr-s.cz">lesak@kr-s.cz</a> / -
Uvažovaný správce objektu:	<b>Krajská správa a údržba silnic Středočeského kraje, p. o.</b> , Zborovská 81/11, 150 21 Praha 5 IČO: 00066001, DIČ: CZ00066001
Zástupce pro technická jednání:	Ing. Jan Lichtneger, ředitel KSÚS Středočeského kraje
E-mail/telefon:	<a href="mailto:jan.lichtneger@ksus.cz">jan.lichtneger@ksus.cz</a> 722 972 529
Nadřízený orgán správce objektu:	viz výše stavebník / objednatel PD
<b>Projektant / zhotovitel PD:</b>	<b>PUDIS a.s.</b> , Podbabská 1014/20, 160 00 Praha 6 IČO: 452 72 891, DIČ: CZ45272891
Zástupce pro smluvní jednání č. 1:	Ing. Martin Höfler, předseda představenstva
E-mail/telefon:	<a href="mailto:martin.hofler@pudis.cz">martin.hofler@pudis.cz</a> / +420 267 004 111
Zástupce pro smluvní jednání č. 2:	Ing. Jan Vlček, místopředseda představenstva
E-mail/telefon:	<a href="mailto:jan.vlcek@pudis.cz">jan.vlcek@pudis.cz</a> / +420 267 004 111
Hlavní inženýr projektu:	Ing. Jan Petr autorizovaný inženýr č. 0000878, obor ID00
E-mail/telefon:	<a href="mailto:jan.petr@pudis.cz">jan.petr@pudis.cz</a> / +420 723 734 948
Zodpovědný projektant mostu:	Ing. Miroslav Kroupar autorizovaný inženýr č. 0011824, obor IM00
E-mail/telefon:	<a href="mailto:miroslav.kroupar@pudis.cz">miroslav.kroupar@pudis.cz</a> / +420 602 277 988



## 2.2 Rozsah a účel statického výpočtu

Statický výpočet je nedílnou součástí PD **SO 701**. Ve stupni PDPS byl proveden statický výpočet sloupků PHS a jejich založení. Cílem výpočtu je podrobné ověření dimenzí nosných prvků PHS.

Statický výpočet byl zpracován obecně bez znalosti konkrétního zhotovitele. Při případných změnách v dalším stupních PD – RDS musí být proveden nový statický výpočet pro prověření realizovatelnosti konstrukce. Tyto případné změny musí být odsouhlaseny odpovědným projektantem PDPS objektu a schváleny objednatelem.

## 2.3 Metodika výpočtu

Statický výpočet byl proveden v souladu se souborem aktuálně platných norem ČSN a ČSN EN podle metodiky mezních stavů. Posuzují se mezní stav únosnosti (MSÚ) a mezní stav použitelnosti (MSP).

## 2.4 Použité programy

Pro provedení statického výpočtu byly použity tyto programy:

- GEO5 v2020.19                      modul Pilota
- Microsoft Office 365              Excel  
   Word

## 2.5 Použitá literatura

1. Soubor norem ČSN a ČSN EN.

## 3 Materiály

### 3.1 Dílčí součinitele spolehlivosti materiálu

Stavební ocel, únosnost průřezu kterékoliv třídy	$\gamma_{M0} =$	1.00
Stavební ocel, únosnost průřezu při posuzování stability prutů	$\gamma_{M1} =$	1.10
Beton	$\gamma_c =$	1.50
Betonářská ocel	$\gamma_s =$	1.15

### 3.2 Ocel S355 – sloupky PHS

Charakteristická mez kluzu	$f_{yk} =$	355 MPa
Modul pružnosti	$E =$	210 GPa
Poissonovo číslo oceli	$\nu =$	0.3
Modul pružnosti oceli ve smyku	$G = E/(2(1+\nu))$	80.8 GPa

### 3.3 Beton C25/30 – dříky pilot

Charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní	$f_{ck} =$	25 MPa
Průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku	$f_{cm} =$	33 MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} =$	31 GPa

### 3.3 Beton C30/37 – hlavy piloty

Charakteristická válcová pevnost betonu v tlaku ve stáří 28 dní	$f_{ck} =$	30 MPa
Průměrná hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku	$f_{cm} =$	38 MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} =$	33 GPa

### 3.4 Betonářská výztuž B500B

Charakteristická mez kluzu oceli	$f_{yk} =$	500 MPa
Modul pružnosti	$E_s =$	200 GPa

### 3.5 Krycí vrstva

#### Krycí vrstva výztuže pilot dle ČSN EN 1992-1-1 kap. 4

Minimální krycí vrstva z hlediska soudržnosti	$c_{min,b} =$	32 mm
Minimální krycí vrstva z hlediska podmínek prostředí	$c_{min,dur} =$	45 mm
Indikativní třída betonu pro XC4, XD2, XF4, XA2		C30/37
Indikativní třída betonu pro XA1		C25/30
Třída konstrukce		S4
Přídavná bezpečnostní složka	$\Delta c_{dur,y} =$	0 mm
Redukce minimální krycí vrstvy při použití nerezové oceli	$\Delta c_{dur,st} =$	0 mm
Redukce minimální krycí vrstvy při použití přídavné ochrany	$\Delta c_{dur,add} =$	0 mm
Minimální krycí vrstva	$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$	45.0 mm
Minimální krycí výztuže s ohledem na provádění dle ČSN EN 1536+A1		
pro piloty profilu D > 0,6 m	$c_{min} =$	60.0 mm
Přídavek na návrhovou odchylku	$\Delta c_{dev} =$	10 mm
Nominální krycí vrstva	$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$	70 mm

## 4 Zatížení

### 4.1 Stálé zatížení

#### 4.1.1 Vlastní tíha

Zatížení vlastní tíhou bylo vypočítáno z objemové tíhy materiálu a tvaru průřezu.

#### Objemové tíhy použitých materiálů dle ČSN EN 1991-1-1:

Železobeton	$\gamma_c =$	25 kN/m <sup>3</sup>
Dřevocement	$\gamma_{lc} =$	15 kN/m <sup>3</sup>
Ocel	$\gamma_a =$	78.5 kN/m <sup>3</sup>
Voda	$\gamma_w =$	10 kN/m <sup>3</sup>

#### Ocelový sloupek PHS

Profil sloupku		HEA180
Průřezová plocha		$A =$ 4525 mm <sup>2</sup>
Rovnoměrné zatížení	$f_{k,sl} = A \gamma_a$	$f_{k,sl} =$ 0.36 kN/m

#### Soklový panel

Šířka panelu		$b_s =$ 0.12 m
Rovnoměrné zatížení	$f_{k,s} = b_s \gamma_c$	$f_{k,s} =$ 3.00 kN/m <sup>2</sup>

#### Absorpční panel

Šířka nosné části		$b_{an} =$ 0.12 m
Rovnoměrné zatížení	$f_{k,an} = b_{an} \gamma_c$	$f_{k,an} =$ 3.00 kN/m <sup>2</sup>
Šířka pohltivé části		$b_{ap} =$ 0.12 m
Rovnoměrné zatížení	$f_{k,ap} = b_{ap} \gamma_c$	$f_{k,ap} =$ 1.80 kN/m <sup>2</sup>
Voda v pohltivé části	$f_{k,av} = b_{ap} \gamma_w$	$f_{k,av} =$ 1.20 kN/m <sup>2</sup>
Rovnoměrné zatížení celkem	$f_{k,a} = f_{k,an} + f_{k,ap} + f_{k,av}$	$f_{k,a} =$ 6.00 kN/m <sup>2</sup>

#### 4.1.2 Zemní tlak

Kvůli rozdílné výšce terénu před a za soklovým panelem dochází k zatížení zemním tlakem.

Výška zeminy		$h_z =$ 0.6 m
Koeficient zemního tlaku v klidu	$f_{k,an} = b_{an} \gamma_c$	$K_0 =$ 0.5
Objemová tíha zeminy		$\gamma_z =$ 20 kN/m <sup>3</sup>
Intenzita zatížení	$i_{k,z} = K_0 \gamma$	$i_{k,z} =$ 10 kN/m <sup>3</sup>
Maximální zatížení	$f_{k,z} = K_0 \gamma h_z$	$f_{k,z} =$ 6 kN/m <sup>2</sup>
Výslednice obrazce	$f_{k,z} = (K_0 \gamma h_z^2)/2$	$F_{k,z} =$ 1.80 kN/m



## 4.2 Proměnné zatížení

### 4.2.1 Zatížení větrem

#### Základní údaje dle ČSN EN 1991-1-4:

##### Základní hodnoty dle kap. 4.2:

Poloha PHS		Hořovice
Výchozí základní rychlost větru	dle mapy větrných oblastí	$v_{b,0} = 25.0$ m/s
Součinitel směru větru	dle kap. 4.2	$c_{dir} = 1.0$
Součinitel ročního období	dle kap. 4.2	$c_{season} = 1.0$
Základní rychlost větru	$v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0}$	$v_b = 25.0$ m/s

##### Střední rychlost větru dle kap. 4.3:

Kategorie terénu		k.t.	II
Parametr drsnosti terénu	dle tab. 4.1 pro danou k.t.	$z_0 =$	0.05
Vztažný parametr drsnosti terénu	dle kap. 4.3.2	$z_{0,II} =$	0.05
Součinitel terénu	$k_r = 0.19(z_0/z_{0,II})^{0.07}$	$k_r =$	0.19
Minimální výška podle k.t.	dle tab. 4.1 pro danou k.t.	$z_{min} =$	2.0 m
Maximální výška podle k.t.	dle kap. 4.3.2	$z_{max} =$	200 m
Výška vrchu PHS nad terénem	$z_{min} \leq z \leq z_{max}$	$z =$	11.0 m
Součinitel drsnosti terénu	$c_r(z) = k_r \ln(z/z_0)$	$c_r(z) =$	1.02
Součinitel orografie	dle kap. 4.3.1	$c_o(z) =$	1.0
Střední rychlost větru ve výšce z	$v_m(z) = c_r(z) c_o(z) v_b$	$v_m(z) =$	25.6 m/s

##### Turbulence větru dle kap. 4.4:

Součinitel turbulence	dle kap. 4.4	$k_l = 1.0$
Sm. odch. turbulentní složky větru	$\sigma_v = k_r v_b k_l$	$\sigma_v = 4.75$ m/s
Intenzita turbulence ve výšce z	$I_v(z) = \sigma_v/v_m(z)$	$I_v(z) = 0.19$

##### Maximální dynamický tlak dle kap. 4.5:

Měrná hmotnost vzduchu	dle kap. 4.5	$\rho = 1.25$ kg/m <sup>3</sup>
Základní dynamický tlak větru	$q_b = 1/2 \rho v_b^2$	$q_b = 391$ Pa
Max. dynamický tlak ve výšce z	$q_p(z) = [1+7 I_v(z)] 1/2 \rho v_m(z)^2$	$q_p(z) = 943$ Pa

#### Tlak větru na NK dle ČSN EN 1991-1-4 kap. 7.4.1 bez orografie:

U volně stojících stěn se mají stanovit součinitele výsledného tlaku pro oblasti A, B, C a D podle obrázku 7.19:

Výška PHS		$h_{PHS} = 3.7$ m
Vzálenost konce oblasti od konce PHS	oblast A: 0,3 h oblast B: 2 h oblast C: 4 h	1.11 m 7.40 m 14.8 m
Číslo sloupku		45
Oblast sloupku		D
Součinitel výsledného tlaku	dle tabulky 7.9 pro $l/h > 10$	$c_{p,net} = 1.2$
Tlak větru	$w_e = q_p(z) c_{p,net}$	$w_e = 1.13$ kN/m <sup>2</sup>

### Výpočet součinitele orografie dle ČSN EN 1991-1-4 příl. A.3:

Výška vrchu PHS nad povrchem svahu	$z =$	3.7 m
Účinná výška kopce nebo strmého svahu	$H =$	7.3 m
Skutečná délka závětrného svahu ve směru větru	$L_u =$	15.0 m
Sklon svahu	$\Phi = H/L_u > 0,3$	$\Phi = 0.5$
sklon svahu musí být prudší než 1:3,33		
Vodorovná vzdálenost místa staveniště od vrcholu hřebene	$x =$	0.8 m
Svislá vzdálenost od úrovně terénu místa staveniště	$z =$	3.7 m
Účinná délka návětrného svahu	$L_e = H/0,3$ pro $\Phi > 0,3$	$L_e = 24.3$ m
Poměr	$x/L_e =$	0.03
Poměr	$z/L_e =$	0.15

#### Návětrná část pro všechny orografie: pro $-1,5 \leq x/L_u \leq 0$ a $0 \leq z/L_e \leq 2,0$

Poměr	$x/L_e =$	0
Součinitel A	$A = 0,1552 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^4 - 0,8575 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^3 + 1,8133 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^2 - 1,9115 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right) + 1,0124$	$A = 0.76$
Součinitel B	$B = 0,3542 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right)^2 - 1,0577 \cdot \left(\frac{z}{L_e}\right) + 2,6456$	$B = 2.49$
Součinitel s	$s = A \cdot e^{\left(\frac{B \cdot x}{L_u}\right)}$	$s = 0.76$

#### Závětrná část pro útesy a skalní stěny: pro $0,1 \leq x/L_e \leq 3,5$ a $0,1 \leq z/L_e \leq 2,0$

Poměr	$x/L_e =$	0.1
Součinitel A	$A = -1,3420 \cdot \left(\log\left(\frac{z}{L_e}\right)\right)^3 - 0,8222 \cdot \left(\log\left(\frac{z}{L_e}\right)\right)^2 + 0,4609 \cdot \log\left(\frac{z}{L_e}\right) - 0,0791$	$A = -0.27$
Součinitel B	$B = -1,0196 \cdot \left(\log\left(\frac{z}{L_e}\right)\right)^3 - 0,8910 \cdot \left(\log\left(\frac{z}{L_e}\right)\right)^2 + 0,5343 \cdot \log\left(\frac{z}{L_e}\right) - 0,1156$	$B = -0.59$
Součinitel C	$C = 0,8030 \cdot \left(\log\left(\frac{z}{L_e}\right)\right)^3 + 0,4236 \cdot \left(\log\left(\frac{z}{L_e}\right)\right)^2 - 0,5738 \cdot \log\left(\frac{z}{L_e}\right) + 0,1606$	$C = 0.47$
Součinitel s	$s = A \cdot \left(\log\left(\frac{x}{L_e}\right)\right)^2 + B \cdot \log\left(\frac{x}{L_e}\right) + C$	$s = 0.79$

#### Interpolace:

Součinitel s	pro $0 \leq x/L_e \leq 0,1$	$s = 0.77$
Součinitel orografie	$c_o(z) = 1 + 0,6s$ pro $\Phi > 0,3$	$c_o(z) = 1.46$

### Tlak větru na NK dle ČSN EN 1991-1-4 kap. 7.4.1 včetně orografie:

Součinitel drsnosti terénu	$c_r(z) = k_r \ln(z/z_0)$	$c_r(z) = 0.82$
Střední rychlost větru ve výšce z	$v_m(z) = c_r(z) c_o(z) v_b$	$v_m(z) = 29.9$ m/s
Intenzita turbulence ve výšce z	$I_v(z) = \sigma_v/v_m(z)$	$I_v(z) = 0.16$
Max. dynamický tlak ve výšce z	$q_p(z) = [1 + 7 I_v(z)]^{1/2} \rho v_m(z)^2$	$q_p(z) = 1180$ Pa
Tlak větru	$w_e = q_p(z) c_{p,net}$	$w_e = 1.42$ kN/m <sup>2</sup>
Uvažovat orografii		ANO
Charakteristická hodnota zatížení		$w_{e,k} = 1.42$ kN/m <sup>2</sup>

## 4.2.2 Přehled zatížení větrem

Číslo sloupku	45	65	66	67	5	2	1	
Oblast sloupku	D	C	B	A	C	B	A	
$c_{p,net} =$	1.2	1.7	2.1	3.4	1.7	2.1	3.4	
$w_{e,k} =$	1.42	2.01	2.48	4.01	2.01	2.48	4.01	kN/m <sup>2</sup>

## 4.2.3 Dynamický tlak způsobený projíždějícími vozidly

Uvažováno dle ČSN EN 1794-1 přílohy A. Lze předpokládat, že zatížení větrem a dynamický tlak způsobený vozidly nepůsobí současně. Vozidla projíždějí ve vzdálenosti 3 m od PHS rychlostmi vyššími než 120 km/h.

dynamický tlak  $q(v)_k = 0.8 \text{ kN/m}^2$

## 4.2.4 Mimořádné dynamické zatížení při odklizení sněhu

Uvažováno dle ČSN EN 1794-1 přílohy E. Vychází se z toho, že dynamické zatížení při odklizení sněhu nepůsobí současně se zatížením větrem. Vzhledem k rychlosti pluhu se nepředpokládá ani působení dynamického tlaku od projíždějících vozidel. Zatížení působí rovnoměrně kolmo na plochu 2x2 m s výslednicí 1.5 m nad úrovní vozovky.

vzdálenost výslednice od paty sloupku  $e = 2.25 \text{ m}$

výslednice pro rychlost pluhu 60 km/h  $F_{k,os} = 15.0 \text{ kN}$

## 4.3 Kombinace zatížení

Kombinace zatížení jsou uvažovány dle ČSN EN 1990.

### 4.3.1 Mezní stavy únosnosti (MSÚ) dle kap.6.4.3 a příl. A1.3

Vzhledem k charakteru zatížení (ve vodorovném směru působí pouze jedno zatížení, vlastní tíha není pro návrh rozhodující) se použije výraz 6.10:

Kombinace STR/GEO Soubor B:

$$F_{Ed} = \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_k$$

Dílčí součinitel pro stálé zatížení  $\gamma_G = 1.35$

Dílčí součinitel pro proměnné zatížení  $\gamma_Q = 1.50$

Mimořádná kombinace:

$$F_{Ed} = \gamma_G G_k + \gamma_{Q,os} Q_{k,os}$$

Dílčí součinitel pro stálé zatížení  $\gamma_G = 1.00$

Dílčí součinitel pro proměnné zatížení  $\gamma_{Q,os} = 1.50$

### 4.3.2 Mezní stavy použitelnosti (MSP) dle kap.6.5.3 a příl. A1.4

Charakteristická kombinace

$$F_{Ed} = G_k + Q_k$$

Častá kombinace

$$F_{Ed} = G_k + \psi_1 Q_k$$

Kvazistálá kombinace

$$F_{Ed} = G_k + \psi_2 Q_k$$

Kombinační součinitele zatížení větrem

$$\psi_1 = 0.2$$

$$\psi_2 = 0.0$$

## 5 Výpočet a posouzení sloupku

### 5.1 Vnitřní síly v patě sloupku

#### Geometrie

Výška panelu vlevo	$h_L =$	3.7 m
Výška panelu vpravo	$h_P =$	3.4 m
Zatěžovací šířka panelu vlevo	$a_L =$	2.0 m
Zatěžovací šířka panelu vpravo	$a_P =$	2.0 m

#### 5.1.1 Zatěžovací stavy

##### Stálé zatížení - zemní tlak

Ohybový moment	$M_{k,z} = F_{k,z} (a_L + a_P) h_z / 3$	$M_{k,z} =$	1.44 kNm
Posouvající síla	$V_{k,z} = F_{k,z} (a_L + a_P)$	$V_{k,z} =$	7.20 kN

##### Proměnné zatížení - vítr nebo projíždějící vozidla

Rovnoměrné zatížení	$f_{w,k} = \max[w_{e,k}; q(v)_k]$	$f_{w,k} =$	1.42 kN/m <sup>2</sup>
Ohybový moment	$M_{k,w} = f_{w,k} (a_L h_L^2 + a_P h_P^2) / 2$	$M_{k,w} =$	35.8 kNm
Posouvající síla	$V_{k,w} = f_{w,k} (a_L h_L + a_P h_P)$	$V_{k,w} =$	20.1 kN

##### Mimořádné zatížení - odklizení sněhu

Ohybový moment	$M_{k,os} = F_{k,os} e$	$M_{k,os} =$	33.8 kN
Posouvající síla	$V_{k,os} = F_{k,os}$	$V_{k,os} =$	15.0 kN

#### 5.1.2 Kombinace MSÚ

##### Kombinace STR/GEO Soubor B

Ohybový moment	$M_{Ed} = 1.35 M_{k,z} + 1.5 M_{k,w}$	$M_{Ed} =$	55.6 kNm
Posouvající síla	$V_{Ed} = 1.35 V_{k,z} + 1.5 V_{k,w}$	$V_{Ed} =$	39.9 kNm

##### Mimořádná kombinace

Ohybový moment	$M_{Ed} = M_{k,z} + 1.5 M_{k,os}$	$M_{Ed} =$	52.1 kNm
Posouvající síla	$V_{Ed} = V_{k,z} + 1.5 V_{k,os}$	$V_{Ed} =$	29.7 kNm

#### 5.1.2 Kombinace MSP

##### Charakteristická kombinace

Ohybový moment	$M_{Ek} = M_{k,z} + M_{k,w}$	$M_{ek} =$	37.2 kNm
Posouvající síla	$V_{Ek} = V_{k,z} + V_{k,w}$	$V_{Ek} =$	27.3 kNm

##### Častá kombinace

Ohybový moment	$M_{Ek} = M_{k,z} + 0.2 M_{k,w}$	$M_{ek} =$	8.6 kNm
Posouvající síla	$V_{Ek} = V_{k,z} + 0.2 V_{k,w}$	$V_{Ek} =$	11.2 kNm

##### Kvazistálá kombinace

Ohybový moment	$M_{Ek} = M_{k,z}$	$M_{ek} =$	1.4 kNm
Posouvající síla	$V_{Ek} = V_{k,z}$	$V_{Ek} =$	7.2 kNm

## 5.2 Posouzení ocelového sloupku

### 5.2.1 Tabulkové charakteristiky

Profil sloupku

HEA180

Smyková plocha	tabulky	$A_{v,z} =$	1447 mm <sup>2</sup>
Pružný průřezový modul kolem osy y	tabulky [ $\cdot 10^3$ ]	$W_y =$	293.6 mm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul kolem osy y	tabulky [ $\cdot 10^3$ ]	$W_{y,pl} =$	324.9 mm <sup>3</sup>
Moment setrvačnosti k ose y	tabulky [ $\cdot 10^4$ ]	$I_y =$	2510 mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti k ose z	tabulky [ $\cdot 10^4$ ]	$I_z =$	925 mm <sup>4</sup>
Moment tuhosti v prostém kroucení	tabulky [ $\cdot 10^4$ ]	$I_t =$	14.9 mm <sup>4</sup>
Výsečový moment setrvačnosti	tabulky [ $\cdot 10^6$ ]	$I_w =$	60210 mm <sup>6</sup>
Výška profilu	tabulky	$h_a =$	171 mm
Šířka profilu	tabulky	$b_a =$	180 mm

### 5.2.2 Posouzení MSÚ dle ČSN EN 1993-1-1:

#### Smyk dle kap. 6.2.6

Posouvající síla		$V_{Ed} =$	39.9 kN
Plastická únosnost ve smyku	$V_{pl,Rd} = (A_{v,z} f_{yk}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0})$	$V_{pl,Rd} =$	296.6 kN
Využití	$V_{Ed} / V_{pl,Rd} < 1$		13%

#### Ohyb dle kap. 6.2.5

Ohybový moment		$M_{Ed} =$	55.6 kNm
Plastická únosnost v ohybu	$M_{pl,Rd} = W_{y,pl} f_{yk} / \gamma_{M0}$	$M_{pl,Rd} =$	115.3 kNm
Využití	$M_{Ed} / M_{pl,Rd} < 1$		48%

#### Ohyb s klopením dle kap. 6.3.2 a národní příl. NB.3

Součinitele vzpěrné délky	konzola	$k_w =$	2.0
	konzola	$k_z =$	2.0
Zatížená (klopící) délka sloupku		$L =$	3.55 m
Bezrozměrný parametr kroucení	$\kappa_{wt} = \pi / (k_w L) \cdot \sqrt{[E I_w / (G I_t)]}$	$\kappa_{wt} =$	0.45
Souřadnice působíště zatížení vzhledem k těžišti průřezu		$z_a =$	0.086 m
Souřadnice středu smyku vzhledem k těžišti průřezu		$z_s =$	0 m
Souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku		$z_g =$	0.086 m
Bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku	$\zeta_g = \pi z_g / (k_z L) \cdot \sqrt{[E I_z / (G I_t)]}$	$\zeta_g =$	0.48
Souřadnice nesymetrie průřezu		$z_j =$	0 m
Bezrozměrný parametr nesymetrie průřezu		$\zeta_j =$	0

#### Součinitele závislé na zatížení a podmínkách uložení konců:

Pro $z_j = 0, -4 \leq \zeta_g \leq 4$ a $\kappa_{wt} \leq 4$ dle ČSN EN 1999-1-1 příl. I		$C_1 =$	8.12
		$C_2 =$	2.03
Bezrozměrný kritický moment		$\mu_{cr} =$	2.00
Pružný kritický moment při klopení	$M_{cr} = \mu_{cr} \pi \sqrt{[E I_z G I_t] / L}$	$M_{cr} =$	271 kNm

Poměrná štíhlost	$\lambda_{LT} = \sqrt{(M_{pl,Rd}/M_{max,cr})}$	$\lambda_{LT} =$	0.65
Válcovaný I průřez, poměr h/b		h/b =	0.95
Součinitel imperfekce při klopení		$\alpha_{LT} =$	0.21
	$\Phi_{LT} = 0.5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2]$	$\Phi_{LT} =$	0.76
Součinitel klopení	$\chi_{LT} = 1 / [\Phi_{LT} + \sqrt{(\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2)}]$	$\chi_{LT} =$	0.87
Platická únosnost při klopení	$M_{b,pl,Rd} = \chi_{LT} W_{y,pl} f_{yk} / \gamma_{M1}$	$M_{b,pl,Rd} =$	91.1 kNm
Využití	$M_{Ed} / M_{b,pl,Rd} < 1$		61%

### 5.2.3 Posouzení MSP dle ČSN EN 1794-1:

Při stanovení průhybu nosných prvků se sesmějí uvažovat natočení a posunutí, která mají původ v základech nebo v připojovacích bodech.

#### Průhyb od zatížení větrem

	$w_{k,w} = f_{w,k} (a_L h_P^4 + a_L h_P^4) / (8EI_y)$	$w_{k,w} =$	21.6 mm
Limitní průhyb	$w_{lim} = L/150$	$w_{lim} =$	23.7 mm
Využití	$w_{k,w} / w_{lim} < 1$		91%

#### Posouzení pružného chování při průhybu

Ohybový moment		$M_{k,w} =$	35.8 kNm
Normálové napětí		$\sigma_{Ek} =$	121.8 MPa
Využití	$\sigma_{Ek} / f_{yk} < 1$		34%

### 5.2.4 Přehled posudků sloupků

Číslo sloupku	45	65	66	67	5	2	1	
Profil sloupku	HEA180	HEB180	HEM180	HEB180	HEA180	HEA180	HEA180	
$V_{Ed} =$	39.9	52.5	62.5	49.4	26.1	30.1	24.3	kN
$V_{pl,Rd} =$	296.6	414.8	710.2	414.8	296.6	296.6	296.6	kN
využití	13%	13%	9%	12%	9%	10%	8%	
$M_{Ed} =$	55.6	78.0	95.8	83.4	51.3	51.3	51.0	kNm
$M_{pl,Rd} =$	115.3	170.9	313.6	170.9	115.3	115.3	115.3	kNm
využití	48%	46%	31%	49%	45%	45%	44%	
$M_{cr} =$	270.6	563.3	1734.2	543.0	281.3	281.3	281.3	kNm
$\chi_{LT} =$	0.87	0.91	0.95	0.90	0.87	0.87	0.87	
$M_{b,pl,Rd} =$	91.1	141.0	269.7	140.5	91.6	91.6	91.6	kNm
využití	61%	55%	36%	59%	56%	56%	56%	
$w_{k,w} =$	21.6	20.0	12.7	23.4	12.7	15.7	12.7	mm
$w_{lim} =$	23.7	23.7	23.7	24.7	22.7	22.7	22.7	mm
využití	91%	85%	53%	95%	56%	69%	56%	
$M_{k,w} =$	35.8	50.7	62.6	54.9	23.2	28.7	23.2	kNm
$\sigma_{Ek} =$	121.8	119.0	83.6	129.1	79.0	97.6	79.0	MPa
využití	34%	34%	24%	36%	22%	27%	22%	

## 6 Výpočet a posouzení založení

### 6.1 Vnitřní síly v hlavě piloty

#### Geometrie

Výška sloupku nad pilotou	$h_{sl} =$	3.8 m
Výška soklového panelu	$h_s =$	1.17 m
Výška absorpčního panelu	$h_a =$	2.50 m
Výška hlavy piloty	$h_{hlp} =$	0.70 m

#### 6.1.1 Zatěžovací stavy

##### Svislé stálé zatížení - vlastní tíha

Sloupek	$N_{k,sl} = f_{k,sl} h_{sl}$	$N_{k,sl} =$	1.35 kN
Soklový panel	$N_{k,s} = f_{k,s} (a_L + a_P) h_s$	$N_{k,s} =$	14.04 kN
Absorpční panel	$N_{k,a} = f_{k,a} (a_L + a_P) h_a$	$N_{k,a} =$	60.00 kN

##### Vodorovné stálé zatížení - zemní tlak

Ohybový moment	$M_{k,z} = F_{k,z} (a_L + a_P)(h_z/3 + h_{hlp})$	$M_{k,z} =$	6.48 kNm
Posouvající síla	$V_{k,z} = F_{k,z} (a_L + a_P)$	$V_{k,z} =$	7.20 kN

##### Proměnné zatížení - vítr nebo projíždějící vozidla

Ohybový moment	$M_{k,w} = f_{w,k} [a_L h_L (h_L/2 + h_{hlp}) + a_P h_P (h_P/2 + h_{hlp})]$	$M_{k,w} =$	49.8 kNm
Posouvající síla	$V_{k,w} = f_{w,k} (a_L h_L + a_P h_P)$	$V_{k,w} =$	20.1 kN

##### Mimořádné zatížení - odklízení sněhu

Ohybový moment	$M_{k,os} = F_{k,os} (e + h_{hlp})$	$M_{k,os} =$	44.3 kN
Posouvající síla	$V_{k,os} = F_{k,os}$	$V_{k,os} =$	15.0 kN

#### 6.1.2 Kombinace MSÚ

##### Kombinace STR/GEO Soubor B

Ohybový moment	$M_{Ed} = 1.35 M_{k,z} + 1.5 M_{k,w}$	$M_{Ed} =$	83.5 kNm
Posouvající síla	$V_{Ed} = 1.35 V_{k,z} + 1.5 V_{k,w}$	$V_{Ed} =$	39.9 kNm
Normálová síla	$N_{Ed} = 1.35 (N_{k,sl} + N_{k,s} + N_{k,a})$	$N_{Ed} =$	101.8 kN

##### Mimořádná kombinace

Ohybový moment	$M_{Ed} = M_{k,z} + 1.5 M_{k,os}$	$M_{Ed} =$	72.9 kNm
Posouvající síla	$V_{Ed} = V_{k,z} + 1.5 V_{k,os}$	$V_{Ed} =$	29.7 kNm

#### 6.1.3 Kombinace MSP

##### Charakteristická kombinace

Ohybový moment	$M_{Ek} = M_{k,z} + M_{k,w}$	$M_{Ek} =$	56.3 kNm
Posouvající síla	$V_{Ek} = V_{k,z} + V_{k,w}$	$V_{Ek} =$	27.3 kNm
Normálová síla	$N_{Ek} = N_{k,sl} + N_{k,s} + N_{k,a}$	$N_{Ek} =$	75.4 kN

### 6.1.4 Přehled zatížení hlavy piloty

Číslo sloupku	45	65	66	67	5	2	1	0
$M_{Ed} =$	83.5	114.7	139.6	118.0	69.6	69.6	68.0	kNm
$V_{Ed} =$	39.9	52.5	62.5	49.4	26.1	30.1	24.3	kNm
$N_{Ed} =$	101.8	102.6	104.5	52.6	49.5	49.5	25.6	kN
$M_{Ek} =$	56.3	77.1	93.7	79.0	36.0	43.7	34.4	kNm
$V_{Ek} =$	27.3	35.7	42.4	33.3	17.2	20.5	15.4	kNm
$N_{Ek} =$	75.4	76.0	77.4	39.0	36.7	36.7	19.0	kN



## 6.2 Posouzení piloty

### Vstupní data

#### Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA2

#### Materiály a normy

Betonové konstrukce :	EN 1992-1-1 (EC2)
Součinitele EN 1992-1-1 :	standardní
Ocelové konstrukce :	EN 1993-1-1 (EC3)
Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu :	$\gamma_{M0} = 1,00$
Dřevěné konstrukce :	EN 1995-1-1 (EC5)
Dílčí součinitel vlastností dřeva :	$\gamma_M = 1,30$
Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) :	$k_{mod} = 0,50$
Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) :	$k_{cr} = 0,67$

#### Piloty

Výpočet pro odvodněné podmínky :	NAVFAC DM 7.2
Zatěžovací křivka :	lineární (Poulos)
Vodorovná únosnost :	pružný poloprostor
Metodika posouzení :	výpočet podle EN 1997
Návrhový přístup :	2 - redukce zatížení a odporu

Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	

#### Parametry zemin

##### Třída S1, středně ulehlá

Objemová tíha :	$\gamma$	=	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Poissonovo číslo :	$\nu$	=	0,28
Modul přetvárnosti :	$E_{def}$	=	45,00 MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat}$	=	20,00 kN/m <sup>3</sup>
Úhel roznášení :	$\beta$	=	23,00 °
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef}$	=	36,50 °

### **Třída S3, středně ulehlá**

Objemová tíha :  $\gamma = 17,50 \text{ kN/m}^3$   
Poissonovo číslo :  $\nu = 0,30$   
Modul přetvárnosti :  $E_{\text{def}} = 15,50 \text{ MPa}$   
Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{\text{sat}} = 17,50 \text{ kN/m}^3$   
Úhel roznášení :  $\beta = 18,00^\circ$   
Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{\text{ef}} = 29,50^\circ$

### **Třída G1, středně ulehlá**

Objemová tíha :  $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$   
Poissonovo číslo :  $\nu = 0,20$   
Modul přetvárnosti :  $E_{\text{def}} = 320,00 \text{ MPa}$   
Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{\text{sat}} = 21,00 \text{ kN/m}^3$   
Úhel roznášení :  $\beta = 24,00^\circ$   
Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{\text{ef}} = 38,50^\circ$

### **Třída G3, středně ulehlá**

Objemová tíha :  $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$   
Poissonovo číslo :  $\nu = 0,25$   
Modul přetvárnosti :  $E_{\text{def}} = 85,00 \text{ MPa}$   
Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{\text{sat}} = 19,00 \text{ kN/m}^3$   
Úhel roznášení :  $\beta = 20,00^\circ$   
Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{\text{ef}} = 32,50^\circ$

## **Geometrie**

Profil piloty: kruhová

### **Rozměry**

Průměr  $d = 0,75 \text{ m}$

Délka  $l = 5,00 \text{ m}$

### **Spočtené průřezové charakteristiky**

Plocha  $A = 4,42\text{E-}01 \text{ m}^2$

Moment setrvačnosti  $I = 1,55\text{E-}02 \text{ m}^4$

### **Umístění**

Vysazení  $h = 0,70 \text{ m}$

Hloubka upraveného terénu  $h_z = 0,00 \text{ m}$

Typ technologie: Vrtané piloty

Modul reakce podloží uvažován jako konstantní.

## Materiál konstrukce

Objemová tíha  $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-1-1 (EC2).

### Beton : C 20/25

Válcová pevnost v tlaku  $f_{ck} = 20,00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu  $f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$

Modul pružnosti  $E_{cm} = 30000,00 \text{ MPa}$

Modul pružnosti ve smyku  $G = 12500,00 \text{ MPa}$


### Ocel podélná : B500

Mez kluzu  $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

### Ocel příčná: B500

Mez kluzu  $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

## Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	-	0,00 .. ∞	Třída S3, středně ulehlá	

## Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	$M_x$ [kNm]	$M_y$ [kNm]	$H_x$ [kN]	$H_y$ [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Design	Návrhové	102,60	0,00	137,70	-61,80	0,00
2	Ano		Char	Užitné	76,00	0,00	92,50	-41,90	0,00

## Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro odvodněné podmínky

## Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

## 6.2.1 Posouzení svislé únosnosti

### Posouzení svislé únosnosti piloty, metoda NAVFAC DM 7.2 - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Zemina pod patou piloty je nesoudržná

Součinitel únosnosti  $N_q = 9,50$

Plocha příčného řezu piloty  $A_p = 4,42E-01 \text{ m}^2$

Únosnost na plášti piloty:

Hloubka [m]	Mocnost [m]	$c_{ud}$ [kPa]	$\alpha$ [–]	$K$ [–]	$\delta$ [°]	$\sigma_{or}$ [kPa]	$R_{si}$ [kN]
0,00	-	-	-	-	-	-	-
0,75	0,75	-	-	1,26	22,13	6,56	5,41
0,75	-	-	-	-	-	-	-
4,30	3,55	-	-	1,26	22,13	13,12	51,23

### Posouzení svislé únosnosti : NAVFAC DM 7.2

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Součinitel výpočtu kritické hloubky  $k_{dc} = 1,00$

Posouzení tlačené piloty:

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 1. (Design)

Únosnost piloty na plášti  $R_s = 56,65 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě  $R_b = 287,11 \text{ kN}$

Únosnost piloty  $R_c = 343,76 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla  $V_d = 177,15 \text{ kN}$

$R_c = 343,76 \text{ kN} > 177,15 \text{ kN} = V_d$

**Svislá únosnost piloty VYHOVUJE**

## 6.2.2 Výpočet sedání

### Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	$E_s$ [MPa]
1	15,00

Limitní sedání piloty  $s_{lim} = 25,0 \text{ mm}$

### Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Opravný součinitel tuhosti piloty  $C_k = 0,98$

Opravný součinitel Poissonova čísla  $C_v = 0,80$

Opravný součinitel tuhosti zeminy  $C_b = 1,00$

Součinitel přenosu zat. nestl. piloty  $\beta_0 = 0,17$

Součinitel přenosu zatížení do paty  $\beta = 0,13$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru  $l/d$   $I_0 = 0,19$   
Součinitel vlivu tuhosti piloty  $R_k = 1,00$   
Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy  $R_h = 1,00$   
Korekční součinitel Poissonova čísla  $R_v = 0,91$

### Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace plášť.tření  $R_{yu} = 71,81$  kN  
Velikost sedání odpovídající síle  $R_{yu}$   $s_y = 1,1$  mm  
Celková únosnost  $R_c = 268,40$  kN  
Maximální sednutí  $s_{lim} = 25,0$  mm

Pro maximální užité svislé zatížení  $V = 76,00$  kN je sednutí piloty 1,6 mm.

## 6.2.3 Posouzení vodorovné únosnosti

### Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty

Výpočet proveden pro zatěžovací stav číslo 1. (Design)  
Vodorovná únosnost posouzena ve směru maximálního účinku zatížení.

### Maximální vnitřní síly a deformace:

Deformace hlavy piloty = 11,7 mm  
Max.deformace piloty = 11,7 mm  
Max.posouvající síla = 79,68 kN  
Maximální moment = 198,00 kNm

### Posouzení na tlak a ohyb

Vyztužení - 12 ks profil 16,0 mm; krytí 70,0 mm  
Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota  
Stupeň vyztužení  $\rho = 0,546 \% > 0,500 \% = \rho_{min}$   
Zatížení :  $N_{Ed} = -102,60$  kN (tlak) ;  $M_{Ed} = 198,00$  kNm  
Únosnost :  $N_{Rd} = -176,66$  kN;  $M_{Rd} = 340,92$  kNm

**Navržená výztuž piloty VYHOVUJE**

### Posouzení na smyk

Posouvající síla na mezi únosnosti:  $V_{Rd} = 138,18$  kN  $> 79,68$  kN =  $V_{Ed}$

**Průřez VYHOVUJE.**

## 7 Závěr statického výpočtu

Tímto statickým výpočtem ve stupni PDPS byly posouzeny hlavní nosné části konstrukce PHS. Byly stanoveny a prověřeny dimenze sloupků PHS a dimenze jejich založení.

**Všechny navržené průřezy vyhovují.**

V dalším stupni PD – RDS je bezpodmínečně nutné provést:

- podrobný výpočet a ověření prvků PHS na základě znalosti konkrétního zhotovitele,
- podrobný návrh a posouzení betonářské výztuže soklových a absorpčních panelů PHS ve výrobně technické dokumentaci.