

			ČÍSLO SOUPRAVY:
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	



**SUDOP BRNO**

**SUDOP BRNO, spol. s r.o.**  
Kounicova 26  
611 36 Brno

OBJEDNAVATEL:	Správa železnic, státní organizace, Oblastní ředitelství Brno, Kounicova 26, 611 43 Brno		tel. : +420 972 625 804 E-mail: sudop@sudop-brno.cz	
PROFESNÍ SKUPINA:	24 SILNOPROUD	VEDOUcí PROF. SKUPINY ING. JAN ZÁŘECKÝ	GENERÁLNÍ ŘEDITEL ING. KAMIL CHMELA	
ODPOVĚDNÝ PROJ. ZAKÁZKY ING. JAN ZÁŘECKÝ	ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO ING. JAN ZÁŘECKÝ	NAVRHL, VYPRACOVAL ING. ONDŘEJ ŠEBESTA	KONTROLOVAL ING. JAN ZÁŘECKÝ	
KRAJ : JIHMORAVSKÝ	POVĚŘENÝ OÚ : BRNO - MALOMĚŘICE A OBŘANY		STUPEŇ : DUSP+PDPS	
OPRAVA OSVĚTLENÍ SPÁDOVIŠTĚ MALOMĚŘICE SO 02 Oprava osvětlení kolejí č.101 - 123			ZAK. ČÍSLO 19044-01-0620	ARCH. ČÍSLO 2019240017
			MĚŘÍTKO	POČET FORMÁTŮ
			DATUM: 06/2020	
			ČÁST DOKUM. D.2	
Statický výpočet základu pro stožár o výšce 12m				

## STATICKÝ VÝPOČET

### ZÁKLADY PRO SKLOPNÉ STOŽÁRY T127RLH a T127RLH\_FP VÝŠKY 12 m AREÁL SEŘAĐOVACÍHO NÁDRAŽÍ BRNO-MALOMĚŘICE

Datum: 10/2020  
Stupeň dokumentace: DSP+DPS  
Zpracovatel: PEEM, spol. s r.o  
Objednatel: SUDOP BRNO, spol.s r.o., Kounicova 26, 611 36 Brno  
Zakázkové číslo: 1918/2020  
Místo stavby: Brno - Maloměřice

## Obsah statického výpočtu:

1	Úvod .....	3
2	Předané podklady .....	3
3	Použité normy a literatura.....	3
4	Výpočet zatížení .....	4
4.1	Stálé složky zatížení.....	4
4.1.1	Vlastní tíha základové patky.....	4
4.1.2	Vlastní tíha stožáru .....	6
4.2	Proměnné složky zatížení .....	6
4.2.1	Zatížení větrem .....	6
5	Posouzení stability patky .....	6
6	Posouzení únosnosti zeminy .....	11
7	Závěr .....	19

## 1 Úvod

Předmětem statického výpočtu je posouzení typových základových patek pro sklopné osvětlovací stožáry ABACUS T127RLH a T127RLH\_FP výšky 12 m osazené dvojvýložníkem 0,5 – 2x LED svítidlo R2L2 123W. Osvětlovací stožáry jsou ocelové plnostěnné konstrukce.

Stožár typu T127RLH je kotven vetknutím, co je dosaženo zabetonováním těla stožáru. Samostatná patka bude zapuštěná 0,7 m pod povrch šterkového lóže. S ohledem na dispozici osazení stožáru do kolejové mezery je nutné dodržet maximální šířku 1 m.

Stožár typu T127RLH\_FP je kotven na přírubu, ke kotvicím šroubům M24 délky 1,0 m pevnost 8.8 na čtverci 300x300mm, kotevní tyče přechází 100 mm nad povrchem patky.

## 2 Předané podklady

Byly předány následující podklady:

- zatěžovací účinky stožáru (destabilizující moment a vodorovná síla) v úrovni kotvení stožáru do základu
- IG průzkum zpracovaný firmou GeoTec-GS, a.s. Chmelová 2920/6 106 00 Praha 10

Veškeré podklady byly zaslány Ing. Luděkem Měchurou dne 08. 10. 2020.

## 3 Použité normy a literatura

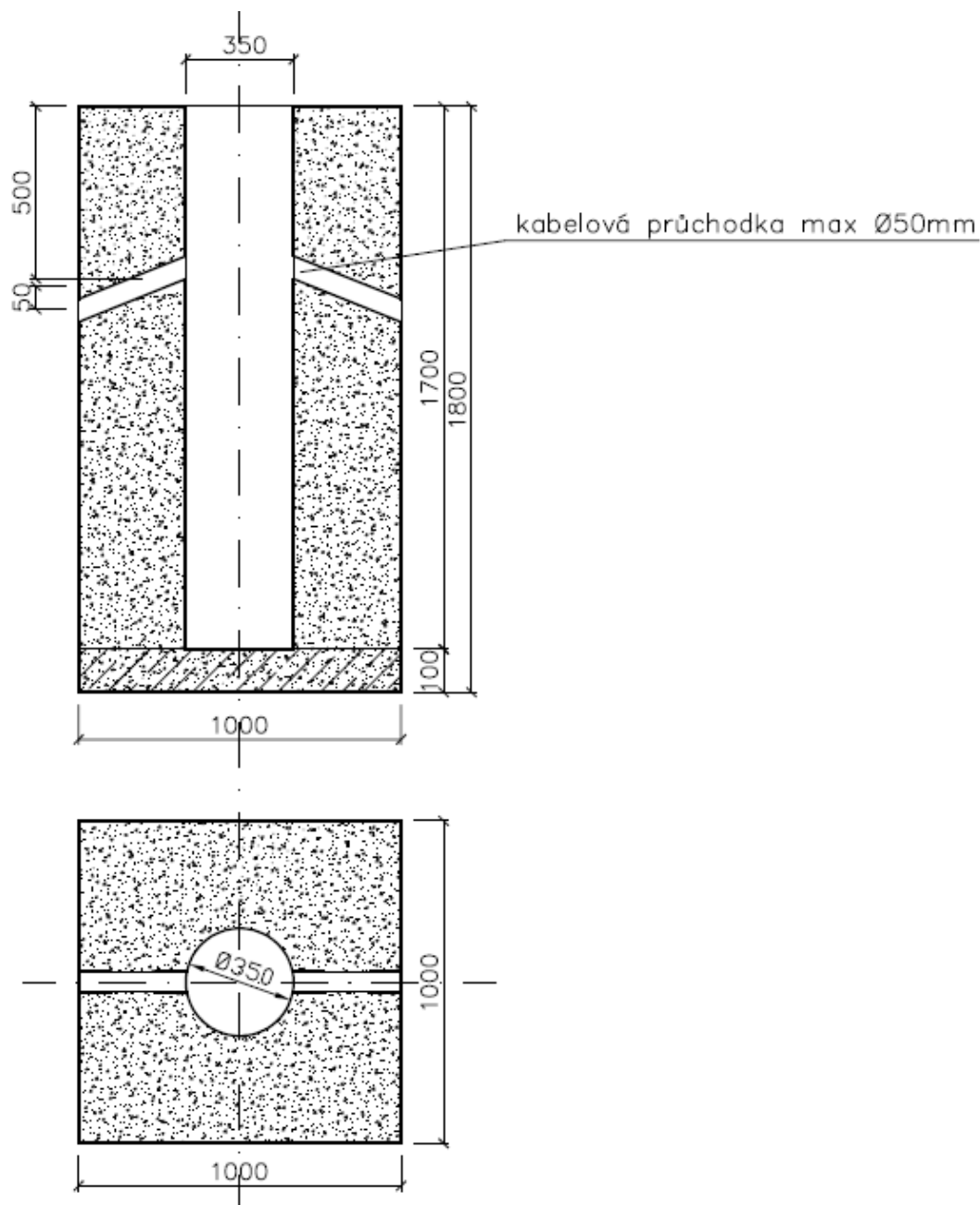
- ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1 Zatížení stavebních konstrukcí - obecná pravidla
- ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí
- ČSN EN 1993-1 Navrhování ocelových konstrukcí - obecná pravidla
- ČSN EN 1993-3-1 Navrhování ocelových konstrukcí - věže stožáry a komíny
- ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí - část 1: Obecná pravidla

## 4 Výpočet zatížení

### 4.1 Stálé složky zatížení

#### 4.1.1 Vlastní tíha základové patky

Pro stožár ABACUS T127RLH je navržena typová základová patka s rozměry dle schématu:



$$G_p = (1 \cdot 1 \cdot 1,7) \cdot 22 = 37,4 \text{ kN}$$

[illegible]

PEEM, spol. s r. o., Čajkovského 35, 616 00 Brno  
IČO: 479 03 627  
DIČ: CZ 479 03 627  
tel.: +420 549 253 390, e-mail: [peem@peem.cz](mailto:peem@peem.cz)

5

#### 4.1.2 Vlastní tíha stožáru

Svislý silový účinek v místě kotvení, byl převzatý z obdobných stožárů výšky 12 m z předchozích projektů:

$$G_s = 1,8 \text{ kN}$$

### 4.2 Proměnné složky zatížení

#### 4.2.1 Zatížení větrem

Bylo předáno jako silové účinky v úrovni kotvení:

$$M_{yk} = 15,4 \text{ kNm}$$

$$H_{yk} = 2,2 \text{ kN}$$

## 5 Posouzení stability patky

### VÝPOČET STABILITY ZÁKLADOVÉ PATKY PRO STOŽÁR T127RLH

#### Geometrie patky:

Základní rozměr kolmo k ohyb. momentu	b1 =	1000 mm
Základní rozměr ve směru ohyb. momentu	l1 =	1000 mm
Základní výška	h1 =	1700 mm
Výška zeminy nad základem	h3 =	700 mm

Objemová tíha betonu:	$\gamma_c =$	22 kN/m <sup>3</sup>
Objemová tíha zeminy (nad základem):	$\gamma_z =$	18 kN/m <sup>3</sup>

#### Zatížení patky:

Svislá síla v kotevní úrovni	$V_k =$	1,8 kN
Vodorovná síla v kotevní úrovni	$H_k =$	2,2 kN
Moment v kotevní úrovni	$M_k =$	15,4 kNm

#### Vliv pasivního odporu zeminy:

Parametry základové půdy:

Uhel vnitřního tření efektivní	$\varphi_{ef} =$	29,7 °
Uhel vnitřního tření	$\varphi_d =$	25,7 °
Součinitel pasivního zemního tlaku	$K_p =$	2,02

Svislé geostatické napětí	$\sigma_z =$	43,2 kN/m <sup>2</sup>
Pasivní zemní odpor	$\sigma_p =$	87,3 kN/m <sup>2</sup>
Hloubka založení	$h =$	2400 mm
Působíště výslednice v 1/3 hloubky založení	$h_{sp} =$	800 mm
Výslednice pasivního zemního odporu	$S_p =$	43,6 kN

**Parciální součinitelé spolehlivosti:**

$$\gamma_{G1,inf} = 0,9$$
$$\gamma_Q = 1,5$$

Celkový destabilizující moment:	$M_{d,dst} =$	28,7 kNm
Celkový stabilizující moment:	$M_{d,stb} =$	58,2 kNm

Podmínka posouzení:  $M_{d,dst} < M_{d,stb}$  **Vyhovuje!**

Základ pro osvětlovací stožár T127RLH vyhovuje, v případě, že bude základ zapuštěn do okolní řádně zhutněné zeminy po celém obvodu a zásyp bude proveden ze zemin vhodných do násypů.

**VÝPOČET STABILITY ZÁKLADOVÉ PATKY PRO STOŽÁR T127RLH\_FP**

**Geometrie patky:**

Základní rozměr kolmo k ohyb. momentu	$b_1 =$	1300 mm
Základní rozměr ve směru ohyb. momentu	$l_1 =$	1300 mm
Základní výška	$h_1 =$	900 mm

Objemová tíha betonu:  $\gamma_c = 22$  kN/m<sup>3</sup>

**Zatížení patky:**

Svislá síla v kotevní úrovni	$V_k =$	1,8 kN
Vodorovná síla v kotevní úrovni	$H_k =$	2,2 kN
Moment v kotevní úrovni	$M_k =$	15,4 kNm

**Parciální součinitelé spolehlivosti:**

$$\gamma_{G1,inf} = 0,9$$
$$\gamma_Q = 1,5$$



Celkový destabilizující moment:

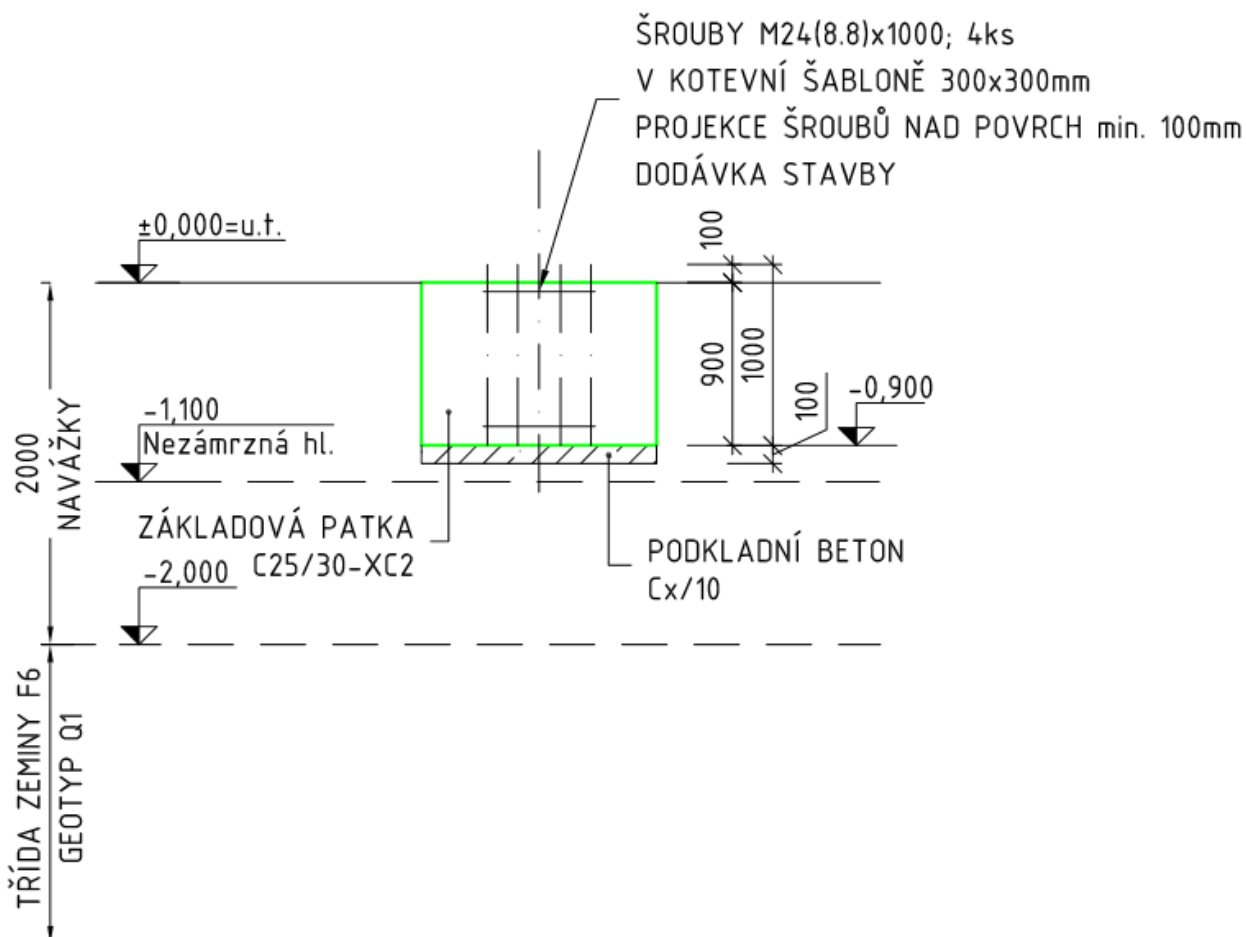
$M_{d,dst} = 26,1 \text{ kNm}$

Celkový stabilizující moment:

$M_{d,stb} = 20,6 \text{ kNm}$

Podmínka posouzení:

$M_{d,dst} > M_{d,stb}$  **NEVYHOVUJE!!!**

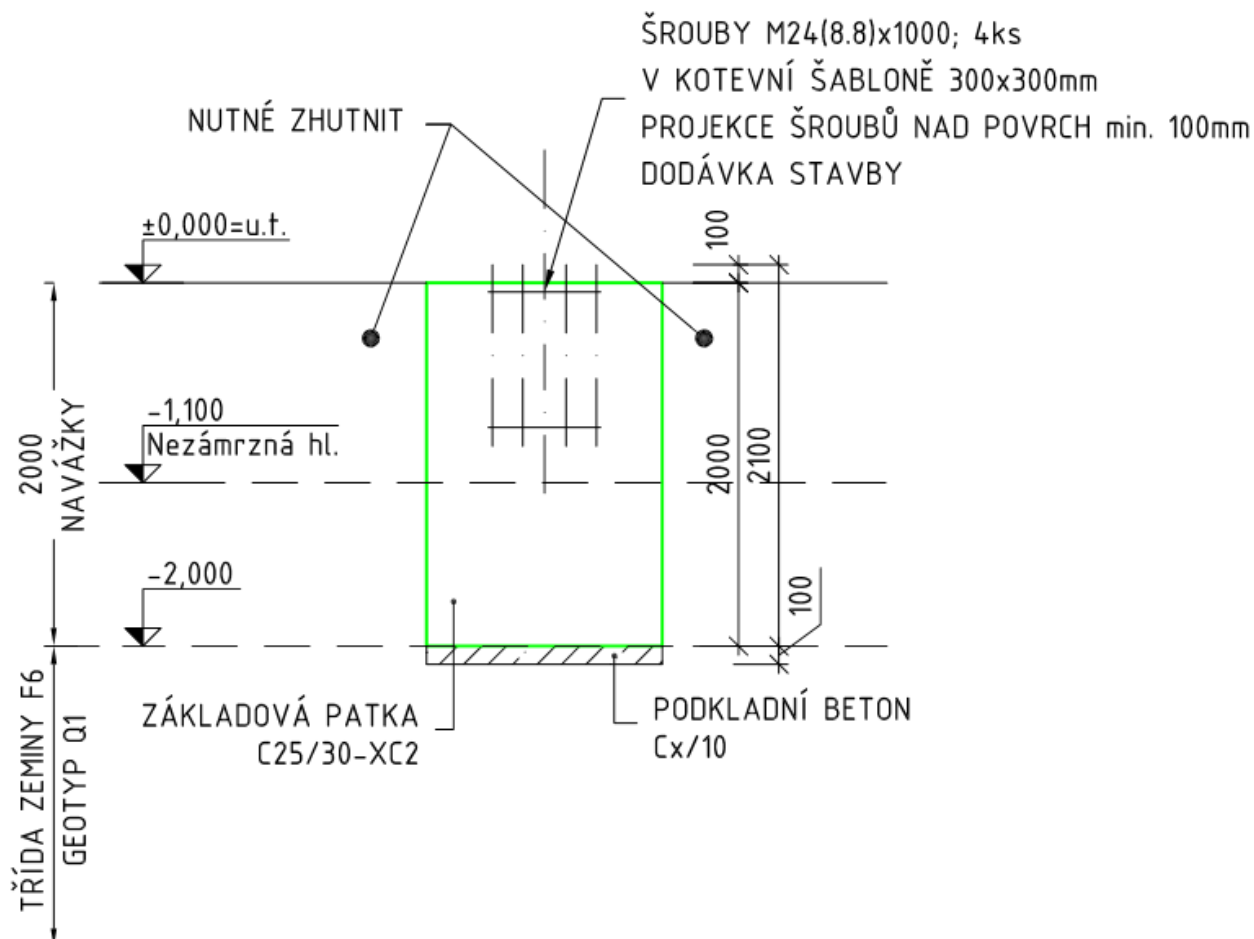


Založení stožáru na typový základ 1300x1300x900 nevyhovuje a to z důvodu:

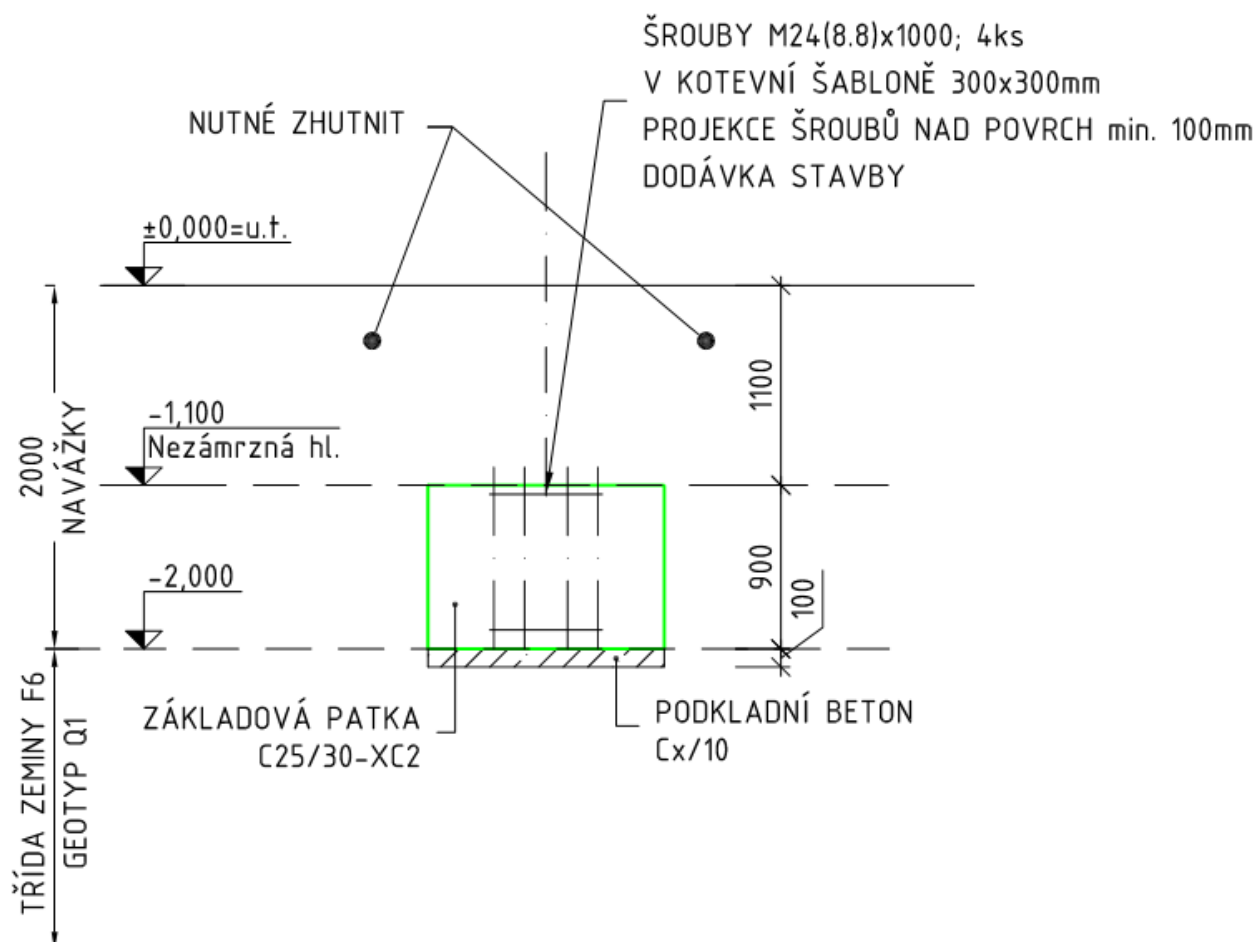
- Stability, překlopení základu, viz. spočteno výše.
- Není dodržena nezámrazná hloubka pro zakládání, která byla stanovena inženýrskogeologickým průzkumem na 1,1 m
- Není dodrženo doporučení pro plošný způsob založení pod vrstvu navážek do zeminy geotypu Q1, které jsou ověřeny dle inženýrskogeologického průzkum od hloubky 2,0 m

#### Návrh řešení:

- Plošné založení pod vrstvu navážek do zeminy geotypu Q1 co dosáhneme zvětšením výšky typové základové patky z původních 900 mm na 2000 mm.



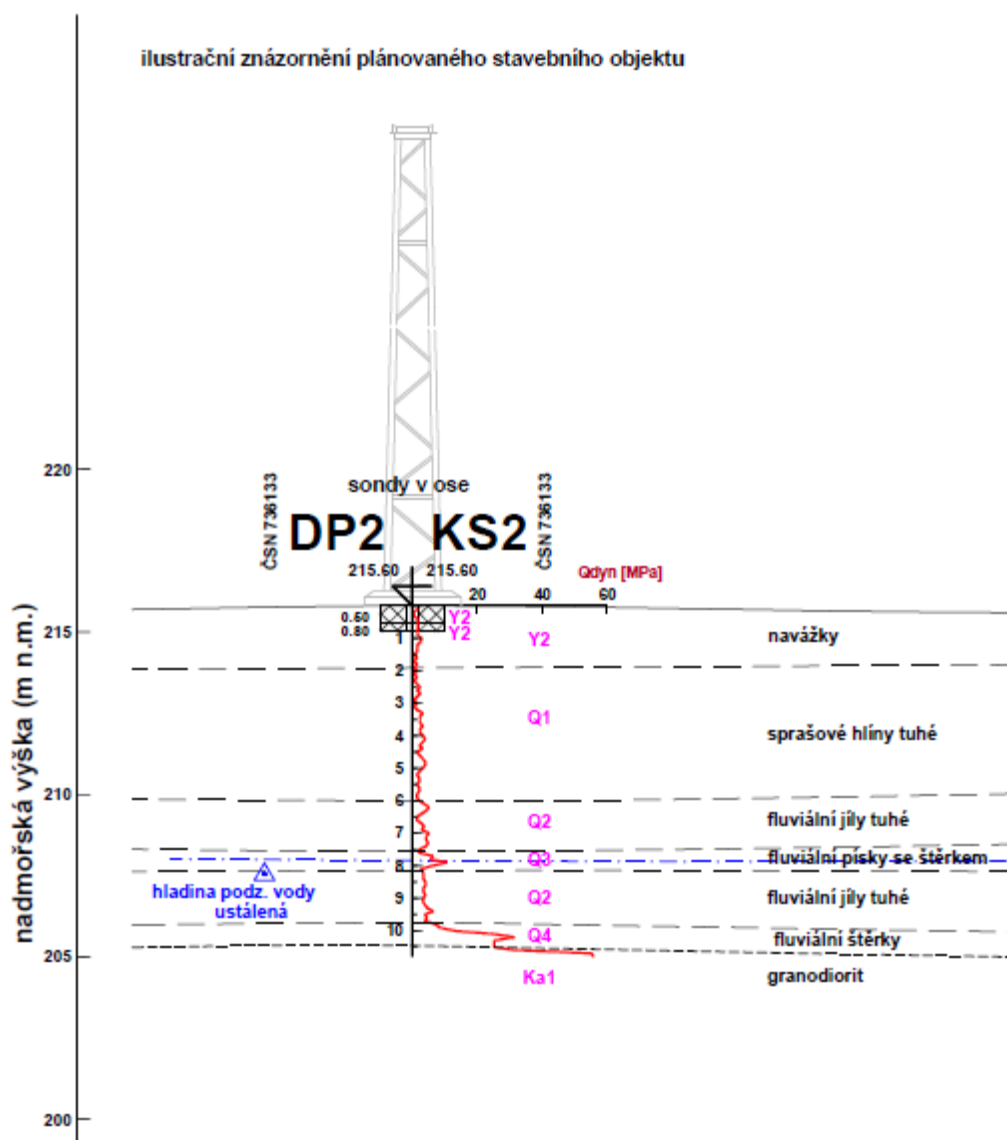
- Plošné založení pod vrstvu navážek do zeminy geotypu Q1 co je možné dosáhnout zapuštěním 1,1 m pod povrch terénu. Je však nutné zabezpečit ochranu kovových částí. Dle laboratorních rozborů bylo zjištěno, že zde nacházející se podzemní voda je podle ČSN 03 8375 velmi vysoké agresivity vůči kovovým konstrukcím.



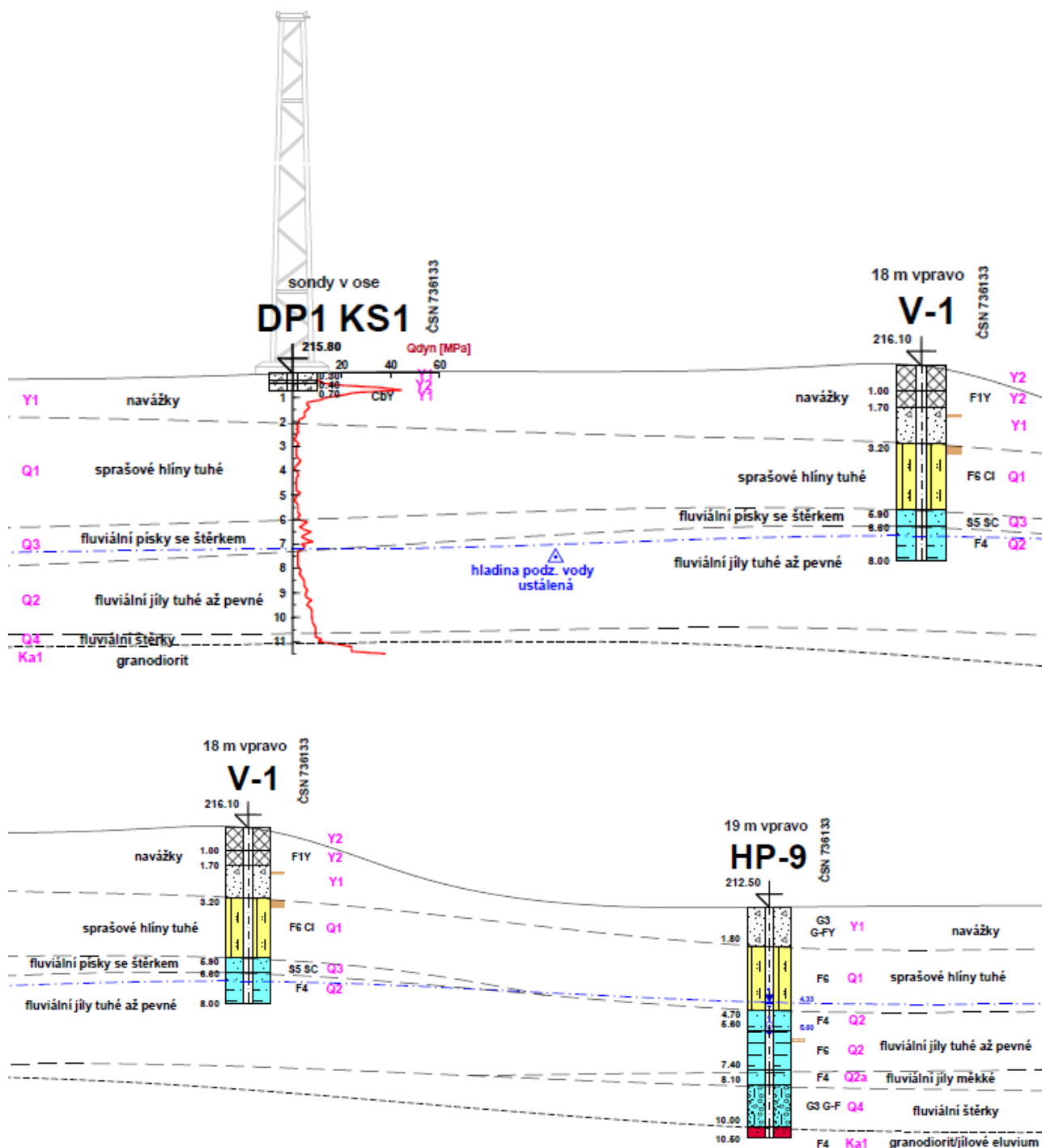
- Jako alternativní varianta založení plánovaných stavebních objektů je hlubinné založení při použití mikropilot.

## 6 Posouzení únosnosti zeminy

Geologický profil:



ilustrační znázornění plánovaného stavebního objektu



Tabulka 3 Výsledky rozborů zemin

Sonda	Hloubka odběru [m]	Typ vzorku	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Přírozená vlhkost [%]	Index konzistence [-]	Geotyp
V-1	2,0 – 2,1	P	G5 GC	12,2	1,23	Y1
V-1	3,3 – 3,6	N	F6 CI	21,3	0,76	Q1

Legenda:

P.....porušený vzorek

N.....neporušený vzorek

Tabulka 4 Objemová hmotnost, zdánlivá hustota pevných částic zemin

Sonda	Hloubka odběru	Objemová hmotnost vlhké zeminy [Mg.m <sup>-3</sup> ]	Objemová vlhkost suché zeminy [Mg.m <sup>-3</sup> ]	Zdánlivá hustota pevných částic [Mg.m <sup>-3</sup> ]
V-1	3,3 – 3,6	2,04	1,68	2,72

Tabulka 5 Stlačitelnost zemin tř. F6

Sonda	Hloubka odběru [m]	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Obor napětí [kPa]	Edometrický modul přetvárnosti $E_{oed}$ [MPa]	Převodní součinitel $\beta$	Modul přetvárnosti $E_{def}$ [MPa]	Součinitel konsolidace $c_v$ [m <sup>2</sup> /s]
V-1	3,3 – 3,6	F6	70-140	8,06	0,47	3,8	3,27 <sup>-07</sup>
			140-210	8,56	0,47	4,0	
			210-280	9,26	0,47	4,4	
			280-350	8,25	0,47	3,9	
			350-420	8,21	0,37	3,0	

Všechny zkoušky byly provedeny na vzorcích nezalitých vodou. Výsledky zkoušek stlačitelnosti lze použít při výpočtu velikosti sednutí podloží pod základy objektu.

Tabulka 6 Výsledky krabicové smykové zkoušky zemin

Sonda	Hloubka odběru [m]	Zatřídění dle ČSN 73 6133	Úhel vnitřního tření $\phi$ [°]	Soudržnost $c$ [kPa]	Smyková pevnost
V-1	3,3 – 3,6	F6	29,7	30	vrcholová

## 5.2 VYHODNOCENÍ DYNAMICKÝCH PENETRACÍ

Archivní jádrové vrty byly doplněny zkouškami těžké dynamické penetrace. Celkem byly provedeny dvě dynamické penetrační sondy. Penetrační sondy DP1 a DP2 měly za cíl upřesnit rozhraní a mocnost vrstev a také ověřit ulehlost fluvialních štěrkopísků a odvození parametrů úhlu vnitřního tření.

Tabulka 8 Přehled realizovaných sond dynamické penetrace

Sonda	Hloubka	Souřadnice X [m]	Souřadnice Y [m]	Výška terénu Bpv [m n.m.]
DP1	11.5	1158576,67	594769,09	215,8
DP2	10.8	1158590,83	594851,75	215,6

Tabulka 9 Vyhodnocení sond dynamické penetrace

sonda	hloubka (m)	N10 průměrně (-)	Qdyn (MPa)	geotyp	ulehlost/konzistence	úhel vnitřního tření efektivní
DP1	0,1 – 1,8	11,2	13,4	Y1/Y2	-	-
	1,8 – 6,0	1,4	1,8	Q1	T	-
	6,0 – 7,2	5,8	5,1	Q3	I <sub>b</sub> = 0,5	φ = 32,5°
	7,2 – 11,0	7,9	7,0	Q2	T-P	-
	11,0 – 11,4	37,1	23,7	Q4	I <sub>b</sub> = 0,7	φ = 34°
	11,4 – 11,5	63,6	38,0	Ka1	-	-
DP2	0,1 – 1,9	0,8	1,4	Y2	-	-
	2,0 – 5,9	1,8	2,1	Q1	T	-
	6,0 – 7,6	3,7	3,4	Q2	T-P	-
	7,7 – 8,0	9,2	9,1	Q3	I <sub>b</sub> = 0,6	φ = 32,5°
	8,1 – 9,7	4,7	3,9	Q2	T-P	-
	9,8 – 10,6	33,2	25,7	Q4	I <sub>b</sub> = 0,7	φ = 34°
	10,7 – 10,8	89,4	55,6	Ka1	-	-

Poznámka: N10 ... počet úderů potřebných pro zaražení soutyčí do geologické vrstvy o 10 cm  
Qdyn ... hodnota odporu na hrotu zaraženého soutyčí  
hodnoty I<sub>b</sub>, I<sub>c</sub>, a φ odvozeny z ČSN EN 1997-2 a publikace „Polné zkúšky“ [9]  
konzistence I<sub>c</sub>: M ... měkká, T ... tuhá, P ... pevná, T-P ... tuhá až pevná (I<sub>c</sub> = cca 1)  
ulehlost I<sub>b</sub>: K ... kyprá, SU ... středně ulehlá, U ... ulehlá



Tabulka 10 Geotechnické parametry vymezených geotypů

Geotyp	ČSN 73 6133	Ic [-]	$\gamma$ [kN·m <sup>-3</sup> ]	E <sub>def</sub> [MPa]	$\phi_{ef}$ [°]	C <sub>ef</sub> [kPa]	C <sub>u</sub> [kPa]	v [-]	Rdt [kPa]
Q1	F6	0,76	21	4,0*	29,7*	10	30*	0,40	100
Q2	F6, F4	0,75 - 1,0	21	4,0	20	14	50	0,40	100
Q2a	F4	0,5 – 0,75	18,5	2,0	20	10	25	0,35	50
Q3	S3, S5	SU/T	18	10	30	4	-	0,35	125
Q4	G3	SU	19	80	34	0	-	0,25	250
Ka1	R5-R4		20,5	120**	35	50	-	0,25	-

**Vysvětlivky:**

$\gamma$  ... objemová tíha zeminy

E<sub>def</sub> ... modul deformace

$\phi_{ef}$  ... úhel vnitřního tření efektivní

C<sub>ef</sub> ... soudržnost efektivní

C<sub>u</sub> ... soudržnost totální

v ... poissonova konstanta

Rdt ... tabulková výpočtová únosnost dle neplatné ČSN 73 1001 platná pro šířku základu  $b \leq 3$  m a hloubku založení 0,8 – 1,5 m; při hloubce založení větší než 1,5 m bude únosnost větší v důsledku větší tíhy zeminy nad základovou spárou

konzistence: M ... měkká, T ... tuhá, P ... pevná, T-P ... tuhá až pevná (Ic = cca 1)

ulehlost: K ... kyprá, SU ... středně ulehlá, U ... ulehlá

\* **tučně** jsou uvedeny laboratorně stanovené hodnoty dle archivní dokumentace

\*\* jedná se o zdánlivou pevnost skalního masivu

## OSVĚTLOVACÍ STOŽÁRY

Základové poměry a průběh předkvartérního podkladu byl ověřen průzkumnými sondami DP1 a DP2 do hloubky 10,8 – 11,5 m pod terénem. Předpokládáme plošné založení na základových patkách. Hloubka založení nebyla při zpracování průzkumu známa. Podzemní voda vázaná na propustnější polohy fluvialních písčitých zemín geotypu Q3 se ustálila v hloubce 7,15 m pod terénem a nepříznivě ovlivňuje konzistenci (Ic = 0,76) nadložních jemnozrnných zemín. Hladina podzemní vody bude v určité hydraulické souvislosti s povrchovou vodotečí řeky Svitavy.

Dle archivní dokumentace [7] laboratorní rozbory vody ze sondy V-1 ukázaly, že voda není podle ČSN EN 206+A1 agresivní vůči betonu, ale podle ČSN 03 8375 vykazuje velmi vysokou agresivitu vůči kovovým konstrukcím.

**Doporučení:** Při plošném způsobu založení osvětlovacích stožárů doporučujeme, založení pod vrstvu navážek, do tuhých až pevných sprašových hlín geotypu Q1, které byly ověřeny od hloubky 2,0 m až do 6,0 m. Základová spára v těchto zemínách rychle degraduje a je nutné započít betonáž bezprostředně po výkopu. Kapilární vztlínání jemnozrnných zemín v kontaktu s hladinou podzemní vody a propustnost vrstev navážek může nepříznivě ovlivňovat konzistenci jílu geotypu Q1 a Q2, které tak tvoří stlačitelné a méně únosné podloží. V základové spáře a stěnách stavební jámy, lze očekávat vrstvu tvořenou tuhými až pevnými jíly tř. F6, ale přítoky podzemní vody ovlivňující výkopy stavební jámy nepředpokládáme.

Jako alternativní varianta založení plánovaných stavebních objektů je hlubinné založení při použití mikropilot.



Podle výš uvedených geologických řezů se bude zakládat v prostředí geotyp Q1 (F6).

## ÚNOSNOST ZÁKLADOVÉ PŮDY POD PLOŠNÝMI ZÁKLADY:

### Označení základu:

**T127RLH**

#### Rozměry základu:

šířka	b =	1,00	m
délka	l =	1,00	m
výška	h =	1,70	m
plocha	A =	1,00	m <sup>2</sup>
hloubka založení	d =	2,40	m
sklon základové spáry	$\alpha =$	0	°
úhel odklonu sv. zatíž.	$\delta =$	0	°
sklon terénu	$\beta =$	0	°

#### Parametry základové půdy:

úhel vnitřního tření	$\varphi' =$	29,7	°
koheze	$c' =$	10	kPa
obj. tíha zem. nad spárou	$\gamma_1 =$	18	kN/m <sup>3</sup>
obj. tíha zem. pod spárou	$\gamma_2 =$	21	kN/m <sup>3</sup>
efektivní tlak nadloží:	$q' =$	44,4	kN/m <sup>2</sup>

#### Namáhání základu:

stálé zatížení vč. základu	$G_k =$	55,58	kN
proměnné zatížení	$Q_k =$	0	kN
vodorovná síla	$H_d =$	2,2	kN
ohybový moment b	$M_b =$	15,4	kNm
ohybový moment l	$M_l =$	0	kNm

(působí ve směru b)

#### Výpočet efektivní plochy základu:

excentricita b	$e_b =$	0,28	m	< 1/3 b
excentricita l	$e_l =$	0,00	m	
	$b' =$	0,45	m	
	$l' =$	1,00	m	
Efekt. plocha základu	$A' =$	0,45	m <sup>2</sup>	

#### Napětí v základové spáře:

$\sigma_{de} =$	125	kPa
-----------------	-----	-----

#### Únosnost základové půdy dle Brinch - Hansena:

$$R/A' = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

$$R/A' = 1477 \text{ kPa}$$

Součinitelé únosnosti:

$$N_c = 29,431$$

$$N_q = 17,787$$

$$N_\gamma = 19,150$$

Součinitele sklonu základové spáry:

$$b_c = 1,000$$

$$b_q = 1,000$$

$$b_\gamma = 1,000$$

Součinitele tvaru základu:

$$s_c = 1,234$$

$$s_q = 1,221$$

$$s_\gamma = 0,866$$

Součinitelé vlivu šikmého zatížení:

$$m = 1,692$$

$$i_c = 1,000$$

$$i_q = 1,000$$

$$i_\gamma = 1,000$$

Součinitelé vlivu šikmého terénu:

$$g_c = 1,000$$

$$g_d = 1,000$$

$$g_b = 1,000$$

COMBI	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,inf}$	$\gamma_{Q,sup}$	$\gamma_{Q,inf}$	$\gamma_{\varphi'}$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_{RV}$	$\gamma_{RH}$	$c'_d$	$\Phi'_d$	$N_q$	$N_c$	$N_\gamma$	$s_q$	$s_c$	$s_\gamma$	$\sigma_d$	R/A'	Examination
A1 "+" M1 "+" R1	1,35	1,00	1,50	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10,0	29,7	17,79	29,43	19,15	1,22	1,23	0,87	168,3	1476,7	OK
A2 "+" M2 "+" R1	1,00	1,00	1,30	0,00	1,25	1,25	1,00	1,00	8,0	23,8	9,37	19,01	7,37	1,18	1,20	0,87	124,7	730,7	OK
A1 "+" M1 "+" R2	1,35	1,00	1,50	0,00	1,00	1,00	1,40	1,10	10,0	29,7	17,79	29,43	19,15	1,22	1,23	0,87	168,3	1054,8	OK
A2 "+" M2 "+" R3	1,00	1,00	1,30	0,00	1,25	1,25	1,00	1,00	8,0	23,8	9,37	19,01	7,37	1,18	1,20	0,87	124,7	730,7	OK

## 7 Závěr

Typové základové patky pro sklopný osvětlovací stožár ABACUS T127RLH výšky 12 m byly posouzeny dle v současnosti platných evropských norem. Provedeným výpočtem byla prokázána dostatečná stabilita základové konstrukce (EQU) v případě použití typové základové patky vetknutím do obetonované roury, při dodržení, že bude základ zapuštěn do okolní řádně zhutněné zeminy po celém obvodu a zásyp bude proveden ze zemin vhodných do násypů. V případě nedodržení výše zmíněných podmínek by muselo dojít ke zvětšení rozměrů základu. U typového základu s kotvením na přírubu T127RLH\_FP navržená základová patka nevyhoví na stabilitu a je potřebné geometrická úprava tohoto plošného založení, dle návrhů ve statickém výpočtu, nebo zvolení alternativy pomocí hlubinného založení prostřednictvím mikropilot.

V Brně dne 16. 10. 2020

Vypracoval: Ing. Branislav Ilavský

Kontroloval: Ing. Karel Pinkas