



INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA

SPOLOČNE BEZ HRANÍC

NAVRHOVANIE A KONTROLA PILÓTOVÝCH ZÁKLADOV MOSTOV

prof. Ing. Marián Drusa, PhD.



NÁZOV PROJEKTU:

**Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov
v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne**

**VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA**

EDUMOS

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

História zakladania mostov

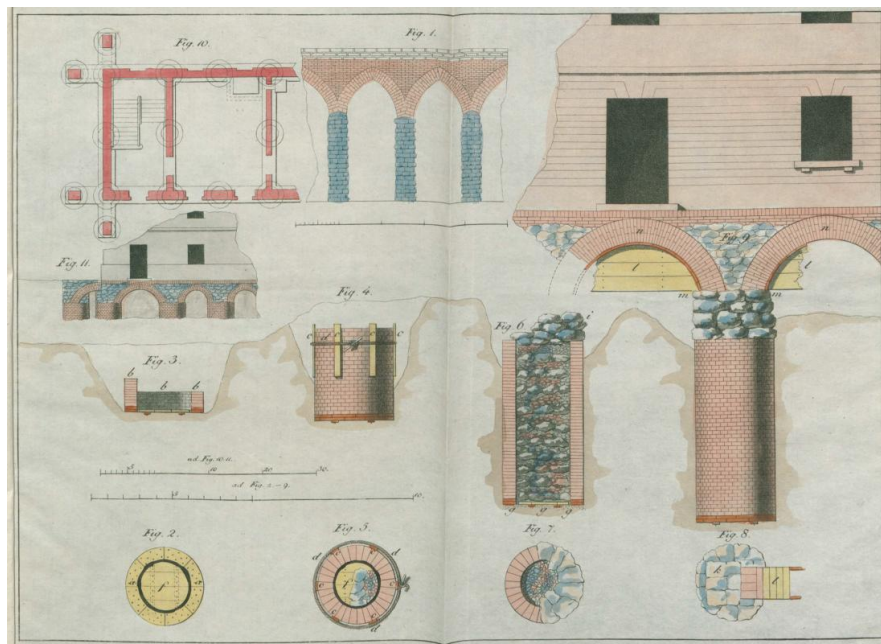
Gréci a Rimania ale i ostatné civilizácie zhotovovali mosty cez veľké rieky pričom využívali ľudskú prácu pre zhotovenie baranených pilótových základov pre mosty, akvadukty ale i stavby budov na neúnosnom základovom prostredí alebo v blízkosti jazier a mora. Mosty prechádzajúce cez hlavné rieky Európy postavili Rimania, aby si udržali kontrolu nad svojou ríšou.

Benátky oslavujú 1 600 rokov od svojho založenia

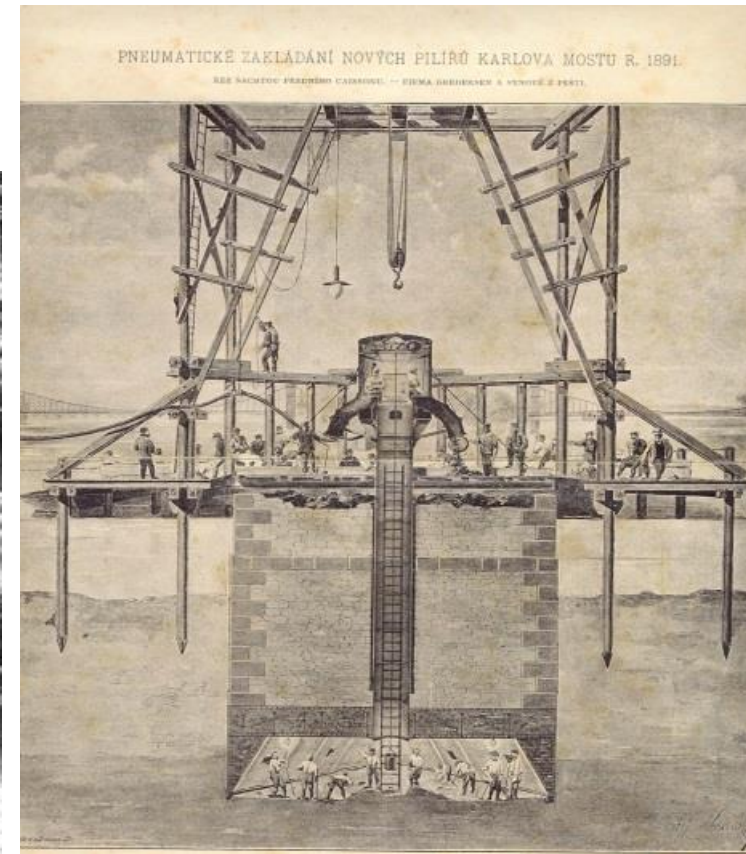
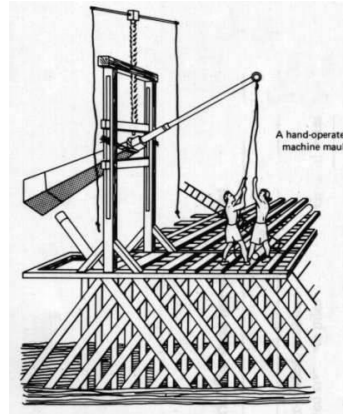
Il 25 marzo 2021 Venezia celebra i 1600 anni dalla sua fondazione tra le acque della laguna.

<https://1600.venezia.it/>

Príkladom sú aj ďalšie mestá ako Amsterdam, Sankt Peterburg a i.



História zakladania mostov



Súčasnosť' zakladania mostov

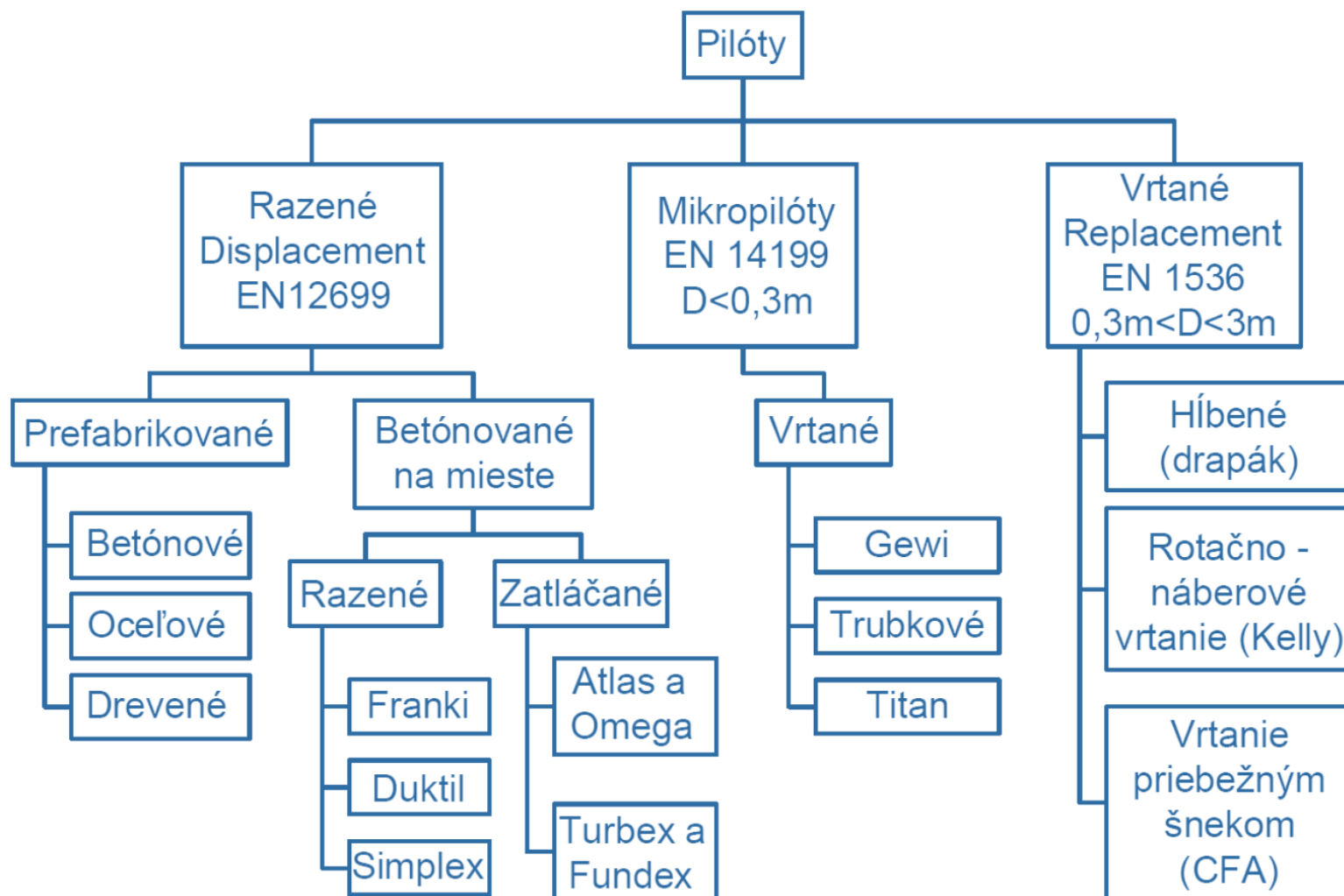


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

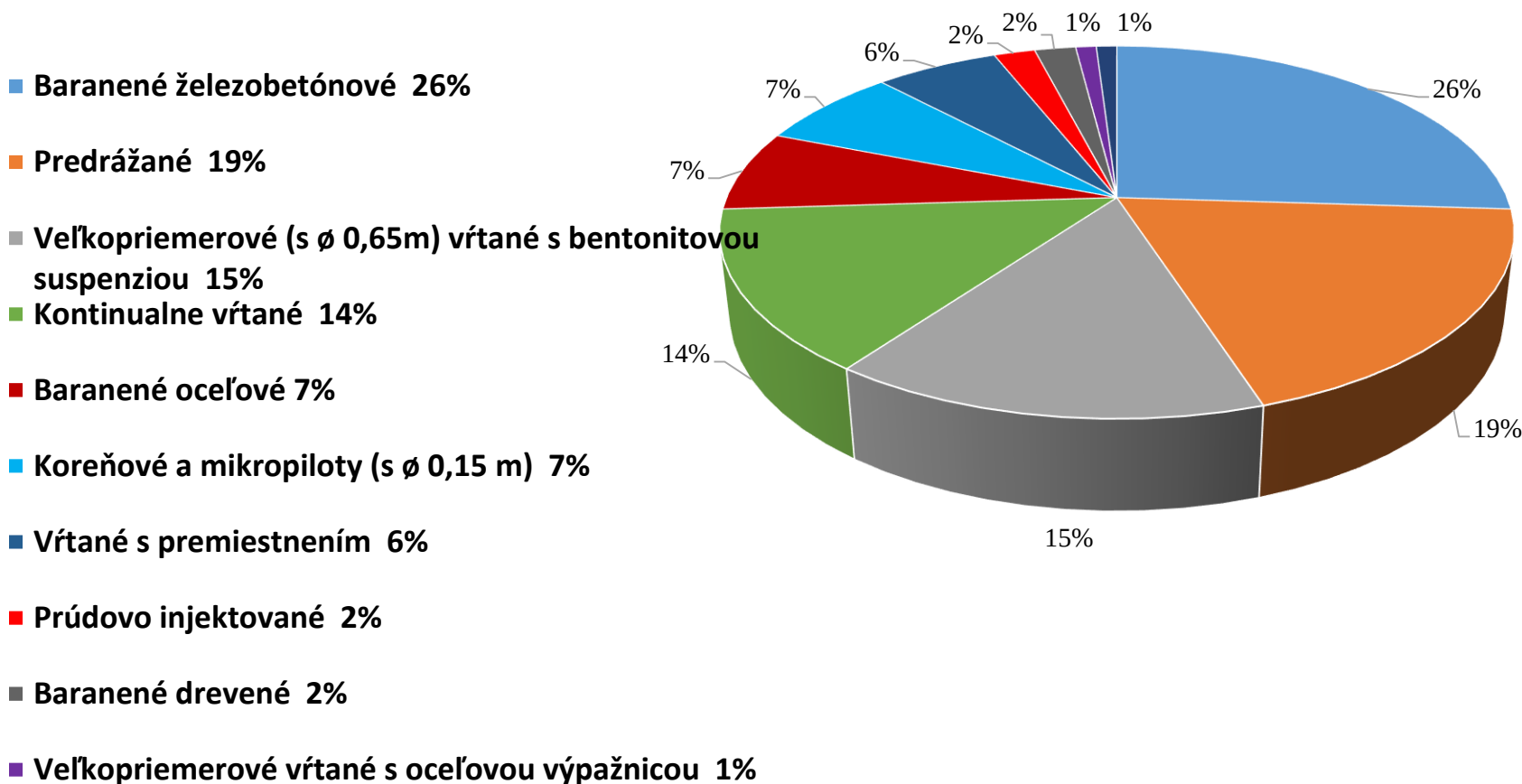
Pilótové základy

- Podľa metódy inštalácie: - *vŕtané/špirálovo vŕtané**, *vŕtané súvislou špirálou (CFA)*,
- *razené***, *zaskrutkované*
 - */ vŕtané pilóty – (na mieste) vŕtané jadrovým vrtákom, pomocou dláta, špirálového vrtáku, kalového vrtáku;
 - **/ razené pilóty - (prefabrikované) - baranené, vibrobaranené, vibroflotované, zatláčané;
- Podľa stupňa premiestnenia - *vysoký, nízky, žiaden* (*friction, embeded*) – *staršie členenie opreté, votknuté, plávajúce*
- Podľa materiálu: betónové - *železobetónové, oceľové, drevené, kompozitné*
- Podľa výrobného postupu - *na mieste, prefabrikované, kombinované*
- Podľa typu zabezpečenia počas zhotovenia:
 - *bez zabezpečenia, dočasná výpažnica, trvalá výpažnica*,
 - *vrtná emulzia (bentonit), injektáž zeminou, betónom*
- Podľa tvaru v päte – *rozšírené - nerozšírené*
- Podľa priečneho rozmeru:
 - *mikropilóty* $\varnothing < 200 \text{ mm}$
 - *pilóty* $\varnothing = 200 \text{ až } 600 \text{ mm}$
 - *veľkopriemerové p.* $\varnothing > 600 \text{ mm}$
- Podľa typu zaťaženia: *tlačené, ťahané, ohýbané, krútené*
- Podľa usporiadania: *osamelé a skupinové; zvislé a šikmé.*

Klasifikácia pilót



Prehľad o využívaných technológiách pilótových základov v Európe, W. Impe (1997)



Návrh pilót podľa EC-7 a iných postupov

- A. Z výsledkov **statických zaťažovacích skúšok**
- B. Na základe **empirických a analytických výpočtových metód**, platnosť ktorých bola potvrdená statickými zaťažovacími skúškami v porovnateľných situáciách:
 - STN 73 1002,
 - výpočtom medznej únosnosti z charakteristík základovej pôdy,
 - na základe výsledkov DP, CPT, CPTu, SPT, PMT
- C. Na základe výsledkov **dynamických zaťažovacích skúšok**, ktorých platnosť bola potvrdená statickými zaťažovacími skúškami v porovnateľných situáciách,
 - na overenie únosnosti,
 - na overenie integrity pilót.
- D. Na základe **pozorovania správania sa** porovnateľného pilótového základu s preukázaním, že tento prístup je podporený prieskumom staveniska a skúškami základovej pôdy
- E. **Numerickými výpočtovými modelmi FEM** – 2D, 3D - Plaxis, Midas, Abaqus ...

Medzné stavy pilótových základov

Medzný stav únosnosti, (GEO, STR výnimočne UPL)

- osamelej tlačenej alebo ťahanej pilóty,
- únosnosť skupiny pilót tlačенých alebo ťahaných.

Geo $E_d \leq R_d$ medzná únosnosť pilóty v tlaku, ťahu

STR $E_d \leq R_d$ porušenie prierezu pilóty tlakom, ťahom, ohybom, šmykom

GEO+STR $E_d \leq R_d$ kombinované porušenie pilótového základu

UPL $V_{dst,d} \leq G_{stb,d} + R_d$ - porušenie nadmerným vztlakom

Medzný stav používateľnosti (EC 7 neobsahuje)

- nadmerná deformácia osovo zaťaženej pilóty, nadmerný zdvih, horizontálny posun,
- nadmerná deformácia tlačenej alebo ťahaného pilótového základu (skupiny pilót).

Medzný stav únosnosti

$$F_{c,d} \leq R_{c,d}$$

$$F_{c,d} = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$$

(A) Zaťaženie (stále G + premenlivé Q)

$$R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_t = R_{b,k} / \gamma_b + R_{s,k} / \gamma_s$$

(R) Únosnosť

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

(M) parametre zemín

Národná príloha (NA) – **návrhový postup 2 (DA 2)**

kombinácia parciálnych súčiniteľov **"A1 + M1 + R2"**

*Parciálne
súčinitele pre zaťaženie
(γ_G, γ_Q)*

*Súčinitele parametrov
zemín (γ_M)*

Zaťaženia		Symbol	Skupina	
			A1	A2
trvalé	nepriaznivé	γ_G	1,35	1,0
	priaznivé		1,0	1,0
premenné	nepriaznivé	γ_Q	1,5	1,3
	priaznivé		0	0

Parameter zeminy	Symbol	Skupina	
		M1	M2
uhol vnútorného trenia *	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
efektívna súdržnosť	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
šmyková pevnosť za neodvodnených podmienok	γ_{cu}	1,0	1,4
jednoosová pevnosť	γ_{qu}	1,0	1,4
objemová tiaž	γ_{γ}	1,0	1,0
* tento súčiniteľ sa aplikuje na $\tan \varphi'$			

DA 2 pilóty

Parciálne súčinitele únosnosti pilót (γ_R) – razené, vrtné, CFA pilóty

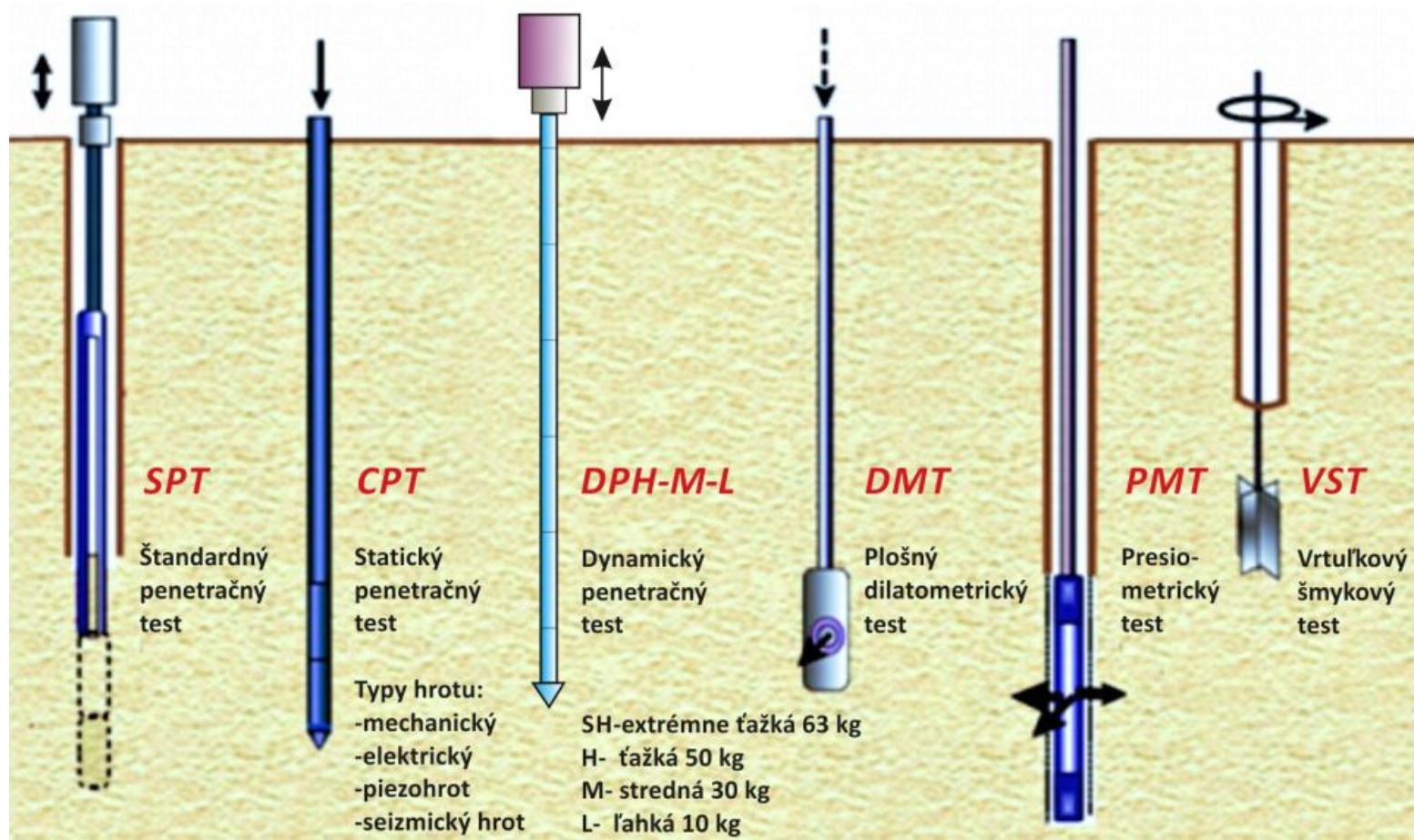
Únosnosť	Symbol	Skupina			
		$R1$	$R2$	$R3$	$R4$
Päty	γ_b	1,25	1,1	1,0	1,6
plášťa (v tlaku)	γ_s	1,0	1,1	1,0	1,3
celková/kombinovaná (v tlaku)	γ_t	1,15	1,1	1,0	1,5
plášťa v ťahu	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,15	1,1	1,6

Návrh musí zohľadňovať:

- ❑ dosiahnutie medzného odporu v tlaku pre jednotlivé pilóty,
- ❑ vplyv tuhosti konštrukcie spájajúcej pilóty (tuhá, poddajná) pre dosiahnutie medzného stavu
- ❑ porušenie v tlaku pilótového základu ako celku,
- ❑ porušenie krajných pilót v skupine (šikmé, mimostredné zaťaženie)
- ❑ porušenie zaborením (ak je málo únosná vrstva pod pätou pilóty menšia ako 4.D)

Určovanie charakteristických hodnôt EC 7-2

Geotechnické prieskumné metódy in-situ



Podľa Mayne 2001 upravené v Drusa a kol. Zemné konštrukcie dopravných stavieb (2013), [4]



Realizácia IG prieskumných prác pre pilótové základy

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

Dynamické penetračné sondovanie



Presiometrické sondovanie



Výsledky sondovania

Katedra geotechniky SvF ŽU

Dynamická penetračná skúška

Dynamická pene

Označenie: DP-5 Nové M. n/Váhom	
Číslo zákazky:	Dátum: 1
Hĺbka [m]	Počet úderov na 10cm
1	0 0 1 0 0 1 0 0 1
2	1 1 1 1 2 2 3 4 4 2
3	2 2 3 3 3 3 3 3 3
4	3 3 4 5 5 7 6 7 6
5	8 9 13 11 18 14 20 22 23 15
6	24 24 13 22 17 45 150

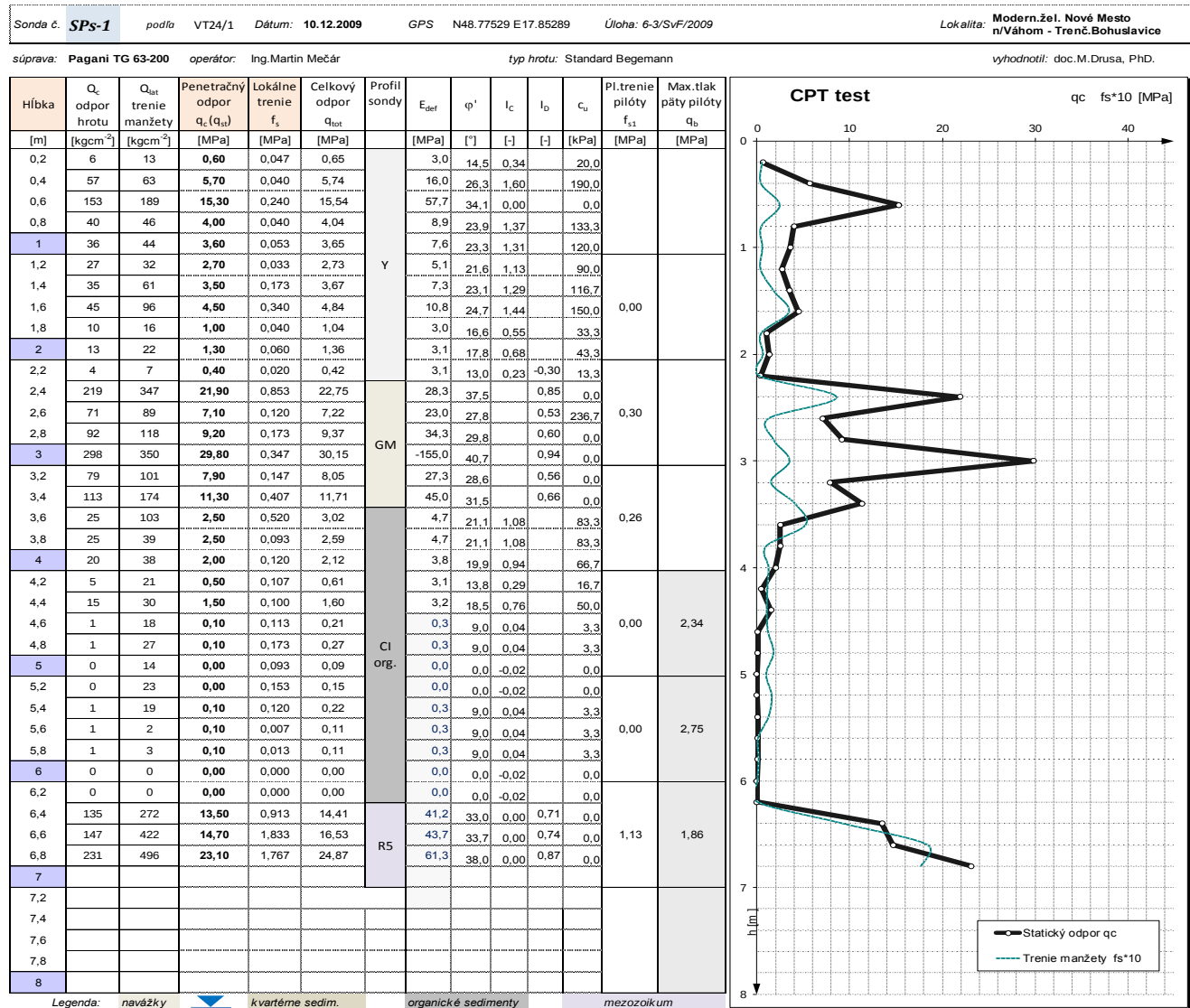
Označenie: DP-5 Nové M. n/Váhom					Sonda: DP-5 48,7761°N 17,8535°E															
Číslo zákazky:					Dátum: 11.12.2009					Počasie: zamračené +5°C										
Hĺbka [m]	Vrstvy	Mocnosť	Popis	Trieda	Dynamický odpor [MPa]						q_{dyn}	I_c	I_e	Uľahlosť* Konzistencia**	Ťažít.	E_{odf}	E_{odl}	ϕ	c	
					10	20	30	40	50	60	70 [MPa]					[MPa]	[MPa]	[°]	[kPa]	
1		1.40	antropogénne sedimenty CGY	F2=CG								0.4	0.09	—	mäkká	1.	2.4	3.8	0.0	10.9
2			íl piesčitý																	
3		1.80		F4=CS								2.2	0.86	—	tuhá	2.	15.3	24.6	0.0	68.2
4		0.80	íl CI	F6=CI								4.4	1.86	—	pevná	3.	26.2	55.7	0.0	155.8
5			hlinité štrky																	
6		1.50		G4=GM								12.8	—	0.56	stredne uľahlá	2.	51.1	69.0	34.9	0.0



Katedra geotechniky SvF ŽU v Žiline

STATICKÁ PENETRAČNÁ SKÚŠKA

Standard CPT EN ISO 22476-12

Vyhodnotenie CPT
testu

STATICKÁ PENETRAČNÁ SKÚŠKA

Sonda č. **SPs- 1P**

pri JP-4 Dátum: **16.8.2012**

Nadmorská výška: **260,023**

Číslo úlohy:
576-1/2011

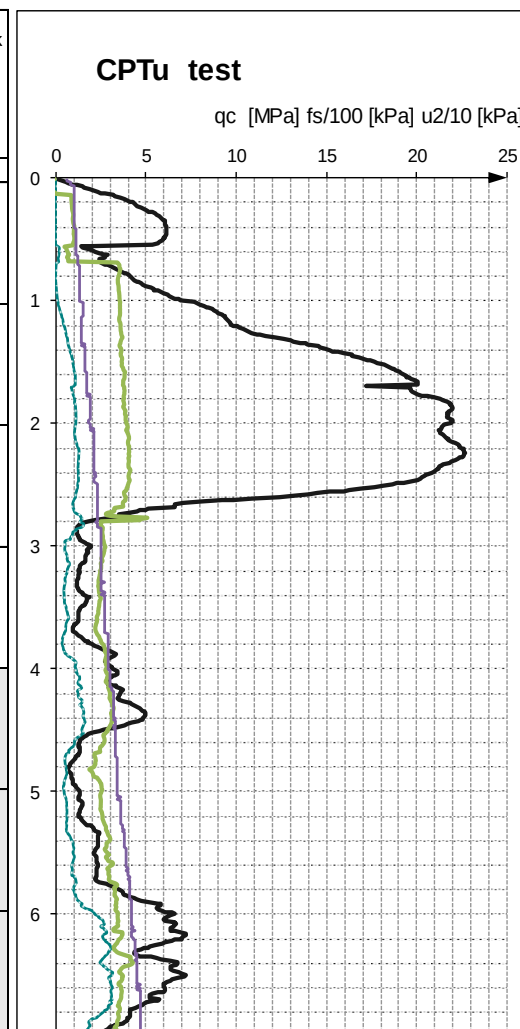
Lokalita: **Diaľnica D2 Moravský
Svätý Ján–zelený most**

súprava: **Pagani TG 63-200** operátor: Ing.Martin Mečár, PhD.

typ hrotu: piezohrot CPTu MH 253

vyhodnotil: doc.M.Drusa, PhD.

Hĺbka	Penetračný odpor $q_c (q_{st})$	Lokálne trenie f_s	Pórový tlak u_2	Náklon sondy	Celkový odpor q_{tot}	Profil sondy	E_{def}	ϕ'	I_c	I_D	c_u	Plášť. trenie pilóty f_{s1}	Max.tlak päty pilóty q_b
[m]	[MPa]	[kPa]	[kPa]	[°]	[MPa]		[MPa]	[°]	[-]	[-]	[kPa]	[MPa]	[MPa]
0,2	4,25	0,00	8,94	0,00	4,25	ML	9,8	24,3		0,38	111,8		
0,4	6,15	0,00	10,31	0,00	6,15		18,2	26,8		0,49	161,8		
0,6	2,21	20,23	6,63	0,00	2,23		4,1	20,4		0,19	58,2		
0,8	4,10	0,36	34,91	0,00	4,10		9,3	24,1		0,37	107,9		
1	6,93	12,41	35,41	0,00	6,94		22,1	27,7		0,52	182,4		
1,2	9,81	47,34	35,96	0,00	9,86	CL	37,6	30,3		0,62	0,0		
1,4	15,20	78,76	36,32	0,00	15,28		57,6	34,0		0,75	0,0		
1,6	19,24	108,75	38,14	0,00	19,35		50,3	36,2		0,81	0,0		
1,8	21,30	104,36	37,82	0,00	21,40		56,4	37,2		0,84	0,0		
2	21,91	111,59	39,14	0,00	22,02		57,4	37,5		0,85	0,0		
2,2	22,50	127,16	40,54	0,00	22,63	CI	58,3	37,8		0,86	0,0		
2,4	20,83	125,27	41,00	0,00	20,96		55,6	37,0		0,84	0,0		
2,6	12,36	109,18	38,82	0,00	12,47		49,7	32,2	0,00	0,69	0,0		
2,8	1,80	136,57	25,11	0,00	1,94		3,5	19,4	0,87		47,4		
3	1,92	52,56	27,33	0,00	1,97		3,7	19,7	0,91		50,5		
3,2	1,29	64,33	24,74	0,00	1,35	CI	3,1	17,7	0,68		33,9		
3,4	1,67	48,17	24,52	0,00	1,72		3,4	19,0	0,82		43,9		
3,6	1,24	65,79	23,02	0,00	1,31		3,0	17,5	0,65		32,6		
3,8	2,03	38,49	26,11	0,00	2,07		3,8	20,0	0,95		53,4		
4	3,14	112,98	28,10	0,00	3,25		6,2	22,4	1,22		82,6		
4,2	3,60	123,25	30,15	0,00	3,72	CI	7,6	23,3	1,31		94,7		
4,4	4,83	157,67	31,24	0,00	4,99		12,1	25,1	1,48		127,1		
4,6	1,33	103,97	26,88	0,00	1,43		3,1	17,9	0,69		35,0		
4,8	0,71	58,17	21,38	0,00	0,77		3,0	15,1	0,40		18,7		
5	1,32	47,78	25,33	0,00	1,37		3,1	17,8	0,69		34,7		
5,2	1,28	62,44	25,97	0,00	1,34	CI	3,1	17,7	0,67		33,7		
5,4	2,35	92,23	30,01	0,00	2,44		4,4	20,8	1,04		61,8		
5,6	2,35	89,70	31,46	0,00	2,44		4,4	20,8	1,04		61,8		
5,8	3,48	100,77	32,74	0,00	3,58		7,2	23,1	1,29		91,6		
6	6,60	220,42	34,37	0,00	6,82		20,4	27,3	1,76		173,7		
6,2	6,95	266,02	35,82	0,00	7,22	CI	22,2	27,7	1,83		182,9		
6,4	6,71	251,80	42,63	0,00	6,96		21,0	27,4	1,78		176,6		
6,6	6,04	311,55	36,32	0,00	6,35		17,6	26,7	1,66		158,9		
6,8	4,10	257,73	34,82	0,00	4,36		9,3	24,1	1,39		107,9		
7	2,83	153,09	34,14	0,00	2,98		5,4	21,8	1,16		74,5		



A) Medzná únosnosť v tlaku zo zaťažovacích skúšok pilót:

Charakteristická hodnota medzného odporu pilóty z meraných hodnôt:

$$R_{c,k} = \text{Min} \{ (R_{c,m})_{\text{mean}} / \xi_1 ; (R_{c,m})_{\text{min}} / \xi_2 \}$$

Korelačné súčinitele (ξ) na odvodenie charakteristických hodnôt zo statických zaťažovacích skúšok (n – počet skúšaných pilót)

ξ pre n	1	2	3	4	≥ 5
ξ_1	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
ξ_2	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

Návrhová hodnota medzného odporu pilóty:

$$R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_t = R_{b,k} / \gamma_b + R_{s,k} / \gamma_s$$

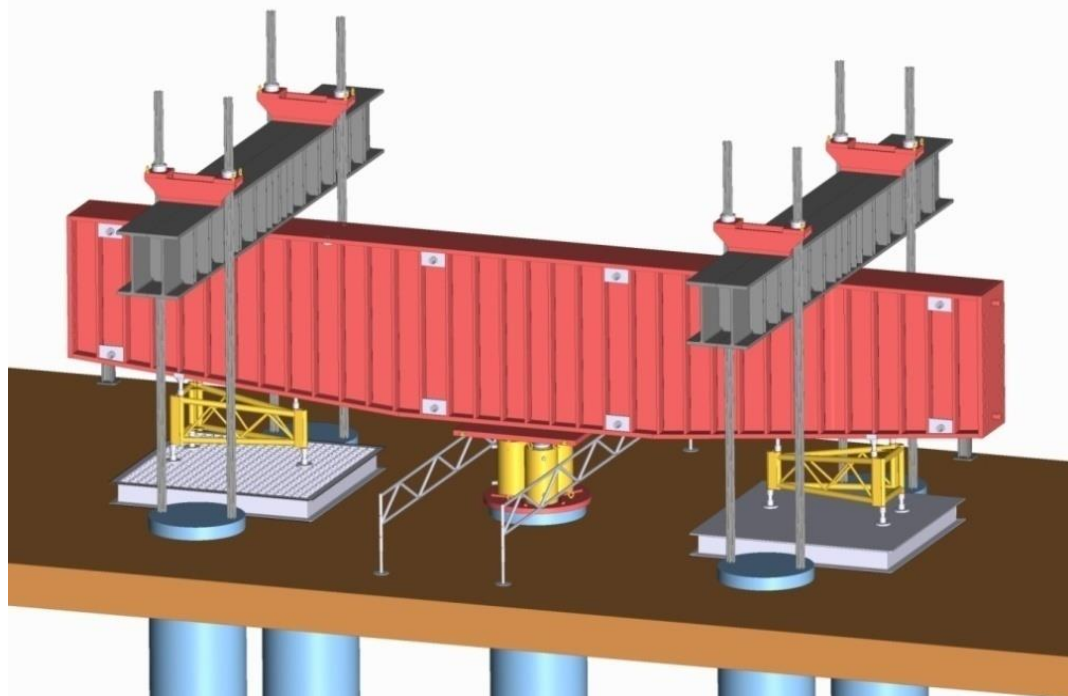
skúšobné pilóty – systémové alebo modelové - musia byť zhotovené rovnakým spôsobom ako systémové - zmena mierky skúšobných pilót ($D_m / D \geq 0,5$)

Príklad: Vyhodnotenie statickej zaťažovacej skúšky pilóty

- Pilóta typu CFA $\varnothing=600$ mm,
- Zaťažená výpočtovou silou $F_{cd} = 2,30$ MN;
- Testovaná bola na zaťaženie $1,5 F_{cd} = 3,45$ MN.

Vyhodnotenie podľa EC-7

alebo STN 73 1002 Pilótové základy a STN 73 1002/Z1.

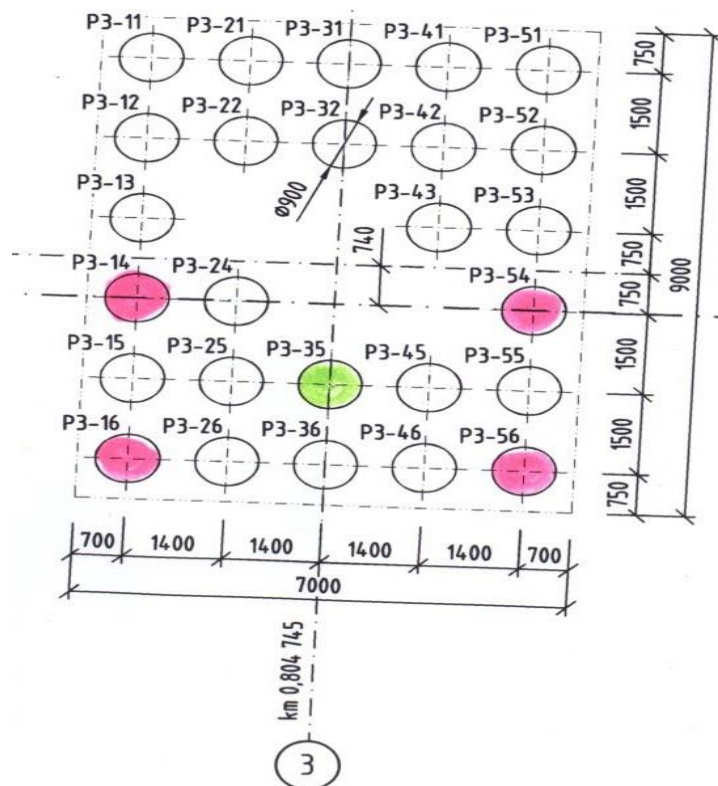


Inset s. r. o. [1]

Zaťažovacia skúška pilóty SO 205

Cesta I/51 Trnava Severný obchvat - most
vetvy „1“ Podpera 3

Podpera 3	
Zaťažovací stupeň	Zaťaženie [kN]
1	0
2	500
3	1000
4	1500
5	1850
6	1500
7	500
8	0
9	500
10	1000
11	1500
12	2000
13	2500
14	2775
15	2500
16	1500
17	500
18	0



$F_{c,d} = 1\,850\text{ kN}$ - cieľové zaťaženie $1,5 \cdot F_{c,d} = 2\,775\text{ kN}$

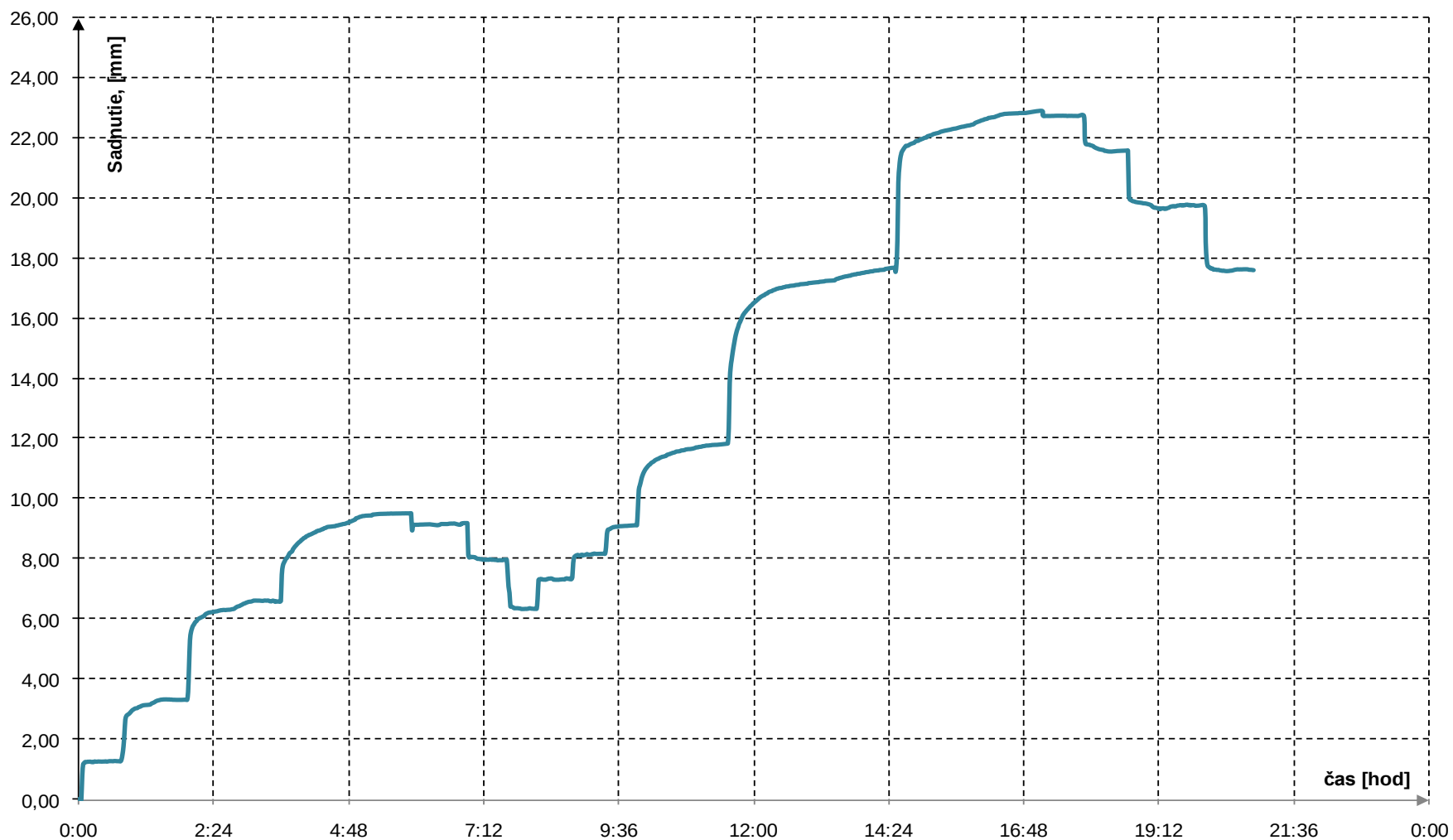
Inset s.r.o. [1]

Záznam skúšky SO 205 - Podpera 3

Datum	čas	silomery			snímače sadania			teplota °C	sila, kN	sadnutie [mm]	Δ hod	čas [hod]
		1A	2A	3A	S1, mm	S2, mm	S3, mm					
30.6.2010	14:04	0	0	0	0	0	0	29,312	0	0,0000	0:00	0:00
30.6.2010	14:05	0,282	0,654	0,786	-0,011	-0,008	0,002	29,287	1,722	-0,0057	0:01	0:01
30.6.2010	14:06	0,697	1,03	1,419	-0,026	-0,019	-0,029	29,506	3,146	-0,0247	0:01	0:02
30.6.2010	14:07	0,709	1,144	1,614	-0,028	-0,02	-0,028	29,497	3,467	-0,0253	0:01	0:03
30.6.2010	14:08	123,235	121,415	123,604	1,999	0,048	0,278	29,499	368,254	0,7750	0:01	0:04
30.6.2010	14:09	169,731	168,622	170,789	2,741	0,249	0,488	29,476	509,142	1,1593	0:01	0:05
30.6.2010	14:10	172,414	172,362	174,721	2,769	0,345	0,465	29,472	519,497	1,1930	0:01	0:06
30.6.2010	14:11	169,263	167,431	170,343	2,714	0,545	0,444	29,544	507,037	1,2343	0:01	0:07
30.6.2010	14:12	170,172	168,607	171,467	2,73	0,542	0,433	29,599	510,246	1,2350	0:01	0:08
30.6.2010	14:13	170,812	169,367	171,989	2,739	0,541	0,432	29,617	512,168	1,2373	0:01	0:09
30.6.2010	14:14	170,394	169,511	172,748	2,747	0,54	0,445	29,645	512,653	1,2440	0:01	0:10
30.6.2010	14:15	169,797	167,796	171,254	2,746	0,539	0,443	29,572	508,847	1,2427	0:01	0:11
30.6.2010	14:16	169,488	166,165	170,536	2,745	0,539	0,453	29,602	506,189	1,2457	0:01	0:12
30.6.2010	14:17	168,74	165,735	169,781	2,743	0,539	0,45	29,572	504,256	1,2440	0:01	0:13
1.7.2010	10:52	10,536	-10,632	5,321	19,95	17,369	15,535	26,661	5,225	17,6180	0:01	20:44
1.7.2010	10:53	10,536	-10,632	5,321	19,951	17,37	15,535	26,682	5,225	17,6187	0:01	20:45
1.7.2010	10:54	10,536	-10,632	5,321	19,951	17,371	15,534	26,727	5,225	17,6187	0:01	20:46
1.7.2010	10:55	10,536	-10,632	5,321	19,949	17,371	15,533	26,775	5,225	17,6177	0:01	20:47
1.7.2010	10:56	10,536	-10,632	5,321	19,944	17,369	15,532	26,844	5,225	17,6150	0:01	20:48
1.7.2010	10:57	10,536	-10,632	5,321	19,934	17,346	15,532	26,81	5,225	17,6040	0:01	20:49
1.7.2010	10:58	10,536	-10,632	5,321	19,929	17,345	15,531	26,738	5,225	17,6017	0:01	20:50
1.7.2010	10:59	10,536	-10,632	5,321	19,922	17,347	15,53	26,717	5,225	17,5997	0:01	20:51
1.7.2010	11:00	10,536	-10,632	5,321	19,917	17,347	15,53	26,849	5,225	17,5980	0:01	20:52
1.7.2010	11:01	10,536	-10,632	5,321	19,905	17,343	15,529	27,009	5,225	17,5923	0:01	20:53
1.7.2010	11:02	10,536	-10,632	5,321	19,892	17,344	15,528	26,948	5,225	17,5880	0:01	20:54

Inset s.r.o. [1]

PRIEBEH SKÚŠKY



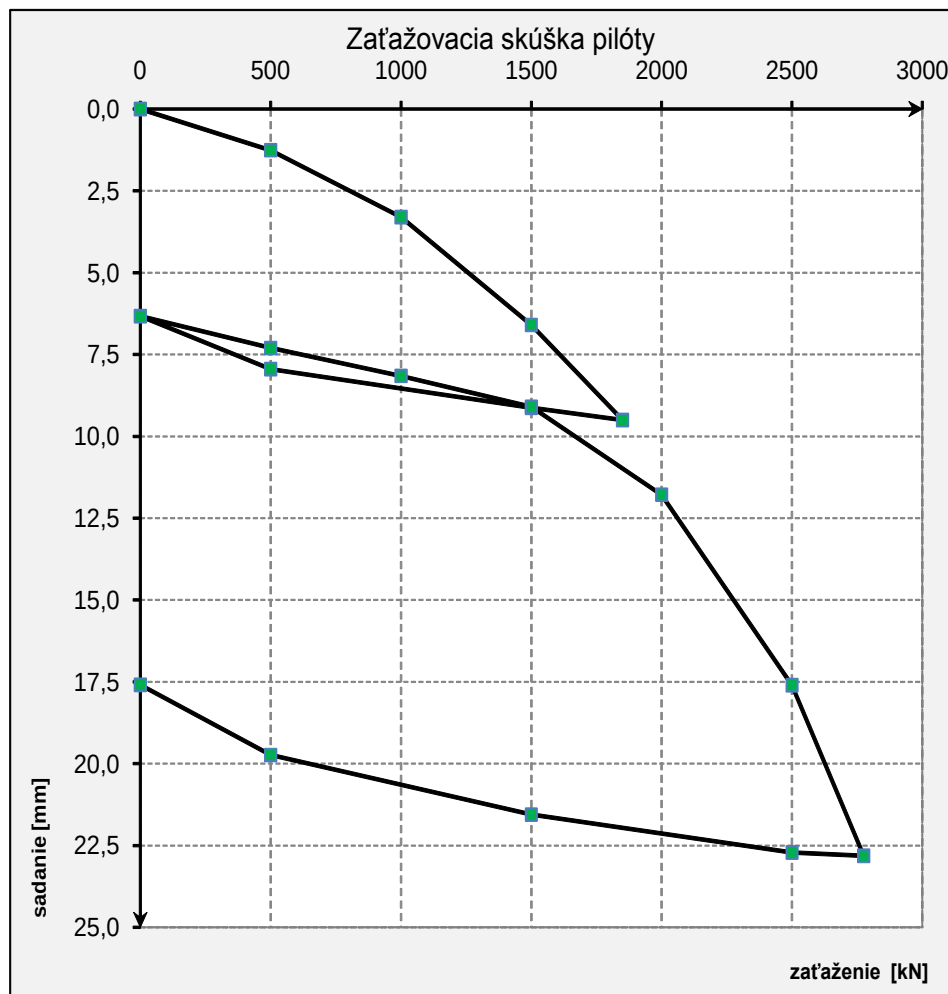
Inset s.r.o. [1]

Zat'azovacia krivka

Dosiahnuté hodnoty:

Zat'azovací stupeň	Zat'aženie [kN]	Sadnutie [mm]	Čas ustálenia sadania [hod]
1	0	0,000	14:00
2	500	1,260	14:40
3	1000	3,300	15:54
4	1500	6,598	17:32
5	1850	9,502	19:54
6	1500	9,125	20:50
7	500	7,945	21:33
8	0	6,326	22:10
9	500	7,301	22:38
10	1000	8,153	23:17
11	1500	9,096	23:53
12	2000	11,783	1:30
13	2500	17,603	4:28
14	2775	22,815	6:58
15	2500	22,714	7:55
16	1500	21,555	8:40
17	500	19,736	10:04
18	0	17,592	11:01

Inset s.r.o. [1]



Vyhodnotenie skúšky SO 205

Podpera 3

$$R_{c,k} = \min \left[\frac{(R_{cm})_{mean}}{\xi_1}; \frac{(R_{cm})_{min}}{\xi_2} \right];$$

Pre prípad pilótovej skupiny, kde je možná redistribúcia zaťaženia na pilóty, sa za únosnosť zo zaťažovacej skúšky pilóty R_{ck} považuje medzná totálna únosnosť $R_{c,u}$ pri maximálnom aplikovanom zaťažení.

Ostatné medze vzhľadom na deformácie menšie než 0,1.d nie je možné z priebehu skúšky určiť.

Zaťažovacou skúškou bola preukázaná medzná totálna únosnosť pilóty podpery 3 objektu SO 205 na tlak hodnotou $R_{c,u} = 2\,775\text{ kN}$

- Hodnota návrhovej únosnosti skúšobnej pilóty
pilóta opory 3 SO 205 $R_{c,d} = R_{c,u} / \gamma_t = 2\,775\text{ kN} / 1,5 = \mathbf{1\,850\text{ kN}}$;
kde $\gamma_t = 1,5$ z tab. A.7 z STN EN 1997-1.
- Dosiahnutá deformácia pilóty $s = \mathbf{9,5\text{ mm}}$
- Pilóta vyhovuje medznému stavu únosnosti

Určenie únosnosti pilóty podľa STN 73 1002

Pri statickej zaťažovacej skúške pilóty do plánovanej kapacity sú merané veľkosti sadnutia hlavy pilóty s pri pôsobiacom zvislom zaťažení V .

Výsledkom skúšky je zaťažovacia krivka, z ktorej v zmysle STN 73 1002 môžeme určiť experimentálnu únosnosť pilóty U_{ve} - zo štyroch medzných hodnôt

$$U_{con}, U_{def}, U_{pr} \text{ a } U_y$$

a následne určiť výslednú zvislú únosnosť pilóty podľa vzťahu:

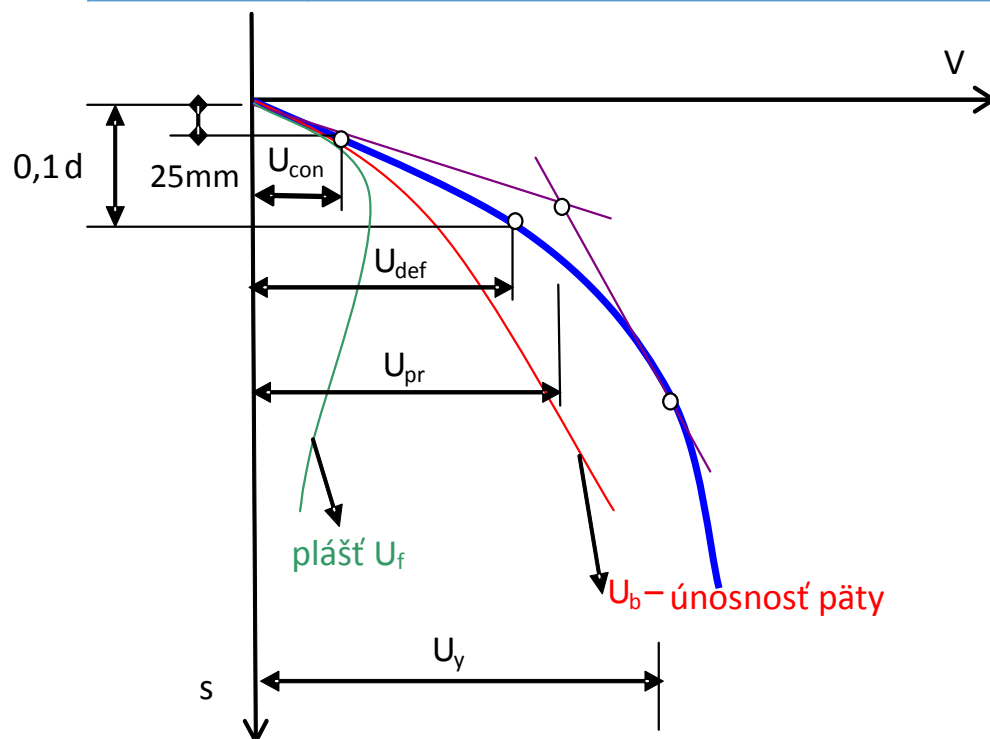
$$R_{v,d} = \min \left[\frac{U_{ve,i}}{\gamma_i} \right];$$

kde:

- U_{ve} je hodnota experimentálnej únosnosti určená z priebehu krivky v grafe skúšky
- súčiniteľ γ vyjadruje podmienky pôsobenia pre odpor pilóty s prihliadnutím k počtu testov podľa Tab. 1
- nižšie hodnoty koeficientov použijeme v prípade viacnásobných zať. skúšok na jednom mieste (min.2 skúšky)

Vyhodnotenie podľa STN 73 1002

U_{ve}	Význam	γ
U_{con}	Merná únosnosť – zodpovedá sadnutiu 25 mm	1 – 1,1
U_{def}	Únosnosť na medzi pretvorenia $s = 0,1 d$	1,25 – 1,3
U_{pr}	Únosnosť na medzi únosnosti (priesečník dotyčníc)	1,25 – 1,3
U_y	Únosnosť na medzi zaborenia (zlom krivky)	1,4 – 1,5



Pre výsledné určenie únosnosti sa použije minimálna hodnota U_{ve} zo všetkých 4 medzí

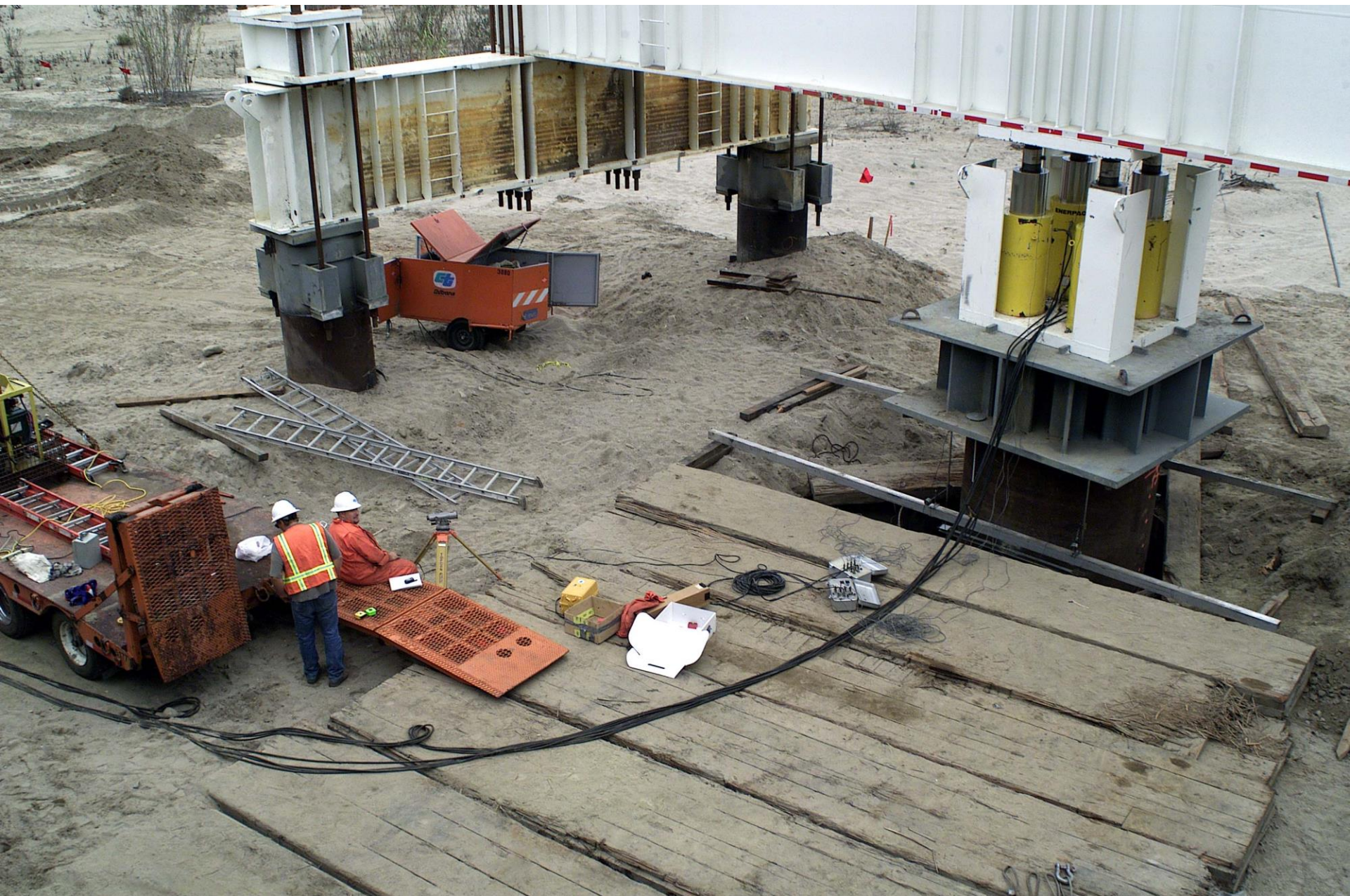


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja





Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



B) Medzná únosnosť v tlaku z výsledkov skúšok základovej pôdy

- Charakteristická hodnota medzného odporu pilóty z vypočítaných hodnôt:

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = \text{Min} \{ (R_{c,cal})_{mean} / \xi_3 ; (R_{c,cal})_{min} / \xi_4 \}$$

Korelačné súčinitele ξ na odvodenie charakteristických hodnôt z výsledkov skúšok zemín pri počte skúšok n

ξ pre 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

Alternatívny postup výpočtu charakteristických hodnôt:

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k}$$

$$R_{s,k} = \sum A_{si} \cdot q_{si,k}$$

Návrhová hodnota medzného odporu pilóty v tlaku:

modelový súčiniteľ

$$R_{c,d} = R_{c,k} / (\gamma_t \cdot \gamma_{R,d}) = R_{b,k} / (\gamma_b \cdot \gamma_{R,d}) + R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d})$$

$$\gamma_{R,d} = 1,1$$

Medzná únosnosť v tlaku výpočtom pomocou charakteristík základovej pôdy

$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d}$

- Únosnosť päty pilóty: $R_{b,d} = \frac{k_1 \cdot A_b \cdot R_d}{\gamma_b}$

$R_{b,d}$ je návrhová únosnosť päty pilóty
 k_1 súčiniteľ závislý od dĺžky pilóty L

$L \leq 2$	k_1	1,00
$2 < L \leq 4$		1,05
$4 < L \leq 6$		1,10
$L > 6$		1,15

A_b plocha päty pilóty
 $R_d = 1,2 \cdot c'_d \cdot N_c + (1 + \sin \varphi'_d) \cdot \gamma_1 \cdot L \cdot N_d + \gamma_2 \frac{d}{2} N_b$
- Únosnosť na plášti pilóty: $R_{s,d} = \frac{u \Sigma h_i \cdot f_{si}}{\gamma_s}$

Trenie na plášti:

$$f_{si} = \sigma_{xi} \cdot tg\left(\frac{\phi'_i}{\gamma_{r1}}\right) + \frac{c'_i}{\gamma_{r2}}$$

kde γ_{r1} je súčiniteľ podmienok pôsobenia, vyjadrujúci vplyv technológie zhotovovania pilót

- $\gamma_{r1} = 1$ betonáž pilóty bez ochrany výpažnice
- $\gamma_{r1} = 1,1$ betonáž pilóty do suchého vrtu bez výpažnice špeciálne do nesúdržných zemín a poloskalných hornín
- $\gamma_{r1} = 1,2$ betonáž pilóty do vrtu bez výpažnice po vyčerpaní vody;
betonáž do vrtu chráneného ocelovou výpažnicou pri oddelenej betonáži
- $\gamma_{r1} = 1,25$ betonáž pilóty do vrtu chráneného suspenziou, do vrtu chráneného fóliou PVC, PE hr. < 0,25 mm
- $\gamma_{r1} = 1,5$ betonáž pilóty do vrtu fóliou PVC, PE hr. viac ako 0,25 mm;
betonáž do vrtu chráneného ocelovou výpažnicou
- $\gamma_{r1} = 1,6$ betonáž pilóty do vrtu pod ochranou suspenzie spolu s fólií PVC, PE; betonáž pilóty s $d > 2$ m chráneného suspenziou

C) Medzná únosnosť v tlaku určená z dynamických skúšok

Charakteristická hodnota medzného odporu pilóty z meraných hodnôt:

$$R_{c,k} = \text{Min} \{ (R_{c,m})_{\text{mean}} / \xi_5; (R_{c,m})_{\text{min}} / \xi_6 \}$$

Korelačné súčinitele ξ na odvodenie charakteristických hodnôt z dynamických rázových skúšok (n – počet skúšaných pilót)

ξ pre n	≥ 2	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 20
ξ_5	1,60	1,50	1,45	1,42	1,40
ξ_6	1,50	1,35	1,30	1,25	1,25

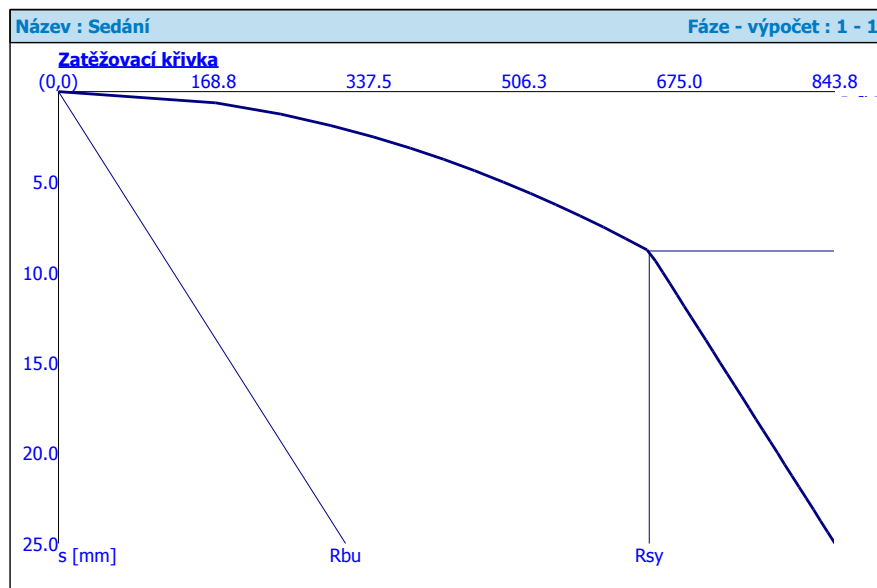
Návrhová hodnota medzného odporu pilóty:

$$R_{c,d} = R_{c,k} / \gamma_t$$

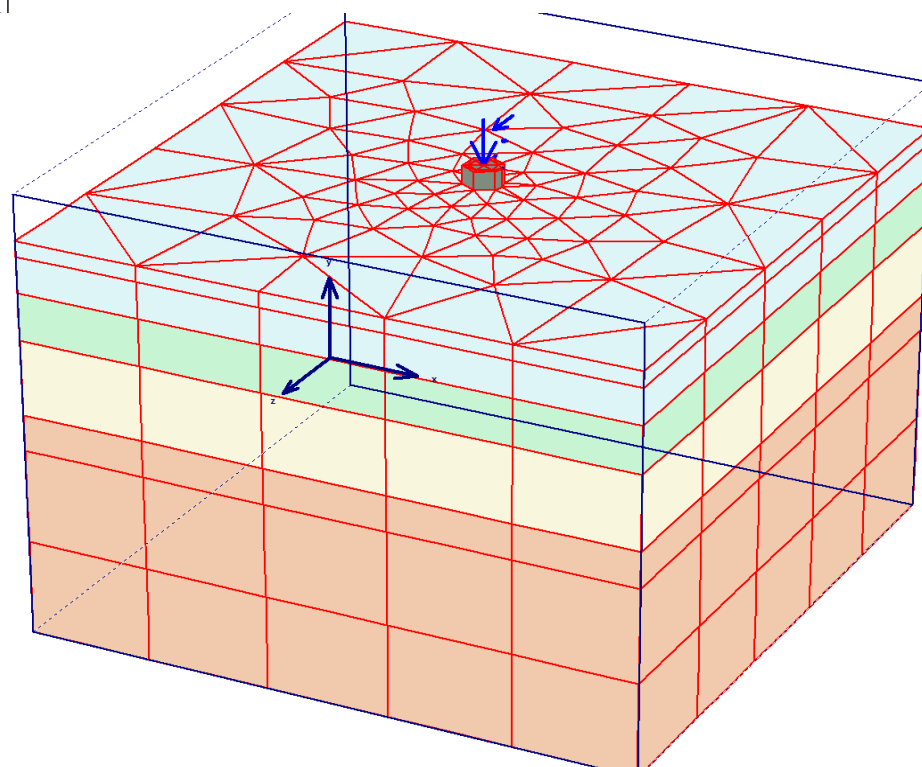
- platnosť výsledkov dynamickej skúšky treba overiť statickou zaťažovacou skúškou

D) Určenie medzných stavov numerickým modelovaním

Klasická teória STN 73 1002 pril. 2 neplatná

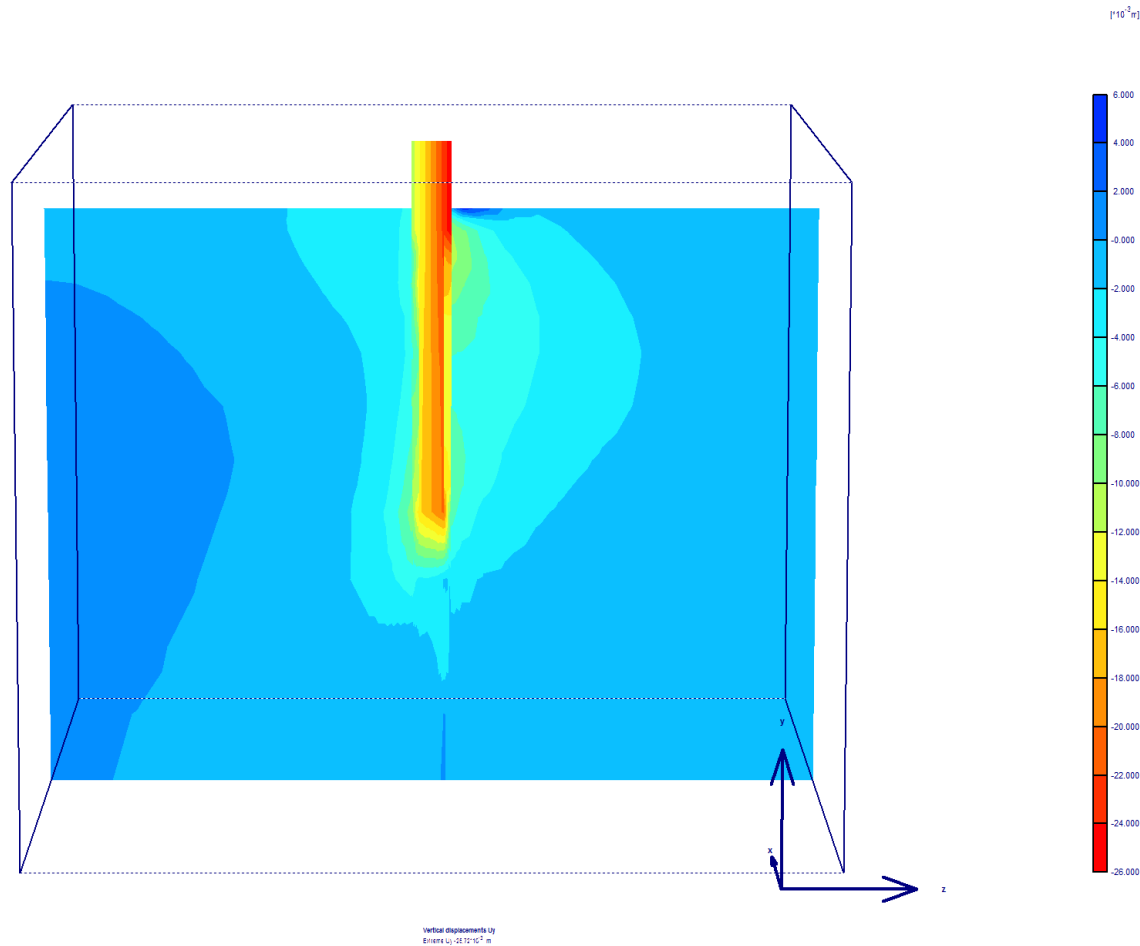


Zatížení na mezi mobilizace plášť.tření	Ryu	=	641.89	kN
Velikost sedání odpovídající síle Ryu	sy	=	8.8	mm



D) Určenie medzných stavov numerickým modelovaním

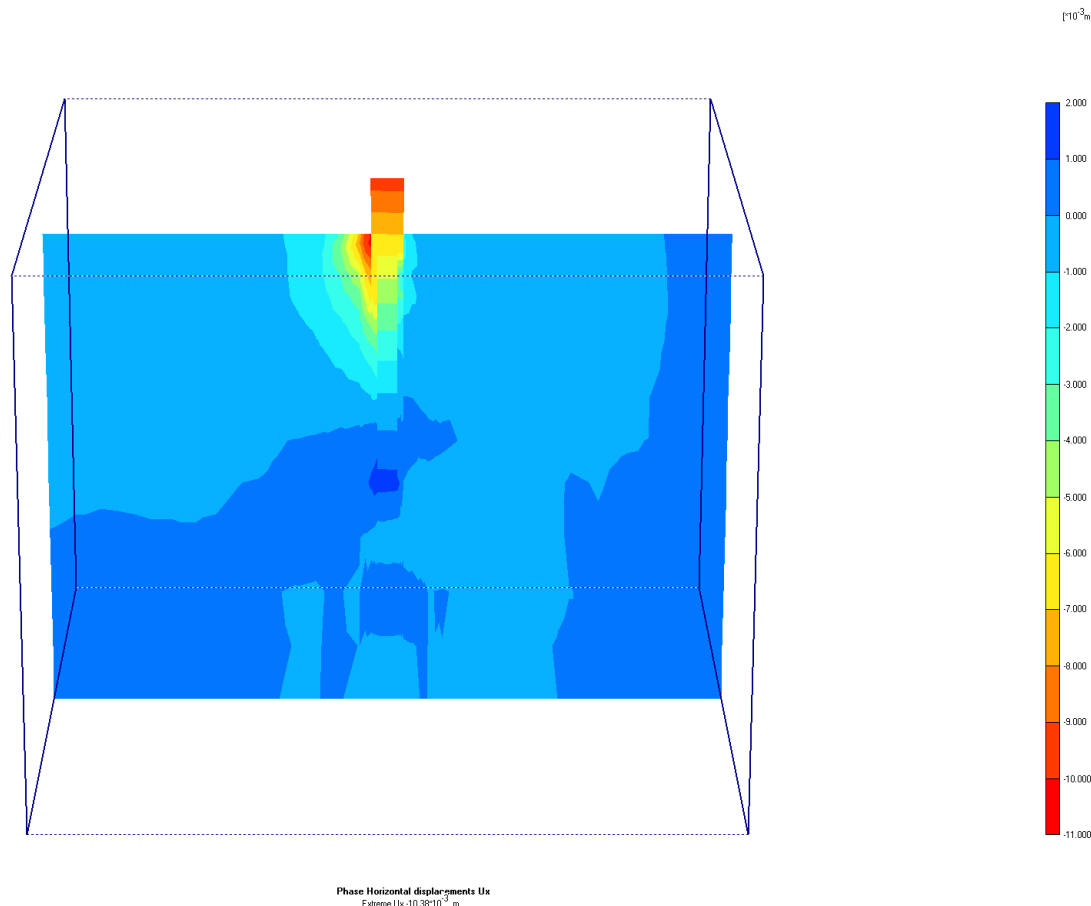
Plaxis 3D Foundation



Zvislé posuny
max. 25,72 mm

D) Určenie medzných stavov numerickým modelovaním

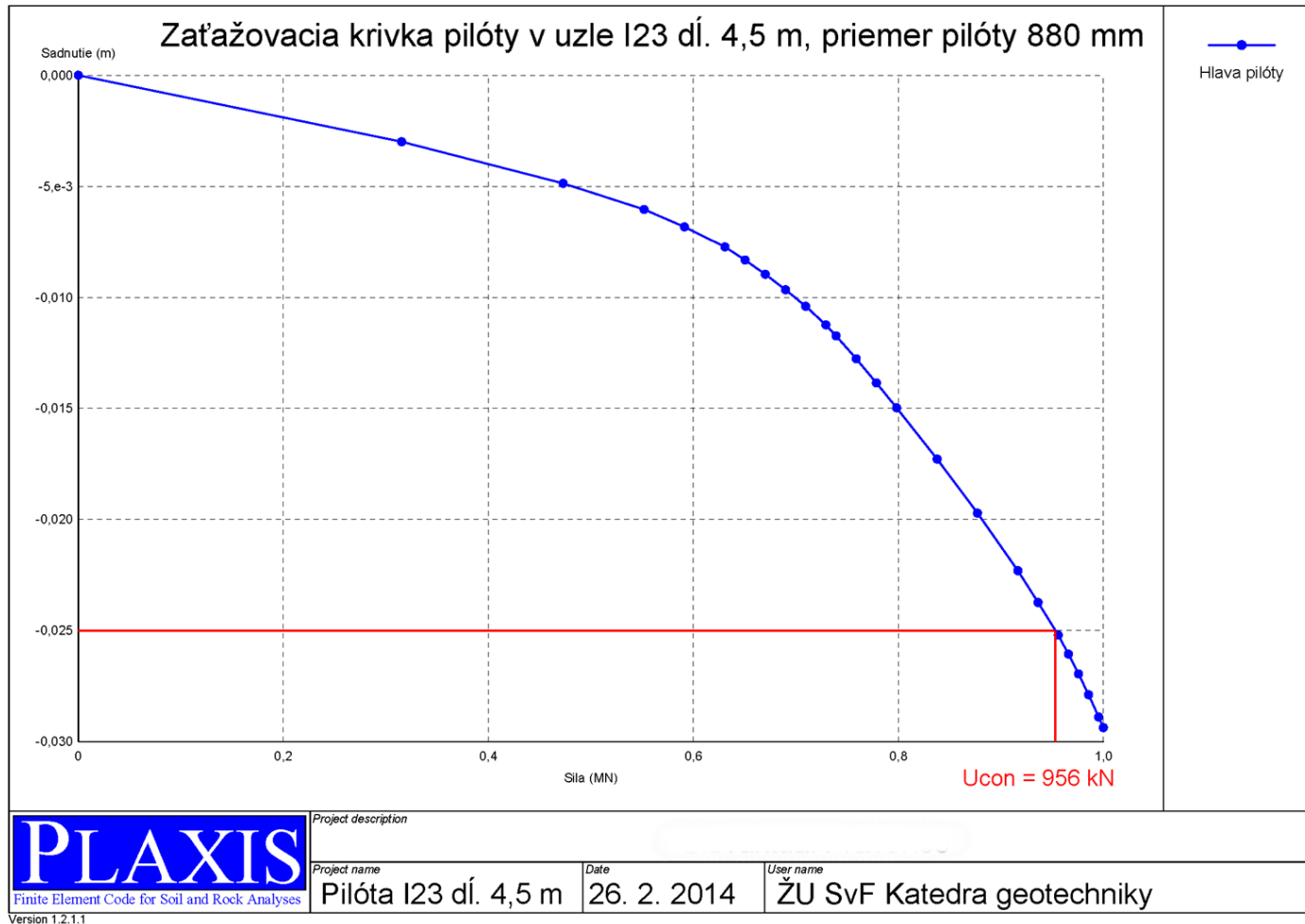
Plaxis 3D Foundation



Vodorovné posuny
v smer osi x
max. 10,38 mm

D) Určenie medzných stavov numerickým modelovaním

Plaxis 3D Foundation



D) Posúdenie únosnosti razených pilót



- Pilóty sa musia zabaraňiť minimálne 3 m do únosných nesúdržných zemín.
- Železobetónová a predpätá pilóta sa považuje za dobre zabaraňenú, ak vnikne pri posledných 10 úderoch najviac o 30 mm do prostredia pri energii 1 úderu 20 kJ.
- Vibrobaraňená pilóta za posledných 5 min. vibrobaraňenia vnik najviac 20 mm.
- Hrot a hlava betónových pilót musia mať zosilnenú výstuž podľa projektovej dokumentácie pilót.
- Hlava sa pri baraňení chráni dreveným čepcom, s dreveným tlmiacim blokom alebo iným spôsobom.
- Trhlínky, spôsobené baraňením do šírky 0,15 mm sú zanedbateľné.

D) Posúdenie únosnosti základov razených pilót

PROFIL V MIESTE PILÓTY

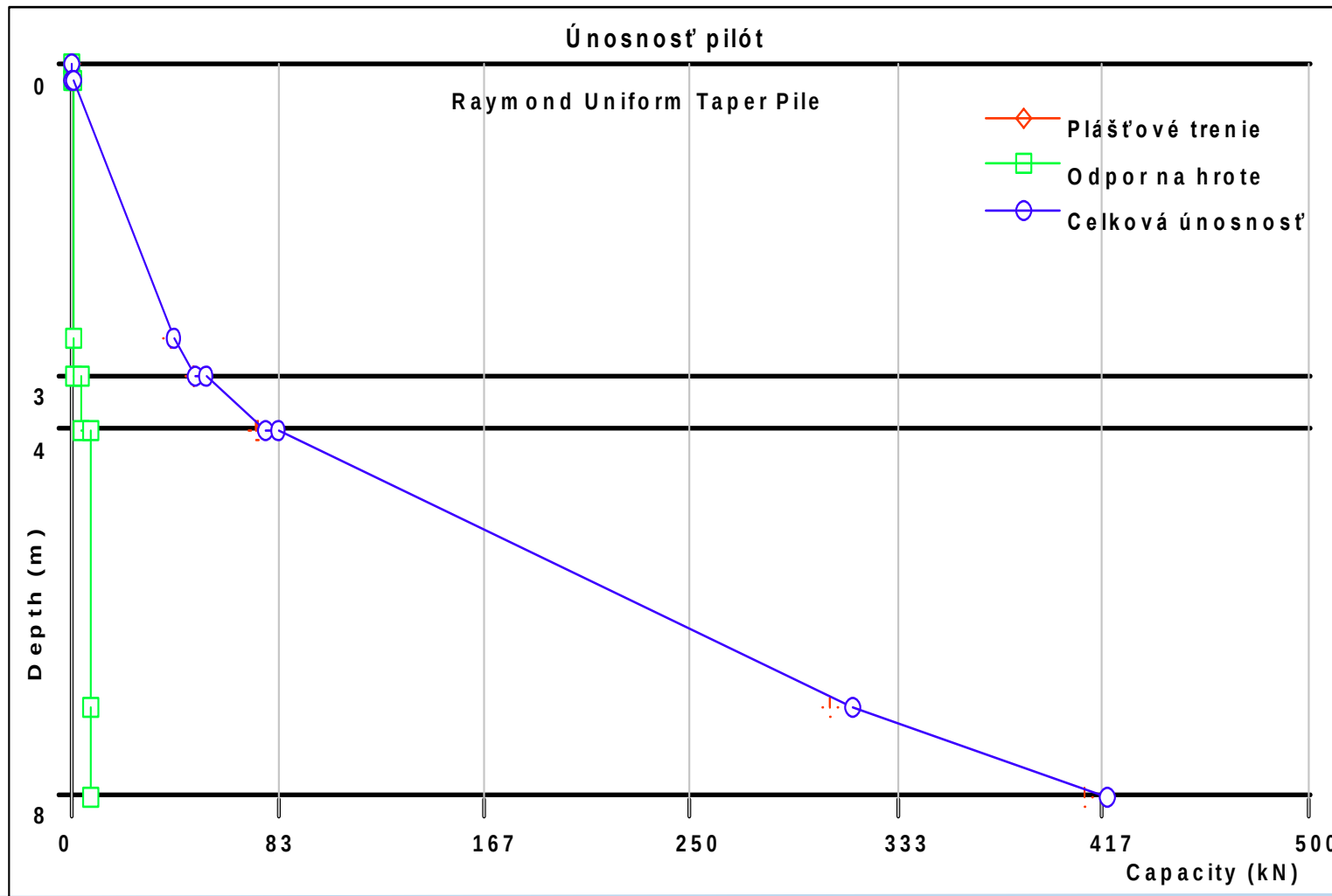
Layer	Type	Thickness	Driving Loss	Unit Weight	Strength
F6 mäkká	Cohesive	3.40 m	40.00%	19.00 kN/m ³	20.00 kPa
F8 tuhá	Cohesive	0.60 m	20.00%	19.00 kN/m ³	60.00 kPa
F6 pevná	Cohesive	4.00 m	10.00%	21.00 kN/m ³	120.00 kPa

ÚNOSNOSŤ PILÓTY

software Driven 1.2 z r.2001 od Blue Six software

Depth	Skin Friction	End Bearing	Total Capacity
0.01 m	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN
0.19 m	0.00 kN	0.00 kN	0.00 kN
0.20 m	0.00 kN	1.41 kN	1.41 kN
3.01 m	40.64 kN	1.41 kN	42.05 kN
3.39 m	49.57 kN	1.41 kN	50.98 kN
3.41 m	50.19 kN	4.24 kN	54.43 kN
3.99 m	74.68 kN	4.24 kN	78.92 kN
4.01 m	75.69 kN	8.48 kN	84.17 kN
7.01 m	307.08 kN	8.48 kN	315.56 kN
7.99 m	409.46 kN	8.48 kN	417.94 kN

D) Posúdenie únosnosti základov razených pilót



Medzné stavy použiteľnosti (posuny pilótových základov)

Podmienka spoľahlivosti pre medzný použiteľnosti:

$$E_d \leq C_d$$

$$s \leq s_{\max}$$

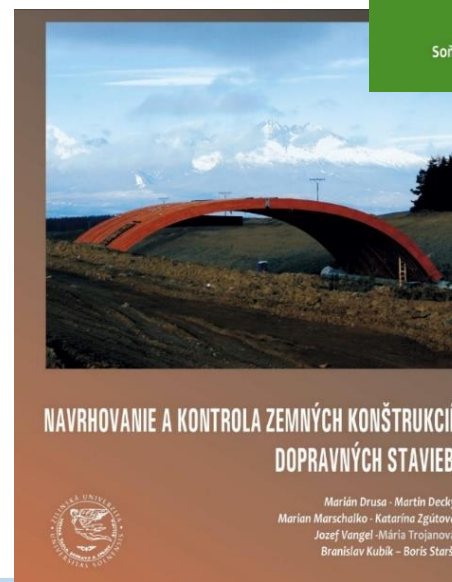
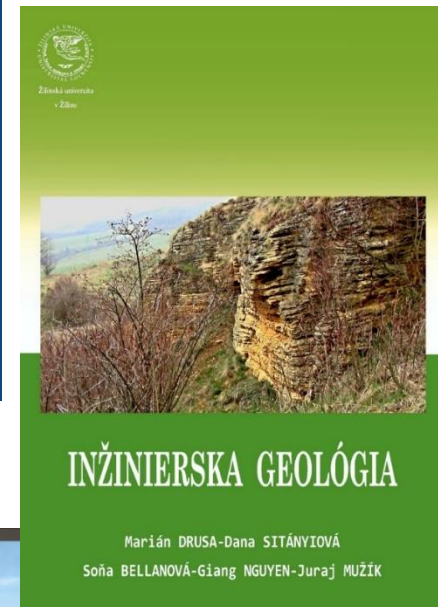
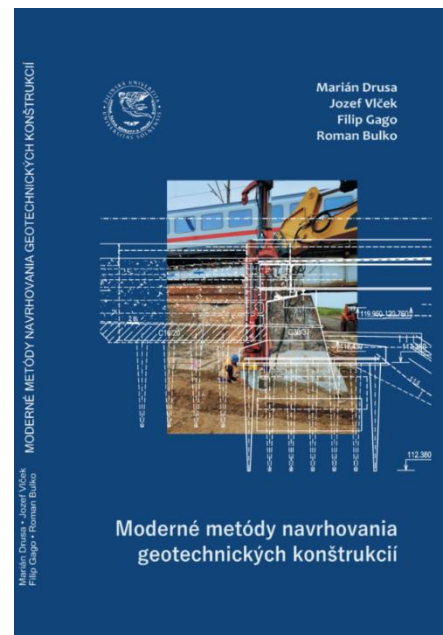
- výpočet sadania osamelej pilóty – teóriou pružnosti, príloha STN 73102, numerická analýza (FEM)
- sadanie skupiny pilót – analógia plošný základ vo fiktívnej hĺbke $2/3 H$ s rozšírením
- hodnoty parciálnych súčiniteľov = 1,0
- medzné hodnoty pohybov základov sú v prílohe H (informatívna časť)
- sadanie $s_{\max} = 30 - 50 \text{ mm}$
- nerovnomerné sadanie δ_p
- naklonenie ω , relatívne naklonenie $1/500$ ($1/150$)
- priehyb Δ , relatívny priehyb Δ/L
- v NA sa odkazuje na STN 73 1001

Zoznam technických noriem a predpisov

STN EN 1536: 2011	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác: Vŕtané pilóty
STN EN 1537: 2013	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác: Injektované horninové kotvy
STN EN 1538: 2000	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác: Podzemné steny
STN EN 12063:1999	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác: Štetovnicové steny
STN EN 12699:2003	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác: Razené pilóty
STN EN 12715 :2000	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác: Injektovanie
STN EN 12716:2001	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác: Prúdová injektáž
STN EN 14199: 2006	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác - Mikropilóty
STN EN 14679: 2005	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác - Hĺbkové zlepšovanie zemín
STN EN 14731: 2005	Vykonávanie špeciálnych geotechnických prác - Hĺbkové zhutňovanie vibráciou
TKP časť 12	Pilóty razené, MDV 2011
TKP časť 13	Pilóty vŕtané, MDV 2011
TKP časť 30	Špeciálne zakladanie MDVRR 2012
ASTM D 1143,	"Standard Load Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load," American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA

Literatúra:

- 1) Drusa M., Vlček J., Gago F., Bulko R.: Moderné metódy navrhovania geotechnických konštrukcií, ISBN 978-80-554-1640-3.
- 2) Drusa M. a kol.: Navrhovanie a kontrola zemných konštrukcií dopravných stavieb. ŽU – EDIS, 2013, ISBN 978-80-554-0823-1.
- 3) Drusa M., Sitányiová D., Bellanová S., Nguyen G., Mužík J.: Inžinierska geológia, BTO Print 2012, ISBN – 978-80-970248-5-7
- 4) <https://www.inset.sk/>
- 5) Drusa M. – Moravčík M., Foundation Structures, Edis Žilina 2009
- 6) Lancellotta R. Geotechnical Engineering – Balkema 1995
- 7) Das B. M., Sobhan K.: Principles of Geotechnical Engineering, Eighth Edition, SI, Cengage Learning, ISBN: 978-1-133-10867-2





Ďakujem za pozornosť