

**VLTAVA Ř. KM 80,3 - 84,2 - OSAZENÍ PEVNÉHO
PLAVEBNÍHO ZNAČENÍ**

STUPEŇ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE:

Dokumentace pro provádění stavby

DATUM:

04/2023



POVODÍ VLTAVY, STÁTNÍ PODNIK



SWECO

Sweco a.s.

Ústředí Praha
Táborská 31, Praha 4
www.sweco.cz

ČÍSLO ZAKÁZKY: 12 2225 02 01 00
ARCHIVNÍ ČÍSLO: 002190/23/1

D.2.0.B STATICKÉ POSOUZENÍ

ÚPLNÝ NÁZEV AKCE (PROJEKTU): Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení		DATUM: 04/2023
PODNÁZEV:		STUPEŇ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE: Dokumentace pro provádění stavby
OBJEDNATEL: Povodí Vltavy, státní podnik		ADRESA: Holečkova 8/3178, 150 00 Praha 5
ZHOTOVITEL: Sweco a.s.	ADRESA: Táborská 31, 140 16 Praha 4	GENERÁLNÍ ŘEDITEL: Ing. Jan Krejčík, Ph.D.
HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU: Ing. Petr Klimeš	ŘEDITEL DIVIZE: Ing. Petr Matějček	TECHNICKÁ KONTROLA: Ing. Petr Klimeš

Společnost **Sweco a.s.** je certifikovaná dle norem **ČSN EN ISO 9001:2016**, **ČSN EN ISO 14001:2016** a **ČSN ISO 45001:2018**.

© Sweco a.s.

Tato dokumentace včetně všech příloh (s výjimkou dat poskytnutých objednatelem) je duševním vlastnictvím akciové společnosti Sweco a.s. Objednatel této dokumentace je oprávněn ji využít k účelům vyplývajícím z uzavřené smlouvy bez jakéhokoliv omezení. Jiné osoby (jak fyzické, tak právnické) nejsou bez předchozího výslovného souhlasu objednatele oprávněny tuto dokumentaci ani její části jakkoli využívat, kopírovat (ani jiným způsobem rozmnožovat) nebo zpřístupnit dalším osobám.

Poznámka: Podpisy zpracovatelů jsou připojeny pouze k výtisku číslo 01 nebo originálu přílohy (matrici).

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

OBSAH / SEZNAM PŘÍLOH

strana

1.	NÁVRH A POSOUZENÍ PEVNÝCH PLAVEBNÍCH ZNAKŮ	4
1.1	NÁVRH SKLOPNÉHO ZNAKU PS 01 PRO ÚSEK ř.km 80,3 – 81,7	5
1.1.1	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE	6
1.1.1.1	Vlastní váha, G1	6
1.1.1.2	Zatížení Q2 Proud (Q=600 m3/s) - hydrodynamickým tlakem – provozní stav	6
1.1.1.3	Zatížení Q3 Proud za povodně - hydrodynamickým tlakem	7
1.1.1.4	Zatížení Q4 náraz plovoucího předmětu	7
1.1.1.5	Zatížení větrem W5	8
1.1.2	KOMBINACE ZATÍŽENÍ	9
1.1.3	VÝSLEDKY A POSOUZENÍ PRVKŮ KONSTRUKCE	9
1.1.4	NÁVRH ČEPŮ	10
1.1.5	NÁVRH KOTEVNÍ DESKY SKLOPNÉHO ZNAKU	11
1.1.6	NÁVRH ZALOŽENÍ SKLOPNÉHO ZNAKU	14
1.1.7	NÁVRH KOTEVNÍ DESKY PILOTY SKLOPNÉHO ZNAKU	17
1.2	NÁVRH PEVNÉHO ZNAKU PS 02 PRO ÚSEK ř.km 82,7 – 84,2	19
1.2.1	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE	19
1.2.1.1	Vlastní váha, G1	19
1.2.1.2	Zatížení Q2 Proud (Q=600 m3/s) - hydrodynamickým tlakem – provozní stav	20
1.2.1.3	Zatížení Q3 Proud za povodně – hydrodynamickým tlakem	20
1.2.1.4	Zatížení Q4 náraz plovoucího předmětu	21
1.2.1.5	Zatížení větrem W5	21
1.2.2	KOMBINACE ZATÍŽENÍ	22
1.2.3	VÝSLEDKY A POSOUZENÍ PRVKŮ KONSTRUKCE	22
1.2.4	NÁVRH KOTEVNÍ DESKY PEVNÉHO ZNAKU	23
1.2.5	NÁVRH ZALOŽENÍ PEVNÉHO ZNAKU	25
1.2.6	NÁVRH KOTEVNÍ DESKY PILOTY PEVNÉHO ZNAKU	28
2.	SEZNAM POUŽITÝCH PODKLADŮ, NOREM, TECHNICKÝCH PŘEDPISŮ, ODBORNÉ LITERATURY, VÝPOČETNÍCH PROGRAMŮ	30

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

1. NÁVRH A POSOUZENÍ PEVNÝCH PLAVEBNÍCH ZNAKŮ

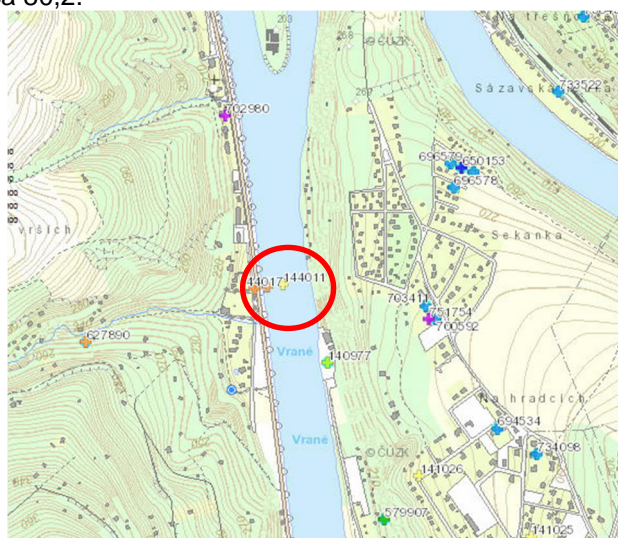
Posouzení ocelových průřezů je provedeno pomocí SW Ocel EC3, jež posuzuje průběh napětí v jednotlivých průřezech podle Eurocodu 3 - návrh ocelových konstrukcí.

Úkolem byl provést návrh nových pevných znaků umístěných přímo v řečišti Vltavy. Prvotní návrh předpokládal náhradu bóji za pevné znaky se sklopným mechanismem aktivovaným například nárazem. Vzhledem k návrhovým hladinám, bylo rozhodnuto navrhnout dva typy znaků a to znaky sklopné pro úsek ř.km 80,3 – 81,7. V horním úseku ř.km 82,7 – 84,2 budou vzhledem k vysokým hloubkám použity znaky pevné – nesklopné.

Odolnost znaků je požadovaná jako odolnost proti působení hydrodynamického tlaku proudící vody pro max. provozní hladinu jež odpovídá průtoku 600 m³/s. Dále by znak měl snést plné zatopení a to včetně horní části nasazeného radarového odražeče (deska o rozměrech 0,5 x 0,5 m). V případě sklopných znaků pak tyto budou navrženy tak, aby došlo ke sklopení až při nárazu plovoucího předmětu. U pevných znaků bude návrh učiněn tak, aby znak přečkal náraz drobného plovoucího předmětu, přesná velikost není požadována a bude tak určena iteračně aby však návrh nevyústil k užití nadměrných nosných prvků.

Pro založení znaků je uvažováno s vrtanými pilotovým základem (maloprofilové piloty).

Geologický profil je odhadnut z archivních vrtů, bohužel v celém úseku je k dispozici jediný vrt přímo v řečišti v ř. km cca 80,2.



Archivní vrt č. 144011 umístěný v řečišti

Popis archivního vrtu č. 144011 (x=1066139, y=748099) svislý z roku 1961

Vrch vrtu: 199,882 m n.m.

0,00 – 4,00 m štěrkopísek s příměsí hlinité zeminy (navážka)

4,00 – 4,80 algonkická břidlice

Vrtání bylo prováděno z navedené lavice, dno koryta v tomto místě je cca 197 – 196 m n. m.

1.1 NÁVRH SKLOPNÉHO ZNAKU PS 01 PRO ÚSEK Ř.KM 80,3 – 81,7

Sklopný znak je tvořen svislou tyčí na jejímž vrcholu je umístěn radarový odražeč - deska o rozměrech 0,5 x 0,5 m. Vzhledem k rozdílným úrovním dna je délka hlavní tyče znaku proměnná od 3,0 m až po 3,70 m. Tyč je provedena z bezešvé ocelové trubky Ø108/6 mm. Tyč je ve spodní části uchycena pomocí dvojice čepů horizontálně vzdálených 0,15 m. Horní čep je koncipován jako stálý otočný, spodní čep pak jako střížný, který v případě překročení návrhové síly praskne. Oba čepy jsou dále uchyceny do bočních stojen základové patky, která bude šroubovým spojem uchycena ke kotevní desce základu – hlava mikropiloty.

Aby byla zajištěna funkce střížného čepu, byl pro čep zvolen takový materiál, kde se mez kluzu a mez pevnosti co nejvíce přibližuje. Zvolen je materiál ocel 10.9. Druhý čep je volen z vysokopevnostní duplexní nerez 1.4462 z důvodů minimalizace průměru čepu. Pro konstrukci vlastní tyče pak materiál z běžné oceli S355. Kotevní deska je pak nerezová z běžného materiálu 1.4301.

Zatížení konstrukce znaku je tvořeno v běžném provozu pouze vodním hydrodynamickým tlakem, jež působí na samotnou trubku znaku a v případě zatopení pak i na desku znaku. Uvažováno je s více zatěžovacími stavy: provozním stavem kdy hladina dosahuje max. plavení hydrostatické hladiny pro 600 m³/s což je v úrovni vrcholu trubky, dále s povodňovým stavem, kdy je znak celý zatopen včetně horní desky znaku a dále s doplňkovým zatížením od nárazu plovoucího předmětu při provozní hladině.

Pevnostní návrh je proveden tak, aby znak vždy odolal běžnému provozu a plnému zatopení. Sklopení znaku – poškození střížného čepu pak nastane až při nárazu plovoucího předmětu. Stanovení nárazové energie bylo provedeno odhadem. Jedná se závislost hmotnosti, rychlosti a vyvolané deformace konstrukce, tedy o úlohu s nekonečným množstvím možností. Jako nárazová rychlost je volena rychlost proudu při průtoku 600 m³/s, deformace pak vychází z vlastní tuhosti konstrukce, hmotnost předmětu pak je dopočítána. Jako rozumné se jeví náraz předměty v rozmezí 50 – 100 kg. Nad toto rozmezí již nebyla konstrukce zesilována. Při nárazu větších předmětů pak již dochází ke sklopení znaku. Návrh je proveden tak aby znak nebyl sklápěn při nárazu běžných drobných předmětů (větev, pařez apod.). V úvahu je taky bráno, že samotná tyč je velmi subtilní – Ø10 cm.

Hlavní parametry:

Materiál s trubky:	ocel S355
Modul pružnosti	E = 210.000 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G = 81 000 MPa
Mez kluzu	f _y = 355 MPa
Mez pevnosti	f _u = 510 MPa
Materiál střížného čepu:	ocel 10.9
Modul pružnosti	E = 210.000 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G = 81 000 MPa
Mez kluzu	f _y = 940 MPa
Mez pevnosti	f _u = 1040 MPa
Materiál pevného čepu:	ocel nerez duplexní 1.4462
Modul pružnosti	E = 200.000 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G = 76 900 MPa
Mez kluzu	f _y = 460 MPa
Mez pevnosti	f _u = 660 MPa
Materiál patky:	ocel nerez 1.4301
Modul pružnosti	E = 210.000 MPa

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

Modul pružnosti ve smyku	$G = 76\,900 \text{ MPa}$
Mez kluzu	$f_y = 210 \text{ MPa}$
Mez pevnosti	$f_u = 520 \text{ MPa}$

1.1.1 ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE

Pro návrh konstrukce daleb bylo uvažováno se 3 zatěžovacími stavy, jež tvoří 3 návrhové zatěžovací kombinace.

Zatížení je tvořeno svislou normálovou silou vlastní váhy a vodorovnými silami účinku proudu na obtékané těleso trubky a plošného znaku, vodorovnou silou od nárazu plovoucího předmětu v úrovni vrcholu trubky.

Koeficienty spolehlivosti zatížení byly uvažovány dle EAU 2012 a ČSN 75 0250:

Zatížení	Součinitel spolehlivosti zatížení
	γ_Q
G1 Vlastní váha	1,10
Q2 Proud ($Q=600 \text{ m}^3/\text{s}$)	1,50
Q3 Proud za povodně – plné zatopení znaku	1,50
Q4 Náraz předmětu	1,00

1.1.1.1 VLASTNÍ VÁHA, G1

Vlastní váha konstrukce je uvažována na základě přiděleného profilu a materiálu automaticky výpočtem sw.

1.1.1.2 ZATÍŽENÍ Q2 PROUD ($Q=600 \text{ M}^3/\text{S}$) - HYDRODYNAMICKÝM TLAKEM – PROVOZNÍ STAV

Jedná se o zatížení kruhové tyče hydrodynamickým tlakem při jejím obtékání. Pro provozní stav je uvažováno s hladinou v úrovni max. plavební hladiny při průtoku $Q = 600 \text{ m}^3/\text{s}$. Dle zaměření průběhu dna a velikosti průtočného profilu odpovídá rychlost proudění cca $3,0 \text{ m/s}$. Výpočet zatížení je proveden dle ČSN 75 0250:

$$F_x = \frac{C_x * \rho_w * S_h * v^2}{2}$$

kde:

S_h – plocha největšího příčného řezu obtékaného tělesa kolmo na směr proudu (m^2)

v – rychlost proudu vosu (m/s)

C_x – součinitel odporu, dle tabulky 5 normy

Součinitel C_x pro svislý válec:

průměr $d = 0,1$

výška hladiny $h = 3,7 \text{ m}$

$$Re = \frac{v_s * d}{\nu} \text{ Reynoldsovo číslo}$$

kde v_s – rychlost, d – střední hloubka, ν – kinematická viskozita $1,06 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$\text{pro } v = 3,0 \text{ m/s, } d = 3,0 \text{ m} \implies Re = 8,5 * 10^6$$

$$\text{pro } h/d = 3,7/0,1 = 37 \text{ a } Re = 8,5 * 10^6 \text{ dle tabulky č.5 normy} \implies C_x = 0,35$$

$$F_x = (0,35 * 1000 * 0,1 * 3,7 * 3,0^2)/2 = 583 \text{ N} = 0,6 \text{ kN}$$

Sweco a.s.

6 (30)

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

$f_x = F_x/h = 0,6/3,7 = 0,16 \text{ kN/m}$ - rovnoměrné zatížení

1.1.1.3 ZATÍŽENÍ Q3 PROUD ZA POVODNĚ - HYDRODYNAMICKÝM TLAKEM

Jedná se o zatížení pylonu dlaby hydrodynamickým tlakem při jejím obtékání. Pro povodňový stav je uvažováno s plně ponořeným znakem a rychlostí proudu 3,5 m/s. Kromě obtékání vlastní tyče znaku bude tlak působit i na horní část znaku s obdélníkovým průmětem 0,5 x 0,5 m nasazeným na vrcholu tyče znaku. Výpočet zatížení je proveden dle ČSN 75 0250:

Působení na válcovou tyč znaku:

$$F_x = \frac{C_x * \rho_w * S_h * v^2}{2}$$

kde:

S_h – plocha největšího příčného řezu obtékaného tělesa kolmo na směr proudu (m^2)

v – rychlost proud vosu (m/s)

C_x – součinitel odporu, dle tabulky 5 normy

Součinitel C_x pro svislý válec:

průměr $d = 0,1$

výška hladiny $h = 4,5 \text{ m}$

$$Re = \frac{v_s * d}{\nu} \text{ Reynoldsovo číslo}$$

kde v_s – rychlost, d – střední hloubka, ν – kinematická viskozita $1,06 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

pro $v = 3,5 \text{ m/s}$, $d = 4,5 \text{ m} \implies Re = 1,5 * 10^7$

pro $h/d = 3,7/0,1 = 37$ a $Re = 1,5 * 10^7$ dle tabulky č.5 normy $\implies C_x = 0,35$

$$F_x = (0,35 * 1000 * 0,1 * 3,7 * 3,5^2)/2 = 793 \text{ N} = 0,8 \text{ kN}$$

$f_x = F_x/h = 0,8/3,7 = 0,22 \text{ kN/m}$ - rovnoměrné zatížení

Působení na obdélníkovou plochu radarového odražeče znaku:

$$F_x = \frac{C_x * \rho_w * S_h * v^2}{2}$$

kde:

S_h – plocha největšího příčného řezu obtékaného tělesa kolmo na směr proudu (m^2)

v – rychlost proud vosu (m/s)

C_x – součinitel odporu, dle tabulky 5 normy

Součinitel C_x pro obdélník:

$a/b = 0,5/0,5 = 1$ dle tabulky č.5 normy $\implies C_x = 1,1$

$$F_x = (1,1 * 1000 * 0,5 * 0,5 * 3,5^2)/2 = 1684 \text{ N} = 1,68 \text{ kN}$$

$f_x = F_x/h = 1,68/0,5 = 3,36 \text{ kN/m}$ - rovnoměrné zatížení

1.1.1.4 ZATÍŽENÍ Q4 NÁRAZ PLOVOUCÍHO PŘEDMĚTU

Při návrh znaku je uvažováno i s nárazem plovoucího předmětu v úrovni max. plavební hladiny, tedy při průtoku $Q = 600 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

Velikost síly byla určena iteračně na základě předběžně zvolené únosnosti střížného čepu. Iterační výpočet je založen na základě kombinace rychlosti a váhy plovoucího předmětu, tedy energie tělesa, přičemž zatěžovací síla odpovídá energii tělesa a deformaci navržené trubky.

V návrhu jsou posouzeny dva druhy znaků a to základní s délkou hlavní tyče 3,0 m a nejvyšší s délkou 3,70 m.

Pro zatížení byly zvoleny tyto hodnoty:

Krátká základní varianta, $L = 3,0$ m $F_x = 4,8$ kN v úrovni 3,0 m
Max. varianta $L = 3,70$ m $F_x = 3,7$ kN v úrovni 3,7 m

Příslušné reakce a deformace jsou uvedeny ve výsledcích. Při nárazu bylo uvažováno s rychlostí 3,0 m/s. Výše uvedeným silám pak odpovídá hmotnost předmětu cca 75 – 80 kg.

1.1.1.5 ZATÍŽENÍ VĚTREM W5

Zatížení větrem je uvažováno dle ČSN EN 1991 – 1 – 4 (dle národní přílohy ČR).



Oblast

Výchozí základní rychlost větru v_{b0} [m/s]

I	II	III	IV	V
22,5	25	27,5	30	36 ¹⁾

¹⁾ Charakteristickou hodnotu určí příslušná pobočka Českého hydrometeorologického ústavu

Vypracoval Český hydrometeorologický ústav v roce 2006

Výpočet síly od větru F_w :

$v_{b0} = 25$ m/s rychlost větru dle národní přílohy, oblast II.

$C_s C_d = 1$ součinitel konstrukce

$\phi = 1,0$ – součinitel plnosti konstrukce pro stěny a ploty (kap. 7.4)

$z_e = 1,0$ m – referenční výška

$C_{p, net} = 1,4$ – součinitel tlaku pro oblast B, $L/h \leq 3$ (tab. 7.9)

$C_{e(z)} = 1,6$ dle I. kategorie terénu (tab 4.1) a grafu 4.2., pro výšku $z_e = 1$ m

$A_{ref} = 0,25$ m² - referenční plocha

$$v_b = C_{dir} * C_{seas} * v_{b0} = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ m/s (obl. II.)}$$

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = \frac{1}{2} * 1,25 * 25^2 = 390,6 \text{ Pa}$$

$$q_p = C_{e(z)} * q_b = 1,6 * 390,6 = 625 \text{ Pa}$$

$$w_e = q_p * C_{pe} = 625 * 1,4 = 875 \text{ Pa - vnější tlak větru}$$

$$F_w = C_s * C_d * w_e * A_{ref} = 1 * 1 * 875 * 0,25 = \mathbf{219 \text{ N}}$$
 síla větru na plochu znaku

Pro výpočet vnitřních sil je uvažováno se součinitelem spolehlivosti zatížení γ_f dle ČSN EN 1991-1-1 pro zatížení větrem hodnotou 1,50.

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

1.1.2 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Výpočet MSP byl proveden pro tyto základní kombinace zatížení:

K1 = (G1*1,0 + Q2*1,0 + W5*0,6) - provozní kombinace pro max. pl. hladinu (600 m³/s)

K2 = (G1*1,0 + Q3*1,0) - plné zatopení znaku

K3 = (G1*1,0 + Q2*1,0 + Q4*1,0 + W5*0,6) provozní kombinace pro max. pl. hladinu (600 m³/s) + náraz předmětu

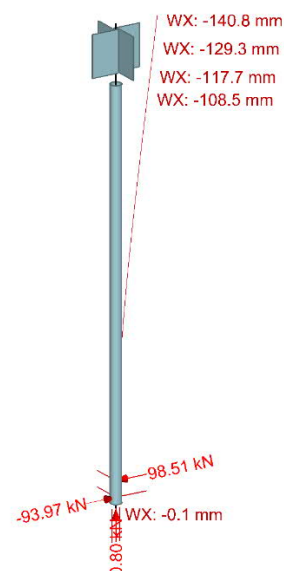
K4 = (G1*1,0 + Q4*1,0) – zlomení profilu znaku, volba velikosti osamělého břemene až do kolapsu profilu.

Při výpočtu kombinace se uplatňuje koeficient kombinace ψ_0 – dle druhu zatížení, kdy pro hlavní proměnné zatížení je uvažován $\psi_0 = 1,0$ pro ostatní proměnná zatížení pak $\psi_0 = 0,5-0,7$.

1.1.3 VÝSLEDKY A POSOUZENÍ PRVKŮ KONSTRUKCE

Ocelový průřez nosné trubky byl posouzen na únosnost ocelového průřezu dle norem EN pomocí sw FIN3D. Níže uvádíme pouze konečné výsledky reakcí pro MSÚ (mezni stav únosnosti) a příslušné deformace. Výsledky jsou uvedeny pouze pro rozhodující návrhovou kombinaci K3 – tedy zatížení proudem při maximální plavební hladině při Q=600 m³/s v kombinaci nárazu plovoucího předmětu rychlostí 3 m/s v úrovni hladiny. Na základě zadané síly – zatížení Q4 jsou v tabulce na základě známé energie (deformace x síla) dopočteny varianty hmotnosti plovoucího předmětu pro různé rychlosti.

	htyče = 3.00 m	htyče = 3.70 m
Síla účinku F (kN)	4.6	3.45
Deformace (mm) - MSÚ pro K3	70	109
Profil	108x6	108x6
Ocel	S355	S355
Využití průřezu - MSÚ pro K3	64%	64%
Reakce Rx - střížný kolík (kN)	94.56	93.97
Reakce Rx - čep (kN)	100.08	98.51
rychlost proudu (předmětu) m/s	hmotnost předmětu kg	hmotnost předmětu kg
0.5	2576	3008
1	644	752
1.5	286	334
2	161	188
2.5	103	120
3	72	84
3.5	53	61



VÝSLEDNÉ REAKCE:

MSÚ – reakce v čepch		
	Čep střížný (dolní)	Čep pevný (horní)
Kombinace K1 – max. pl. hl. Q=600 m³/s	14,62 kN	15,71 kN

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

Kombinace K2 – plné zatopení	89,58 kN	94,27 kN
Kombinace K3 - náraz	93,97 kN	98,51 kN

MSÚ – reakce ve vetknutí – max. délka tyče 3,70 m			
	M ohybový moment	V horizontální síla	Využití průřezu
Kombinace K1 – max. pl. hl. Q=600 m ³ /s	2,46 kNm	1,09 kN	11,2 %
Kombinace K2 – plné zatopení	14,61 kNm	4,70 kN	66,0 %
Kombinace K3 - náraz	15,23 kNm	4,54 kN	68,8 %
K4 - Zlomení tyče znaku (mez kluzu)	22,2 kNm	6,00 kN	100,2%

1.1.4 NÁVRH ČEPŮ

Při návrhu čepů bylo třeba uvažovat s rozdílnými materiály. Pro střížný čep byl zvolen takový materiál, aby rozdíl mezi mezí kluzu a mezí pevnosti byl minimální a s jistotou tak došlo k ustřížení čepu. Naproti tomu u čepu otočné je požadovaná jeho dlouhodobá životnost, a proto byl volen nerezový materiál. Jelikož však pro střížný čep byl volen vysokopevnostní materiál 10.9 bylo nutné pro druhý čep volit nerez s vysokou pevností, aby průměr čepu bylo možné konstrukčně zakomponovat do poměrně subtilní tyče Ø108 mm. Zvolen atak byla duplexní nerezová ocel 1.4462.

Čepy byly posouzeny na stříh. Zbývající části konstrukce – vlastní trubka svislé prvky nosné patky, do které jsou čepy zasunuty pak na otláčení.

Pro návrh střížného čepu je uvažováno s maximálním dovoleným namáháním na mezi pevnosti, zatímco pro ostatní prvky pak na mezi kluzu

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

STŘIH				
Ocel	Mez pevnosti - fu MPa	Mez kluzu - fy MPa	τdov pro fu MPa	τdov pro fy MPa
10.9	1040	940	600.4	
nerez duplexní 1.4462	660	460		265.6

Fdmax = Rčep/2 (kN)	50.04	49.255
dØ min střížný čep (mm)	10.3	10.2
dØ min nerez čep (mm)	15.5	15.4
dØ navrh střížného čepu (mm)	10	10
dØ navrh běžného čepu (mm)	18	18
2 x F - stříh (kN) - střížný čep zúžený	94.3	94.3
2 x F - stříh (kN) - nerez běžný čep	135.1	135.1
SB (čep / střížný čep)	1.43	1.43

$$d_{min} = \sqrt{\frac{4F_{dmax}}{\pi\tau_{dov}}}$$

OTLAČENÍ		
Ocel	Mez pevnosti - fu MPa	Mez kluzu - fy MPa
10.9	1040	940
S355		355
nerez 1.4301		210

d čepu (mm)	18	18
Fdmax = Rčep/2 (kN)	50.04	49.255
k1	2.5	2.5
t - trubky (mm)	6	6
σ - trubky (MPa)	185	182
SB - trubky	1.9	1.9
t - desky (mm)	16	16
σ - desky (MPa)	70	68
SB - desky	3.0	3.1

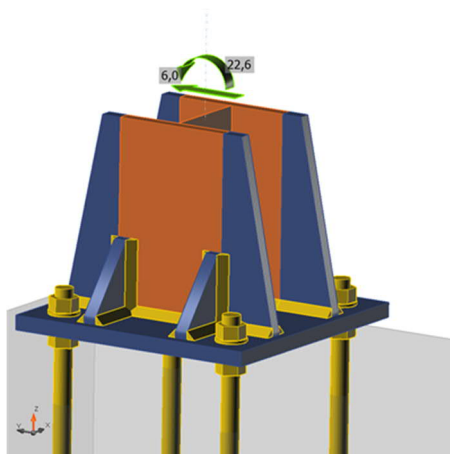
$$\sigma = \frac{F}{k_1 t d}$$

1.1.5 NÁVRH KOTEVNÍ DESKY SKLOPNÉHO ZNAKU

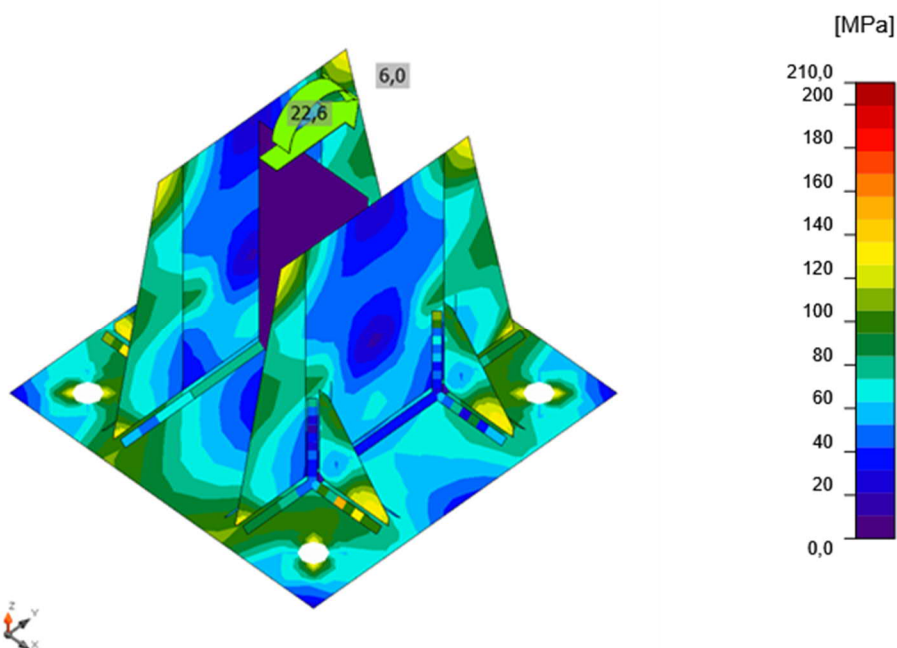
Kotevní deska je navržena z běžné nerezové oceli 1.4301. deska je tvořena dvěma svislými plechy tl. 16 mm kotvenými k vodorovné desce tl. 20 mm o rozměrech 0,35 x 0,35 m. Vlastní deska bude kotvena pomocí 4 ks M20 A2-70. Svislé plechy, do nichž jsou osazeny oba čepy jsou v napojení na vodorovnou desku zesíleny úkosy. Spoje prvků jsou provedeny oboustrannými koutovými svary tl. 8 mm.

Deska je navržena pro všechny délky znaků (3 – 3,7 m). Deska je navržena tak, aby přenesla s rezervou i zatížení, které povede ke zlomení hlavní nosné trubky znaku – stav kdy bude nosná trubka znaku Ø108/6 využita na 100% v ohybu, čemuž odpovídá ohybový moment v patě tyče $M_{max} = 22,2$ kN.

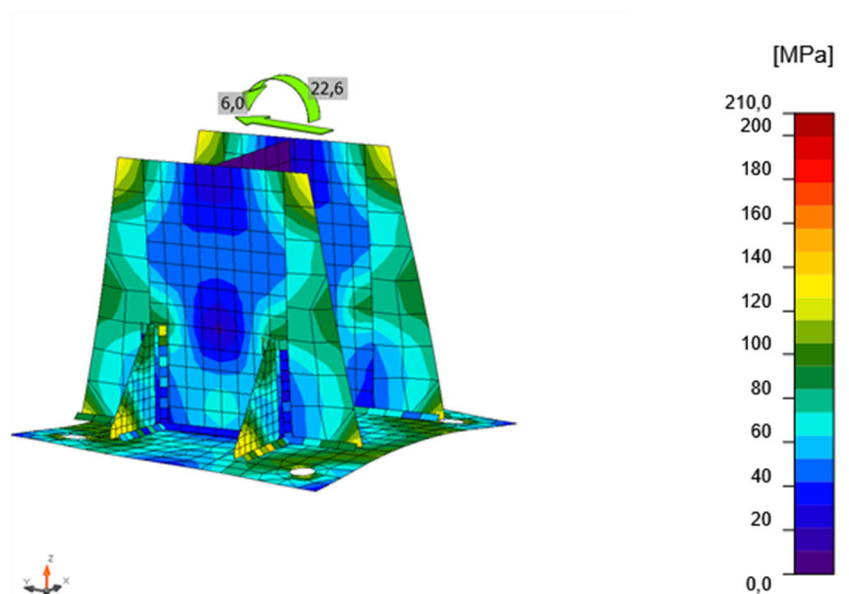
Deska byla posouzena i pro stav kdy dochází k poškození střížného čepu, v tomto případě je ohybový monet působící na patky $M = 15,23 \text{ kN}$.



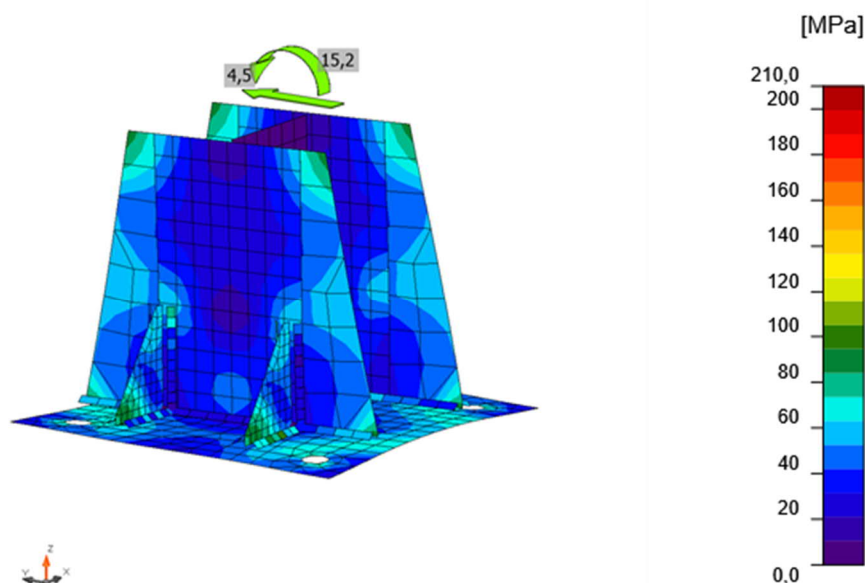
Přehledné zobrazení patky – zatížení pro případ „Zlomení hlavní trubky znaku“



Srovnávací napětí – zatěžovací stav „Zlomení hlavní trubky znaku“



Napětí včetně zobrazené deformace - zatěžovací stav „Zlomení hlavní trubky znaku“



Napětí včetně zobrazené deformace - zatěžovací stav „Přestřižení čepu“

Kotvení patky bude provedeno pomocí šroubového spoje ze šroubů 4 x M20 z nerez A2-70 (ekvivalent 6.8). Posouzení spoje je provedeno na maximální zatížení, při kterém by již došlo ke zlomení trubky znaku, tedy v případě že by došlo k zablokování střížného čepu a nesklopení znaku.

Tažené šrouby

Název	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	V [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	U_t [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U_s [%]	Konstrukční zásady
A2 – M20	Zlomení trb	44,3	90,0	525,6	1,8	58,8	49,2	286,7	3,1	OK
A4– M20	Zlomení trb	44,0	90,0	525,6	1,8	58,8	48,8	287,0	3,1	OK

Tlačené šrouby

Sweco a.s.

13 (30)

Název	Zatížení	F _c [kN]	V [kN]	M [kNm]	N _{b,Rd} [kN]	V _{pl,Rd} [kN]	M _{pl,Rd} [kNm]	U _{tc} [%]	U _{ts} [%]	U _{tb} [%]	U _{tc,b} [%]	Konstr zásady
A1– M20	Zlomení trb	-44,3	1,2	0,1	60,7	45,8	0,4	73,0	0,3	21,1	94,1	OK
A3– M20	Zlomení trb	-44,0	1,3	0,1	60,7	45,8	0,4	72,4	0,3	21,6	94,1	OK

Ft,Rd Tahová únosnost šroubu podle EN 1993-1-8 tab. 3.4
 Ft,Ed Tahová síla
 Bp,Rd Únosnost v protlačení
 V Výslednice smykových sil Vy, Vz ve šroubu.
 Fv,Rd Únosnost šroubu ve smyku EN 1993-1-8 tabulka 3.4
 Fb,Rd Únosnost plechu v roznosu podle EN 1993-1-8 tab. 3.4
 Utt Využití v tahu
 Uts Využití ve smyku
 Fc Tlaková síla
 M Ohybový moment
 Nb,Rd Tlaková únosnost – EN 1993-1-1 Cl. 6.3
 Vpl,Rd Smyková únosnost – EN 1993-1-1 Cl. 6.2.6
 Mpl,Rd Ohybová únosnost – EN 1993-1-1 Cl. 6.2.5
 Utc Využití v tlaku
 Uts Využití ve smyku
 Utb Využití v ohybu
 Utc,b Využití v tlaku a ohybu - lineární interakce

1.1.6 NÁVRH ZALOŽENÍ SKLOPNÉHO ZNAKU

Na základě výše uvedeného archivního vrtu, byl sestaven idealizovaný průběh geologické stavby říčního dna v místech osazení plavebních znaků. Vzhledem k poměrně velkému namáhání a požadavku, aby základ znaku byl nejvíce odolnou částí, byly zvoleny návrhové síly o velikosti dvojnásobku maximální reakce v patě plavebního znaku pro kombinaci K4 – destrukce znaku.

Na základě geologických rešerší pak byly i odhadnuty charakteristiky přiřazených zemin a hornin. Sestavený profil vychází z úvahy že prvních 0,5 m bude tvořeno štěrkopískem či kamenitými vrstvami. Další vrstev bude tvořena silně navětralou vrstvou břidlice třídy R5 – R4, pod níž se již nachází vrstva zdravějších břidlic třídy R4 – R3.

Pilota je navržena jako **vrtaná s průměrem min. 250 mm, délky 2,2 m**. Do vrtu vyplněného cem. zálivkou tř. min C20/25 bude osazena ocelová **nosná roura Ø133/16 z oceli S355** na koruně opatřena kotevní deskou pro připojení sklopného znaku.

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA2 VODA 1.1

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

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Sweco a.s.

14 (30)


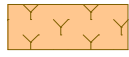

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

Výpočet pro neodvodněné podmínky : Tomlinson
 Zatěžovací křivka : lineární (Poulos)
 Vodorovná únosnost : pružný poloprostor
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu


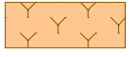
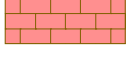
Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1.35 [-]	1.00 [-]

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 [-]	

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0.50	0.00 .. 0.50	G1 + GW	
2	0.50	0.50 .. 1.00	R5 (R4) - zvětralá břidlice	
3	-	1.00 .. ∞	R4 (R3) -navětralá břidlice	

Základní parametry zemin

Číslo	Název	Vzorek	c_u [kPa]	E_{def} [MPa]	γ [kN/m³]	ν [-]
1	G1 + GW		0.00	300.00	21.00	0.20
2	R5 (R4) - zvětralá břidlice		50.00	200.00	22.50	0.20
3	R4 (R3) -navětralá břidlice		100.00	600.00	24.50	0.15

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0.25$ m

Délka $l = 2.2$ m

Typ technologie: Vrtané piloty

Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 17.60 \text{ kN/m}^3$

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

Beton C20/25, Ocel S355

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	0.00	0.00	45.20	-12.00	0.00

Hladina podzemní vody

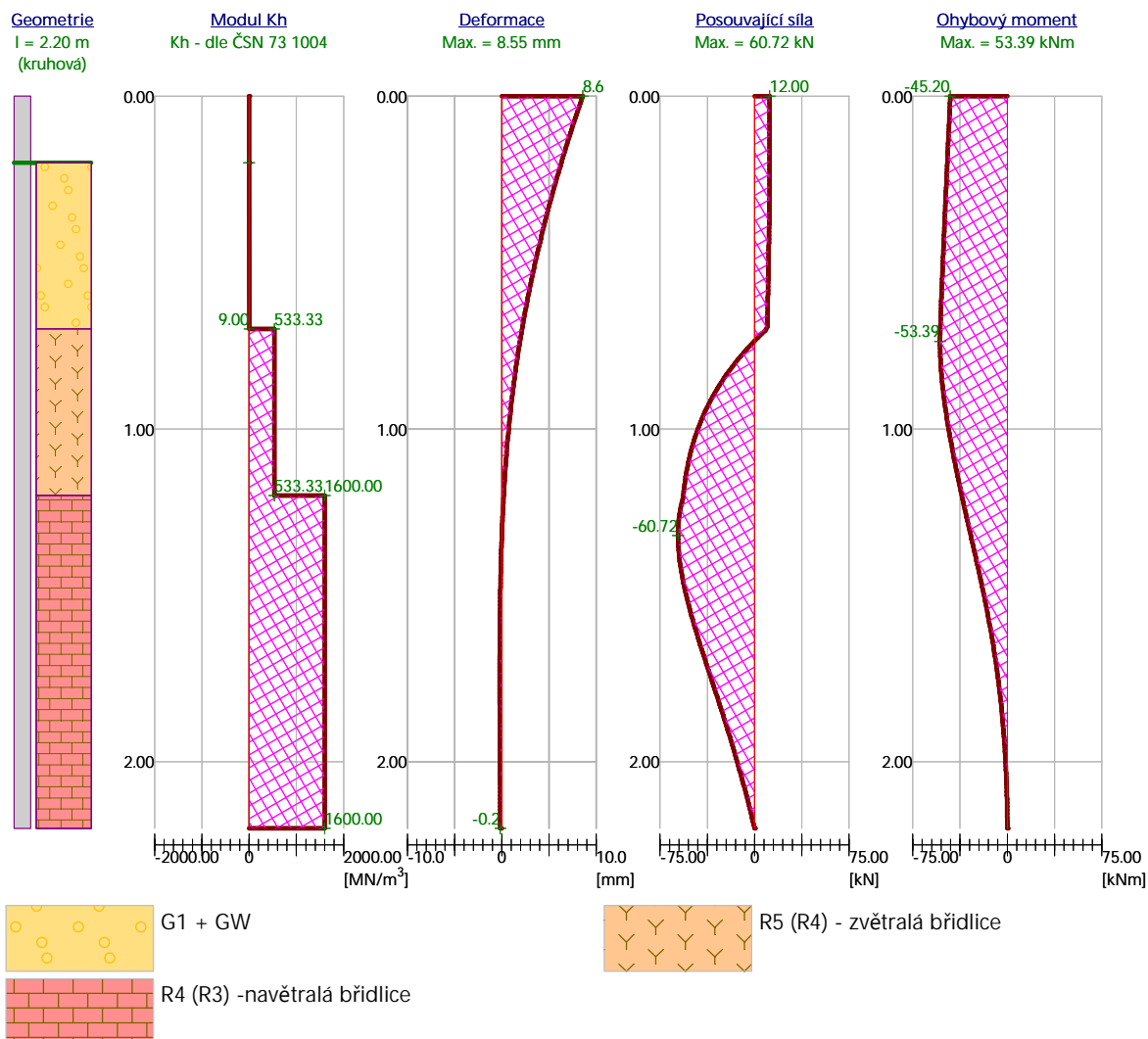
Hladina podzemní vody je v hloubce 0.00 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro neodvodněné podmínky

Výsledky



Maximální vnitřní síly a deformace:

Max.deformace piloty = 8.6 mm
Max.posouvající síla = 60.72 kN
Maximální moment = 53.39 kNm

Posouzení ocelového profilu piloty

Ocel	Mez pevnosti - fu MPa	Mez kluzu - fy MPa	τ dov pro fu MPa	τ dov pro fy MPa
S355	510	355	294.4	205.0

Mmax 52.93 kNm

Vmax 75.73 kN

průměr 133 mm

tl. 16 mm

A 0.0059 m²

W 0.0002 m³

σ 346.5 MPa

využití v ohybu 98%

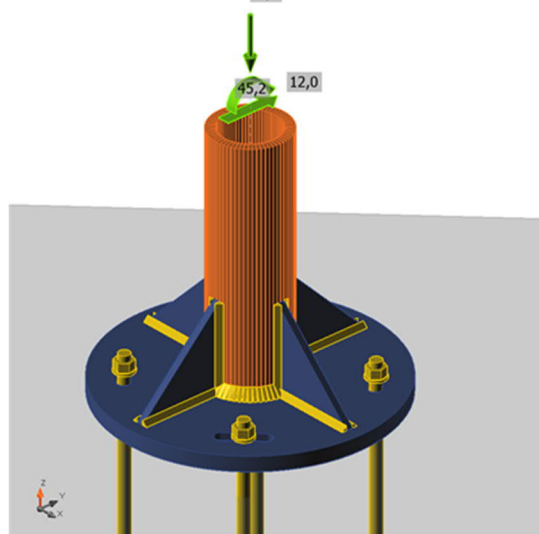
τ 10.3 MPa

využití ve smyku 5%

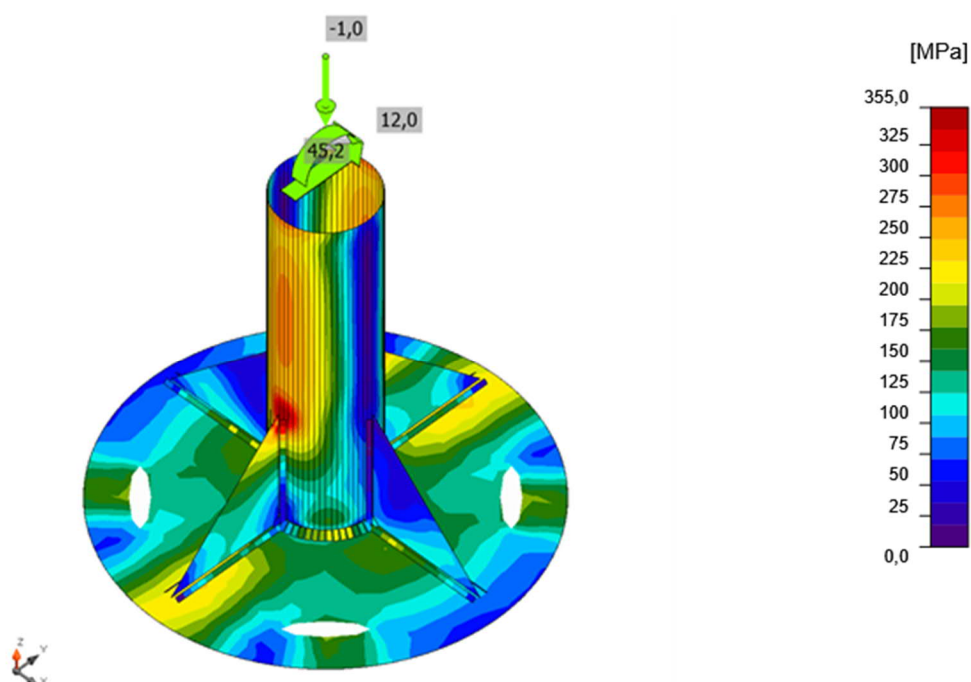
1.1.7 NÁVRH KOTEVNÍ DESKY PILOTY SKLOPNÉHO ZNAKU

Kotevní deska je navržena z oceli S355. Deska je tvořena kruhovým plechem tl. 26 mm, průměru 480 mm. Propojená svislé nosné trubky piloty Ø133/16 s deskou je provedení pomocí 4 ks žebér 150x150 mm tl. 12 mm. Vlastní deska bude kotvena pomocí 4 ks M20 A2-70. Spoje prvků jsou provedeny oboustrannými koutovými svary tl. 6 mm.

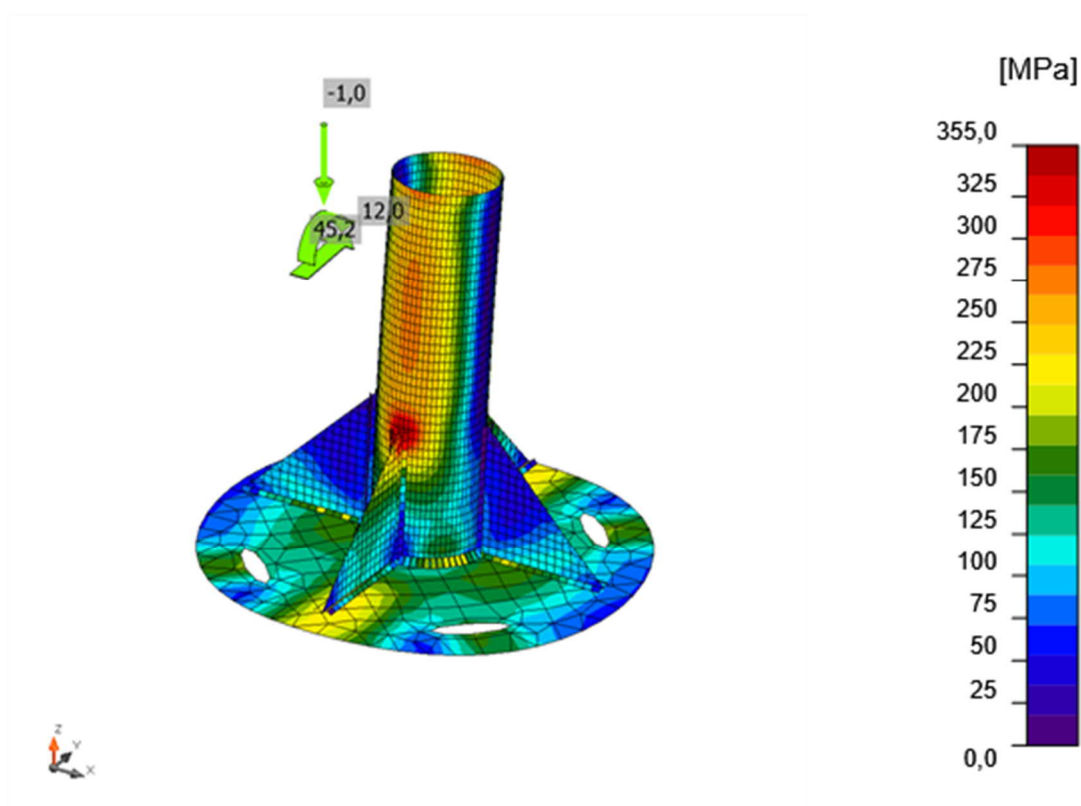
Deska byla posouzena na zatížení odpovídající dvojnásobku sil nutných pro poškození tyče znaku tedy vnitřních sil pro kombinaci K4 $M_d = 2 \times 22,6 = 45,2$ kN a $V_d = 2 \times 6 = 12$ kN.



Přehledné zobrazení patky



Srovnávací napětí



Napětí včetně zobrazené deformace

1.2 NÁVRH PEVNÉHO ZNAKU PS 02 PRO ÚSEK Ř.KM 82,7 – 84,2

Pevný znak je tvořen svislou tyčí na jejímž vrcholu je umístěn radarový odražeč - deska o rozměrech 0,5 x 0,5 m. Vzhledem k rozdílným úrovním dna je délka hlavní tyče znaku proměnná od 3,6 m až po 4,85 m. Tyč je provedena z bezešvé ocelové trubky Ø113/6 mm. Tyč je ve spodní části navařena na základovou desku – viz dále, která bude šroubovým spojem uchycena ke kotevní desce základu – hlava mikropiloty.

Zatížení konstrukce znaku je tvořeno v běžném provozu pouze vodním hydrodynamickým tlakem, jež působí na samotnou trubku znaku a v případě zatopení pak i na desku znaku. Uvažováno je s více zatěžovacími stavy: provozním stavem kdy hladina dosahuje max. plavení hydrostatické hladiny pro 600 m³/s což je v úrovni vrcholu trubky, dále s povodňovým stavem, kdy je znak celý zatopen včetně horní desky znaku a dále s doplňkovým zatížením od nárazu plovoucího předmětu při provozní hladině.

Pevnostní návrh je proveden tak, aby znak vždy odolal běžnému provozu a plnému zatopení. Poškození znaku – změna pružné deformace na trvalou (překročení meze kluzu materiálu) pak nastane až při nárazu plovoucího přemetu. Stanovení nárazové energie bylo provedeno odhadem. Jedná se závislost hmotnosti, rychlosti a vyvolané deformace konstrukce, tedy o úlohu s nekonečným množstvím možností. Jako nárazová rychlost je volena rychlost proudu při průtoku 600 m³/s, deformace pak vychází z vlastní tuhosti konstrukce, hmotnost předmětu pak je dopočítána.

Hlavní parametry:

Materiál s trubky a patky:	ocel S355
Modul pružnosti	E = 210.000 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G = 81 000 MPa
Mez kluzu	f _y = 355 MPa
Mez pevnosti	f _u = 510 MPa

1.2.1 ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE

Pro návrh konstrukce daleb bylo uvažováno se 3 zatěžovacími stavy, jež tvoří 3 návrhové zatěžovací kombinace.

Zatížení je tvořeno svislou normálovou silou vlastní váhy a vodorovnými silami účinku proudu na obtékané těleso trubky a plošného znaku, vodorovnou silou od nárazu plovoucího předmětu v úrovni vrcholu trubky.

Koeficienty spolehlivosti zatížení byly uvažovány dle EAU 2012 a ČSN 75 0250:

Zatížení	Součinitel spolehlivosti zatížení
	Y _Q
G1 Vlastní váha	1,10
Q2 Proud (Q=600 m ³ /s)	1,50
Q3 Proud za povodně – plné zatopení znaku	1,50
Q4 Náraz předmětu	1,00

1.2.1.1 VLASTNÍ VÁHA, G1

Vlastní váha konstrukce je uvažována na základě přiděleného profilu a materiálu automaticky výpočtem sw.

1.2.1.2 ZATÍŽENÍ Q2 PROUD (Q=600 M3/S) - HYDRODYNAMICKÝM TLAKEM – PROVOZNÍ STAV

Jedná se o zatížení kruhové tyče hydrodynamickým tlakem při jejím obtékání. Pro provozní stav je uvažováno s hladinou v úrovni max. plavební hladiny při průtoku $Q = 600 \text{ m}^3/\text{s}$. Dle zaměření průběhu dna a velikosti průtočného profilu odpovídá rychlost proudění cca $4,0 \text{ m/s}$. Výpočet zatížení je proveden dle ČSN 75 0250:

$$F_x = \frac{C_x * \rho_w * S_h * v^2}{2}$$

kde:

S_h – plocha největšího příčného řezu obtékaného tělesa kolmo na směr proudu (m^2)

v – rychlost proud vosu (m/s)

C_x – součinitel odporu, dle tabulky 5 normy

Součinitel C_x pro svislý válec:

průměr $d = 0,1$

výška hladiny $h = 4,8 \text{ m}$

$$Re = \frac{v_s * d}{\nu} \text{ Reynoldsovo číslo}$$

kde v_s – rychlost, d – střední hloubka, ν – kinematická viskozita $1,06 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

pro $v = 4,0 \text{ m/s}$, $d = 4,5 \text{ m} \implies Re = 1,7 * 10^7$

pro $h/d = 4,8/0,1 = 48$ a $Re = 1,7 * 10^7$ dle tabulky č.5 normy $\implies C_x = 0,35$

$$F_x = (0,35 * 1000 * 0,1 * 4,8 * 4,0^2)/2 = 1344 \text{ N} = 1,34 \text{ kN}$$

$$f_x = F_x/h = 1,34/4,8 = 0,28 \text{ kN/m} - \text{rovnoměrné zatížení}$$

1.2.1.3 ZATÍŽENÍ Q3 PROUD ZA POVODNĚ – HYDRODYNAMICKÝM TLAKEM

Jedná se o zatížení pylonu dlaby hydrodynamickým tlakem při jejím obtékání. Pro povodňový stav je uvažováno s plně ponořeným znakem a rychlostí proudu $4,5 \text{ m/s}$. Kromě obtékání vlastní tyče znaku bude tlak působit i na horní část znaku s obdélníkovým průmětem $0,5 \times 0,5 \text{ m}$ nasazeným na vrcholu tyče znaku. Výpočet zatížení je proveden dle ČSN 75 0250:

Působení na válcovou tyč znaku:

$$F_x = \frac{C_x * \rho_w * S_h * v^2}{2}$$

kde:

S_h – plocha největšího příčného řezu obtékaného tělesa kolmo na směr proudu (m^2)

v – rychlost proud vosu (m/s)

C_x – součinitel odporu, dle tabulky 5 normy

Součinitel C_x pro svislý válec:

průměr $d = 0,1$

výška hladiny $h = 4,5 \text{ m}$

$$Re = \frac{v_s * d}{\nu} \text{ Reynoldsovo číslo}$$

kde v_s – rychlost, d – střední hloubka, ν – kinematická viskozita $1,06 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

pro $v = 4,5 \text{ m/s}$, $d = 5 \text{ m} \implies Re = 2,1 * 10^7$

pro $h/d = 4,8/0,1 = 48$ a $Re = 2,1 * 10^7$ dle tabulky č.5 normy $\implies C_x = 0,35$

$$F_x = (0,35 * 1000 * 0,1 * 4,8 * 4,5^2)/2 = 1701 \text{ N} = 1,7 \text{ kN}$$

Sweco a.s.

20 (30)

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

$f_x = F_x/h = 1,7/4,8 = 0,35 \text{ kN/m}$ - rovnoměrné zatížení

Působení na obdélníkovou plochu radarového odražeče znaku:

$$F_x = \frac{C_x * \rho_w * S_h * v^2}{2}$$

kde:

S_h – plocha největšího příčného řezu obtékaného tělesa kolmo na směr proudu (m^2)

v – rychlost proud vosu (m/s)

C_x – součinitel odporu, dle tabulky 5 normy

Součinitel C_x pro obdélník:

$a/b = 0,5/0,5 = 1$ dle tabulky č.5 normy $\Rightarrow C_x = 1,1$

$$F_x = (1,1 * 1000 * 0,5 * 0,5 * 4,5^2)/2 = 2784 \text{ N} = 2,78 \text{ kN}$$

$f_x = F_x/h = 2,78/0,5 = 5,56 \text{ kN/m}$ - rovnoměrné zatížení

1.2.1.4 ZATÍŽENÍ Q4 NÁRAZ PLOVOUCÍHO PŘEDMĚTU

Při návrh znaku je uvažováno i s nárazem plovoucího předmětu v úrovni max. plavební hladiny, tedy při průtoku $Q = 600 \text{ m}^3/\text{s}$.

Velikost síly byla určena iteračně na základě předběžně zvolené únosnosti střížného čepu. Iterační výpočet je založen na základě kombinace rychlosti a váhy plovoucího předmětu, tedy energie tělesa, přičemž zatěžovací síla odpovídá energii tělesa a deformaci navržené trubky.

1.2.1.5 ZATÍŽENÍ VĚTREM W5

Zatížení větrem je uvažováno dle ČSN EN 1991 – 1 – 4 (dle národní přílohy ČR).



Oblast

Výchozí základní rychlost větru v_{b0} [m/s]

I	II	III	IV	V
22,5	25	27,5	30	36 ^{*)}

^{*)} Charakteristickou hodnotu určí příslušná pobočka Českého hydrometeorologického ústavu

Vypracoval Český hydrometeorologický ústav v roce 2006

Výpočet síly od větru F_w :

$v_{b0} = 25 \text{ m/s}$ rychlost větru dle národní přílohy, oblast II.

$C_s C_d = 1$ součinitel konstrukce

$\varphi = 1,0$ – součinitel plnosti konstrukce pro stěny a ploty (kap. 7.4)

$z_e = 1,0 \text{ m}$ – referenční výška

$C_{p, net} = 1,4$ – součinitel tlaku pro oblast B, $L/h \leq 3$ (tab. 7.9)

$C_{e(z)} = 1,6$ dle I. kategorie terénu (tab 4.1) a grafu 4.2., pro výšku $z_e = 1 \text{ m}$

$A_{ref} = 0,25 \text{ m}^2$ - referenční plocha

$$v_b = C_{dir} * C_{seas} * v_{b0} = 1,0 * 1,0 * 25 = 25 \text{ m/s} \text{ (obl. II.)}$$

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = \frac{1}{2} * 1,25 * 25^2 = 390,6 \text{ Pa}$$

$$q_p = C_{e(z)} * q_b = 1,6 * 390,6 = 625 \text{ Pa}$$

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

$$W_e = q_p \cdot C_{pe} = 625 \cdot 1,4 = 875 \text{ Pa} - \text{vnější tlak větru}$$

$$F_w = C_s \cdot C_d \cdot W_e \cdot A_{ref} = 1 \cdot 1 \cdot 875 \cdot 0,25 = \mathbf{219 \text{ N}}$$
 síla větru na plochu znaku

Pro výpočet vnitřních sil je uvažováno se součinitelem spolehlivosti zatížení γ_f dle ČSN EN 1991-1-1 pro zatížení větrem hodnotou 1,50.

1.2.2 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

Výpočet MSP byl proveden pro tyto základní kombinace zatížení:

$$\mathbf{K1} = (G1 \cdot 1,0 + Q2 \cdot 1,0 + W5 \cdot 0,6) - \text{provozní kombinace pro max. pl. hladinu (600 m}^3/\text{s)}$$

$$\mathbf{K2} = (G1 \cdot 1,0 + Q3 \cdot 1,0) - \text{plné zatopení znaku}$$

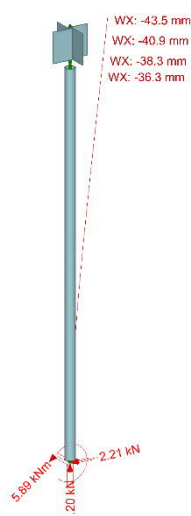
$$\mathbf{K3} = (G1 \cdot 1,0 + Q2 \cdot 1,0 + Q4 \cdot 1,0 + W5 \cdot 0,6) - \text{provozní kombinace pro max. pl. hladinu (600 m}^3/\text{s) + náraz předmětu}$$

Při výpočtu kombinace se uplatňuje koeficient kombinace ψ_0 – dle druhu zatížení, kdy pro hlavní proměnné zatížení je uvažován $\psi_0 = 1,0$ pro ostatní proměnná zatížení pak $\psi_0 = 0,5-0,7$.

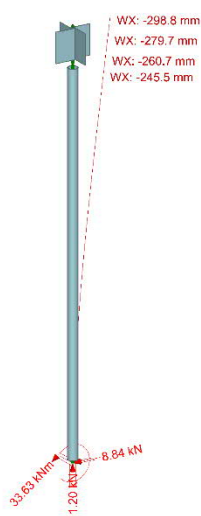
1.2.3 VÝSLEDKY A POSOUZENÍ PRVKŮ KONSTRUKCE

Ocelový průřez nosné trubky byl posouzen na únosnost ocelového průřezu dle norem EN pomocí sw FIN3D. Níže uvádíme pouze konečné výsledky reakcí pro MSÚ (mezní stav únosnosti) a příslušné deformace. Výsledky jsou uvedeny pouze pro rozhodující návrhovou kombinaci K3 – tedy zatížení proudem při maximální plavební hladině při $Q=600 \text{ m}^3/\text{s}$ v kombinaci nárazu plovoucího předmětu rychlostí 3 m/s v úrovni hladiny. Na základě zadané síly – zatížení Q4 jsou v tabulce na základě známé energie (deformace x síla) dopočteny varianty hmotnosti plovoucího předmětu pro různé rychlosti.

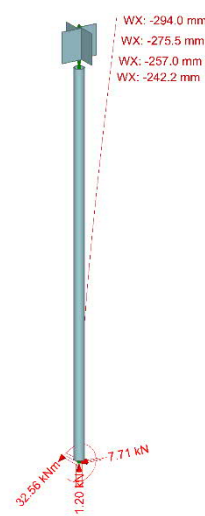
MSÚ – reakce ve vetknutí – max. délka tyče 4,85 m			
	M ohybový moment	V horizontální síla	Využití průřezu
Kombinace K1 – max. pl. hl. $Q=600 \text{ m}^3/\text{s}$	5,89 kNm	2,21 kN	17,3 %
Kombinace K2 – plné zatopení	33,63 kNm	8,84 kN	98,0 %
Kombinace K3 - náraz	32,56 kNm	7,71 kN	94,9 %



MSP – K1



MSP – K2

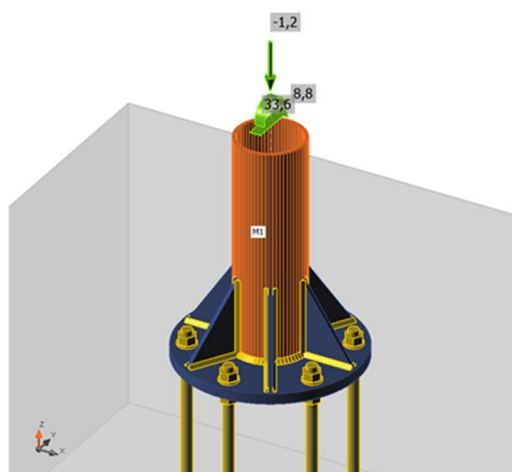


MSP – K3

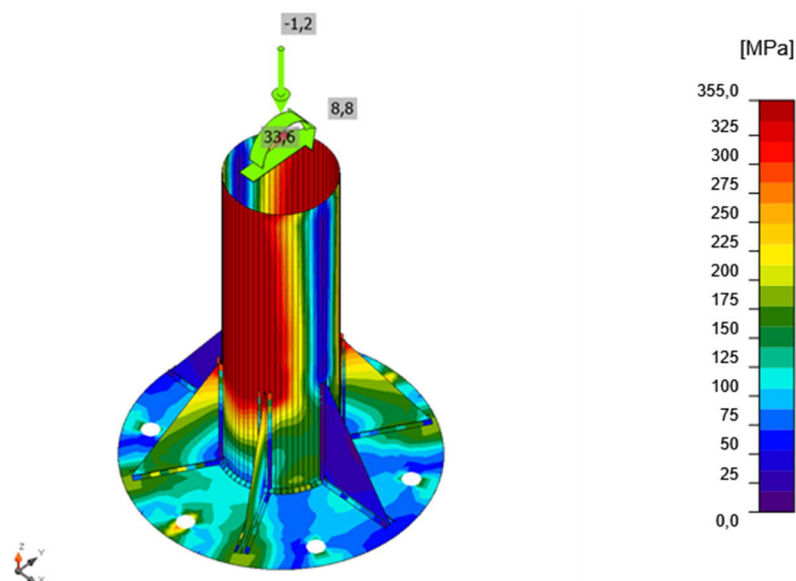
1.2.4 NÁVRH KOTEVNÍ DESKY PEVNÉHO ZNAKU

Kotevní deska je navržena z oceli S355. Deska je tvořena kruhovým plechem tl. 20 mm, průměru 350 mm. Propojená svislé nosné trubky piloty Ø133/6 s deskou je provedení pomocí 6 ks žeber 100x150 mm tl. 8 mm. Vlastní deska bude kotvena pomocí 6 ks M20 A2-70. Spoje prvků jsou provedeny oboustrannými koutovými svary tl. 6 mm.

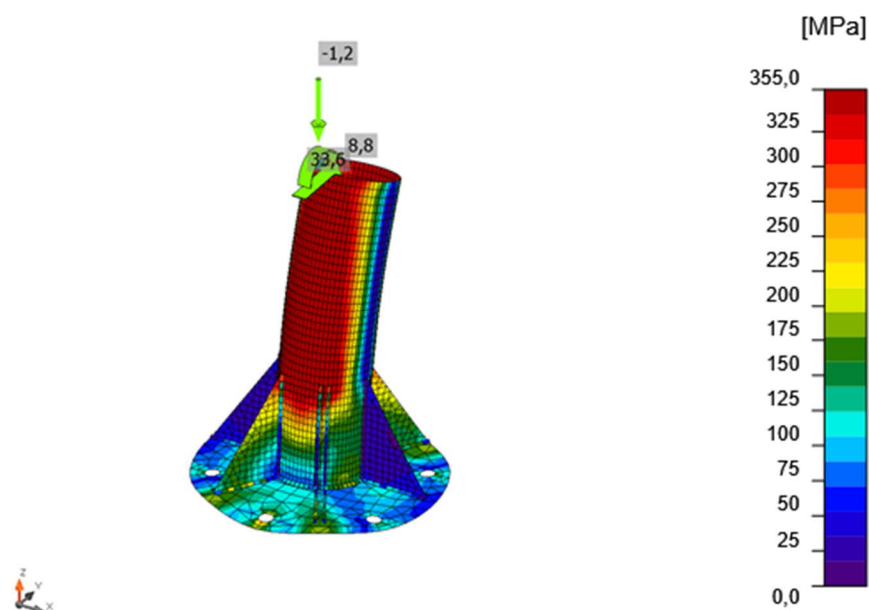
Deska byla navržena na zatížení od tyčenu znaku pro hlavní rozhodující návrhovou kombinaci K2 (plné ponoření znaku), tedy $M_d = 33,63 \text{ kNm}$ a $V_d = 8,84 \text{ kN}$. Šroubový spoj ne navržen tak aby šrouby byly pro toto zatížení téměř maximálně využity, což má ochránit spodní patku základu před poškozením.



Přehledné zobrazení patky – zatížení pro případ kombinace K2



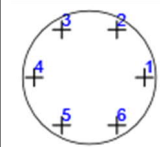
Srovnávací napětí – zatěžovací stav kombinace K2



Napětí včetně zobrazené deformace - zatěžovací stav kombinace K2

Kotvení patky bude provedeno pomocí šroubového spoje ze šroubů 6 x M20 z nerez A2-70 (ekvivalent 6.8). Posouzení spoje je provedeno na maximální zatížení, při kterém by již došlo ke zlomení trubky znaku, tedy v případě že by došlo k zablokování střížného čepu a nesklopení znaku.

Tažené šrouby

Název	Zatížení	$F_{t,Ed}$ [kN]	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	V [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]	U_{t1} [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U_{ts} [%]	Konstrukční zásady	
A3 – M20	K2	41,9	90,0	495,3	1,8	58,8	46,5	194,8	3,1	OK	
A4 – M20	K2	74,7	90,0	495,3	1,4	58,8	83,0	178,2	3,1	OK	
A5 – M20	K2	41,9	90,0	495,3	1,8	58,8	46,5	194,9	3,1	OK	

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

Tlačené šrouby

Název	Zatížení	F _c [kN]	V [kN]	M [kNm]	N _{b,Rd} [kN]	V _{pl,Rd} [kN]	M _{pl,Rd} [kNm]	U _{tc} [%]	U _{ts} [%]	U _{tb} [%]	U _{tc} [%]	Konstrukční zásady
A1– M20	K2	-73,9	1,2	0,0	87,1	45,8	0,4	84,8	0,3	7,7	92,5	OK
A2– M20	K2	-42,8	1,8	0,0	87,1	45,8	0,4	49,2	0,5	12,9	62,1	OK
A6– M20	K2	-42,9	1,8	0,0	87,1	45,8	0,4	49,2	0,5	12,9	62,1	OK

F _{t,Rd}	Tahová únosnost šroubu podle EN 1993-1-8 tab. 3.4
F _{t,Ed}	Tahová síla
B _{p,Rd}	Únosnost v protlačení
V	Výslednice smykových sil V _y , V _z ve šroubu.
F _{v,Rd}	Únosnost šroubu ve smyku EN 1993-1-8 tabulka 3.4
F _{b,Rd}	Únosnost plechu v roznosu podle EN 1993-1-8 tab. 3.4
U _{tt}	Využití v tahu
U _{ts}	Využití ve smyku
F _c	Tlaková síla
M	Ohybový moment
N _{b,Rd}	Tlaková únosnost – EN 1993-1-1 Cl. 6.3
V _{pl,Rd}	Smyková únosnost – EN 1993-1-1 Cl. 6.2.6
M _{pl,Rd}	Ohybová únosnost – EN 1993-1-1 Cl. 6.2.5
U _{tc}	Využití v tlaku
U _{ts}	Využití ve smyku
U _{tb}	Využití v ohybu
U _{tc}	Využití v tlaku a ohybu

1.2.5 NÁVRH ZALOŽENÍ PEVNÉHO ZNAKU

Na základě výše uvedeného archivního vrtu, byl sestaven idealizovaný průběh geologické stavby říčního dna v místech osazení plavebních značek. Vzhledem k poměrně velkému namáhání a požadavku, aby základ znaku byl nejvíce odolnou částí, byly zvoleny návrhové síly o velikosti dvojnásobku maximální reakce v patě plavebního znaku pro kombinaci K3 – destrukce znaku.

Na základě geologických rešerší pak byly i odhadnuty charakteristiky přiřazených zemin a hornin. Sestavený profil vychází z úvahy že prvních 0,5 m bude tvořeno štěrkopískem či kamenitými vrstvami. Další vrstev bude tvořena silně navětralou vrstvou břidlice třídy R5 – R4, pod níž se již nachází vrstva zdravějších břidlic třídy R4 – R3.

Pilota je navržena jako **vrtaná s průměrem min. 250 mm, délky 2,2 m**. Do vrtu vyplněného zálivkou tř. min C20/25 bude osazena ocelová **nosná roura Ø152/20 z oceli S355** na koruně opatřena kotevní deskou pro připojení sklopného znaku.

Nastavení

Standardní - EN 1997 - DA2 VODA 1.1

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) :	$k_{cr} = 0.67$

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS



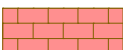
Piloty

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



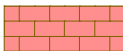
Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1.35 [-]	1.00 [-]

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 [-]	

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0.50	0.00 .. 0.50	G1 + GW	
2	0.50	0.50 .. 1.00	R5 (R4) - zvětralá břidlice	
3	-	1.00 .. ∞	R4 (R3) -navětralá břidlice	

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	c_u [kPa]	E_{def} [MPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
1	G1 + GW		0.00	300.00	21.00	0.20
2	R5 (R4) - zvětralá břidlice		50.00	200.00	22.50	0.20
3	R4 (R3) -navětralá břidlice		100.00	600.00	24.50	0.15

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr d = 0.25 m

Vltava ř. km 80,3 - 84,2 - osazení pevného plavebního značení	D.2.0.b Statické posouzení
	DPS

Délka $l = 2.20 \text{ m}$

Typ technologie: Vrtané piloty

Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 17.60 \text{ kN/m}^3$

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

Beton C20/25, Ocel S355

Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		Zatížení č. 1	Návrhové	0.00	0.00	67.26	-17.68	0.00

Hladina podzemní vody

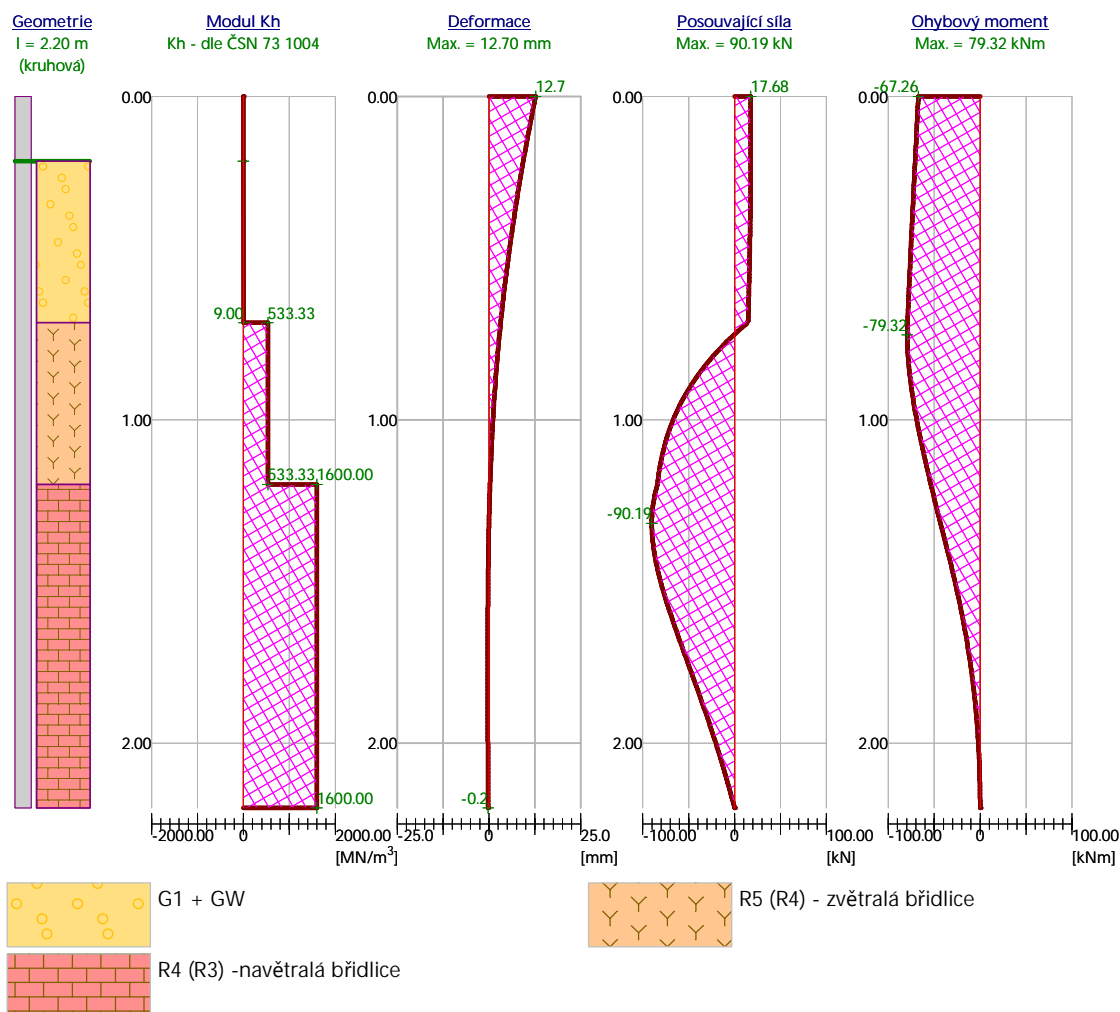
Hladina podzemní vody je v hloubce 0.00 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro neodvodněné podmínky

Výsledky



Maximální vnitřní síly a deformace:

Max.deformace piloty = 12.7 mm
 Max.posouvající síla = 90.19 kN
 Maximální moment = 79.32 kNm

Posouzení ocelového profilu piloty

Ocel	Mez pevnosti - fu MPa	Mez kluzu - fy MPa	τdov pro fu MPa	τdov pro fy MPa
S355	510	355	294.4	205.0

Mmax 79.32 kNm

Hmax 90.19 kN

průměr 152 mm

tl. 20 mm

A 0.0083 m²

W 0.0002 m³

σ 326.4 MPa

využití v ohybu 92%

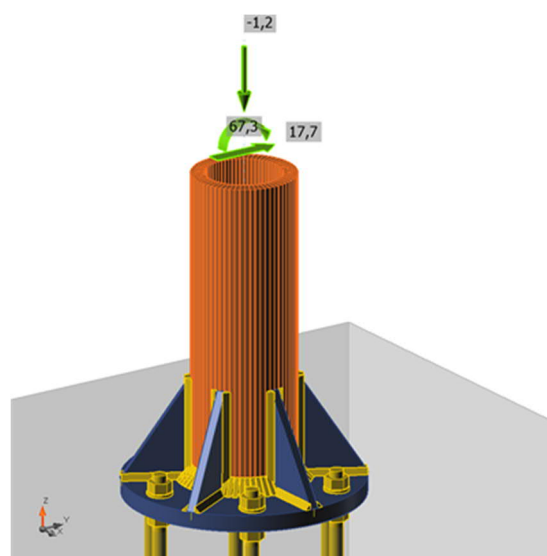
τ 10.9 MPa

využití ve smyku 5%

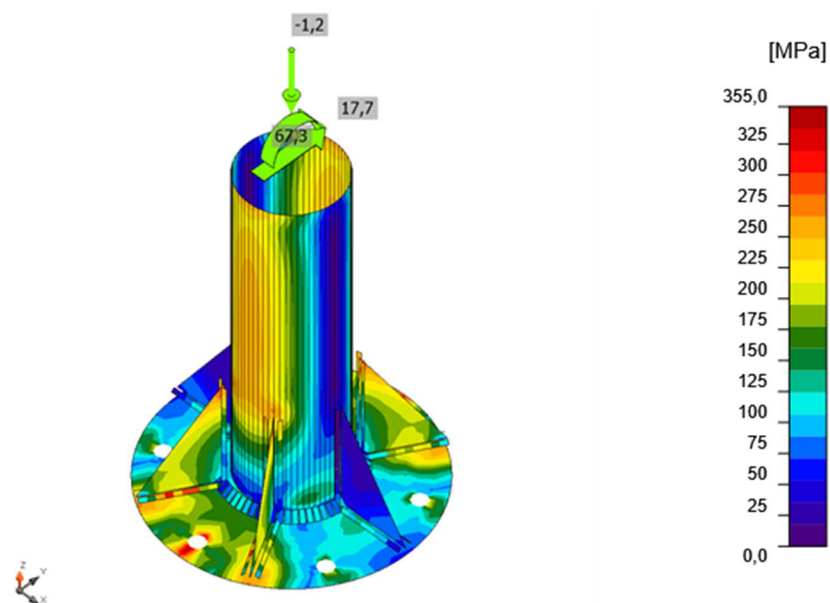
1.2.6 NÁVRH KOTEVNÍ DESKY PILOTY PEVNÉHO ZNAKU

Kotevní deska je navržena z oceli S355. Deska je tvořena kruhovým plechem tl. 24 mm, průměru 350 mm. Propojená svislé nosné trubky piloty Ø152/20 s deskou je provedení pomocí 6 ks žeber 100x150 mm tl. 12 mm. Vlastní deska bude kotvena pomocí 6 ks M20 A2-70. Spoje prvků jsou provedeny oboustrannými koutovými svařky tl. 6 mm.

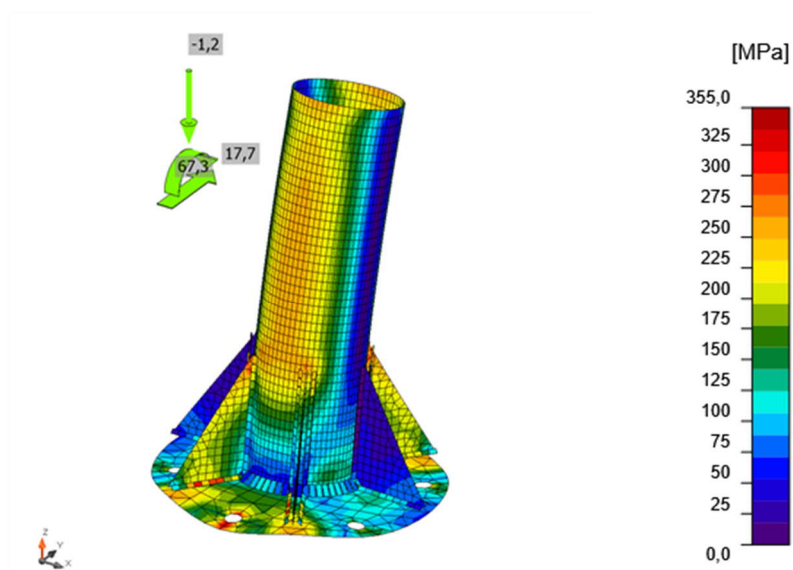
Deska byla posouzena na zatížení odpovídající dvojnásobku sil nutných pro poškození tyče znaku tedy $M_d = 2 \times 33,63 = 67,2$ kN a $V_d = 2 \times 8,84 = 17,7$ kN.



Přehledné zobrazení patky



Srovnávací napětí



Napětí včetně zobrazené deformace

2. SEZNAM POUŽITÝCH PODKLADŮ, NOREM, TECHNICKÝCH PŘEDPISŮ, ODBORNÉ LITERATURY, VÝPOČETNÍCH PROGRAMŮ

Seznam významných norem:

ČSN EN 14504 Plavidla vnitrozemské plavby – Plovoucí přístavní můstky a plovoucí zařízení na vnitrozemských vodních cestách – Požadavky, zkoušky

ČSN EN 1991-1-1 Eurocód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-4 Eurocód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem

ČSN EN 1991-1-7 Eurocód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení

ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-5 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 5: Piloty a štetové stěny

ČSN EN 1997-1 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla

Výpočetní software:

FIN EC – FIN 3D, Fine spol. s.r.o.

FIN EC – Ocel, Fine spol. s.r.o.

GEO 5 – Pilota, Fine spol. s.r.o.

.