

# POSÍLENÍ VODOVODNÍ SÍTĚ V JIHLAVĚ - SV VĚTEV

SO 01 SEVEROVÝCHODNÍ VĚTEV - I. ETAPA  
PODCHOD POD ŽEL. TRATÍ TÚ 1201 ŠATOV –  
KOLÍN V km 0.7652

## STATICKÝ VÝPOČET

### POUŽITÉ NORMY:

ČSN EN 1990  
ČSN EN 1991-1-1  
ČSN EN 1991-2  
ČSN EN 1992-1-1  
ČSN EN 1997-1  
ČSN EN 206-1

### POUŽITÉ PROGRAMY:

- NEXIS 32 v.3.100.230 (FEM CONSULTING  
BRNO)  
- IDEA CONCRETE v.10.16 (IDEA RS s.r.o)

### POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] ZAKLÁDÁNÍ STAVEB – NÁVODY DO  
CVIČENÍ (ing. S. Kristková, CSc - 1989)  
- [2] METODICKÝ POKYN PRO URČOVÁNÍ  
ZATÍŽITELNOSTI ŽELEZNIČNÍCH  
MOSTNÍCH OBJEKTŮ Z 31.7.2015 (SŽDC)  
- PROJEKT STAVBY – VRV, a.s.  
Nábřeží 90/4, 150 00 Praha 5  
ing. Marek Coufal, Ph.D. 03/2025  
- ZPRÁVA O INŽENÝRSKO-  
GEOLOGICKÉM PRŮZKUMU V TRASE SV  
VĚTVE VODOVODU JIHLAVA A PRO  
VODOJEM BUKOVNO 4000 m<sup>3</sup> – ing.  
Jaroslav Tylich GTX, Velký Újezd 166, 783 55  
Velký Újezd 02/2004  
- ARCHIVNÍ SONDA 401940 Z ROKU 1975 –  
ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA  
- PROHLÁŠENÍ O VLASTOSTECH TRUB  
TZZ-Q100-128/199 LM – PREFA BRNO

## A. PŘEDMĚT STATICKÉHO VÝPOČTU

Předmětem statického výpočtu je posouzení železobetonových protlakových trub se sklolaminátovou manžetou profilu DN1000 (TZT-Q100-128/199 LM) tvořících podchod pod drážním tělesem dvoukolejné trati TÚ 1201 Šatov – Kolín (km trati 200.39). Protlakové trouby venkovního průměru 1280 mm s tloušťkou stěny 140 mm tak budou plnit funkci chráničky pro vodovodní potrubí z tvárné litiny DN500.

Podchod probíhá v Jihlavě od km 0.736 do km 0.776 severovýchodní větve vodovodu z tvárné litiny DN500. Celková délka podchodu (chráničky) je 40.00 m, z toho úsek v zemině tvoří 38.57 m.

Přímo v místě podchodu nebyl zpracován podrobný inženýrsko-geologický průzkum. Zpracovatel výpočtu vycházel ze Zprávy o inženýrsko-geologickém průzkumu v trase SV větve vodovodu Jihlava a pro vodojem Bukovno 4000 m<sup>3</sup> zpracované ing. Jaroslavem Tylichem (firma GTX Velký Újezd 166, 783 55 Velký Újezd) v únoru 2004 a z nejbližší archivní sondy 401940 České geologické služby vzdálené cca 185 m severozápadním směrem. Základovou půdu pod tělesem železniční trati v úrovni protlačovaných železobetonových trub tvoří pravděpodobně hlinité písky. Úroveň hladiny podzemní vody ležela v archivní sondě 401940 4.50 m pod úrovní původního terénu, z čehož vyplývá nutnost jejího snižování v průběhu stavby uvnitř zápichové i koncové jámy protlaku min. 0.50 m pode dno výkopu čerpáním z jímek tvořených betonovými troubami TBH 2-80. Terén v místě podchodu je přibližně rovinný.

Zápichová jáma podchodu, ze které budou trouby protlačovány, bude mít po odečtení výztužných rámu pažení vnitřní světlé půdorysné rozměry minimálně 6.00x5.00 m, koncová jáma pak 2.60x2.50 m.

Dno výkopu zápichové jámy leží na kótě 503.72, tj. 4.73 m pod původním terénem, 0.23 m pod hladinou podzemní vody a 0.64 m pode dnem železobetonové protlakové trouby. V místě železobetonového opěrného bloku je výkop ještě prohlouben o dalších 0.64 m a nachází se tedy 5.37 m pod původním terénem. Dno výkopu koncové jámy se nachází na úrovni 504.08, tj. 5.09 m pod původním terénem, 0.59 m pod hladinou podzemní vody a 0.64 m pode dnem železobetonové protlakové trouby.

Ve výkaze výměr se na základě předběžného statického výpočtu uvažovalo s pažením obou jam štětovnicemi VL601 délky 9 m vyztuženými vnitřními ocelovými rámy. Podrobný statický výpočet pažení však není součástí posudku, poněvadž v době zpracování projektové dokumentace nebyl znám zhotovitel a tudíž ani jeho technologické vybavení k protlačování trub a požadavky na minimální vnitřní rozměry zápichových a koncových jam. Podrobné statické posouzení pažení musí být proto dopracováno jakmile bude znám zhotovitel podchodu a rozměry jam upřesní. Minimální rozměry a umístění železobetonového opěrného bloku nutno dodržet!

Uvnitř zápichové jámy je navržen železobetonový opěrný blok šířky 5.00 m, výšky 3.90 m a tloušťky 0.50 m, přes který bude přenášet zatížení od hydraulického lisu a ocelového roznášecího roštu do pažící stěny a okolní zeminy.

Konstrukce ocelového roznášecího roštu není předmětem statického výpočtu a bude provedena zhotovitelem stavby v závislosti na parametrech tlačného zařízení, které má k dispozici. Rošt je však nutno zhotovit tak, aby vodorovné i svislé osové vzdálenosti mezi jednotlivými nosníky opírajícími se po celé délce o svislý líc opěrného bloku nepřesáhly 1.20 m.

Osa posuzovaných železobetonových protlakových trub DN1000 se nachází minimálně 3.24 m pod horním povrchem železničního svršku (bráno v celkové délce  $L_1 = 11.86$  m) a průměrně 3.86 m pod povrchem terénu ve zbytku trasy (tj. v délce  $L_2 = 26.71$  m). Minimální krytí protlakových trub pod horním povrchem železničního svršku činí 2.60 m. Protlakové trouby mají navržen spád 0.87% ve směru staničení, protlačování proběhne proti směru staničení. Niveleta železobetonových trub samotného podchodu již leží nad hladinou podzemní vody. Protlak bude realizován v hlinitých píscích.

Do výše popsaných železobetonových protlakových trub, které po protlačení pod drážním tělesem začnou plnit funkci chráničky, budou vsunuty vodovodní trouby z tvárné litiny DN500 se zámkovými spoji. Stabilitu vodovodního potrubí uvnitř protlakových trub zabezpečí kluzné vymezovací objímky tloušťky 130 mm rozmístěné v roztečích 2.00 m a na obou koncích chráničky zdvojené. Dno protlakových trub leží o cca 140 mm níže nežli spodní okraj vodovodního potrubí z tvárné litiny DN500. Prostor mezi vsunutým potrubím DN500 a železobetonovými protlakovými troubami DN1000 tvořícími chráničku se na obou koncích uzavře těsnícími manžetami.

Konstrukci podchodu vodovodu pod železniční tratí lze podle ČSN 750250 zařadit do kategorie návrhové životnosti 4 (50 let), třída spolehlivosti RC2 ( $K_{FI}=1.10$ ). Tímto součinitelem se při výpočtu vynásobují dílčí součinitele nepříznivých zatížení.

## B. GEOLOGICKÉ POMĚRY

Přímo v místě podchodu nebyl zpracován podrobný inženýrsko-geologický průzkum. Zpracovatel výpočtu vycházel ze Zprávy o inženýrsko-geologickém průzkumu v trase SV větve vodovodu Jihlava a pro vodojem Bukovno 4000 m<sup>3</sup> zpracované ing. Jaroslavem Tylichem (firma GTX Velký Újezd 166, 783 55 Velký Újezd) v únoru 2004 a z nejbližší archivní sondy 401940 České geologické služby vzdálené cca 185 m severozápadním směrem. Základovou půdu pod tělesem železniční trati v úrovni protlačovaných železobetonových trub tvoří pravděpodobně hlinité písky. Úroveň hladiny podzemní vody ležela v archivní sondě 401940 4.50 m pod úrovní původního terénu, z čehož vyplývá nutnost jejího snižování v průběhu stavby uvnitř zápichové i koncové jámy protlaku min. 0.50 m pode dno výkopu čerpáním z jímek tvořených betonovými troubami TBH 2-80. Terén v místě podchodu je přibližně rovinný.

Po vykopání zápichové i koncové jámy projektant zhodnotí, zda zemina v místě protlaku odpovídá předpokladům statického výpočtu.

Geologický profil uvažovaný ve statickém výpočtu (s využitím archivní sondy 401940) – úsek pod drážním tělesem v délce 10.40 m:

Hloubka v m	Popis zeminy	$\nu$	$\varphi' \text{ }^\circ$	$c'$ kPa	$\gamma$ $\text{kNm}^{-3}$	m	$E_{\text{def}}$ MPa	Třída zeminy
0.00-0.70	šterkové lože – navážka – drážní těleso	0.20	33	0	20.00	0.30	200	G2
0.70-2.50	písčítá hlína, pevná, šedá až hnědá	0.35	25	16	18.00	0.20	12	F3
>2.50	hlinitý písek	0.30	30	0	18.00	0.30	15	S4

Geologický profil uvažovaný ve statickém výpočtu (s využitím archivní sondy 401940) – zbytek trasy mimo drážní těleso:

Hloubka v m	Popis zeminy	$\nu$	$\varphi' \text{ }^\circ$	$c'$ kPa	$\gamma$ $\text{kNm}^{-3}$	m	$E_{\text{def}}$ MPa	Třída zeminy
0.00-2.50	písčítá hlína, pevná šedá až hnědá	0.35	25	16	18.00	0.20	12	F3
>2.50	hlinitý písek	0.30	30	0	18.00	0.30	15	S4

Vlastnosti zemin byly převzaty ze Zprávy o inženýrsko - geologickém průzkumu v trase severovýchodní větve vodovodu Jihlava zpracované ing. Jaroslavem Tylichem (firma GTX Velký Újezd 166, 783 55 Velký Újezd) v únoru r. 2004.

Hladina podzemní vody ležela v archivní sondě 401940 4.50 m pod původním terénem.

## C. JEDNOTLIVÁ ZATÍŽENÍ PROTLAKOVÝCH TRUB

### C.1. Zatížení stálé – vlastní tíha protlakových trub

Popis zatížení	$g_{k1,v}$ (kNm <sup>-1</sup> )	$\gamma_G$	$\xi$	$g_{d1,v}$ (kNm <sup>-1</sup> )
vlastní tíha železobetonových protlakových trub DN1000	12.20	1.35	-	<b>16.47</b>
TZT-Q100-128/199 LM (1280x140 mm)		1.35	0.85	<b>14.00</b>

Popis zatížení	$G_{k1,v}$ (kN)	$\gamma_G$	$\xi$	$G_{d1,v}$ (kN)
celková vlastní tíha železo- betonových protlakových trub	12.20x40.00 = 488.00	1.35	-	<b>658.80</b>
DN1000 TZT-Q100-128/199 LM délky 40.00 m		1.35	0.85	<b>559.98</b>

**C.2. Zatížení stálé – zatížení zeminou – úsek pod železničním svrškem ( $L_1 = 11.86$  m)**

Popis zatížení	$g_{k21,v}$ (kNm <sup>-2</sup> )	$\gamma_G$	$\xi$	$g_{d21,v}$ (kNm <sup>-2</sup> )
zatížení stálé – svislé zatížení zeminou v hloubce 2.60 m (horní hrana protlakových trub)	$(20 \times 0.70 + 18 \times 1.90) = 48.20$	1.35	-	<b>65.07</b>
		1.35	0.85	<b>55.31</b>

Popis zatížení	$g_{k22,v}$ (kNm <sup>-2</sup> )	$\gamma_G$	$\xi$	$g_{d22,v}$ (kNm <sup>-2</sup> )
zatížení stálé – svislé zatížení zeminou v hloubce 3.24 m (osa protlakových trub)	$(20 \times 0.70 + 18 \times 2.54) = 59.72$	1.35	-	<b>80.62</b>
		1.35	0.85	<b>68.53</b>

**C.3. Zatížení stálé – zatížení zeminou – zbytek trasy ( $L_2 = 26.71$  m)**

Popis zatížení	$g_{k31,v}$ (kNm <sup>-2</sup> )	$\gamma_G$	$\xi$	$g_{d31,v}$ (kNm <sup>-2</sup> )
zatížení stálé – svislé zatížení zeminou v hloubce 3.22 m (horní hrana protlakových trub)	$18 \times 3.22 = 57.96$	1.35	-	<b>78.25</b>
		1.35	0.85	<b>66.51</b>

Popis zatížení	$g_{k32,v}$ (kNm <sup>-2</sup> )	$\gamma_G$	$\xi$	$g_{d32,v}$ (kNm <sup>-2</sup> )
zatížení stálé – svislé zatížení zeminou v hloubce 3.86 m (osa protlakových trub)	$18 \times 3.86 = 69.48$	1.35	-	<b>93.80</b>
		1.35	0.85	<b>79.73</b>

#### C.4. Zatížení proměnné svislé – normální železniční doprava – model zatížení 71

Schéma zatížení normální železniční dopravou bylo bráno podle ČSN EN 1991-2 čl. 6.3.2. - obr.6.1. (model zatížení 71). Zde uvedené charakteristické hodnoty zatížení nutno násobit klasifikačním součinitelem  $\alpha=1.21$  (trať 1. třídy s vysokou intenzitou železniční dopravy). Poněvadž výška nadloží trub  $h \geq 1.50$  m lze dynamický součinitel brát hodnotou  $\delta = 1.00$ .

Podle článku 6.3.6.4 ČSN EN 1991-2 lze pro globální účinky ekvivalentní charakteristické hodnoty svislého zatížení od železniční dopravy na zemní těleso pod kolejí nebo blízko koleje uvažovat jako odpovídající modelu zatížení (LM71) rovnoměrně rozdělenému na šířku  $b_{eq} = 3.00$  m v úrovni 0.70 m pod pojížděnou plochou koleje. Od této úrovně se předpokládá roznos zatížení zeminou pod úhlem  $30^\circ$ .

Minimální roznášecí šířka  $L_{eq,1}$  při výšce nadloží  $h_1 = 2.60$  m (horní hrana protlakových trub):

$$L_{eq,1} = b_{eq} + 2 \times (h_1 - 0.70) \times \tan 30^\circ = 3.00 + 2 \times (2.60 - 0.70) \times \tan 30^\circ = 5.19 \text{ m}$$

Minimální roznášecí šířka  $L_{eq,2}$  při výšce nadloží  $h_2 = 3.24$  m (osa protlakových trub):

$$L_{eq,2} = b_{eq} + 2 \times (h_2 - 0.70) \times \tan 30^\circ = 3.00 + 2 \times (3.24 - 0.70) \times \tan 30^\circ = 5.93 \text{ m}$$

Celková délka zatíženého úseku v úrovni osy protlakových trub:

$$L_1 = 2 L_{eq,2} = 2 \times 5.93 = 11.86 \text{ m}$$

Popis zatížení	$Q_{vk}$ (kN)	$\gamma_Q$	$\alpha$	$Q_{vd}$ (kN)
zatížení proměnné svislé – nápravový tlak podle modelu zatížení 71 (4 nápravy po 1.60 m)	250.00	1.45	1.21	<b>438.63</b>

Popis zatížení	$q_{Qvk,eq11}$ (kNm <sup>-2</sup> )	$\gamma_Q$	$\alpha$	$q_{Qvd,eq11}$ (kNm <sup>-2</sup> )
zatížení proměnné svislé – náhradní rovnoměrné zatížení od předešlého zatížení na úrovni horní hrany protlako- vých trub (rozhoduje)	$4 \times 250.00 / 6.40 \times 5.19 = 30.11$	1.45	1.21	<b>52.82</b>

Popis zatížení	$q_{Qvk,eq12}$ (kNm <sup>-2</sup> )	$\gamma_Q$	$\alpha$	$q_{Qvd,eq12}$ (kNm <sup>-2</sup> )
zatížení proměnné svislé – náhradní rovnoměrné zatížení od předešlého zatížení na úrovni osy protlakových trub (rozhoduje)	$4 \times 250.00 / 6.40 \times 5.93 = 26.35$	1.45	1.21	<b>46.23</b>

Popis zatížení	$q_{vk}$ (kNm <sup>-1</sup> )	$\gamma_Q$	$\alpha$	$q_{vd}$ (kNm <sup>-1</sup> )
zatížení proměnné svislé – spojité zatížení podle modelu zatížení 71	80.00	1.45	1.21	<b>140.36</b>

Popis zatížení	$q_{qvk,eq11}$ (kNm <sup>-2</sup> )	$\gamma_Q$	$\alpha$	$q_{qvd,eq11}$ (kNm <sup>-2</sup> )
zatížení proměnné svislé – náhradní rovnoměrné zatížení od předešlého zatížení na úrovni horní hrany protlako- vých trub (nerozhoduje)	$80.00 / 5.19 = 15.41$	1.45	1.21	<b>27.04</b>

Popis zatížení	$q_{qvk,eq12}$ (kNm <sup>-2</sup> )	$\gamma_Q$	$\alpha$	$q_{qvd,eq12}$ (kNm <sup>-2</sup> )
zatížení proměnné svislé – náhradní rovnoměrné zatížení od předešlého zatížení na úrovni osy protlakových trub (nerozhoduje)	$80.00 / 5.93 = 13.49$	1.45	1.21	<b>23.66</b>

### C.5. Zatížení proměnné svislé – těžká železniční doprava – model zatížení SW/2

Schéma zatížení těžkou železniční dopravou bylo bráno podle ČSN EN 1991-2 čl. 6.3.3. - obr.6.2. (model zatížení SW/2). Zde uvedené charakteristické hodnoty zatížení nutno násobit klasifikačním součinitelem  $\alpha=1.21$  (trž. 1. třídy s vysokou intenzitou železniční dopravy). Poněvadž výška nadloží trub  $h \geq 1.50$  m lze dynamický součinitel brát hodnotou  $\delta = 1.00$ .



Podle článku 6.3.6.4 ČSN EN 1991-2 lze pro globální účinky ekvivalentní charakteristické hodnoty svislého zatížení od železniční dopravy na zemní těleso pod kolejí nebo blízko koleje uvažovat jako odpovídající modelu zatížení (LM71) rovnoměrně rozdělenému na šířku  $b_{eq} = 3.00$  m v úrovni 0.70 m pod pojezďenou plochou koleje. Od této úrovně se předpokládá roznos zatížení zeminou pod úhlem  $30^\circ$ .

Minimální roznášecí šířka  $L_{eq,1}$  při výšce nadloží  $h_1 = 2.60$  m (horní hrana protlakových trub):

$$L_{eq,1} = b_{eq} + 2 \times (h_1 - 0.70) \times \tan 30^\circ = 3.00 + 2 \times (2.60 - 0.70) \times \tan 30^\circ = 5.19 \text{ m}$$

Minimální roznášecí šířka  $L_{eq,2}$  při výšce nadloží  $h_2 = 3.24$  m (osa protlakových trub):

$$L_{eq,2} = b_{eq} + 2 \times (h_2 - 0.70) \times \tan 30^\circ = 3.00 + 2 \times (3.24 - 0.70) \times \tan 30^\circ = 5.93 \text{ m}$$

Celková délka zatíženého úseku v úrovni osy protlakových trub:

$$L_1 = 2 L_{eq,2} = 2 \times 5.93 = 11.86 \text{ m}$$

Popis zatížení	$q_{vk}$ (kNm <sup>-1</sup> )	$\gamma_Q$	$\alpha$	$q_{vd}$ (kNm <sup>-1</sup> )
zatížení proměnné svislé – spojité zatížení podle modelu zatížení SW/2	150.00	1.45	1.21	<b>263.18</b>

Popis zatížení	$q_{qvk,eq21}$ (kNm <sup>-2</sup> )	$\gamma_Q$	$\alpha$	$q_{qv,eq21}$ (kNm <sup>-2</sup> )
zatížení proměnné svislé – náhradní rovnoměrné zatížení od předešlého zatížení na úrovni horní hrany protlako- vých trub (nerozhoduje)	$150.00 / 5.19 = 28.90$	1.45	1.21	<b>50.71</b>

Popis zatížení	$q_{qvk,eq22}$ (kNm <sup>-2</sup> )	$\gamma_Q$	$\alpha$	$q_{qv,eq22}$ (kNm <sup>-2</sup> )
zatížení proměnné svislé – náhradní rovnoměrné zatížení od předešlého zatížení na úrovni osy protlakových trub (nerozhoduje)	$150.00 / 5.93 = 25.30$	1.45	1.21	<b>44.39</b>

### C.6. Zatížení proměnné – tření trub o zeminu při protlačování – nezatížený terén

Součinitel tření betonová trouba – písčitá zemina  $f = 0.60$

Svislé napětí od zatížení zeminou (viz. odstavec C.2. – hloubka 3.24 m):

$$\sigma_{zd12} = g_{d22,v} = 80.62 \text{ kNm}^{-2} \text{ na úseku délky } L_1 = 11.86 \text{ m}$$

Svislé napětí od zatížení zeminou (viz. odstavec C.3. – hloubka 3.86 m):

$$\sigma_{zd22} = g_{d32,v} = 93.80 \text{ kNm}^{-2} \text{ na úseku délky } L_2 = 26.71 \text{ m}$$

Koeficient aktivního zemního tlaku:

$$K_a = \operatorname{tg}^2 (45 - \varphi'/2) = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - 30/2^\circ) = 0.333$$

Aktivní zemní tlak v hloubce 3.24 m na úseku délky  $L_1 = 11.86 \text{ m}$

$$p_{ad12} = \sigma_{zd12} \times K_a - 2c' \sqrt{K_a} = 80.62 \times 0.333 - 2 \times 0 \times \sqrt{0.333} = 26.87 \text{ kNm}^{-2}$$

Aktivní zemní tlak v hloubce 3.86 m na úseku délky  $L_2 = 26.71 \text{ m}$ :

$$p_{ad22} = \sigma_{zd22} \times K_a - 2c' \sqrt{K_a} = 93.80 \times 0.333 - 2 \times 0 \times \sqrt{0.333} = 31.27 \text{ kNm}^{-2}$$

Celková třecí síla  $F_{td,1}$  při nezatíženém terénu dle lit. [1]

$$F_{td,1} = f \times (2 \times D ((\sigma_{zd12} - p_{ad12}) \times L_1 + (\sigma_{zd22} - p_{ad22}) \times L_2)) + G_{d1,v}$$

$$F_{td,1} = 0.60 \times (2 \times 1.28 ((80.62 - 26.87) \times 11.86 + (93.80 - 31.27) \times 26.71) + 658.80)$$

$$F_{td,1} = 0.60 \times (2 \times 1.28 (637.48 + 1670.18) + 658.80) = 3939.85 \text{ kN}$$

$$\mathbf{F_{td,1} = 3939.85 \text{ kN}}$$

### C.7. Zatížení proměnné – tření trub o zeminu při protlačování – zatížený terén

Součinitel tření beton – písčité zemina  $f = 0.60$

Svislé napětí (viz. odstavce C.2. a C.4. – hloubka 3.24 m) od zatížení zeminou zvětšené o účinek normální železniční dopravy – model zatížení LM71 s přihlédnutím k odstavci. A.2.2.6. a tabulce A.2.3. ČSN EN 1990:

$\psi_{0,1} = 0.80$  (součinitel kombinace pro model zatížení LM71)

$$\sigma_{zd12} = g_{d22,v} + \psi_{0,1} q_{Qvd,eq12}$$

$$\sigma_{zd12} = 80.62 + 0.80 \times 46.23 = 117.60 \text{ kNm}^{-2} \text{ na úseku délky } L_1 = 11.86 \text{ m}$$

Svislé napětí od zatížení zeminou (viz. odstavec C.3. – hloubka 3.86 m):

$$\sigma_{zd22} = g_{d32,v} = 93.80 \text{ kNm}^{-2} \text{ na úseku délky } L_2 = 26.71 \text{ m}$$

Koeficient aktivního zemního tlaku:

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \varphi'/2) = \tan^2 (45^\circ - 30/2^\circ) = 0.333$$

Aktivní zemní tlak v hloubce 3.24 m na úseku délky  $L_1 = 11.86 \text{ m}$

$$p_{ad12} = \sigma_{zd12} \times K_a - 2c' \sqrt{K_a} = 117.60 \times 0.333 - 2 \times 0 \times \sqrt{0.333} = 39.20 \text{ kNm}^{-2}$$

Aktivní zemní tlak v hloubce 3.86 m na úseku délky  $L_2 = 26.71 \text{ m}$ :

$$p_{ad22} = \sigma_{zd22} \times K_a - 2c' \sqrt{K_a} = 93.80 \times 0.333 - 2 \times 0 \times \sqrt{0.333} = 31.27 \text{ kNm}^{-2}$$

Celková třecí síla  $F_{td,2}$  při zatíženém terénu dle lit. [1]

$$F_{td,2} = f \times (2 \times D ((\sigma_{zd12} - p_{ad12}) \times L_1 + (\sigma_{zd22} - p_{ad22}) \times L_2)) + G_{d1,v}$$

$$F_{td,2} = 0.60 \times (2 \times 1.28 ((117.60 - 39.20) \times 11.86 + (93.80 - 31.27) \times 26.71) + 658.80)$$

$$F_{td,2} = 0.60 \times (2 \times 1.28 (929.82 + 1670.18) + 658.80)$$

$$F_{td,2} = 4388.88 \text{ kN}$$

### C.8. Zatížení proměnné – odpor zeminy proti vnikání břitu – nezatížený terén

Svislé napětí od zatížení zeminou (viz. odstavec C.3. – hloubka 3.86 m):

$$\sigma_{zd22} = g_{d32,v} = 93.80 \text{ kNm}^{-2}$$

Koeficient pasivního zemního tlaku:

$$K_p = \operatorname{tg}^2 (45 + \varphi'/2) = \operatorname{tg}^2 (45^\circ + 30/2^\circ) = 3.000$$

Pasivní zemní tlak v hloubce 3.86 m:

$$p_{pd22} = \sigma_{zd22} \times K_p + 2c' \sqrt{K_p} = 93.80 \times 3.000 + 2 \times 0 \times \sqrt{0.333} = 281.40 \text{ kNm}^{-2}$$

Celkový odpor břitu  $F_{bd,1}$  při nezatíženém terénu (rozhodující, poněvadž protlačovací síla roste s délkou podchodu):

$$F_{bd,1} = \pi \times 0.25 \times (D^2 - (D - 2t))^2 \times p_{pd22}$$

$$F_{bd,1} = \pi \times 0.25 \times (1.28^2 - (1.28 - 2 \times 0.14)^2) \times 281.40$$

$$\mathbf{F_{bd,1} = 141.09 \text{ kN (rozhoduje)}}$$

### C.9. Zatížení proměnné – odpor zeminy proti vnikání břitu – zatížený terén

Svislé napětí (viz. odstavce C.2. a C.4. – hloubka 3.24 m) od zatížení zeminou zvětšené o účinek normální železniční dopravy – model zatížení LM71 s přihlédnutím k odstavci. A.2.2.6. a tabulce A.2.3. ČSN EN 1990:

$\psi_{0,1} = 0.80$  (součinitel kombinace pro model zatížení LM71)

$$\sigma_{zd12} = g_{d22,v} + \psi_{0,1} q_{Qvd,eq12}$$

$$\sigma_{zd12} = 80.62 + 0.80 \times 46.23 = 117.60 \text{ kNm}^{-2}$$

Koeficient pasivního zemního tlaku:

$$K_p = \tan^2 (45 + \varphi'/2) = \tan^2 (45^\circ + 30/2^\circ) = 3.000$$

Pasivní zemní tlak v hloubce 3.86 m:

$$p_{pd12} = \sigma_{zd12} \times K_p + 2c' \sqrt{K_p} = 117.60 \times 3.000 + 2 \times 0 \times \sqrt{0.333} = 352.80 \text{ kNm}^{-2}$$

Celkový odpor břitu  $F_{bd,2}$  při zatíženém terénu – pouze v dosahu vlivu železniční dopravy:

$$F_{bd,2} = \pi \times 0.25 \times (D^2 - (D - 2t))^2 \times p_{pd12}$$

$$F_{bd,2} = \pi \times 0.25 \times (1.28^2 - (1.28 - 2 \times 0.14)^2) \times 352.80$$

$$F_{bd,2} = 176.89 \text{ kN (nerozhoduje)}$$

## D. VÝSLEDNÁ ZATÍŽENÍ PROTLAKOVÝCH TRUB

### D.1. Tlačná síla při nezatíženém terénu

$$N_{td,1} = F_{td,1} + F_{bd,1}$$

$$N_{td,1} = 3939.85 + 141.09$$

$$N_{td,1} = 4080.94 \text{ kN}$$

Maximální tlačná síla je příliš veliká na to, aby ji bylo možno přenést do protlakových trub. Nutno použít bentonitovou suspenzi na snížení tření na plášti. Injektáž bentonitové suspenze navržené zhotovitelem stavby proběhne přes otvory předvrtané v plášti protlačovacích trub. Ve výpočtu se uvažuje s účinností bentonitové suspenze minimálně  $\eta = 60 \%$ .

Součinitel tření beton – písčité zemina snížený bentonitovou suspenzí tak dosáhne maximální hodnoty:

$$f_{red} = f (1 - \eta) = 0.60 (1 - 0.60) = 0.24.$$

Tlačná síla při nezatíženém terénu a použití bentonitové suspenze:

$$N_{td,red1} = (1 - \eta) F_{td,1} + F_{bd,1}$$

$$N_{td,red1} = (1 - 0.60) \times 3939.85 + 141.09$$

$$N_{td,red1} = 1717.03 \text{ kN}$$

### D.2. Tlačná síla při zatíženém terénu

$$N_{td,2} = F_{td,2} + F_{bd,1}$$

$$N_{td,2} = 4388.88 \text{ kN} + 141.09$$

$$N_{td,2} = 4529.97 \text{ kN}$$

Maximální tlačná síla je příliš veliká na to, aby ji bylo možno přenést do protlakových trub. Nutno použít bentonitovou suspenzi na snížení tření na plášti. Injektáž bentonitové suspenze navržené zhotovitelem stavby proběhne přes otvory předvrtané v plášti protlakových trub. Ve výpočtu se uvažuje s účinností bentonitové suspenze minimálně  $\eta = 60 \%$ .

Součinitel tření beton – písčité zemina snížený bentonitovou suspenzí tak dosáhne maximální hodnoty:

$$f_{red} = f (1 - \eta) = 0.60 (1 - 0.60) = 0.24.$$

Tlačná síla při zatíženém terénu a použití bentonitové suspenze:

$$N_{td,red2} = (1 - \eta) F_{td,2} + F_{bd,1}$$

$$N_{td,red2} = (1 - 0.60) \times 4388.88 + 141.09$$

$$N_{td,red2} = \mathbf{1896.64 \text{ kN}}$$

### **D.3. Svislé návrhové zatížení protlakových trub – zatížený terén**

Svislé napětí (viz. odstavce C.2. a C.4. – hloubka 2.60 m) od zatížení zeminou zvětšené o účinek normální železniční dopravy – model zatížení LM71 s přihlédnutím k odstavci. A.2.2.6. a tabulce A.2.3. ČSN EN 1990:

$$\psi_{0,1} = 0.80 \text{ (součinitel kombinace pro model zatížení LM71)}$$

$$\sigma_{zd11} = g_{d21,v} + \psi_{0,1} q_{Qvd,eq11}$$

$$\sigma_{zd11} = 65.07 + 0.80 \times 52.82 = 107.33 \text{ kNm}^{-2}$$

$$\sigma_{zd11} = \mathbf{107.33 \text{ kNm}^{-2}}$$

## E. POSOUZENÍ PRŮŘEZU PROTĚKOVÝCH TRUB

### E.1. Posouzení na maximální tlačnou sílu

Podchod pod drážním tělesem dvoukolejné trati TÚ 1201 Šatov – Kolín (km trati 200.39) tvoří železobetonové protlakové trouby se sklolaminátovou manžetou profilu DN1000 (TZT-Q100-128/199 LM).

Maximální přípustná protlačovací síla dle výrobce:

$$N_{Rd} = 2708.00 \text{ kN}$$

Maximální tlačná síla při zatíženém terénu a použití bentonitové suspenze – viz. odst. D.2:

$$N_{td,red2} = 1896.64 \text{ kN}$$

Konstrukci podchodu vodovodu pod železniční tratí lze podle ČSN 750250 zařadit do kategorie návrhové životnosti 4 (50 let), třída spolehlivosti RC2 ( $K_{FI}=1.10$ ). Tímto součinitelem se při výpočtu vynásobují dílčí součinitele nepříznivých zatížení.

Musí platit:

$$N_{Rd} \geq N_{td,red2} \times K_{FI}$$

$$2708.00 \text{ kN} \geq 1896.64 \times 1.10 = 2086.30 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Navržený průřez protlakových trub na maximální tlačnou sílu vyhoví.



## E.2. Posouzení na maximální svislé zatížení v drážním tělese

Výpočet konstrukce byl proveden metodou konečných prvků pomocí programu NEXIS 32 v.3.100.230 (FEM CONSULTING BRNO).

Nejprve byl sestaven model, který simuluje zkoušku trub na únosnost ve vrcholovém tlaku. Protlaková trouba byla vymodelována jako kruhový prstenec teoretického průměru 1.14 m, šířky 1.00 m a tloušťky 0.14 m. Prstenec shora zatížený svislým břemenem odpovídajícímu únosnosti protlakové trouby ve vrcholovém tlaku podepírají na spodní straně dvě kloubové podpory se sklonem 15° od svislice směřující do jeho středu. Z tohoto modelu byla odvozena maximální přípustná velikost ohybového momentu, který je schopna stěna trouby přenést.

Maximální možné zatížení protlakové trouby TZT-Q100-128/199 LM ve vrcholovém tlaku udávané výrobcem:

$$F_n = 139.50 \text{ kN/m}$$

Poněvadž o únosnosti protlakové trouby rozhoduje vyztužení její stěny, lze hodnotu návrhového ohybového momentu stěny trouby na mezi únosnosti přibližně stanovit následovně:

$$M_{u,TR} = M_{k,F_n} / \gamma_s$$

$M_{k,TR}$  extrémní ohybový moment ve stěně trouby vyvolaný maximálním zatížením vrcholovým tlakem a vlastní tíhou (viz. str.23 statického výpočtu)

$$\gamma_s = 1.15 \quad \text{součinitel betonářské výztuže podle ČSN 730038}$$

Po dosazení:

$$M_{u,TR} = M_{k,F_n} / \gamma_s = 25.24 / 1.15 = 21.95 \text{ kNm/m}$$

Následně byl sestaven druhý model skládající se z plošných makroprvků tloušťky 0.14 m vytvářejících střednici železobetonových protlakových trub. Tento model stanoví maximální hodnoty ohybového momentu ve stěnách trub při uložení pod železničním svrškem. Celkem byly vymodelovány tři kusy trub o teoretickém průměru 1.14 m a délce 2.00 m. Na horní polovinu trub (resp. půdorysný průmět) působí svislé charakteristické plošné zatížení od zeminy a od normální železniční dopravy (viz. odstavec C.2. a C.4. – hloubka 2.60 m). Plošné podepření trub pružným podložím se uvažovalo na makroprvcích se sklonem  $\leq 45^\circ$  od vodorovné roviny. Parametry pružného podloží byly stanoveny pomocí programu SOILIN. Jako vstup pro program SOILIN sloužily charakteristiky zemin uvedené v odstavci B.

Hodnota maximálního účinku od ohybového momentu u protlakových trub osazených pod železničním svrškem vzniká v úrovni jejich osy. Maximální návrhový ohybový moment dosáhne podle výsledků na str.40 hodnoty  $m_{yD+} = 9.33 \text{ kNm/m}$  (tažený vnější povrch).

Konstrukci podchodu vodovodu pod železniční tratí lze podle ČSN 750250 zařadit do kategorie návrhové životnosti 4 (50 let), třída spolehlivosti RC2 ( $K_{FI}=1.10$ ). Tímto součinitelem se při výpočtu vynásobují dílčí součinitele nepříznivých zatížení.

Posouzení únosnosti průřezu železobetonové trouby TZT-Q100-128/199/ LM:

$$M_{u,TR} \geq m_{yD+} \times K_{FI}$$

$$21.95 \text{ kNm/m} \geq 9.33 \times 1.10 = 10.26 \text{ kNm/m} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Navržený průřez protlakových trub pro uvažovanou návrhovou situaci na mezní stav únosnosti vyhoví.

Na následujících stranách se nachází vstupní data a výstupy hodnot vnitřních sil z programu NEXIS 32 v.3.100.230 jak pro model trouby zatížený vrcholovým tlakem (str. 19 až 26) sloužící k odvození únosnosti jejího pláště, tak pro model trouby uložené pod železničním svrškem (str. 27 až 43).

## Základní data

Typ konstrukce : Rám XZ

Počet uzlů :	24
Počet prutů :	24
Počet maker 1D:	1
Počet linií :	0
Počet 2D maker :	0
Počet průřezů :	1
Počet stavů :	2
Počet materiálů:	1

## Materiál

Jméno		
C40/50		
Modul E		35000.00 MPa
Poissonův souč.		0.20
Objemová hmotnost		2500.000 kg/m^3
Roztažnost		0.01 mm/m.K

## Výpis materiálu

Skupina prutů :

1/24

čís.	Jméno	jakost	jednotková hmotnost kg/m	délka m	váha kg
1	STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50	350.00	3.57	1249.92

Celková hmotnost konstrukce : 1249.92 kg

Nátěrová plocha : 8.14 m^2

## Uzly

uzel	X m	Z m
1	0.570	0.000
2	0.551	0.148
3	0.494	0.285
4	0.403	0.403
5	0.285	0.494
6	0.148	0.551
7	0.000	0.570
8	-0.148	0.551

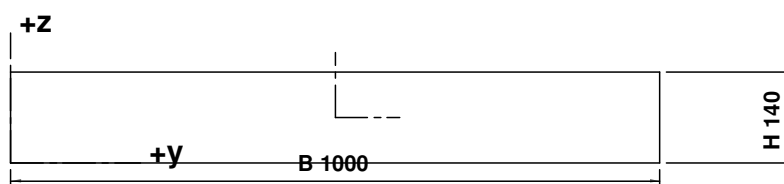
uzel	X m	Z m
9	-0.285	0.494
10	-0.403	0.403
11	-0.494	0.285
12	-0.551	0.148
13	-0.570	-0.000
14	-0.551	-0.148
15	-0.494	-0.285
16	-0.403	-0.403

uzel	X m	Z m
17	-0.285	-0.494
18	-0.148	-0.551
19	-0.000	-0.570
20	0.148	-0.551
21	0.285	-0.494
22	0.403	-0.403
23	0.494	-0.285
24	0.551	-0.148

## Pruty

makro	prut	uzel 1	uzel 2	délka m	Rx deg	průřez	jakost
1	1	1	2	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	2	2	3	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	3	3	4	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	4	4	5	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	5	5	6	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	6	6	7	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	7	7	8	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	8	8	9	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	9	9	10	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	10	10	11	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	11	11	12	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	12	12	13	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	13	13	14	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	14	14	15	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	15	15	16	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	16	16	17	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	17	17	18	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	18	18	19	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	19	19	20	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	20	20	21	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	21	21	22	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	22	22	23	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	23	23	24	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50
	24	24	1	0.149	0.00	1 - STĚNA TROUBY (140,1000)	C40/50

## Průřezy



### STĚNA TROUBY (140,1000)

Průřez č. 1 - STĚNA TROUBY (140,1000)  
Materiál : 7 - C40/50

A :	1.400000e+005 mm <sup>2</sup>		
Ay/A :	0.833	Az/A :	0.833
Iy :	2.286667e+008 mm <sup>4</sup>	Iz :	1.166667e+010 mm <sup>4</sup>
Iyz :	0.000000e+000 mm <sup>4</sup>	It :	8.241800e+008 mm <sup>4</sup>
Iw :	0.000000e+000 mm <sup>6</sup>		
Wely :	3.266667e+006 mm <sup>3</sup>	Welz :	2.333333e+007 mm <sup>3</sup>
Wply :	4.900000e+006 mm <sup>3</sup>	Wplz :	3.500000e+007 mm <sup>3</sup>
cy :	500.00 mm	cz :	70.00 mm
iy :	40.41 mm	iz :	288.68 mm
dy :	0.00 mm	dz :	0.00 mm
Obrys :		2280.00 mm	

Druh posudku : Netypický průřez

### Podpory

podpora	uzel	typ	rot deg	Velikost m
1	18	Z	Ry =15.00	0.20
2	20	Z	Ry =-15.00	0.20

### Zatěžovací stavy

Stav	Jméno	Popis
1	Vlastní tíha konstrukce	Vlastní váha. Směr -Z
2	Vrcholový tlak	Stálé - Zatížení

### Zatěžovací stav čís. 2 - uzlová zatížení

uzel	Fx kN	Fy kN	Fz kN	Mx kNm	My kNm	Mz kNm
7	0.00	0.00	-139.50	0.00	0.00	0.00

### Kombinace

Kombi	Norma	Stav	souč.
1.	Zadaná - použitelnost	1 Vlastní tíha konstrukce	1.00
		2 Vrcholový tlak	1.00

Základní pravidla pro generování kombinací na použitelnost.  
1 : 1.00\*ZS1 / 1.00\*ZS2

Výpis nebezpečných kombinací na použitelnost  
1/ 1 : +1.00\*ZS1+1.00\*ZS2

## Protokol o výpočtu.

### Lineární výpočet

Počet 2D prvků	0
Počet 1D prvků	24
Počet uzlů sítě	24
Počet rovnic	144
Zatěžovací stavy	ZS 1 Vlastní tíha konstrukce
	ZS 2 Vrcholový tlak
Spuštění výpočtu	13.04.2025 23:29
Konec výpočtu	13.04.2025 23:29

### Suma zatížení a reakcí.

		[kN]	X	Y	Z
Zatěžovací stav 1	zatížení		0.0	0.0	-12.5
	reakce v uzlech		0.0	0.0	12.5
	reakce na liniích		0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D		0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D		0.0	0.0	0.0
Zatěžovací stav 2	zatížení		0.0	0.0	-139.5
	reakce v uzlech		0.0	0.0	139.5
	reakce na liniích		0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D		0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D		0.0	0.0	0.0

### Reakce v podporách

Skupina uzlů :1/24

Skupina kombinací na použitelnost :1

Zrychlení

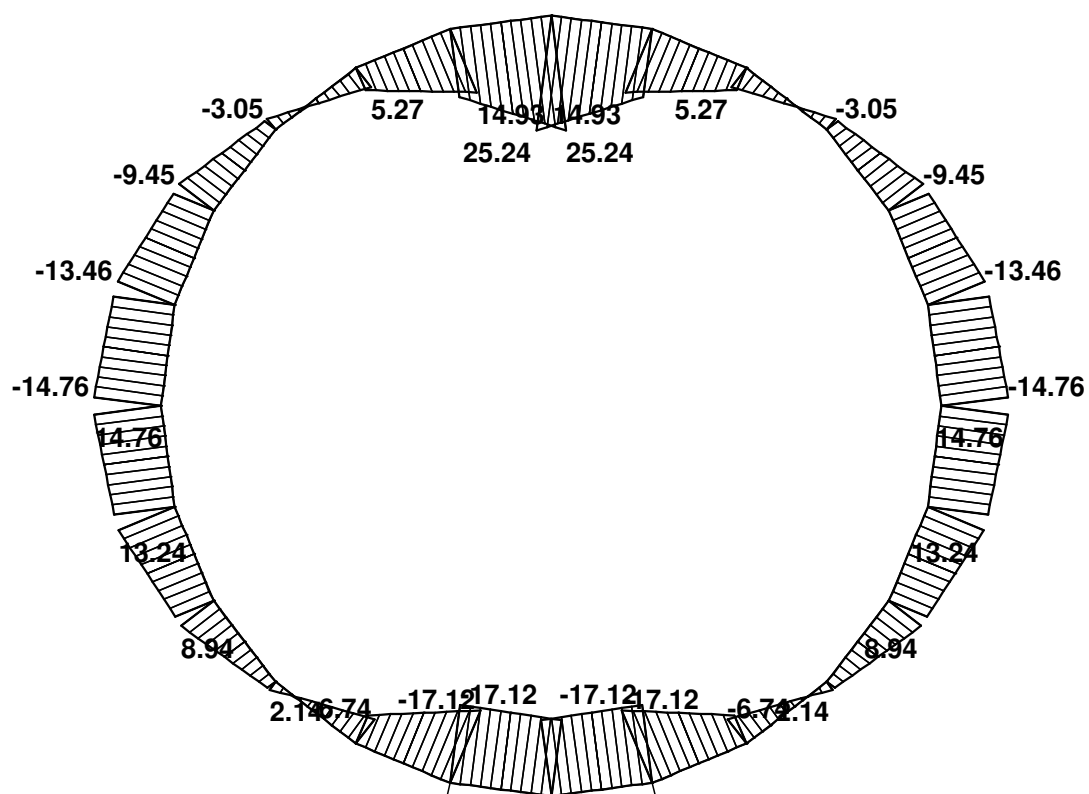
podpora	uzel	kombi	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]
1	18	1	0.00	<b>78.68</b>	0.00
2	20		0.00	<b>78.68</b>	0.00

### Vnitřní síly ve stěně trouby

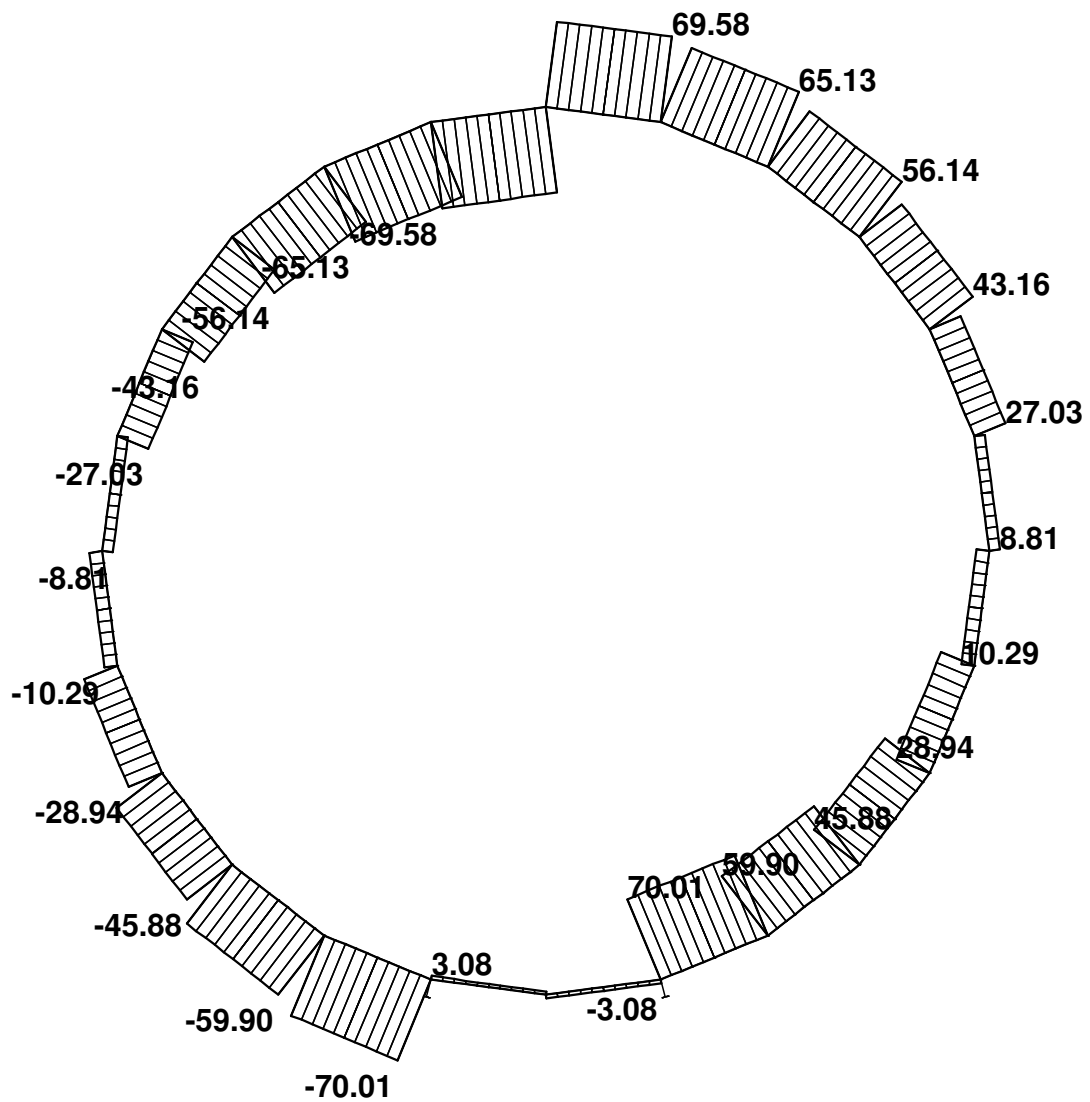
Skupina prutů :1/24

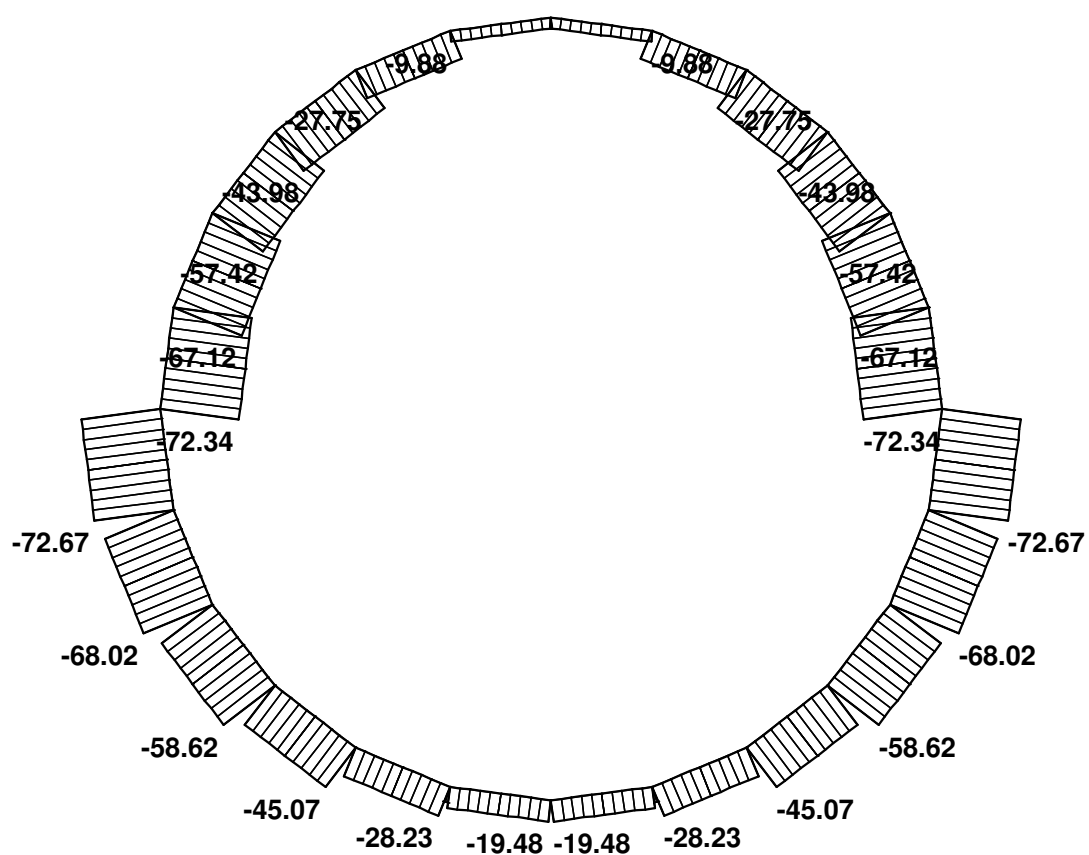
Skupina kombinací na použitelnost :1

prut	pr.č.	kombi	dx [m]	N [kN]	V [kN]	M [kNm]
13	1	1	0.149	<b>-72.67</b>	-10.29	13.24
20			0.000	-28.23	<b>70.01</b>	-17.12
17			0.149	-28.23	<b>-70.01</b>	<b>-17.12</b>
6			0.149	-9.81	69.06	<b>25.24</b>









Průběh normálové síly ve stěně trouby

## Základní data

Typ konstrukce : Obecný XYZ

Počet uzlů :	192
Počet prutů :	0
Počet maker 1D:	0
Počet linií :	168
Počet 2D maker :	72
Počet průřezů :	0
Počet stavů :	3
Počet materiálů:	1

## Materiál

Jméno		
C40/50		
	Modul E	35000.00 MPa
	Poissonův souč.	0.20
	Objemová hmotnost	2500.000 kg/m <sup>3</sup>
	Roztažnost	0.01 mm/m.K

## Výpis materiálu - Macro2D

Skupina prutů :

1/72

čís.	Jméno	jakost	jednotková objemová hmotnost kgm <sup>3</sup>	objem m <sup>3</sup>	váha kg
7	C40/50	C40/50	2500.00	3.01	7515.60

Celková hmotnost konstrukce : 7515.60 kg

## Uzly

uzel	X m	Y m	Z m
1	0.000	0.570	0.000
2	-0.000	-0.570	0.000
3	0.000	0.000	-0.570
4	0.000	0.074	-0.565
5	0.000	0.148	-0.551
6	2.000	0.148	-0.551
7	2.000	0.074	-0.565
8	2.000	0.000	-0.570
9	0.000	0.218	-0.527
10	0.000	0.285	-0.494
11	2.000	0.285	-0.494
12	2.000	0.218	-0.527
13	0.000	0.347	-0.452
14	0.000	0.403	-0.403
15	2.000	0.403	-0.403
16	2.000	0.347	-0.452
17	0.000	0.452	-0.347
18	0.000	0.494	-0.285
19	2.000	0.494	-0.285
20	2.000	0.452	-0.347
21	0.000	0.527	-0.218
22	0.000	0.551	-0.148
23	2.000	0.551	-0.148
24	2.000	0.527	-0.218
25	0.000	0.565	-0.074
26	2.000	0.570	0.000
27	2.000	0.565	-0.074
28	-0.000	0.565	0.074
29	-0.000	0.551	0.148
30	2.000	0.551	0.148
31	2.000	0.565	0.074
32	-0.000	0.527	0.218
33	-0.000	0.494	0.285
34	2.000	0.494	0.285
35	2.000	0.527	0.218
36	-0.000	0.452	0.347
37	-0.000	0.403	0.403
38	2.000	0.403	0.403
39	2.000	0.452	0.347
40	-0.000	0.347	0.452
41	-0.000	0.285	0.494
42	2.000	0.285	0.494
43	2.000	0.347	0.452
44	-0.000	0.218	0.527
45	-0.000	0.148	0.551
46	2.000	0.148	0.551
47	2.000	0.218	0.527
48	-0.000	0.074	0.565
49	-0.000	0.000	0.570
50	2.000	0.000	0.570
51	2.000	0.074	0.565
52	-0.000	-0.074	0.565
53	-0.000	-0.148	0.551
54	2.000	-0.148	0.551
55	2.000	-0.074	0.565
56	-0.000	-0.218	0.527

uzel	X m	Y m	Z m
57	-0.000	-0.285	0.494
58	2.000	-0.285	0.494
59	2.000	-0.218	0.527
60	-0.000	-0.347	0.452
61	-0.000	-0.403	0.403
62	2.000	-0.403	0.403
63	2.000	-0.347	0.452
64	-0.000	-0.452	0.347
65	-0.000	-0.494	0.285
66	2.000	-0.494	0.285
67	2.000	-0.452	0.347
68	-0.000	-0.527	0.218
69	-0.000	-0.551	0.148
70	2.000	-0.551	0.148
71	2.000	-0.527	0.218
72	-0.000	-0.565	0.074
73	2.000	-0.570	0.000
74	2.000	-0.565	0.074
75	0.000	-0.565	-0.074
76	0.000	-0.551	-0.148
77	2.000	-0.551	-0.148
78	2.000	-0.565	-0.074
79	0.000	-0.527	-0.218
80	0.000	-0.494	-0.285
81	2.000	-0.494	-0.285
82	2.000	-0.527	-0.218
83	0.000	-0.452	-0.347
84	0.000	-0.403	-0.403
85	2.000	-0.403	-0.403
86	2.000	-0.452	-0.347
87	0.000	-0.347	-0.452
88	0.000	-0.285	-0.494
89	2.000	-0.285	-0.494
90	2.000	-0.347	-0.452
91	0.000	-0.218	-0.527
92	0.000	-0.148	-0.551
93	2.000	-0.148	-0.551
94	2.000	-0.218	-0.527
95	0.000	-0.074	-0.565
96	2.000	-0.074	-0.565
97	4.000	0.148	-0.551
98	4.000	0.074	-0.565
99	4.000	0.000	-0.570
100	4.000	0.285	-0.494
101	4.000	0.218	-0.527
102	4.000	0.403	-0.403
103	4.000	0.347	-0.452
104	4.000	0.494	-0.285
105	4.000	0.452	-0.347
106	4.000	0.551	-0.148
107	4.000	0.527	-0.218
108	4.000	0.570	0.000
109	4.000	0.565	-0.074
110	4.000	0.551	0.148
111	4.000	0.565	0.074
112	4.000	0.494	0.285

uzel	X m	Y m	Z m
113	4.000	0.527	0.218
114	4.000	0.403	0.403
115	4.000	0.452	0.347
116	4.000	0.285	0.494
117	4.000	0.347	0.452
118	4.000	0.148	0.551
119	4.000	0.218	0.527
120	4.000	0.000	0.570
121	4.000	0.074	0.565
122	4.000	-0.148	0.551
123	4.000	-0.074	0.565
124	4.000	-0.285	0.494
125	4.000	-0.218	0.527
126	4.000	-0.403	0.403
127	4.000	-0.347	0.452
128	4.000	-0.494	0.285
129	4.000	-0.452	0.347
130	4.000	-0.551	0.148
131	4.000	-0.527	0.218
132	4.000	-0.570	0.000
133	4.000	-0.565	0.074
134	4.000	-0.551	-0.148
135	4.000	-0.565	-0.074
136	4.000	-0.494	-0.285
137	4.000	-0.527	-0.218
138	4.000	-0.403	-0.403
139	4.000	-0.452	-0.347
140	4.000	-0.285	-0.494
141	4.000	-0.347	-0.452
142	4.000	-0.148	-0.551
143	4.000	-0.218	-0.527
144	4.000	-0.074	-0.565
145	6.000	0.148	-0.551
146	6.000	0.074	-0.565
147	6.000	0.000	-0.570
148	6.000	0.285	-0.494
149	6.000	0.218	-0.527
150	6.000	0.403	-0.403
151	6.000	0.347	-0.452
152	6.000	0.494	-0.285
153	6.000	0.452	-0.347
154	6.000	0.551	-0.148
155	6.000	0.527	-0.218
156	6.000	0.570	0.000
157	6.000	0.565	-0.074
158	6.000	0.551	0.148
159	6.000	0.565	0.074
160	6.000	0.494	0.285
161	6.000	0.527	0.218
162	6.000	0.403	0.403
163	6.000	0.452	0.347
164	6.000	0.285	0.494
165	6.000	0.347	0.452
166	6.000	0.148	0.551
167	6.000	0.218	0.527
168	6.000	0.000	0.570

uzel	X m	Y m	Z m
169	6.000	0.074	0.565
170	6.000	-0.148	0.551
171	6.000	-0.074	0.565
172	6.000	-0.285	0.494
173	6.000	-0.218	0.527
174	6.000	-0.403	0.403
175	6.000	-0.347	0.452
176	6.000	-0.494	0.285

uzel	X m	Y m	Z m
177	6.000	-0.452	0.347
178	6.000	-0.551	0.148
179	6.000	-0.527	0.218
180	6.000	-0.570	0.000
181	6.000	-0.565	0.074
182	6.000	-0.551	-0.148
183	6.000	-0.565	-0.074
184	6.000	-0.494	-0.285

uzel	X m	Y m	Z m
185	6.000	-0.527	-0.218
186	6.000	-0.403	-0.403
187	6.000	-0.452	-0.347
188	6.000	-0.285	-0.494
189	6.000	-0.347	-0.452
190	6.000	-0.148	-0.551
191	6.000	-0.218	-0.527
192	6.000	-0.074	-0.565

## Makra 2D

čís	typ	
1		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	1,2,3,4
2		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	5,6,7,2
3		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	8,9,10,6
4		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	11,12,13,9
5		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	14,15,16,12
6		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	17,18,19,15
7		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	20,21,22,18
8		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	23,24,25,21
9		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	26,27,28,24
10		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	29,30,31,27
11		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	32,33,34,30
12		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	35,36,37,33
13		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	38,39,40,36
14		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	41,42,43,39
15		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	44,45,46,42
16		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	47,48,49,45
17		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	50,51,52,48
18		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	53,54,55,51
19		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	56,57,58,54

čís	typ	
20		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	59,60,61,57
21		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	62,63,64,60
22		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	65,66,67,63
23		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	68,69,70,66
24		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	71,72,73,69
25		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	74,75,76,73
26		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	77,78,79,76
27		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	80,81,82,78
28		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	83,84,85,82
29		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	86,87,88,85
30		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	89,90,91,88
31		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	92,93,94,90
32		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	95,96,97,94
33		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	98,99,100,98
34		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	101,102,103,100
35		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	104,105,106,103
36		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	107,108,109,106
37		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	110,111,112,109
38		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	113,114,115,112

čís	typ	
39		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	46,102,103,100
40		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	49,104,105,102
41		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	52,106,107,104
42		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	55,108,109,106
43		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	58,110,111,108
44		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	61,112,113,110
45		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	64,114,115,112
46		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	67,116,117,114
47		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	70,118,119,116
48		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	72,75,120,118
49		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	74,121,122,123
50		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	77,124,125,121
51		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	79,126,127,124
52		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	81,128,129,126
53		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	83,130,131,128
54		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	85,132,133,130
55		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	87,134,135,132

čís	typ	
56		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	89,136,137,134
57		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	91,138,139,136
58		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	93,140,141,138
59		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	95,142,143,140
60		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	97,144,145,142
61		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	99,146,147,144
62		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	101,148,149,146
63		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	103,150,151,148
64		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	105,152,153,150
65		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	107,154,155,152
66		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	109,156,157,154
67		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	111,158,159,156
68		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	113,160,161,158
69		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	115,162,163,160
70		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	117,164,165,162
71		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	119,166,167,164
72		
	C40/50	Tloušťka 0.14 m
	Linie :	120,123,168,166

## Klouby

Hodnoty tuhostí liniových kloubů jsou stanoveny v 1 m' délky

makro 2D/ linie	typ
1/3	fix
2/7	fix
3/10	fix

makro 2D/ linie	typ
4/13	fix
5/16	fix
6/19	fix

makro 2D/ linie	typ
7/22	fix
8/25	fix
9/28	fix

makro 2D/ linie	typ
10/31	fix
11/34	fix
12/37	fix

makro 2D/ linie	typ
13/40	fix
14/43	fix
15/46	fix
16/49	fix
17/52	fix
18/55	fix
19/58	fix
20/61	fix
21/64	fix

makro 2D/ linie	typ
22/67	fix
23/70	fix
24/72	fix
49/74	fix
50/77	fix
51/79	fix
52/81	fix
53/83	fix
54/85	fix

makro 2D/ linie	typ
55/87	fix
56/89	fix
57/91	fix
58/93	fix
59/95	fix
60/97	fix
61/99	fix
62/101	fix
63/103	fix

makro 2D/ linie	typ
64/105	fix
65/107	fix
66/109	fix
67/111	fix
68/113	fix
69/115	fix
70/117	fix
71/119	fix
72/120	fix

### Podloží - Makro 2D - Soilin

Index	Makro 2D
1	1
2	2
3	3
4	22
5	23

Index	Makro 2D
6	24
7	25
8	26
9	27
10	46

Index	Makro 2D
11	47
12	48
13	49
14	50
15	51

Index	Makro 2D
16	70
17	71
18	72



### Zatěžovací stavy

Stav	Jméno	Popis
1	Vlastní tíha konstrukce	Vlastní váha. Směr -Z
2	Svislý tlak zeminy	Stálé - Zatížení
3	Železniční doprava - model 71	Nahodilé - Železniční doprava

### Skupina nahodilých zatížení

Jméno	Popis
Železniční doprava	EC1 - typ zatížení Kat G : vozidlo >30kN

### Zatěžovací stav č. 2 - Volná zatížení

#### Obdélníky

Index	Rozložení	x m	y m	qx kN/m <sup>2</sup>	qy kN/m <sup>2</sup>	qz kN/m <sup>2</sup>	Systém	Platnost	Poloha	Makra 2D
1	Rovnoměrné	0.00	0.57	0.00	0.00	-48.20	Globál.	Vše	Průmět	7-18,31-42
		6.00	-0.57							55-

### Zatěžovací stav č. 3 - Volná zatížení

#### Obdélníky

Index	Rozložení	x m	y m	qx kN/m <sup>2</sup>	qy kN/m <sup>2</sup>	qz kN/m <sup>2</sup>	Systém	Platnost	Poloha	Makra 2D
1	Rovnoměrné	0.00	0.57	0.00	0.00	-30.11	Globál.	Vše	Průmět	7-18,31-42
		6.00	-0.57							55-

## Kombinace

Kombi	Norma	Stav	souč.
1.	EC - únosnost	1 Vlastní tíha konstrukce	1.00
		2 Svislý tlak zeminy	1.00
		3 Železniční doprava - model 71	1.00
2.		1 Vlastní tíha konstrukce	1.18
		2 Svislý tlak zeminy	1.18
		3 Železniční doprava - model 71	0.80
3.	EC - použitelnost	1 Vlastní tíha konstrukce	1.00
		2 Svislý tlak zeminy	1.00
		3 Železniční doprava - model 71	1.00

Základní pravidla pro generování kombinací na únosnost.

- 1 : 1.15\*ZS1 / 1.15\*ZS2
- 2 : 1.00\*ZS1 / 1.00\*ZS2
- 3 : 1.15\*ZS1 / 1.15\*ZS2 / 1.75\*ZS3
- 4 : 1.00\*ZS1 / 1.00\*ZS2 / 1.75\*ZS3
- 5 : 1.35\*ZS1 / 1.35\*ZS2
- 6 : 1.18\*ZS1 / 1.18\*ZS2
- 7 : 1.35\*ZS1 / 1.35\*ZS2 / 1.40\*ZS3
- 8 : 1.18\*ZS1 / 1.18\*ZS2 / 1.40\*ZS3

Základní pravidla pro generování kombinací na použitelnost.

- 1 : 1.00\*ZS1 / 1.00\*ZS2
- 2 : 1.00\*ZS1 / 1.00\*ZS2 / 1.00\*ZS3

### Přetížení - kombinace zatěžovacích stavů

Index	Coef	Name
1	1.00	Vlastní tíha konstrukce
2	1.00	Svislý tlak zeminy
3	1.00	Železniční doprava - model 71

### Přetížení - Obdélník

### Přetížení - Kruh

### Geologie - Čtyřúhelník

Index	X1 [m]	Y1 [m]	X2 [m]	Y2 [m]	X3 [m]	Y3 [m]	X4 [m]	Y4 [m]
2	-1.	-1.5	7.	-1.5	7.	1.5	-1.	1.5

### Geologie - Průřez

Index	Depth [m]	Layers	E [Pa]	Poiss	Gama [N/m3]	m
1	0.7	2	200000000	0.2	20000.	0.3
2	2.5	4	120000000.	0.35	18000.	0.2
3	4.5	5	150000000.	0.3	18000.	0.3
4	10.	7	150000000.	0.3	10000.	0.3

Nestlačitelné podloží pod poslední zadanou vrstvou = Ne

### Výkopy - Čtyřúhelník

Index	X1 [m]	Y1 [m]	X2 [m]	Y2 [m]	X3 [m]	Y3 [m]	X4 [m]	Y4 [m]	Výška [m]
2	0.0	-0.403	6.	-0.403	6.	0.403	0.0	0.403	3.72

## Protokol o výpočtu.

### Lineární výpočet

Počet 2D prvků	3888
Počet 1D prvků	0
Počet uzlů sítě	3936
Počet rovnic	23616
Zatěžovací stavy	ZS 1 Vlastní tíha konstrukce
	ZS 2 Svislý tlak zeminy
	ZS 3 Železniční doprava - model 71
Ohybová teorie	Mindlin
Spuštění výpočtu	14.04.2025 01:05
Konec výpočtu	14.04.2025 01:05

### Suma zatížení a reakcí.

	[kN]	X	Y	Z
Zatěžovací stav 1	zatížení	0.0	0.0	-75.2
	reakce v uzlech	0.0	0.0	0.0
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	-0.0	-0.0	75.2
Zatěžovací stav 2	zatížení	0.0	0.0	-329.7
	reakce v uzlech	0.0	0.0	0.0
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	-0.0	-0.0	329.7
Zatěžovací stav 3	zatížení	0.0	0.0	-206.0
	reakce v uzlech	0.0	0.0	0.0
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	-0.0	-0.0	206.0

### Lineární výpočet

Počet 2D prvků	3888
Počet 1D prvků	0
Počet uzlů sítě	3936
Počet rovnic	23616
Zatěžovací stavy	ZS 1 Vlastní tíha konstrukce
	ZS 2 Svislý tlak zeminy
	ZS 3 Železniční doprava - model 71
Ohybová teorie	Mindlin
Spuštění výpočtu	14.04.2025 01:05
Konec výpočtu	14.04.2025 01:05

### Lineární výpočet

Počet 2D prvků	3888
Počet 1D prvků	0
Počet uzlů sítě	3936
Počet rovnic	23616
Zatěžovací stavy	ZS 1 Vlastní tíha konstrukce
	ZS 2 Svislý tlak zeminy
	ZS 3 Železniční doprava - model 71
Ohybová teorie	Mindlin
Spuštění výpočtu	14.04.2025 01:05
Konec výpočtu	14.04.2025 01:05

### Suma zatížení a reakcí.

		[kN]	X	Y	Z
Zatěžovací stav	1	zatížení	0.0	0.0	-75.2
		reakce v uzlech	0.0	0.0	31.4
		reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
		kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
		kontakt 2D	-0.0	-0.0	43.8
Zatěžovací stav	2	zatížení	0.0	0.0	-329.7
		reakce v uzlech	0.0	0.0	138.2
		reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
		kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
		kontakt 2D	-0.0	-0.0	191.5
Zatěžovací stav	3	zatížení	0.0	0.0	-206.0
		reakce v uzlech	0.0	0.0	86.3
		reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
		kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
		kontakt 2D	-0.0	-0.0	119.6

### Lineární výpočet

Počet 2D prvků	3888
Počet 1D prvků	0
Počet uzlů sítě	3936
Počet rovnic	23616
Zatěžovací stavy	ZS 1 Vlastní tíha konstrukce
	ZS 2 Svislý tlak zeminy
	ZS 3 Železniční doprava - model 71
Ohybová teorie	Mindlin
Spuštění výpočtu	14.04.2025 01:05
Konec výpočtu	14.04.2025 01:05

### Lineární výpočet

Počet 2D prvků	3888
Počet 1D prvků	0
Počet uzlů sítě	3936
Počet rovnic	23616
Zatěžovací stavy	ZS 1 Vlastní tíha konstrukce
	ZS 2 Svislý tlak zeminy
	ZS 3 Železniční doprava - model 71
Ohybová teorie	Mindlin
Spuštění výpočtu	14.04.2025 01:05
Konec výpočtu	14.04.2025 01:05

### Lineární výpočet

Počet 2D prvků	3888
Počet 1D prvků	0
Počet uzlů sítě	3936
Počet rovnic	23616
Zatěžovací stavy	ZS 1 Vlastní tíha konstrukce
	ZS 2 Svislý tlak zeminy
	ZS 3 Železniční doprava - model 71
Ohybová teorie	Mindlin
Spuštění výpočtu	14.04.2025 01:06
Konec výpočtu	14.04.2025 01:06

### Suma zatížení a reakcí.

		[kN]	X	Y	Z
Zatěžovací stav	1	zatížení	0.0	0.0	-75.2
		reakce v uzlech	0.0	0.0	27.0
		reakce na liniích	0.0	0.0	0.0

	[kN]	X	Y	Z
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	-0.0	-0.0	48.1
Zatěžovací stav 2	zatížení	0.0	0.0	-329.7
	reakce v uzlech	0.0	0.0	119.1
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	-0.0	-0.0	210.5
Zatěžovací stav 3	zatížení	0.0	0.0	-206.0
	reakce v uzlech	0.0	0.0	74.4
	reakce na liniích	0.0	0.0	0.0
	kontakt 1D	0.0	0.0	0.0
	kontakt 2D	-0.0	-0.0	131.5

## Soilin

Počet 2D prvků	3888
Počet uzlů sítě	3936
Režim	Auto
Max. iterace	3
Norma	EC
Test přesnosti	1.00e-002
Max. kontaktní napětí	1.00e+004 kPa
Spuštění výpočtu	14.04.2025 01:05
Celková výslednice kontaktního napětí	6.11e+002 kN
Výslednice od přitížení	6.08e+002 kN
Rozdíl přitížení	0.4 %
Iterace	1
Konec výpočtu	14.04.2025 01:05

## Soilin

Počet 2D prvků	3888
Počet uzlů sítě	3936
Režim	Auto
Max. iterace	3
Norma	EC
Test přesnosti	1.00e-002
Max. kontaktní napětí	1.00e+004 kPa
Spuštění výpočtu	14.04.2025 01:05
Celková výslednice kontaktního napětí	6.11e+002 kN
Výslednice od přitížení	6.10e+002 kN
Rozdíl přitížení	0.1 %
Iterace	2
Konec výpočtu	14.04.2025 01:06

## Soilin

Počet 2D prvků	3888
Počet uzlů sítě	3936
Režim	Auto
Max. iterace	3
Norma	EC
Test přesnosti	1.00e-002
Max. kontaktní napětí	1.00e+004 kPa
Spuštění výpočtu	14.04.2025 01:06
Celková výslednice kontaktního napětí	6.11e+002 kN
Výslednice od přitížení	6.10e+002 kN
Rozdíl přitížení	0.1 %
Iterace	3
Konec výpočtu	14.04.2025 01:06

## Charakteristické dimenzační veličiny - zatížení vlastní tíhou

### Globální extrémy

Rotace planárního systému: Ne

Dimenzační veličiny - ohybové, membránové

prvek	mxD+ [kNm/m]	myD+ [kNm/m]	mxD- [kNm/m]	myD- [kNm/m]	nxD [kN/m]	nyD [kN/m]
2295	<b>0.09</b>	0.45	-0.09	0.00	-0.06	0.00
1918	<b>-0.08</b>	0.00	0.08	0.37	0.00	0.24
2319	0.02	<b>0.45</b>	-0.01	0.00	0.04	0.00
1297	-0.00	<b>0.00</b>	0.00	0.41	2.69	0.00
1918	-0.08	0.00	<b>0.08</b>	0.37	0.00	0.24
1593	0.09	0.45	<b>-0.09</b>	0.00	-0.06	0.00
2590	-0.02	0.00	0.02	<b>0.41</b>	2.80	0.00
1459	0.01	0.14	0.01	<b>0.00</b>	1.30	0.00
1321	-0.07	0.00	0.07	0.41	<b>3.11</b>	0.00
2185	0.03	0.16	-0.03	0.00	<b>-1.51</b>	0.00
1936	-0.06	0.00	0.06	0.37	0.00	<b>0.49</b>
1735	0.01	0.07	-0.00	0.00	0.00	<b>-1.23</b>

Výběr proveden pro makra : 25/48

## Charakteristické dimenzační veličiny - zatížení svislým tlakem zeminy

### Globální extrémy

Rotace planárního systému: Ne

Dimenzační veličiny - ohybové, membránové

prvek	mxD+ [kNm/m]	myD+ [kNm/m]	mxD- [kNm/m]	myD- [kNm/m]	nxD [kN/m]	nyD [kN/m]
1592	<b>0.78</b>	3.90	-0.78	0.00	-3.61	0.00
1918	<b>-0.81</b>	0.00	0.81	3.86	0.00	-0.19
2266	0.14	<b>3.92</b>	-0.13	0.00	-1.60	0.00
1297	-0.00	<b>0.00</b>	0.00	3.48	11.37	0.00
1918	-0.81	0.00	<b>0.81</b>	3.86	0.00	-0.19
1594	0.78	3.90	<b>-0.78</b>	0.00	-3.61	0.00
1995	-0.16	0.00	0.16	<b>3.87</b>	0.00	-3.91
1459	0.10	0.97	0.09	<b>0.00</b>	5.82	0.00
1321	-0.65	0.00	0.65	3.49	<b>15.19</b>	0.00
1945	-0.01	0.00	0.01	3.80	<b>-10.02</b>	0.00
1936	-0.62	0.00	0.63	3.84	0.00	<b>2.09</b>
1808	-0.42	0.00	0.42	1.92	0.00	<b>-6.99</b>

Výběr proveden pro makra : 25/48

**Charakteristické dimenzační veličiny - zatížení železniční dopravou - model 71**

**Globální extrémy**

Rotace planárního systému: Ne

Dimenzační veličiny - ohybové, membránové

prvek	mxD+ [kNm/m]	myD+ [kNm/m]	mxD- [kNm/m]	myD- [kNm/m]	nxD [kN/m]	nyD [kN/m]
1592	<b>0.48</b>	2.43	-0.48	0.00	-2.26	0.00
1918	<b>-0.50</b>	0.00	0.50	2.41	0.00	-0.12
2266	0.09	<b>2.45</b>	-0.08	0.00	-1.00	0.00
1297	-0.00	<b>0.00</b>	0.00	2.17	7.10	0.00
1918	-0.50	0.00	<b>0.50</b>	2.41	0.00	-0.12
1594	0.48	2.43	<b>-0.48</b>	0.00	-2.26	0.00
1995	-0.10	0.00	0.10	<b>2.42</b>	0.00	-2.44
1459	0.06	0.61	0.06	<b>0.00</b>	3.63	0.00
2564	-0.41	0.00	0.41	2.18	<b>9.49</b>	0.00
1892	-0.00	0.00	0.00	2.37	<b>-6.26</b>	0.00
1936	-0.39	0.00	0.39	2.40	0.00	<b>1.31</b>
1808	-0.26	0.00	0.26	1.20	0.00	<b>-4.36</b>

Výběr proveden pro makra : 25/48

**Extrémní dimenzační veličiny - kombinace únosnost**

**Globální extrémy**

Rotace planárního systému: Ne

Dimenzační veličiny - ohybové, membránové

Závislé hodnoty

prvek	mxD+ [kNm/m]	myD+ [kNm/m]	mxD- [kNm/m]	myD- [kNm/m]	nxD [kN/m]	nyD [kN/m]
1592	<b>1.85</b>	9.28	-1.85	0.00	-8.58	0.00
1918	<b>-1.91</b>	0.00	1.91	9.09	0.00	-0.10
2266	0.33	<b>9.33</b>	-0.32	0.00	-3.97	0.00
2078	0.00	<b>-0.04</b>	0.06	0.04	-13.97	0.00
1918	-1.91	0.00	<b>1.91</b>	9.09	0.00	-0.10
1594	1.85	9.28	<b>-1.85</b>	0.00	-8.58	0.00
1995	-0.37	0.00	0.37	<b>9.13</b>	0.00	-8.98
1459	0.11	1.12	0.10	<b>0.00</b>	7.12	0.00
2564	-1.55	0.00	1.55	8.31	<b>38.03</b>	0.00
1945	-0.01	0.00	0.02	8.96	<b>-25.31</b>	0.00
1936	-1.48	0.00	1.48	9.06	0.00	<b>5.32</b>
1784	-0.16	0.00	0.59	4.95	0.00	<b>-19.49</b>

Výběr proveden pro makra : 25/48



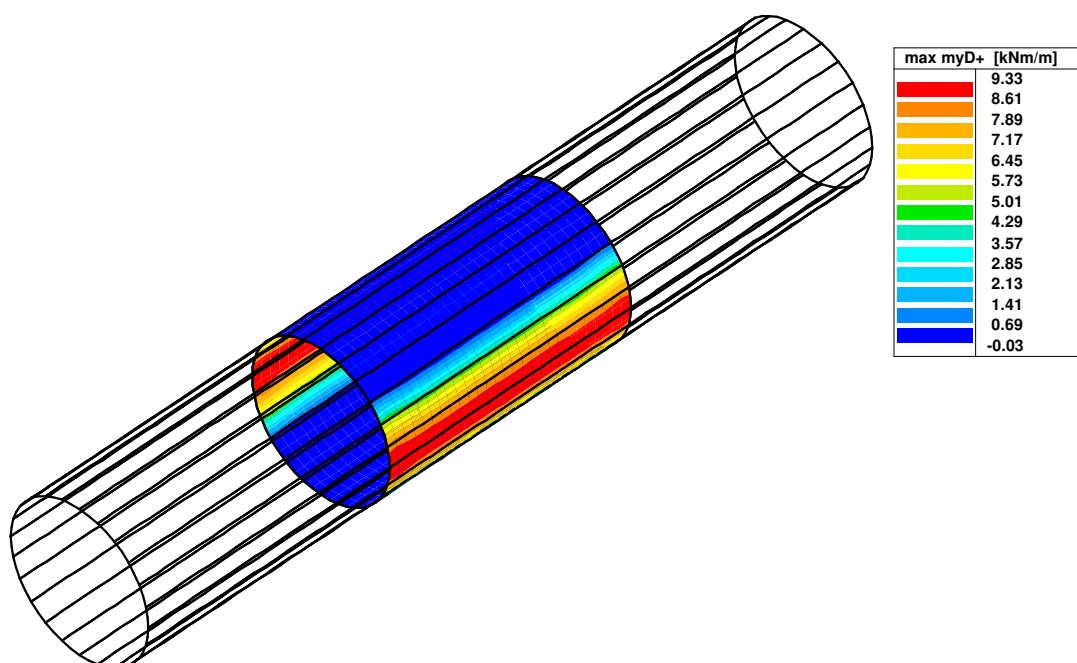
**Extrémní vnitřní síly - kombinace únosnost**

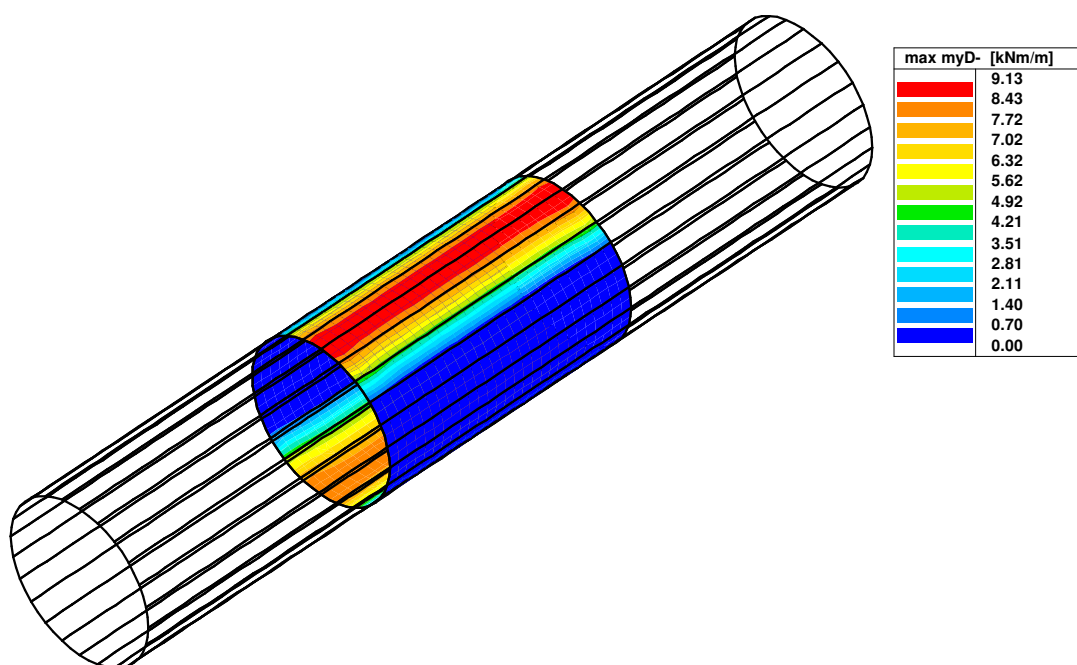
**Globální extrémy**

Rotace planárního systému: Ne  
Základní veličiny - ohybové, membránové  
Závislé hodnoty

prvek	mx [kNm/m]	my [kNm/m]	mxy [kNm/m]	vx [kN/m]	vy [kN/m]	nx [kN/m]	ny [kN/m]	nxy [kN/m]
1918	<b>1.91</b>	9.09	-0.00	-0.01	-0.14	-21.23	-0.10	0.00
1594	<b>-1.85</b>	-9.28	-0.00	0.01	-0.79	-8.58	-63.53	-0.13
1942	0.37	<b>9.13</b>	0.00	-4.38	-0.13	-23.13	-8.98	0.09
2319	-0.32	<b>-9.32</b>	-0.01	4.38	0.62	-4.10	-54.99	3.28
2430	-0.56	0.98	<b>0.63</b>	-3.63	-62.26	17.03	-44.69	0.46
1511	-0.56	0.98	<b>-0.63</b>	-3.63	62.26	17.03	-44.69	-0.46
1947	0.83	9.08	0.00	<b>4.76</b>	0.13	-22.34	0.84	0.10
1940	0.83	9.08	0.00	<b>-4.76</b>	-0.13	-22.34	0.84	0.10
1511	-0.56	0.98	-0.63	-3.63	<b>62.26</b>	17.03	-44.69	-0.46
2430	-0.56	0.98	0.63	-3.63	<b>-62.26</b>	17.03	-44.69	0.46
2564	1.55	8.31	-0.00	0.01	-0.03	<b>38.03</b>	-17.84	-0.00
1945	0.01	8.95	0.00	3.00	0.21	<b>-25.31</b>	-30.83	0.02
1936	1.48	9.06	0.00	-2.92	-0.13	-20.76	<b>5.32</b>	0.08
2260	-1.42	-9.24	0.00	2.88	0.89	-7.67	<b>-68.99</b>	2.37
2427	-0.20	-4.67	0.44	2.39	-28.64	11.03	-51.23	<b>9.70</b>
1510	-0.20	-4.67	-0.44	2.39	28.64	11.04	-51.23	<b>-9.70</b>

Výběr proveden pro makra : 25/48





### **E.3. Stanovení zatížitelnosti podle Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů z 31.7.2015**

Zatížitelnost průřezu železobetonové trouby TZT-Q100-128/199/ LM je stanovena dle Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů schváleného dne 31.7. 2015 generálním ředitelem SŽDC.

Zatížitelnost  $Z_{LM71}$  prvku mostního objektu se stanoví pro kategorii „C“ podle čl. 4.7.6 na str.27 Metodického pokynu dle následujícího obecného vztahu:

$$Z_{LM71} = (R_d - \sum E_{rs,Ed,i}) / E_{LM71,Ed}$$

Návrhová únosnost průřezu trouby  $R_d$  (viz. str.17):

$$R_d = M_{u,TR} = 21.50 \text{ kNm/m}$$

Návrhová hodnota účinků od ostatních zatížení  $\sum E_{rs,Ed,i}$  které působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravou – zatížení vlastní tíhou a zeminou (viz. str.39):

$$\sum E_{rs,Ed,i} = \gamma_G m_{ykD+(1+2)} = 1.35 (0.45 + 3.92) = \mathbf{5.90 \text{ kNm/m}}$$

Návrhová hodnota účinků od svislého proměnného zatížení železniční dopravou reprezentovanou modelem zatížení 71 včetně dynamických vlivů  $E_{LM71,Ed}$  (viz. str.40):

$$E_{LM71,Ed} = \gamma_Q \text{red } \Phi_3 \alpha m_{ykD+(3)}$$

Součinitel  $\alpha$  dle NA.2.53 ČSN EN 1991-2:  $\alpha = 1.21$

Dynamický součinitel  $\Phi$  (uvažován jako  $\Phi_3$ ) dle 6.4.5.2 ČSN EN 1991-2:  $\Phi = \Phi_3 = 2.0$

Snížení dynamického součinitele pro mosty s přesypávkou vyšší než 1 m dle 6.4.5.4 ČSN EN 1991-2, pro přesypávku výšky 2.60 m:

$$\text{red } \Phi_3 = \Phi_3 - (h - 1.00) / 10 \geq 1.00$$

$$\text{red } \Phi_3 = 2.0 - (2.60 - 1.00) / 10 = 1.84$$

Po dosazení:

$$E_{LM71,Ed} = \gamma_Q \text{red } \Phi_3 \alpha m_{ykD+(3)} = 1.45 \times 1.84 \times 1.21 \times 2.45 = \mathbf{7.91 \text{ kNm/m}}$$

**Výsledná zatížitelnost železobetonové protlakové trouby TZT-Q100-128/199 vzhledem k LM71 stanovená podle Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů z 31.7.2015 pro výšku přesypávky 2.60 m a klasifikační součinitel pro model zatížení LM-71  $\alpha = 1.21$  dosahuje hodnoty:**

$$Z_{LM71} = (R_d - \sum E_{rs,Ed,i}) / E_{LM71,Ed} = (21.95 - 5.90) / 7.91 = \mathbf{2.03 \geq 1.00}$$

**=> průřez protlakové trouby vyhovuje**

## F. POSOUZENÍ OPĚRNÉHO BLOKU PŘI PROTlačOVÁNÍ

Zápichová jáma podchodu, ze které budou trouby protlačovány, bude mít po odečtení výztužných rámpů pažení vnitřní světlé půdorysné rozměry minimálně 6.00x5.00 m, koncová jáma pak 2.60x2.50 m.

Uvnitř zápichové jámy je navržen železobetonový opěrný blok šířky 5.00 m, výšky 3.90 m a tloušťky 0.50 m, přes který bude přenášet zatížení od hydraulického lisu a ocelového roznášecího roštu do pažící stěny a okolní zeminy.

Opěrný blok z betonu C 30/37-XC2-Dmax16-S3 podle ČSN EN 206+A1 uvnitř zápichové jámy bude v obou směrech a při obou površích vyztužen pruty ØR10 (ocel 10505 nebo B500B) po 100 mm. Krytí výztuže betonem musí dosahovat minimálně 40 mm. Vzdálenost nosníků roznášecího roštu nesmí ve svislém ani vodorovném směru překročit 1.20 m. Za železobetonovým blokem třeba počítat s vyplněním výztužných rámpů a štetovic betonem C 16/20.

Geologický profil uvažovaný ve statickém výpočtu za rubem opěrného bloku (s využitím archivní sondy 401940) – zbytek trasy mimo drážní těleso:

Hloubka v m	Popis zeminy	$\nu$	$\varphi' \text{ }^\circ$	$c' \text{ kPa}$	$\gamma \text{ kNm}^{-3}$	m	$E_{\text{def}} \text{ MPa}$	Třída zeminy
0.00-2.50	písečtá hlína, pevná šedá až hnědá	0.35	25	16	18.00	0.20	12	F3
>2.50	hlinitý písek	0.30	30	0	18.00	0.30	15	S4

Hladina podzemní vody ležela v archivní sondě 401940 4.50 m pod původním terénem.

Výška bloku  $h_b = 3.90$  m, šířka  $b_b = 5.00$  m, tloušťka  $t_b = 0.50$  m.

Základová spára opěrného bloku leží přibližně 5.37 m pod původním terénem a 0.87 m pod hladinou podzemní vody, tj. na kótě 503.08.

Součinitel tření mezi písečitou zeminou a železobetonovým opěrným blokem:

$$f = 0.60$$

Velikost tření opěrného bloku po zemině:

$$F_{\text{td},b} = b_b \times h_b \times t_b \times \gamma \times f \times \gamma_G$$

$$F_{\text{td},b} = 5.00 \times 3.90 \times 0.50 \times 25 \times 0.60 \times 1.00 = 146.25 \text{ kN}$$

Koeficienty pasivního zemního tlaku:

$$K_{p1} = \operatorname{tg}^2 (45 + \varphi_1'/2) = \operatorname{tg}^2 (45^\circ + 25/2^\circ) = 2.464 \text{ (písčítá hlína – hloubka 1.47 až 2.50 m)}$$

$$K_{p2} = \operatorname{tg}^2 (45 + \varphi_1'/2) = \operatorname{tg}^2 (45^\circ + 30/2^\circ) = 3.000 \text{ (hlinitý písek – hloubka 2.50 až 5.37 m)}$$

Průběh svislého tlaku nadloží ( $\gamma_G=1.00$ ):

$$\sigma_{zd01} = 1.47 \times 18 = 26.46 \text{ kNm}^{-2} \text{ (hloubka 1.47 m)}$$

$$\sigma_{zd02} = 2.50 \times 18 = 45.00 \text{ kNm}^{-2} \text{ (hloubka 2.50 m)}$$

$$\sigma_{zd03} = 4.50 \times 18 = 81.00 \text{ kNm}^{-2} \text{ (hloubka 4.50 m)}$$

$$\sigma_{zd04} = 81 + 0.87 \times (20-10) = 89.70 \text{ kNm}^{-2} \text{ (hloubka 5.37 m, 0.87 m pod hladinou podz. vody)}$$

Průběh pasivního zemního tlaku za rubem opěrného bloku ( $\gamma_G=1.00$ ):

$$p_{pd01} = \sigma_{zd01} \times K_{p1} + 2c' \sqrt{K_{p1}} = 26.46 \times 2.464 + 2 \times 16 \times \sqrt{2.464}$$

$$p_{pd01} = 65.20 + 50.23 = 115.43 \text{ kNm}^{-2} \text{ (hloubka 1.47 m)}$$

$$p_{pd02a} = \sigma_{zd02} \times K_{p1} + 2c' \sqrt{K_{p1}} = 45.00 \times 2.464 + 2 \times 16 \times \sqrt{2.464}$$

$$p_{pd02a} = 110.88 + 50.23 = 161.11 \text{ kNm}^{-2} \text{ (hloubka 2.50 m)}$$

$$p_{pd02b} = \sigma_{zd02} \times K_{p2} + 2c' \sqrt{K_{p2}} = 45.00 \times 3.000 + 2 \times 0 \times \sqrt{3.000}$$

$$p_{pd02b} = 135.00 \text{ kNm}^{-2} \text{ (hloubka 2.50 m)}$$

$$p_{pd03} = \sigma_{zd03} \times K_{p2} + 2c' \sqrt{K_{p2}} = 81.00 \times 3.000 + 2 \times 0 \times \sqrt{3.000}$$

$$p_{pd03} = 243.00 \text{ kNm}^{-2} \text{ (hloubka 4.50 m)}$$

$$p_{pd04} = \sigma_{zd04} \times K_{p2} + 2c' \sqrt{K_{p2}} + \gamma_w \times 0.87 = 89.70 \times 3.000 + 2 \times 0 \times \sqrt{3.000} + 10 \times 0.87$$

$$p_{pd04} = 269.10 + 8.70 = 277.80 \text{ kNm}^{-2} \text{ (hloubka 5.37 m, 0.87 m pod hladinou podz. vody)}$$

Výslednice pasivního zemního tlaku působícího na rub opěrného bloku:

Šířka bloku  $b = 5.00$  m, výška bloku  $h = 3.90$  m.

$$P_{pd} = 1/2 \times b \times ((p_{pd,01} + p_{pd,02a}) \times (2.50 - 1.47) + (p_{pd,02b} + p_{pd,03}) \times (4.50 - 2.50) + (p_{pd,03} + p_{pd,04}) \times (5.37 - 4.50))$$

$$P_{pd} = 1/2 \times 5 \times ((115.43 + 161.11) \times 1.03 + (135.00 + 243.00) \times 2.00 + (243.00 + 277.80) \times 0.87)$$

$$P_{pd} = 1/2 \times 5 \times (284.84 + 756.00 + 453.10) = 3734.85 \text{ kN}$$

$$P_{pd} = 3734.85 \text{ kN}$$

Celková únosnost opěrného bloku a zeminy:

Konstrukci podchodu vodovodu pod železniční tratí lze podle ČSN 750250 zařadit do kategorie návrhové životnosti 4 (50 let), třída spolehlivosti RC2 ( $K_{FI}=1.10$ ). Tímto součinitelem se při výpočtu vynásobují dílčí součinitele nepříznivých zatížení.

Musí platit:

$$N_{t,2,red,d} \times K_{FI} \leq N_{Rd}$$

$$N_{ub} = (P_{pd} + F_{td,b}) / \gamma_{R,h} \geq N_{td,red2} \times K_{FI}$$

$$N_{ub} = (3734.85 + 146.25) / 1.10 = \mathbf{3528.27 \text{ kN}}$$

$$N_{td,red2} \times K_{FI} = 1896.64 \times 1.10 = \mathbf{2086.63 \text{ kN}}$$
 (tlačná síla při zatíženém terénu – viz. odst. E.1)

$$\mathbf{3528.27 \text{ kN} \geq 2086.63 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhovuje}}$$

Navržené rozměry opěrného bloku na uvažovanou návrhovou situaci vyhoví.

Tlačná síla působí v ose protlačovaných trub cca 1.60 m nad spodním okrajem opěrného bloku, což přibližně odpovídá poloze výslednice pasivního zemního tlaku a tření opěrného bloku po zemině.

## G. ZÁVĚR, PODMÍNKY PROVÁDĚNÍ

Předmětem statického výpočtu bylo posouzení železobetonových protlakových trub se sklolaminátovou manžetou profilu DN1000 (TZZT-Q100-128/199 LM) tvořících podchod pod drážním tělesem dvoukolejné trati TÚ 1201 Šatov – Kolín (km trati 200.39). Protlakové trouby venkovního průměru 1280 mm s tloušťkou stěny 140 mm budou plnit funkci chráničky pro vodovodní potrubí z tvárné litiny DN500.

Podchod probíhá v Jihlavě od km 0.736 do km 0.776 severovýchodní větve vodovodu z tvárné litiny DN500. Celková délka podchodu (chráničky) je 40.00 m, z toho úsek v zemině tvoří 38.57 m.

**Výsledky statického výpočtu v odstavcích „E“ a „F“ prokázaly, že navržený průřez železobetonových protlakových trub profilu DN1000 (TZZT-Q100-128/199 LM – PREFA Brno) pro uvažované návrhové situace vyhovuje jak na mezní stav únosnosti, tak na mezní stav použitelnosti.**

**Výsledná zatížitelnost železobetonové trouby TZZT-Q100-128/199 LM vzhledem k LM71 stanovená podle Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů z 31.7.2015 pro výšku přesypávky 2.60 m a klasifikační součinitel pro model zatížení LM-71  $\alpha = 1.21$  dosahuje hodnoty  $Z_{LM71} = 2.03$ .**

Konstrukci podchodu vodovodu pod železniční tratí lze podle ČSN 750250 zařadit do kategorie návrhové životnosti 4 (50 let), třída spolehlivosti RC2 ( $K_{FI}=1.10$ ). Tímto součinitelem se při výpočtu vynásobují dílčí součinitele nepříznivých zatížení.

**Před zahájením jakýchkoliv prací investor zjistí a vyznačí všechny inženýrské sítě a jiné překážky z hlediska směrového a hloubkového uložení. Rovněž je třeba ověřit, zda navržené rozměry zápchové jámy odpovídají protlačovacímu zařízení, které má zhotovitel k dispozici.**

Přímo v místě podchodu nebyl zpracován podrobný inženýrsko-geologický průzkum. Zpracovatel výpočtu vycházel ze Zprávy o inženýrsko-geologickém průzkumu v trase SV větve vodovodu Jihlava a pro vodojem Bukovno 4000 m<sup>3</sup> zpracované ing. Jaroslavem Tylichem (firma GTX Velký Újezd 166, 783 55 Velký Újezd) v únoru 2004 a z nejbližší archivní sondy 401940 České geologické služby vzdálené cca 185 m severozápadním směrem. Základovou půdu pod tělesem železniční trati v úrovni protlačovaných železobetonových trub tvoří pravděpodobně hlinité písky. Úroveň hladiny podzemní vody ležela v archivní sondě 401940 4.50 m pod úrovní původního terénu, z čehož vyplývá nutnost jejího snižování v průběhu stavby uvnitř zápchové i koncové jámy protlaku min. 0.50 m pod dno výkopu čerpáním z jímek tvořených betonovými troubami TBH 2-80. Terén v místě podchodu je přibližně rovinný.

Zápchová jáma podchodu, ze které budou trouby protlačovány, bude mít po odečtení výztužných rámu pažení vnitřní světlé půdorysné rozměry minimálně 6.00x5.00 m, koncová jáma pak 2.60x2.50 m.



Dno výkopu zápichové jámy leží na kótě 503.72, tj. 4.73 m pod původním terénem, 0.23 m pod hladinou podzemní vody a 0.64 m pode dnem železobetonové protlakové trouby. V místě železobetonového opěrného bloku je výkop ještě prohlouben o dalších 0.64 m a nachází se tedy 5.37 m pod původním terénem. Dno výkopu koncové jámy se nachází na úrovni 504.08, tj. 5.09 m pod původním terénem, 0.59 m pod hladinou podzemní vody a 0.64 m pode dnem železobetonové protlakové trouby.

Ve výkaze výměr se na základě předběžného statického výpočtu uvažovalo s pažením obou jam štětovnicemi VL601 délky 9 m vyztuženými vnitřními ocelovými rámy. Podrobný statický výpočet pažení však není součástí posudku, poněvadž v době zpracování projektové dokumentace nebyl znám zhotovitel a tudíž ani jeho technologické vybavení k protlačování trub a požadavky na minimální vnitřní rozměry zápichových a koncových jam. Podrobné statické posouzení pažení musí být proto dopracováno jakmile bude znám zhotovitel podchodu a rozměry jam upřesní. Minimální rozměry a umístění železobetonového opěrného bloku nutno dodržet!

Po vykopání zápichové i koncové jámy projektant zhodnotí, zda zemina v místě protlaku odpovídá předpokladům statického výpočtu. Výztužné rámy pažících stěn obou jam třeba na přivařené konzoly uložit kluzně a pouze je doklínovat!

Uvnitř zápichové jámy je navržen železobetonový opěrný blok šířky 5.00 m, výšky 3.90 m a tloušťky 0.50 m, přes který bude přenášet zatížení od hydraulického lisu a ocelového roznášecího roštu do pažící stěny a okolní zeminy.

Opěrný blok z betonu C 30/37-XC2-Dmax16-S3 podle ČSN EN 206+A1 uvnitř zápichové jámy bude v obou směrech a při obou površích vyztužen pruty ØR10 (ocel 10505 nebo B500B) po 100 mm. Krytí výztuže betonem musí dosahovat minimálně 40 mm.

Za železobetonovým blokem třeba počítat s vyplněním výztužných ráků a štětovnic betonem C 16/20.

Při výrobě, dopravě, zpracování a ošetřování betonové směsi musí dodavatel prací plnit ustanovení ČSN EN 206+A1. Před zahájením betonáže musí být výztuž opěrného bloku převzata projektantem.

Zatížení opěrného bloku reakcí od hydraulického lisu a ocelového roznášecího roštu lze zahájit až po dosažení min. 90% projektem požadované pevnosti betonu v tlaku.

Konstrukce ocelového roznášecího roštu není předmětem statického výpočtu a bude provedena zhotovitelem stavby v závislosti na parametrech tlačného zařízení, které má k dispozici. Rošt je však nutno zhotovit tak, aby vodorovné i svislé osové vzdálenosti mezi jednotlivými nosníky opírajícími se po celé délce o svislý líc opěrného bloku nepřesáhly 1.20 m. **Přímé lokální zatížení opěrného bloku reakcemi tlačného zařízení není přípustné!**

Osa železobetonových protlakových trub DN1000 se nachází minimálně 3.24 m pod horním povrchem železničního svršku (bráno v celkové délce  $L_1 = 11.86$  m) a průměrně 3.86 m pod povrchem terénu ve zbytku trasy (tj. v délce  $L_2 = 26.71$  m). Minimální krytí protlakových trub pod horním povrchem železničního svršku činí 2.60 m. Protlakové trouby mají navržen spád 0.87% ve směru staničení, protlačování proběhne proti směru staničení. Niveleta železobetonových trub samotného podchodu leží nad hladinou podzemní vody. Protlak bude realizován v hlinitých píscích.

Z důvodu velkého tření na plášti protlakových trub třeba provést opatření na jeho snížení. Tření se sníží pomocí bentonitové suspenze vháněné za rub protlačovaných železobetonových trub přes otvory předvrtané v jejich plášti. Recepturu bentonitové suspenze navrhne dle místních podmínek zhotovitel stavby. Pro dosažení maximálního efektu suspenze je potřeba, aby trouby byly obaleny suspenzí po celém obvodu, suspenze byla zdravotně nezávadná a dostatečně viskózní, injektážní tlak nesmí způsobovat zvedání nadloží a suspenze musí být tixotropní (během protlačování tekutá, v klidu gel). Bentonitová suspenze musí snížit tření alespoň o 60%. Součinitel tření beton – písčité zemina snížený bentonitovou suspenzí tak dosáhne maximální hodnoty  $f_{red} = f (1 - \eta) = 0.60 (1 - 0.60) = 0.24$  uvažované ve statickém výpočtu.

**V průběhu snižování hladiny podzemní vody a protlačování železobetonových trub nutno průběžně geodeticky sledovat svislé deformace (sedání) železničního svršku, resp. kolejnic. Pokud by tyto deformace přesáhly přípustnou hodnotu nutno ihned práce přerušit a kontaktovat zpracovatele projektové dokumentace. Zeminu z protlačovaných trub třeba odtěžovat tak, aby nedocházelo k deformacím železničního svršku, tj. nevytvářet nezajištěné kaverny před břitem (čelem) první trouby.**

**V průběhu protlačování trub podchodu třeba též sledovat vodorovné deformace opěrného bloku a pažící stěny, aby nedošlo k poškození za nimi ležících kabelových vedení.**

Po dokončení podchodu budou do železobetonových protlakových trub vsunuty vodovodní trouby z tvárné litiny DN500 se zámkovými spoji. Stabilitu vodovodního potrubí uvnitř protlakových trub zabezpečí kluzné vymezovací objímky tloušťky 130 mm rozmístěné v roztečích 2.00 m a na obou koncích chráničky zdvojené. Dno protlakových trub leží o cca 140 mm níže nežli spodní okraj vodovodního potrubí z tvárné litiny DN500. Prostor mezi vsunutým potrubím DN500 a železobetonovými protlakovými troubami DN1000 tvořícími chráničku se na obou koncích uzavře těsnícími manžetami.

Po dokončení prací se potrubí v zápichové i koncové jámě zasype nesoudržným tříděným materiálem (pískem) v souladu s pokyny výrobce vodovodních trub do výše min. 100 mm nad jeho horní hranu. Zbytek objemu se vyplní zhutněnou zeminou vytěženou z výkopu. Zpětné zásypy nutno hutnit po vrstvách tloušťky max. 0.15 m na 95%PS podle ČSN 721006 popř.  $I_D \geq 0.90$  podle ČSN 721018.

Při vlastní stavbě je třeba respektovat všechny platné zákony, bezpečnostní předpisy a normy, týkající se prací na staveništích, zemních a montážních prací. Především se jedná o:

- zákon č. 262/2006 Sb. zákoník práce ve znění pozdějších předpisů
- zákon č. 309/2006 Sb., kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci) ve znění pozdějších předpisů
- zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů ve znění pozdějších předpisů
- nařízení vlády č. 591/2006 Sb. o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích ve znění pozdějších předpisů
- nařízení vlády č. 361/2007 Sb. kterou se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci ve znění pozdějších předpisů
- nařízení vlády 362/2005 Sb. o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky ve znění pozdějších předpisů.

Zvýšenou bezpečnost je třeba věnovat při práci s mechanismy, při ukládání břemen a při stavbě lešení a pracích ve výškách. Výkopy musí být zabezpečeny proti vstupu nepovolaných osob. Všichni pracovníci musí být prokazatelně důkladně poučeni a proškoleni. Je zakázáno sestupovat do výkopů nebo vystupovat z nich po konstrukci pažení, vstupovat do strojem vyhloubených výkopů, které nejsou zajištěny bez vhodné ochrany pracovníků (ochranný rám, bezpečnostní klec, rozpěrné konstrukce apod.). Zjistí-li se ve stěnách výkopů větší balvany, zbytky stavebních konstrukcí a jiných nesoudržných materiálů, které by mohly svým tlakem uvolnit zeminu, musí se zajistit proti uvolnění nebo odstranit.

Obnažené potrubní vedení ve stěně výkopu musí být ihned zajištěno proti průhybu, vybočení a rozpojení. Při ručním odstraňování pažení se musí postupovat zespodu za současného zasypávání odpaženého výkopu tak, aby byla zajištěna bezpečnost práce.

Je zakázáno používat lešení k pracím před jeho dokončením a předáním k jeho užívání, používat vratkých a nevhodných prostředků pro zvyšování místa práce, přetěžovat podlahy lešení, vystupovat a sestupovat z lešení jinak než na místě k tomu určených atd.

V souladu se zákonem č. 309/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů je zadavatel stavby povinen určit pro fázi realizace stavby koordinátora BOZP na stavby, kde bude působit dva a více zhotovitelů, které získaly stavební povolení po 1. lednu 2007 a u kterých jsou přesaženy následující limity objemu prací:

- u kterých celková předpokládaná doba trvání prací a činností je delší než 30 pracovních dnů, ve kterých bude na stavbě pracovat současně více jak 20 fyzických osob po dobu delší než 1 den
- u kterých celkový plánovaný objem prací a činností během realizace díla přesáhne 500 pracovních dnů v přepočtu na jednu fyzickou osobu.

Pokud nebudou tyto limity překročeny, koordinátor BOZP pro realizaci staveb se neurčuje. V době zpracovávání projektové dokumentace není známa dodavatelská organizace, která bude stavbu realizovat. Pokud dojde vybranou dodavatelskou firmou k překročení těchto limitů, koordinátora pro realizaci je nutno určit. Vzhledem k tomu že, na stavbě budou prováděny práce se zvýšeným rizikem dle NV 591/2006 Sb. ve znění pozdějších předpisů je nutno před zahájením prací zpracovat plán BOZP (zpracovává způsobilý koordinátor BOZP; ideální po výběru dodavatele, při znalosti struktury dodavatelské/dodavatelských firem).

Projektant dále upozorňuje, že práce by měla provádět firma, která má již s obdobnými stavbami zkušenosti. Před zahájením prací požaduje projektant svolat výrobní výbor, na kterém bude upřesněn podrobný postup prací.

## OBSAH STATICKÉHO VÝPOČTU:

A. PŘEDMĚT STATICKÉHO VÝPOČTU .....	2
B. GEOLOGICKÉ POMĚRY .....	3
C. JEDNOTLIVÁ ZATÍŽENÍ PROTLAKOVÝCH TRUB .....	5
C.1. Zatížení stálé – vlastní tíha protlakových trub .....	5
C.2. Zatížení stálé – zatížení zeminou – úsek pod železničním svrškem ( $L_1 = 11.86$ m) .....	6
C.3. Zatížení stálé – zatížení zeminou – zbytek trasy ( $L_2 = 26.71$ m) .....	6
C.4. Zatížení proměnné svislé – normální železniční doprava – model zatížení 71 .....	7
C.5. Zatížení proměnné svislé – těžká železniční doprava – model zatížení SW/2 .....	8
C.6. Zatížení proměnné – tření trub o zeminu při protlačování – nezatížený terén .....	10
C.7. Zatížení proměnné – tření trub o zeminu při protlačování – zatížený terén .....	11
C.8. Zatížení proměnné – odpor zeminy proti vnikání břitu – nezatížený terén .....	12
C.9. Zatížení proměnné – odpor zeminy proti vnikání břitu – zatížený terén .....	13
D. VÝSLEDNÁ ZATÍŽENÍ PROTLAKOVÝCH TRUB .....	14
D.1. Tlačná síla při nezatíženém terénu .....	14
D.2. Tlačná síla při zatíženém terénu .....	14
D.3. Svislé návrhové zatížení protlakových trub – zatížený terén .....	15
E. POSOUZENÍ PRŮŘEZU PROTLAKOVÝCH TRUB .....	16
E.1. Posouzení na maximální tlačnou sílu .....	16
E.2. Posouzení na maximální svislé zatížení v drážním tělese .....	17
E.3. Stanovení zatížitelnosti podle Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů z 31.7.2015 .....	44
F. POSOUZENÍ OPĚRNÉHO BLOKU PŘI PROTlačOVÁNÍ .....	45
G. ZÁVĚR, PODMÍNKY PROVÁDĚNÍ .....	48