

OBJEDNÁVATEL



NÁRODNÁ DIAĽNIČNÁ SPOLOČNOSŤ

# DOKUMENTÁCIA NA STAVEBNÉ POVOLENIE 202-00

ZÁKAZKA		<b>DIAĽNIČNÝ PRIVÁDZAČ LIETAVSKÁ LÚČKA - ŽILINA</b>			
ČASŤ STAVBY		<b>202-00 MOST NAD ÚDOLÍM V KM 3,100</b>		MILETIČOVA 21, P.O. BOX 34 820 05 BRATISLAVA 25 TEL. : 02/5057 4703, FAX. : 02/5057 4798	
PRÍLOHA		STATICKÝ VÝPOČET		STUPEŇ DSP	ČÍSLO ZÁKAZKY 1347/1214
OBJEDNÁVATEL		NÁRODNÁ DIAĽNIČNÁ SPOLOČNOSŤ, a.s.		OKRES ŽILINA	
HLAVNÝ INŽ. PROJ. Ing. Marek Goláb <i>Goláb</i>	TECH. KONTROLA Ing. Ladislav BAČA, CSc. <i>Bača</i>	SÚRADNICOVÝ SYSTÉM JTSK		KATASTRÁLNE ÚZEMIE: LIETAVSKÁ LÚČKA	
ZODP. PROJ. Ing. Dušan Ďuriš, PhD.	VED. ÚSEKU Ing. Peter ŽIAK <i>Žiak</i>	VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv		ČÍSLO PRÍLOHY 9	SÚPRAVA
VYPRACOVANÉ KOLEKTÍV	DÁTUM 05.2014	FORMÁT A4	MIERKA		

## **Statický výpočet nosnej konštrukcie mosta**

**Diaľničný privádzač Lietavská Lúčka - Žilina**

**obj.202-00, Most nad údolím v km 0,950, časť: Horná stavba**

**stupeň: DSP**

Vypracovali:      prof.Ing.Jaroslav Halvonik, PhD.  
                         Ing. Andrej Pritula, PhD.  
                         Ing. Peter Paulik, PhD

V Bratislave, máj 2014



## Obsah

1. Popis konštrukcie mosta.....	4
1.1 Nosná konštrukcia.....	4
1.2 Mostné príslušenstvo.....	5
1.3 Technológia výstavby.....	6
2. Zaťaženia na most .....	7
2.1 Vlastná tiaž .....	7
2.2 Vozovka.....	7
2.3 Rímsy a mostné príslušenstvo.....	7
2.4 Nerovnomerný pokles podpier.....	7
2.5 Pohyblivé zaťaženie.....	7
2.5.1 Zaťažovací model LM1 .....	7
2.5.2 Zaťažovací model LM2 .....	8
2.5.3 Špeciálne vozidlo .....	8
2.5.4 Dynamické účinky .....	8
2.5.5 Zaťaženie na chodníku.....	8
2.5.6 Brzdové a rozbehové sily.....	8
2.5.7 Odstredivé sily.....	9
2.5.8 Únavový zaťažovací model FLM3.....	9
2.6 Zaťaženie vetrom.....	9
2.7 Teplotné účinky.....	9
2.7.1 Rovnomerná teplotná zložka.....	9
2.7.2 Teplotný spád.....	10
2.8 Dotvarovanie, zmrašťovanie.....	10
2.9 Trenie na ložiskách.....	10
2.10 Seizmické zaťaženie.....	10
2.11 Kombinácie zaťažení pre hornú stavbu.....	11
2.11.1 Kombinácie zaťažení pre montážne štádiá.....	11
2.11.2 Kombinácie zaťažení pre trvalé návrhové situácie.....	11
3. Statická analýza hornej stavby mosta .....	11
3.1 MKP model mosta.....	11
3.2 Predpätie.....	12
4. SLS - Kontrola normálových napätí.....	12
5. Medzné stavy únosnosti (ULS).....	17
5.1 Ohybová odolnosť .....	17
5.2 Šmyk a krútenie .....	24
5.3 Únava betón.....	29
5.4 Únava – šmyková výstuž.....	30
6. Priečny smer mosta .....	32
6.1 Ohyb a pozdĺžny šmyk .....	32
6.2 Šmyk .....	34
7. Mostné závery a ložiska .....	37
7.1 Mostné závery – rozsah .....	37
7.2 Ložiská .....	40

7.2.1 Rozsah ložísk .....	40
7.2.2 Reakcie v ložiskách pre trvalé návrhové situácie.....	41
7.2.3 Reakcie v ložiskách pre seizmické návrhové situácie.....	42
Literatúra.....	43

Príloha 1 Vnútorne sily



## 1. Popis konštrukcie mosta

### 1.1 Nosná konštrukcia

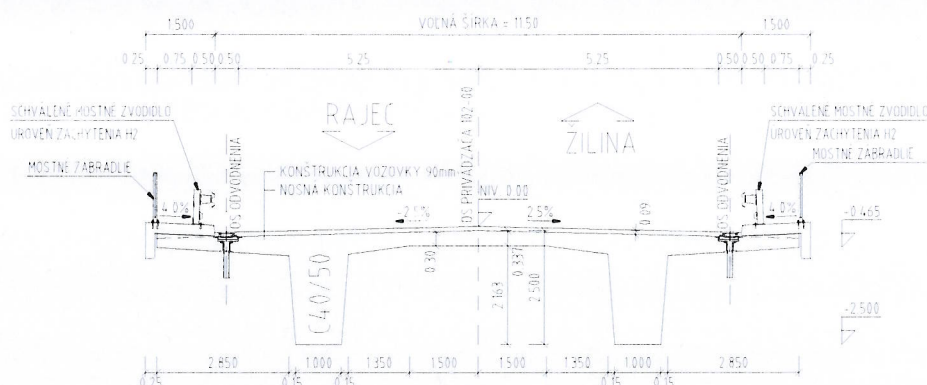
Premostenie je riešené kolmým monolitickým predpätým trámovým osempoľovým mostom s rozpätiami polí 32,0 + 6 × 40,0 + 32,0 m. Nosná konštrukcia je navrhnutá ako spojitý trámový nosník z monolitického predpätého betónu C40/50 XC4, XD1, XF2. Priečny rez tvoria dva plnostenné trámové nosníky výšky 2,50 m, ktoré sú v hornej časti vzájomne spojené doskou. Šírka stien sa mení po výške od 1 m do 1,3 m v zvislom smere, pozri obr.1.1 a obr.1.2. Minimálna hrúbka dosky je 0,3 m medzi stenami a 0,25 m na konci konzolových častí. Nad podperami sú priečniky hrúbky 2,0 m, nad krajnými oporami 2,0 m. Priečny rez mostom je znázornený na obr.1.1.

Most je podopieraný stenovými 7 piliermi šírky 5 m a hrúbky 1,8 m. Dĺžka pilierov je premenná, pozri tab.1.1. Piliere sú votknuté do základovej dosky prostredníctvom prahu rozmeru 3,8 × 5,0 × 1,0 m. Piliere sú navrhnuté z betónu C30/37, XC4, XD1, XF2.

Tab 1.1 Dĺžky pilierov merané v osi mosta

Pilier č.	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
dĺžka v [m]	7,09	8,89	10,19	12,04	13,83	13,73	7,89

PRIEČNY REZ - V POLI



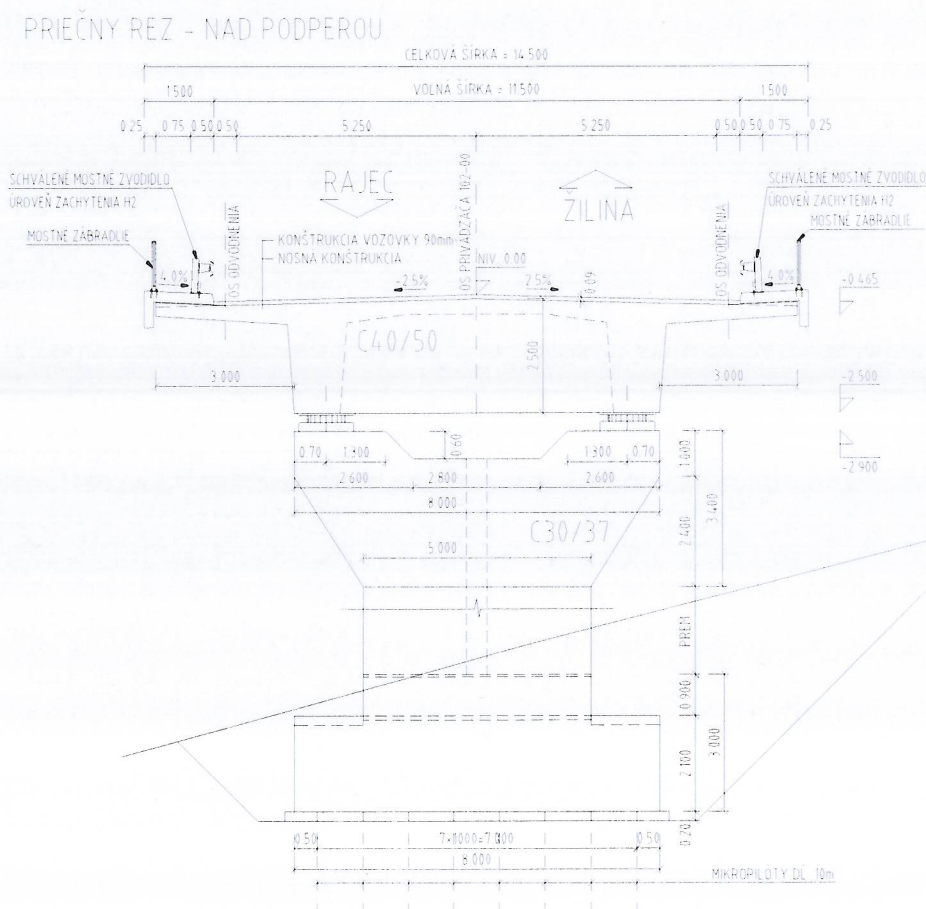
Obr.1.1 Typický priečny rez mosta v strede rozpätia

Základovú konštrukciu tvoria základové dosky rozmeru 8,0 × 8,0 × 2,0 m s výnimkou piliera č.5 kde bola doska zväčšená na 9,0×9,0×2,0 m. Základové dosky sú podopreté mikropilótami a navrhnuté z betónu C30/37 XA1, XC2 .

Opory mosta sú navrhnuté vo forme úložného prahu. Úložný prah opory č.1 má v mieste ložísk výšku 2,5 m, dĺžku 4,0 m a šírku 14 m. Záverny múrik má hrúbku 1,2 m a výšku 2,9 m. Opora je založená hĺbkovo na 24 šikmých mikropilótach s odklonom od zvislice 12°. Krídla opory sú založené na 4 mikropilótach a majú šírku 1,25 m, dĺžku 4 m a výšku premennú od 5,0 po 5,2 m. Úložný prah opory č.9 má v mieste ložísk premennú výšku 2,92 po 2,08 m, dĺžku 4,0 m a šírku 14 m. Opora je založená hĺbkovo na 24 šikmých mikropilótach s odklonom od zvislice 12°. Krídla sú rozdielne

Úložné prahy sú navrhnuté z betónu C30/37, XC4, XD1. Prechodové dosky majú hrúbku 250 mm a dĺžku 6,0 m sú z betónu C25/30 XC2, XF2.





Obr.1.2 Uloženie mosta na pilier

## 1.2 Mostné príslušenstvo

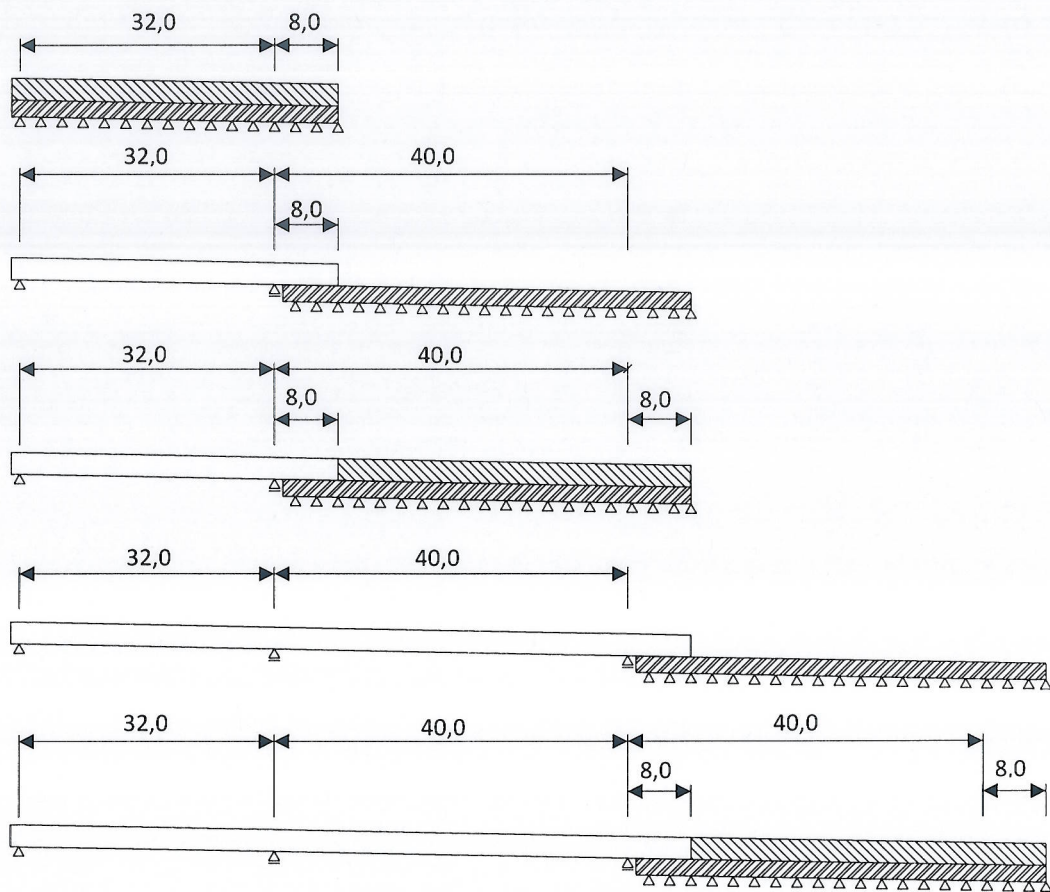
Vozovka na moste má hrúbku 90 mm. Šírka medzi cestnými záchytnými zariadeniami je 11,50 m. Na oboch stranách mosta sa nachádza revízny chodník šírky 750 mm s oceľovým zvodidlom a zábradlím, pozri.1.1. Hrúbka betónových rímsových chodníkov je 240 mm. Rozmer zavesenej časti rímasy je 250 × 700 mm. Rímasy sú navrhnuté z betónu C35/45, XC4, XD3, XF4.

Most bude uložený na hrncovými ložiskách. Pevne ložiská pre pozdĺžny smer budú na pilieri č.5. Usmernené ložiská s pohybom v pozdĺžnom smere mosta a všesmerné ložiská budú na ostatných pilieroch a oporách. Natočenie ložisk v pôdorysne zakrivenej časti mosta bude nasledovné: na opore tak aby pohyb mosta prebiehal kolmo na MZ, na pilieroch č.6, č.7, č.8 budú usmernené ložiská natočené o uhol  $\alpha$  vzhľadom na spojnicu ložiska s pevným ložiskom na pilieri č.5. Uhol  $\alpha$  je uhol, ktorý zvierajú spojnice usmerneného ložiska na opore č.9 s pevným ložiskom na pilieri č.5.

Mostné závery sú navrhnuté na oboch koncoch mosta s rozsahom -210 mm, +115 mm.

### 1.3 Technológia výstavby

Most bude budovaný po poliach pomocou pevnej skruže. Pracovná škára bude vo vzdialenosti 8 m od podpory. Niekoľko charakteristických fáz výstavby je na obr.1.2. Práce na každom poli budú trvať 14 dní (vystužovanie, betonáž, predpínanie, vysúvanie skruže).



Obr.1.3 Postup výstavby mosta



## 2. Zaťaženia na most

### 2.1 Vlastná tiaž ( $G_0$ )

Vlastná tiaž konštrukcie bola počítaná s objemovou tiažou predpätého betónu  $\gamma_{pc} = 25 \text{ kN/m}^3$ .  
 $g_{0k} = \gamma_{pc} A_c = 25 \cdot 12,46 = 311,4 \text{ kN/m}$

### 2.2 Vozovka ( $G_{11}$ )

Hrúbka vozovky bola uvažovaná 90 mm s objemovou tiažou asfaltobetónu  $\gamma_{ab} = 24 \text{ kN/m}^3$ .  
 $g_{11km} = 0,09 \cdot 24,0 = 2,16 \text{ kN/m}^2 \rightarrow g_{11k} = 11,50 \cdot 2,16 = 24,84 \text{ kN/m}$   
 $g_{11k,sup} = 1,4 \cdot 0,09 \cdot 24,0 = 3,024 \text{ kN/m}^2$  ;  $g_{11k,inf} = 0,8 \cdot 0,09 \cdot 24,0 = 1,73 \text{ kN/m}^2$

### 2.3 Rímky a mostné príslušenstvo ( $G_{12}$ )

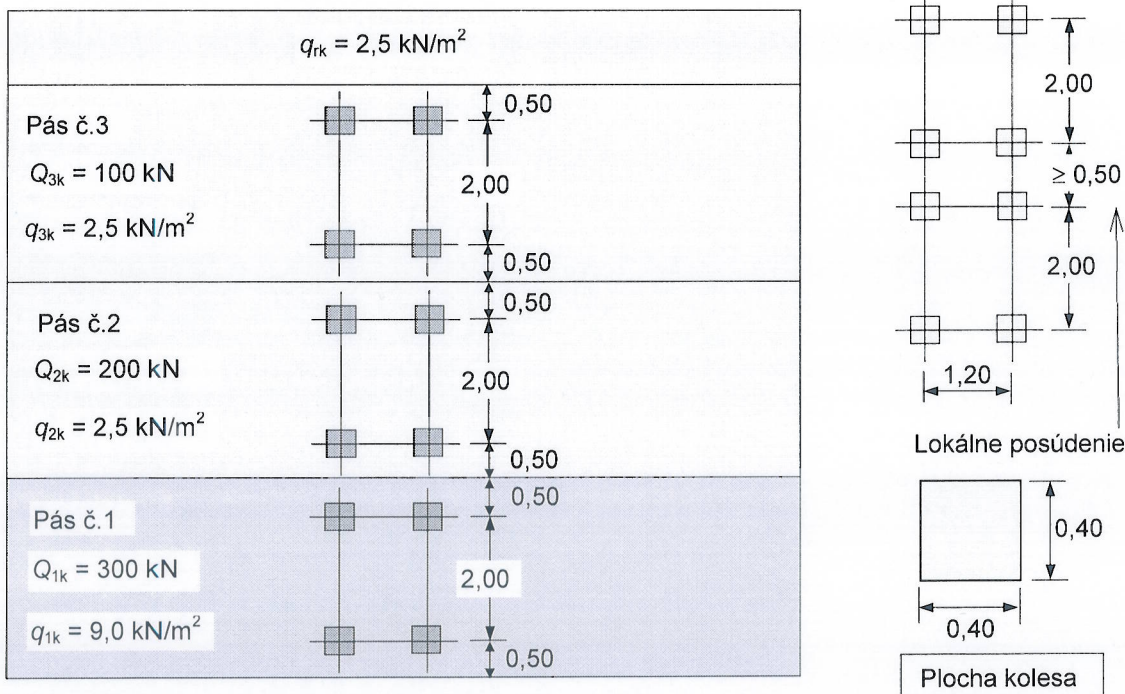
Plocha betónových rímok:  $A_{c1} = 0,475 \text{ m}^2$  ;  $A_{c2} = 0,475 \text{ m}^2$  ; objemová tiaž ŽB:  $\gamma_{fc} = 25 \text{ kN/m}^3$   
zvodidlá: 0,8 kN/m ; zábradlie: 0,5 kN/m  
 $g_{12k} = 25,0 \cdot (0,475 + 0,475) + 2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,5 = 26,35 \text{ kN/m}$

### 2.4 Nerovnomerný pokles ( $G_{set}$ ) podpier bol uvažovaný 10 mm.

### 2.5 Pohyblivé zaťaženie ( $Q$ )

#### 2.5.1 Zaťažovací model LM1 ( $Q_{LM1}$ )

LM1 pozostáva z 3 dvojnápravových vozidiel (Tandem system - TS) s tiažou  $2 \cdot \alpha_{Qi} Q_{ik}$ , a z rovnomerného plošného zaťaženia s intenzitou  $\alpha_{qi} q_{ik}$ , pozri obr.2.1.



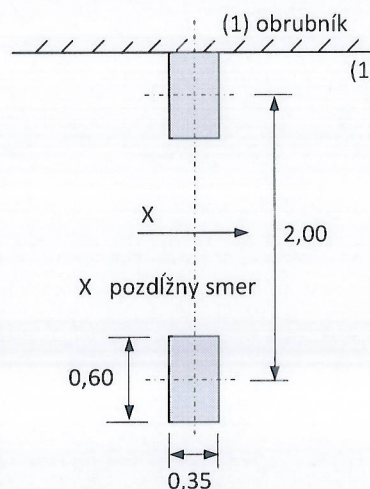
Obr.2.1 Zaťaženie od dopravy – Zaťažovacia schéma LM1

Adjustačné súčinitele  $\alpha_Q$  a  $\alpha_q$  boli uvažované rovne 1,0



### 2.5.2 Zaťažovací model LM2 ( $Q_{LM2}$ )

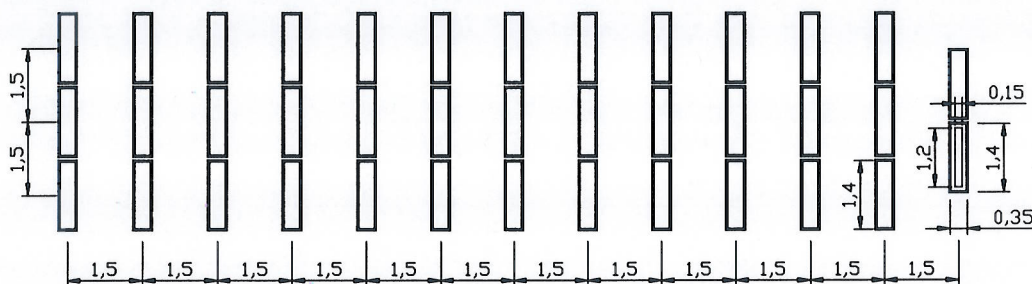
Zaťažovacia schéma LM2 reprezentuje jednonápravové zaťaženie, pozri obr.2.2. Tiaž tejto nápravy je  $\beta_Q Q_{ak}$ , kde  $Q_{ak} = 400 \text{ kN}$  a  $\beta_Q = 1,0$ , pozri STN EN 1991-2/NA. LM2 bol použitý pre lokálne posúdenia dosky.



Obr.2.2 Model LM2

### 2.5.3 Špeciálne vozidlo ( $Q_{sv}$ )

Špeciálne vozidlo s celkovou hmotnosťou 300 t by malo byť uvažované pre návrh mostov podľa STN EN 1991-2/NA len na žiadosť klienta. Špeciálne vozidlo pozostáva z 12 náprav, pričom každá náprava má tiaž 240 kN a z jednej nápravy tiaže 120 kN, pozri obr.2.3. Špeciálne vozidlo sa pohybuje pozdĺž ideálnej stopy s presnosťou  $\pm 0,3 \text{ m}$ . Táto stopa je umiestnená v najpriaznivejšej pozícii v priečnom smere vozovky. Rýchlosť vozidla je menšia ako 5 km/h. Ostatné dopravné zaťaženie by malo byť vylúčené z mosta okrem zaťaženia od chodcov.



Obr.2.3 Špeciálne vozidlo

**Poznámka:** Kontaktné plochy kolesa na obr.2.1, obr.2.2 a obr.2.3 boli zväčšené o 10 cm v oboch smeroch: 40 cm  $\rightarrow$  60 cm ; 35 cm  $\rightarrow$  55 cm ; 60 cm  $\rightarrow$  80 cm and 15 cm  $\rightarrow$  35 cm.

### 2.5.4 Dynamické účinky

Dynamické účinky sú zarátané v tiaži príslušného zaťažovacieho modelu.

### 2.5.5 Zaťaženie na chodníku ( $Q_{fw}$ )

Rovnomerné plošné zaťaženie na chodníku bolo uvažované s intenzitou  $q_{fwk} = 3 \text{ kN/m}^2$ .

### 2.5.6 Brzdne a rozbehové sily ( $Q_l$ )

$$Q_{lk} = 0,6 \alpha_{Q1} (2 Q_{1k}) + 0,10 \alpha_{Q1} q_{1k} w_1 L$$

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot 1,0 \cdot (600) + 0,10 \cdot 1,0 \cdot 9,0 \cdot 3,0 \cdot 306 = 1186 \text{ kN} \leq 900 \text{ kN}$$

$$Q_{lk} = 900 \text{ kN}$$

Kde  $L$  je dĺžka mosta

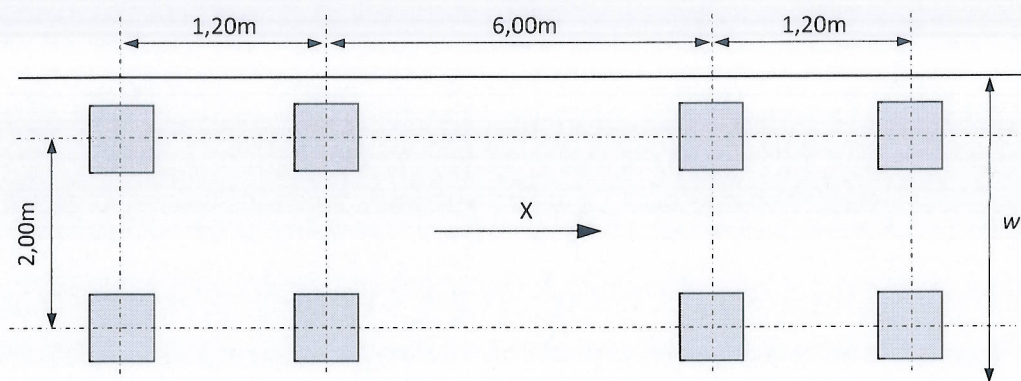
$w_1$  - šírka zaťažovacieho pásu č.1

### 2.5.7 Odstredivé sily ( $Q_t$ )

- Polomer zakrivenia  $r = 325$  m
- Tiaž dvojnápravových vozidiel  $Q_v = 1200$  kN
- Odstredivá sila  $Q_{tk} = 40 \cdot Q_v / r = 40 \cdot 1200 / 325 = 148$  kN

### 2.5.8 Únavový zaťažovací model FLM3

Zaťažovacia schéma FLM3 bola použitá pre únavové overenie pozdĺžnej výstuže v priečnom smere a šmykovej výstuže. Zaťaženie pozostáva zo 4 náprav, pričom každá má tiaž 120 kN. Zaťaženie sa pohybovalo v osi skutočných jazdných pásov.



Obr.2.4 Únavový zaťažovací model FLM3

$w_1$  – šírka jazdného pruhu

### 2.6 Zaťaženie vetrom ( $W$ )

$$d_{tot} = 2,75 + 1,85 = 4,60 \text{ m} ; b = 14,0 \text{ m} \rightarrow b/d_{tot} = 14,5/4,60 = 3,152 \rightarrow c_{fx,0}$$

$$c_{fx,0} = \frac{1,4}{(5-0,5)} \left( 5 - \frac{b}{d_{tot}} \right) + 1 = \frac{1,4}{(5-0,5)} \left( 5 - \frac{14}{4,85} \right) + 1 = 1,575$$

$$c_e = 2,9 \text{ (typ terénu II, } z_{max} = 16 \text{ m)} \rightarrow C = c_e \cdot c_{fx,0} = 2,6 \cdot 1,575 = 4,095$$

$$\text{Hustota vzduchu: } \rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rýchlosť vetra: } v_b = 26 \text{ m/s}$$

$$\text{Tlak vetra (priečny): } f_{wk} = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot d_{tot} = 0,5 \cdot 4,095 \cdot 1,25 \cdot 26^2 \cdot 4,60 = 7,96 \text{ N/m} \rightarrow 7,96 \text{ kN/m}$$

- Sila na pilier:  $W_{ky1} = 40 \cdot 7,96 = 318,5$  kN
- Sila na oporu:  $W_{ky2} = 13 \cdot 7,96 = 103,5$  kN
- Účinky pozdĺžneho vetra reprezentujú 25% účinkov priečneho vetra:  
 $W_{kx} = 0,25 \cdot (2 \cdot 103,5 + 7 \cdot 318,5) = 0,25 \cdot 2436,5 = 609,1$  kN

### 2.7 Teplotné účinky ( $T$ )

Súčiniteľ teplotnej rozťažnosti pre betón bol uvažovaný  $\alpha_{ct} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

#### 2.7.1 Rovnomerná teplotná zložka ( $T_N$ )

Počiatočná teplota mosta bola predpokladaná  $T_0 = 10^\circ\text{C}$ .

Podľa STN EN 1991-1-5/NA je:

$$\text{Maximálna teplota vzduchu } T_{max} = 41^\circ\text{C} \rightarrow T_{e,max} = T_{max} + 2^\circ\text{C} = 43^\circ\text{C}$$

$$\text{Minimálna teplota vzduchu } T_{min} = -29^\circ\text{C} \rightarrow T_{e,min} = T_{min} + 2^\circ\text{C} = -21^\circ\text{C}$$



## 2.7.2 Teplotný spád ( $T_M$ )

Vertikálny lineárny teplotný spád bol uvažovaný pre otvorený betónový trám a kryt vozovky hrúbky 100 mm.

Pre betónovú konštrukciu s vozovkou:  $\Delta T_{M,heat} = 0,7.15 = 10,5^\circ\text{C}$  a  $\Delta T_{M,cool} = 8^\circ\text{C}$

Pre betónovú konštrukciu bez vozovky:  $\Delta T_{M,heat} = 0,8.15 = 12^\circ\text{C}$  a  $\Delta T_{M,cool} = 1,1.8 = 8,8^\circ\text{C}$

## 2.8 Dotvarovanie a zmrašťovanie ( $G_{cs}$ )

Pre horizontálne skrátenie mosta od účinkov zmrašťovania a dotvarovania vyvolaného predpäťm, boli použité reologické modely podľa STN EN 1992-1-1 Príloha B.

Boli použité nasledovné údaje:

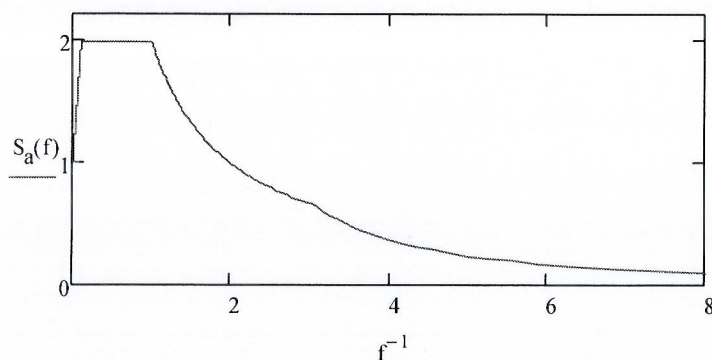
- Betón triedy C40/50
- Relatívna vlhkosť 70 %
- Cement s normálnou začiatočnou pevnosťou CEM 42,5 N
- Súčiniteľ  $k_h = 0,70$  ( $h_0 > 500$  mm)

$$A_{cn} = 9,792 \text{ m}^2 ; u = 36,153 \text{ m} ; h_0 = 2 \cdot A_{cn} / u = 2 \cdot 9,792 / 36,153 = 542 \text{ mm} \rightarrow k_h = 0,7$$

## 2.9 Trenie na ložiskách ( $Q_\mu$ )

Súčiniteľ trenia na ložiskách bol uvažovaný  $\mu = 0,04$ . Horizontálne sily boli stanovené pre reakcie spôsobené od všetkých stálych zaťažení plus príslušné zaťaženia od dopravy uvažované v častej hodnote.

## 2.10 Seizmické zaťaženie ( $A_E$ )



Obr.2.5 Návrhové spektrum odozvy pre kategóriu podložia C

Boli predpokladané nasledujúce parametre pre seizmickú analýzu:

- Referenčné seizmické zrýchlenie  $a_{gR}$  pre kategóriu podložia A:  $a_r = 0,63 \text{ m/s}^2$
- Kategória podložia: **C**
- Návrhové seizmické zrýchlenie :  $a_g = 1,25 \cdot a_r = 0,788 \text{ m/s}^2$
- Súčiniteľ významnosti pre triedu dôležitosti CC2:  $\gamma_1 = 1,0$

## 2.11 Kombinácie zaťažení pre hornú stavbu

### 2.11.1 Medzné stavy používateľnosti

Kvázi-stála kombinácia:  $G_{ok}(t) + G_{1k} + G_{set} + P_k(t) + 0,5 \cdot T_M$



Častá kombinácia:  $G_{0k}(t) + G_{1k} + G_{set} + P_k(t) + 0,75 \cdot Q_{TS} + 0,40 \cdot Q_{udl} + 0,5 \cdot T_M$

Charakteristická kombinácia:  $G_{0k}(t) + G_{1k} + G_{set} + P_k(t) + Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{fwk} + 0,6 \cdot T_M$

$$G_{0k}(t) + G_{1k} + G_{set} + P_k(t) + Q_{LM3} + Q_{fwk} + 0,6 \cdot T_M$$

### 2.11.2 Medzné stavy únosnosti

$$1,35 \cdot [G_{0k}(t) + G_{1k,sup}] + 1,2 \cdot G_{set} + \gamma_P P_m(t) + 1,35 \cdot [Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{fwk}] + 1,5 \cdot 0,6 \cdot T_M$$

$$1,0 \cdot [G_{0k}(t) + G_{1k,inf}] + 1,2 \cdot G_{set} + \gamma_P P_m(t) + 1,35 \cdot [Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{fwk}] + 1,5 \cdot 0,6 \cdot T_M$$

$$1,35 \cdot [G_{0k}(t) + G_{1k,sup}] + 1,2 \cdot G_{set} + \gamma_P P_m(t) + 1,35 \cdot [Q_{LM3} + Q_{fwk}] + 1,5 \cdot 0,6 \cdot T_M$$

$$1,0 \cdot [G_{0k}(t) + G_{1k,inf}] + 1,2 \cdot G_{set} + \gamma_P P_m(t) + 1,35 \cdot [Q_{LM3} + Q_{fwk}] + 1,5 \cdot 0,6 \cdot T_M$$

Kde: Kde  $G_{0k}(t)$  je účinok od vlastnej tiaže konštrukcie

$P_k(t)$  - účinok od predpätia, charakteristická hodnota,  $P_k(t) = P_{k,sup}(t) = 1,1 \cdot P_m(t)$

$$P_k(t) = P_{k,inf}(t) = 0,9 \cdot P_m(t)$$

$P_m(t)$  – účinok od predpätia, stredná hodnota

$T_M$  – teplotné účinky, teplotný spád

$\gamma_P$  - parciálny súčiniteľ pre predpätie  $\gamma_P = \gamma_{Pfav} = 1,0$  alebo  $\gamma_P = \gamma_{Punfav} = 1,2$

$G_{set}$  – nerovnomerné sadnutie podpier

$Q_{TS}$  – účinky od dopravy - tandem system (TS),

$Q_{udl}$  – účinky od dopravy – rovnomerné plošné zaťaženie (UDL)

$Q_{LM3}$  – účinky od dopravy – špeciálne vozidlo

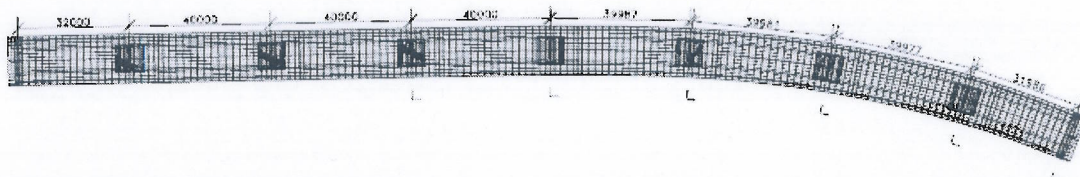
$Q_{fwk}$  – zaťaženie na chodníku

**Poznámka:** Účinky od teploty  $T_M$  môžu byť zanedbané  $\gamma_0 = 0$  pre overenie ohybovej odolnosti.  
kde  $G_{1k}$  sú účinky zaťaženia od mostného príslušenstva, ríms a vozovky,  $G_{1k,sup}$ ,  $G_{1k,inf}$

## 3. Statická analýza hornej stavby mosta

### 3.1 MKP model mosta

Vnútročné sily a napätia od účinkov zaťaženia boli počítané pomocou MKP, programom STRAP verzia 2011 a časovo závislá analýza bola vykonaná programom POSTEN. Bol vytvorený roštový model mosta pre globálnu analýzu nosnej konštrukcie. Tento model berie do úvahy priečne rozdelenie zaťaženia. Model pozostáva z dvoch pozdĺžnych nosníkov navzájom spojených priečnymi trámami. Tieto priečne trámy majú prierezové vlastnosti dosky v priečnom smere. V pozdĺžnom smere ma každý trám prierezové charakteristiky polovice prierezu mosta. Vypočítané vnútročné sily sú v **Prílohe A: Vnútročné sily**. Pre výpočet vnútročných síl v priečnom smere mosta (mostovková doska) bol vytvorený doskostenový model.



Obr.3.1 Roštový model konštrukcie



### 3.2 Predpätie

Predpínacie káble:

Laná s nízkou relaxáciou  $\phi Ls15,7/1860$  MPa, 19 a 15 lanové káble

$$A_{p1} = 1,50 \text{ cm}^2; A_{p15} = 22,5 \text{ cm}^2; A_{p19} = 28,5 \text{ cm}^2; f_{pk} = 1860 \text{ MPa}; f_{p01,k} = 1630 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži pri predpínaní:

$$\sigma_{p,max} = \min(0,80 \cdot f_{pk}; 0,9 \cdot f_{p01,k}) = \min(1488; 1467) = 1450 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži po vnesení predpätia:

$$\sigma_{pm0,max} = \min(0,75 \cdot f_{pk}; 0,85 \cdot f_{p01,k}) = \min(1395; 1385) = 1385 \text{ MPa}$$

$\mu = 0,2$ ;  $k = 0,01 \text{ rad/m}$ ; poklž v kotve 6 mm; funkcia relaxácie pre triedu 2.

### 4. SLS - kontrola normálových napätí

- Horný povrch: stupeň prostredia XC3 nesmie nastať dekompresia pri kvázi - stálej kombinácii. Pri návrhu nebolo kritérium uplatnené. Pre vyhnutie sa potreby overenia únavovej odolnosti predpínacej výstuže bolo uplatnené kritérium dekompresie pre častú kombináciu zaťaženia.
- Spodný povrch: stupeň prostredia XD1 nesmie nastať dekompresia pri častej kombinácii. Toto kritérium bolo uplatnené aj pre horný povrch.
- Dekompresia bola kontrolovaná pre oba povrchy na častú kombináciu zaťaženia
- Maximálne tlakové napätie od charakteristickej kombinácie zaťaženia nemá prekročiť  $0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 40 = 24 \text{ MPa}$  a ťahové napätie  $f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$

Tabuľka 4.1 Prierezové charakteristiky pre jeden nosník (prierez mosta tvoria dva nosníky)

Nosník	$h$	$A_c$	$z_{\text{dolné}}$	$z_{\text{horné}}$	$I_c$	$W_{ch}$	$W_{cd}$
	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
pole	2.5	4,896	1.714	-0.786	2.744	-3.492	1.601
Priečnik K	2.5	11.219	1.353	-1.147	6.354	-5.539	4.697
Priečnik P	2.5	17.500	1.250	-1.250	9.115	-7.292	7.292

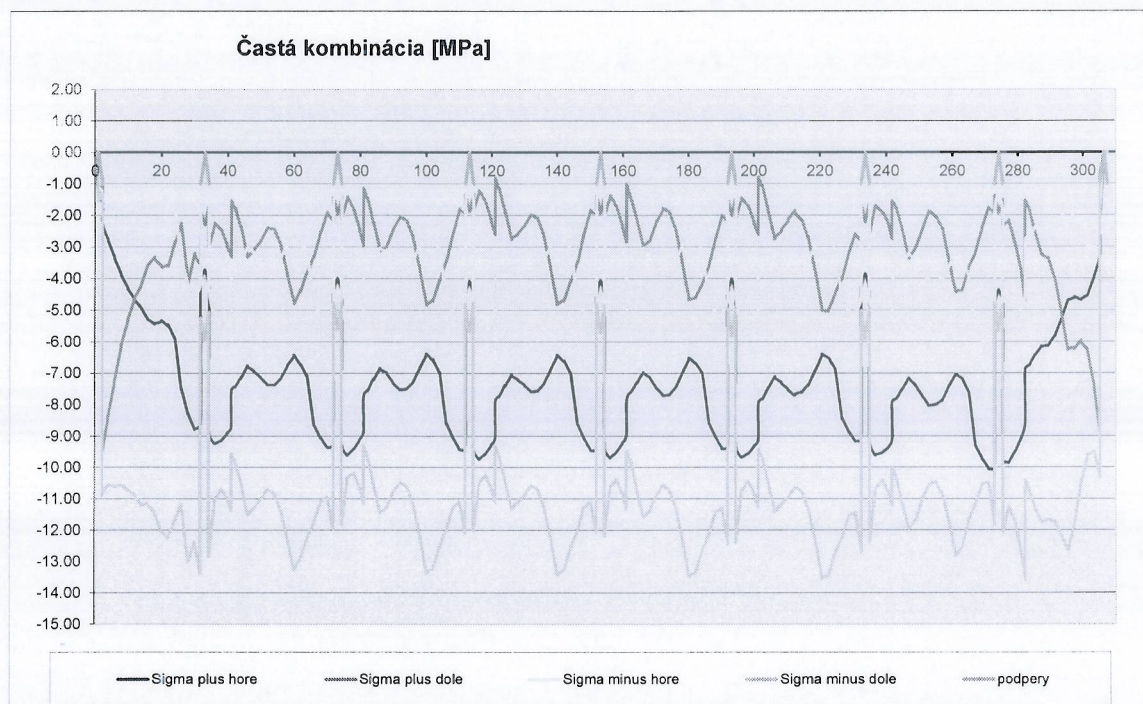
Normálové napätia v horných a spodných vláknach sú znázornené v nasledujúcich grafoch. Napätia boli počítané v čase spustenia mosta do prevádzky a v čase 100 rokov. Napätia boli počítané s prierezovými charakteristikami uvedenými v tabuľke 4.1. a vnútornými silami z Prílohy A.

**Poznámka 1:** Napätia "sigma plus" boli počítané s prihliadnutím len na kladné ohybové momenty z obalových čiar pre predpokladané premenné zaťaženia. Napätia "sigma minus" boli počítané s prihliadnutím len na záporné ohybové momenty z obalových čiar pre predpokladané premenné zaťaženia.

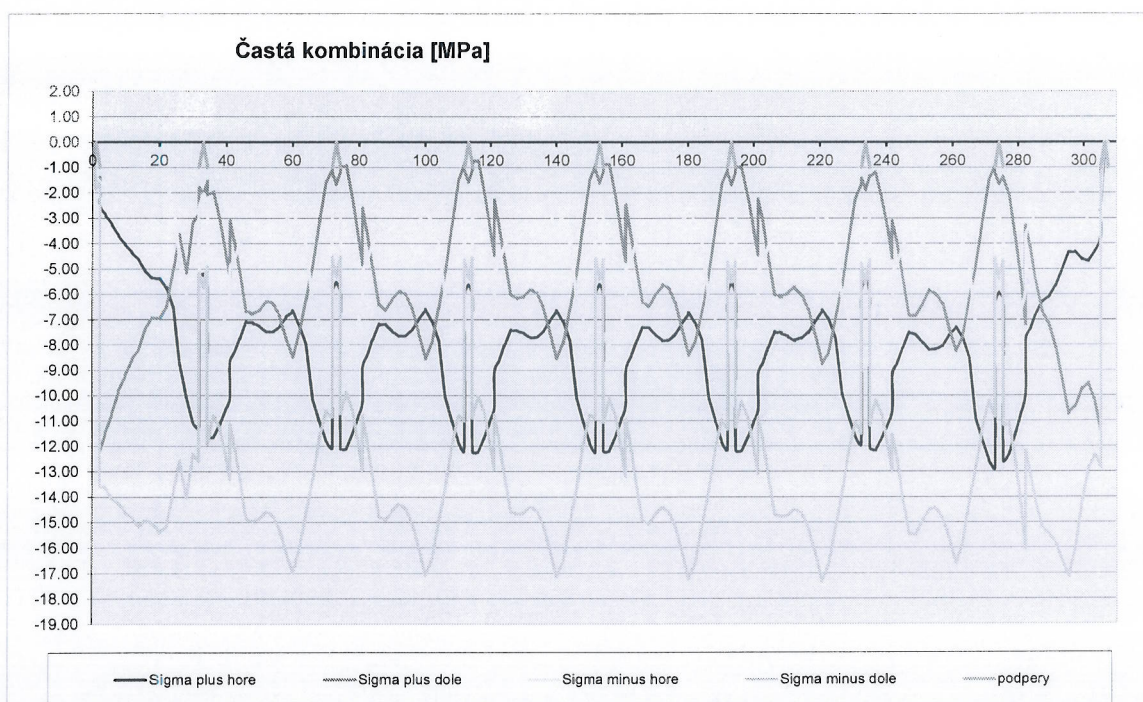
**Poznámka 2:** Maximálne tlakové napätia pri charakteristickej kombinácii zaťaženia nad podperou boli dosiahnuté  $[-16,0] \text{ MPa} < 0,6 \cdot f_{ck} = 24 \text{ MPa}$

Maximálne ťahové napätia pri charakteristickej kombinácii zaťaženia v poli dosiahli hodnotu  $1,95 \text{ MPa} < f_{ctm} = 3,5 \text{ MPa}$ .



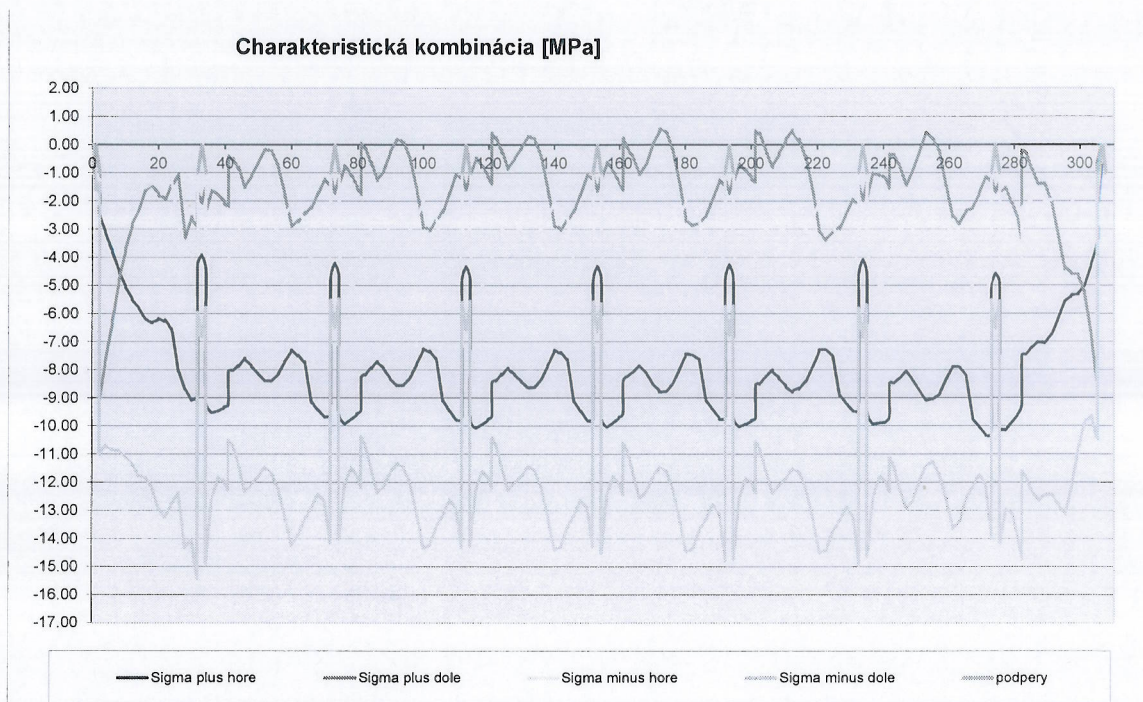


Obr.4.1 Normálové napätia (ľavý trám), prvá prevádzková fáza ( $t=286$ dní),  $G_{1k,sup}$ ,  $P_{k,inf}$ , častá kombinácia zaťažení

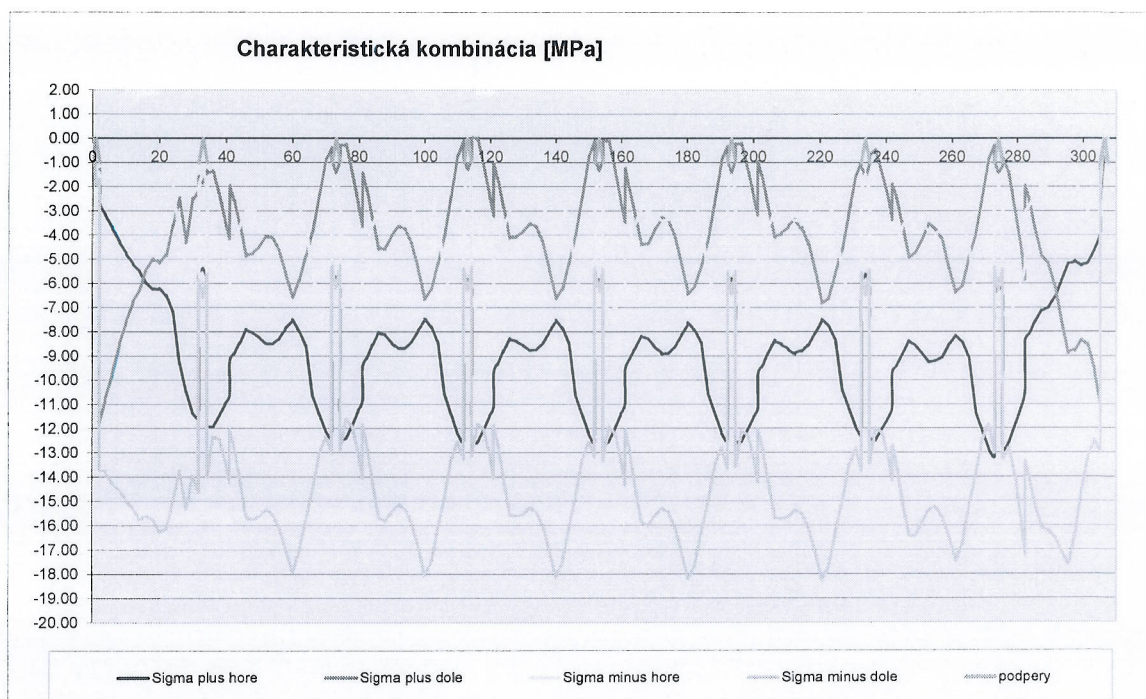


Obr.4.2 Normálové napätia (ľavý trám), prvá prevádzková fáza ( $t=286$ dní),  $G_{1k,inf}$ ,  $P_{k,sup}$ , častá kombinácia zaťažení



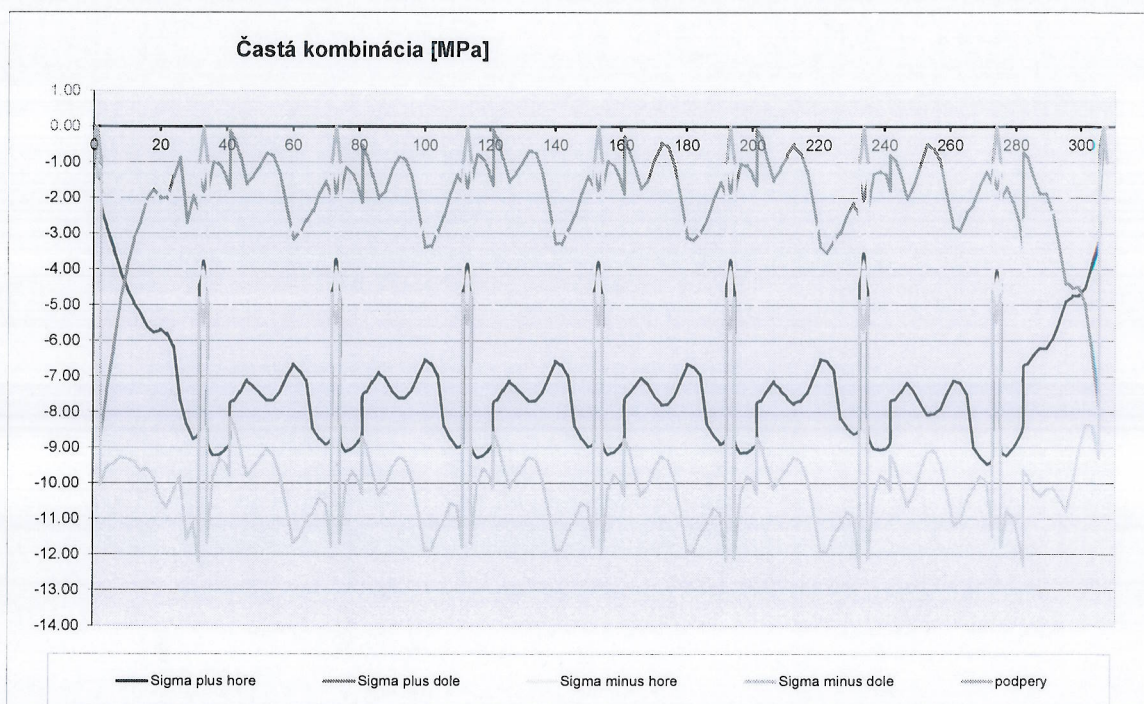


Obr.4.3 Normálové napätia (ľavý trám), prvá prevádzková fáza ( $t=286$ dní),  $G_{1k,sup}$ ,  $P_{k,inf}$ , charakteristická kombinácia zaťaženi

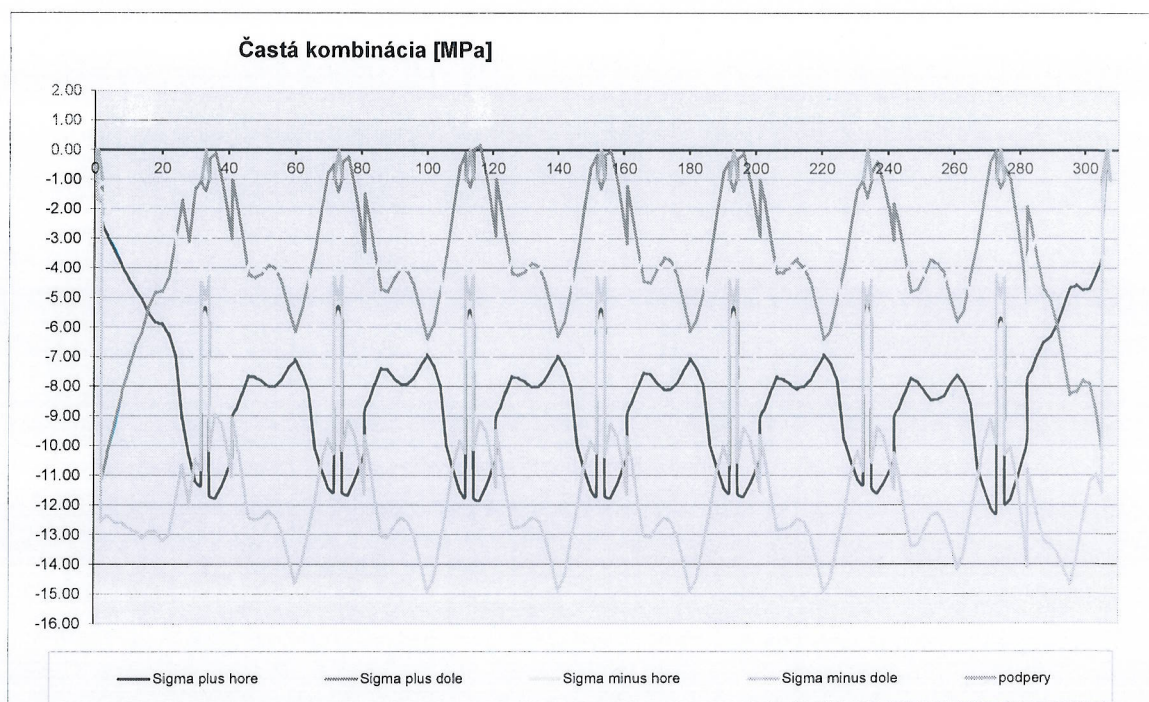


Obr.4.4 Normálové napätia (ľavý trám), prvá prevádzková fáza ( $t=286$ dní),  $G_{1k,inf}$ ,  $P_{k,sup}$ , charakteristická kombinácia zaťaženi



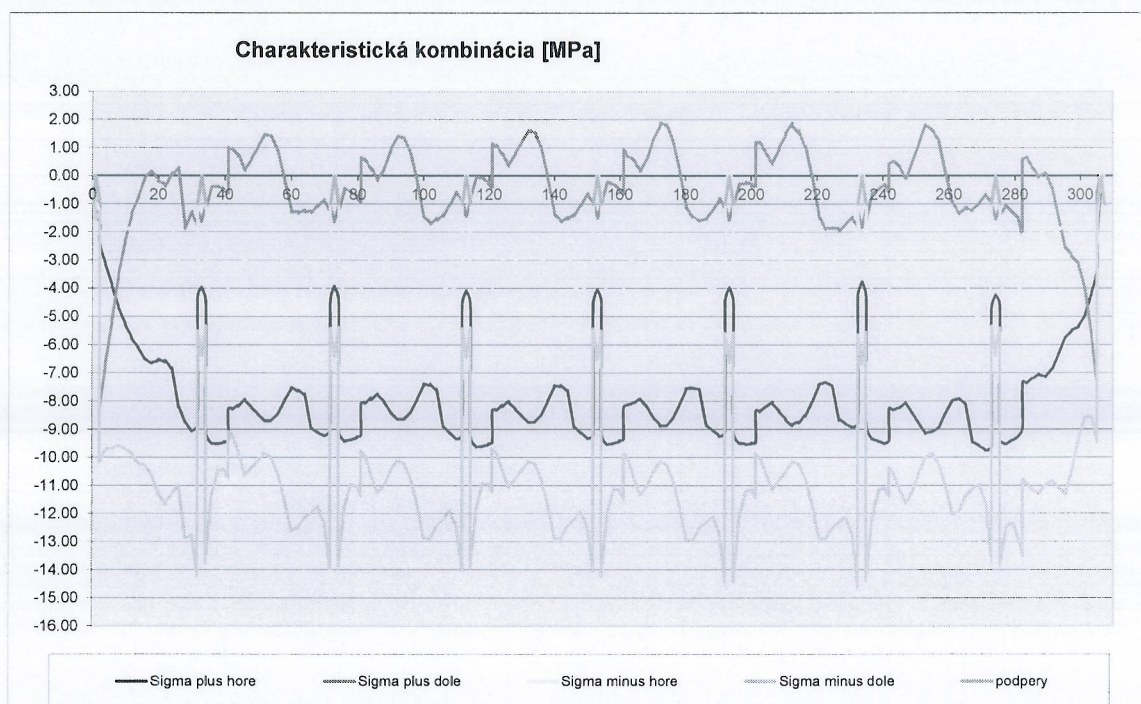


Obr.4.5 Normálové napätia (ľavý trám), posledná prevádzková fáza ( $t=36500$ dní),  $G_{1k,sup}$ ,  $P_{k,inf}$ ,  
častá kombinácia zaťaženi

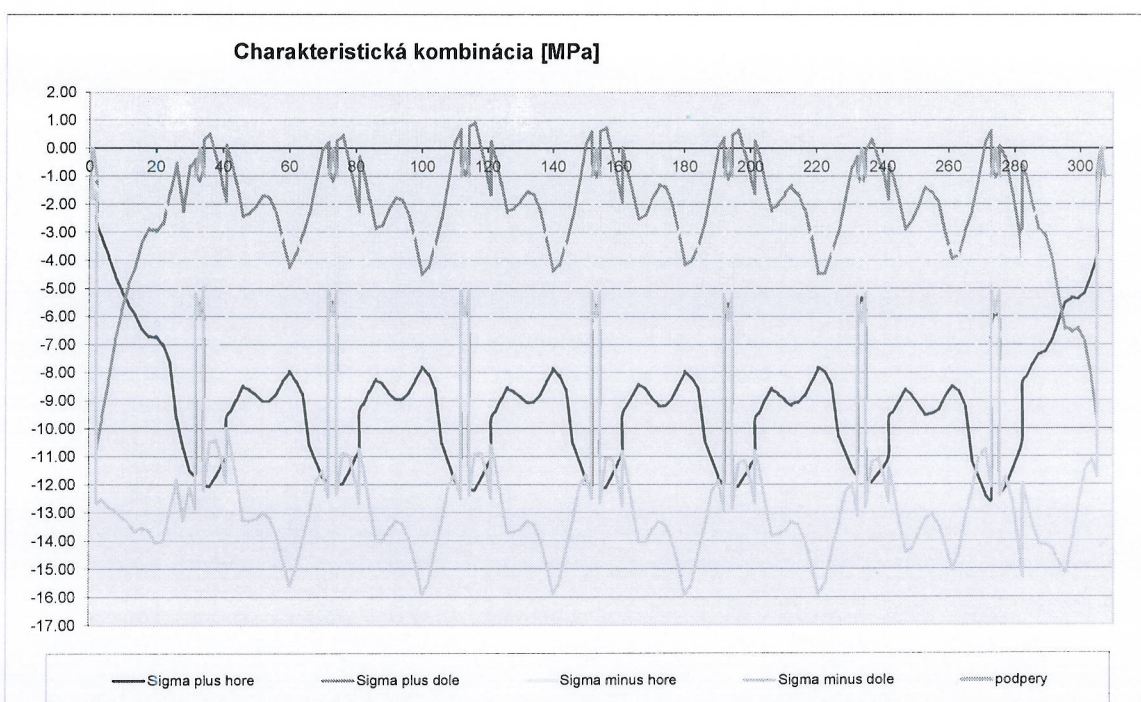


Obr.4.6 Normálové napätia (ľavý trám), posledná prevádzková fáza ( $t=36500$ dní),  $G_{1k,inf}$ ,  $P_{k,sup}$ ,  
častá kombinácia zaťaženi





Obr.4.7 Normálové napätia (ľavý trám), posledná prevádzková fáza ( $t=36500$ dní),  $G_{1k,sup}$ ,  $P_{k,inf}$ , charakteristická kombinácia zaťažení



Obr.4.8 Normálové napätia (ľavý trám), posledná prevádzková fáza ( $t=36500$ dní),  $G_{1k,inf}$ ,  $P_{k,sup}$ , charakteristická kombinácia zaťažení

## 5. Medzné stavy únosnosti (ULS)

### Betón C40/50

Návrhová pevnosť betónu v tlaku:  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \cdot 40 / 1,5 = 22,67 \text{ MPa}$

Medzné pomerné pretvorenie betónu:  $\varepsilon_{cu3} = 0,0035$ , bilineárny diagram  $\varepsilon_{c3} = 0,00175$

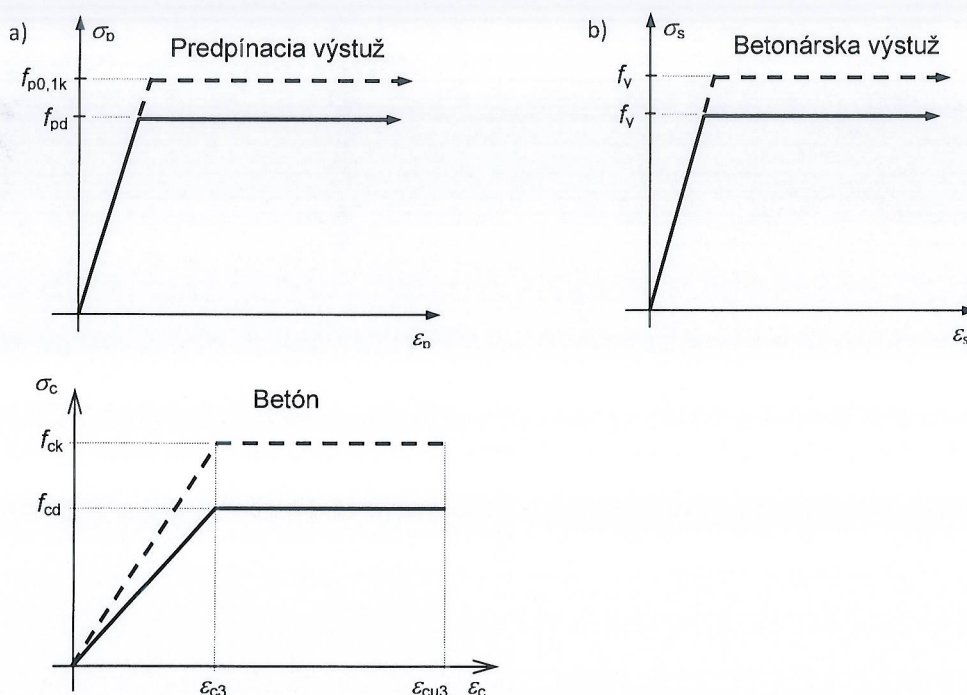
**Predpínacie káble**  $E_p = 195 \text{ GPa}$ ,  $f_{p0,1k} = 1630 \text{ MPa}$

Návrhová hodnota pevnosti  $f_{pd} = f_{p0,1k} / \gamma_s = 1630 / 1,15 = 1417 \text{ MPa}$

### Betonárska výstuž B500B

Charakteristická medza klzu ocele B500B:  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Návrhová pevnosť výstuže  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa}$



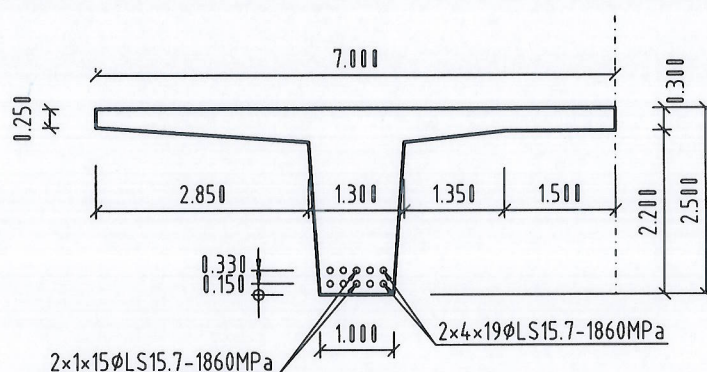
Obr.5.1 Návrhové napätie – pretvorenie diagramy

### 5.1 Ohybová odolnosť

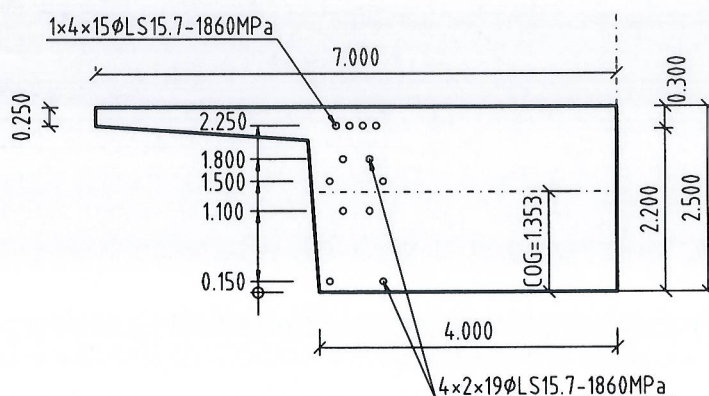
Tabuľka 5.1 Ohybové moment a osovú sily – návrhové hodnoty

	Hodnoty [MN.m]; [MN] pre ľavý trám	
	Medzipodperový prierez	Nadpodperový prierez
$M_{g0k}$	9.021	-16.773
$M_{g1k, sup}$	2.141	-4.516
$M_{g1k, inf}$	1.624	-3.466
$M_{settk}$	1.400	-3.768
$M_{pk, tnek}$	-13.520	20.856
$N_{pk, tnek}$	-29.990	-35.793
$M_{TS}$	5.777	-4.146
$M_{UDL}$	3.788	-6.037
$M_{LM3}$	8.098	-6.040
$M_{chod}$	0.343	-0.518





Obr.5.2 Poloha predpínacej výstuže, rozmery prierezu - medzipodperový prierez (ľavý trám)



Obr.5.3 Poloha predpínacej výstuže, rozmery prierezu - nadpodperový prierez (ľavý trám)

### Definícia prierezu – jeden trám

$$h_n := 2500 \text{ mm} \quad y(z) := \begin{cases} \left( 1.0 \text{ m} + \frac{0.3 \text{ m}}{2.05 \text{ m}} \cdot z \right) & \text{if } z \leq 2.05 \text{ m} \\ \left[ 1.3 \text{ m} + (z - 2.05 \text{ m}) \cdot \left( \frac{1.35 \text{ m}}{0.15 \text{ m}} + \frac{2.85 \text{ m}}{0.2 \text{ m}} \right) \right] & \text{if } 2.05 \text{ m} < z \leq 2.2 \text{ m} \\ \left[ 6.2875 \text{ m} + (z - 2.2 \text{ m}) \cdot \left( \frac{2.85 \text{ m}}{0.2 \text{ m}} \right) \right] & \text{if } 2.2 \text{ m} < z \leq 2.25 \text{ m} \\ (7 \text{ m}) & \text{if } 2.25 \text{ m} < z \leq 2.5 \text{ m} \end{cases}$$

$$z := 0 \text{ mm}, 0.2 \text{ mm} \dots h_n$$

$$b(z) := y(z) \quad A_{cn} := \int_0^{h_n} b(z) dz \quad B_{cn} := \int_0^{h_n} b(z) \cdot z dz \quad t_{cd} := \frac{B_{cn}}{A_{cn}} \quad t_{ch} := h_n - t_{ch}$$

$$I_{cn} := \int_0^{h_n} b(z) \cdot (z - t_{cd})^2 dz \quad A_{cn} = 4.896 \text{ m}^2 \quad t_{cd} = 1.714 \text{ m} \quad I_{cn} = 2.744 \text{ m}^4$$

**Prierez v poli**  $n_k := 4$

$$M_{g0} := 9.02 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{g1\text{ksup}} := 2.141 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{TS} := 5.777 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{udl} := 3.788 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{ch} := 0.343 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{pm} := -13.52 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{LM3} := 8.1 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Gset} := 1.4 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$\gamma_P := 1 \quad \gamma_{Q_s} := 1.35 \quad \gamma_{Gset} := 1.2 \quad \gamma_{Q_s} := 1.35$$

$$M_{Edmax} := \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1\text{ksup}}) + \gamma_{Gset} \cdot M_{Gset} + \gamma_Q \cdot (M_{TS} + M_{udl} + M_{ch}) + \gamma_P \cdot M_{pm}$$

$$M_{Ed} := \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1\text{ksup}}) + \gamma_{Gset} \cdot M_{Gset} + \gamma_Q \cdot (M_{LM3} + M_{ch}) + \gamma_P \cdot M_{pm} \quad M_{Ed} = 14.625 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$A_{k1} := 15 \cdot 1.5 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{k2} := 19 \cdot 1.5 \cdot \text{cm}^2 \quad E_p := 195 \cdot \text{GPa} \quad i := 1..n_k \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175$$

$$f_{p01k} := 1600 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_S := 1.15 \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1391.3 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} := 40 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_C := 1.5 \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \quad f_{cd} = 22.667 \text{ MPa} \quad \varepsilon_{cu} := 0.0035$$

$$A_{k1} := 1 \cdot A_{k1} \quad d_{k1} := h_n - 150 \cdot \text{mm} \quad A_{k2} := 1 \cdot A_{k1} \quad d_{k2} := h_n - 330 \cdot \text{mm}$$

$$A_{k3} := 4 \cdot A_{k2} \quad d_{k3} := h_n - 150 \cdot \text{mm} \quad A_{k4} := 4 \cdot A_{k2} \quad d_{k4} := h_n - 330 \cdot \text{mm}$$

$$A_{pcel} := \sum_{i=1}^{n_k} A_{k_i} \quad A_{pcel} = 273 \text{ cm}^2 \quad N_{pm} := -29.9 \cdot \text{MN} \quad N_{Ed} := \gamma_P \cdot N_{pm}$$

$$\sigma_{pavrg} := \frac{(-1) \cdot N_{Ed}}{A_{pcel}} \quad \sigma_{pavrg} = 1095.2 \text{ MPa} \quad x := 320.56 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_{cu} = 0.0035$$

$$\Delta\sigma_{p_i} := E_p \cdot \varepsilon_{cu} \cdot \frac{(d_{k_i} - x)}{x} \quad \Delta\sigma_{pd_i} := \begin{cases} \Delta\sigma_{p_i} & \text{if } (\Delta\sigma_{p_i} + \sigma_{pavrg}) \leq f_{pd} \\ (f_{pd} - \sigma_{pavrg}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_c(z) := \frac{(z + x - h_n)}{x} \cdot \varepsilon_{cu} \quad \sigma_c(z) := \begin{cases} \frac{f_{cd}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_c(z) & \text{if } \varepsilon_c(z) \leq \varepsilon_{c3} \\ f_{cd} & \text{otherwise} \end{cases} \quad t_{cd} = 1.714 \text{ m}$$

$$F_{cd} := \int_{h_n-x}^{h_n} b(z) \cdot \sigma_c(z) \cdot dz \quad \Delta F_{pd} := \sum_{i=1}^{n_k} (\Delta\sigma_{pd_i} \cdot A_{k_i}) \quad \Delta F_{pd} - N_{Ed} - F_{cd} = 0.536 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} := \int_{h_n-x}^{h_n} b(z) \cdot \sigma_c(z) \cdot (z - t_{cd}) \cdot dz + \sum_{i=1}^{n_k} [\Delta\sigma_{pd_i} \cdot A_{k_i} \cdot (d_{k_i} - t_{ch})] \quad \sigma_c(h_n) = 22.667 \text{ MPa}$$

$$M_{Rd} = 23.196 \text{ MN} \cdot \text{m} > M_{Edmax} = 16.603 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad \Delta\sigma_{pd_i} = (\Delta\sigma_{p_i} + \sigma_{pavrg}) \cdot E_p^{-1} :$$

296.1	MPa	0.028
296.1		0.026
296.1		0.028
296.1		0.026



### Pozdĺžny smyk

$$\sigma_{pavrg} := \frac{(-1) \cdot N_{Ed}}{A_{pcel}} \quad \sigma_{pavrg} = 1095.2 \text{ MPa} \quad x := 1376.0 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_{cu} := 0.000995$$

$$\Delta \sigma_{p_i} := E_p \cdot \varepsilon_{cu} \cdot \frac{(d_{k_i} - x)}{x} \quad \Delta \sigma_{pd_i} := \begin{cases} \Delta \sigma_{p_i} & \text{if } (\Delta \sigma_{p_i} + \sigma_{pavrg}) \leq f_{pd} \\ (f_{pd} - \sigma_{pavrg}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_c(z) := \frac{(z + x - h_n)}{x} \cdot \varepsilon_{cu} \quad \sigma_c(z) := \begin{cases} \frac{f_{cd}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_c(z) & \text{if } \varepsilon_c(z) \leq \varepsilon_{c3} \\ f_{cd} & \text{otherwise} \end{cases} \quad t_{cd} = 1.714 \text{ m}$$

$$F_{cd} := \int_{h_n-x}^{h_n} b(z) \cdot \sigma_c(z) \cdot dz \quad \Delta F_{pd} := \sum_{i=1}^{n_k} (\Delta \sigma_{pd_i} \cdot A_{k_i}) \quad \Delta F_{pd} - N_{Ed} - F_{cd} = -0.5 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} := \int_{h_n-x}^{h_n} b(z) \cdot \sigma_c(z) \cdot (z - t_{cd}) \cdot dz + \sum_{i=1}^{n_k} [\Delta \sigma_{pd_i} \cdot A_{k_i} \cdot (d_{k_i} - t_{ch})] \quad \sigma_c(h_n) = 12.888 \text{ MPa}$$

$$M_{Rd} = 16.613 \text{ MN} \cdot \text{m} > M_{Edmax} = 16.603 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad \Delta \sigma_{pd_i} = (\Delta \sigma_{p_i} + \sigma_{pavrg}) \cdot E_p^{-1}$$

137.3	MPa	0.006
112		0.006
137.3		0.006
112		0.006

$$b_1 := 2.85 \cdot \text{m} \quad b_2 := 2.85 \cdot \text{m} \quad L_0 := 40 \cdot \text{m} - 2 \cdot 8.0 \cdot \text{m} \quad \Delta x := 0.5 \cdot L_0 \quad h_f := 0.45 \cdot \text{m}$$

$$0.2 \cdot b_1 + 0.1 \cdot L_0 = 2.97 \text{ m} \quad 0.2 \cdot b_2 + 0.1 \cdot L_0 = 2.97 \text{ m} \quad b_{eff1} := b_1 \quad b_{eff2} := b_2$$

$$\Delta F_{cd} := \int_{h_n-h_f}^{h_n} (b(z) - 1.3 \cdot \text{m}) \cdot \sigma_c(z) \cdot dz \quad \Delta F_{cd} = 21.967 \text{ MN}$$

$$\Delta F_{cd1} := \frac{b_{eff1}}{b_{eff1} + b_{eff2}} \cdot \Delta F_{cd} \quad \Delta F_{cd2} := \Delta F_{cd} - \Delta F_{cd1} \quad \Delta F_{cd2} = 10.983 \text{ MN}$$

$$v_{Ed1} := \frac{\Delta F_{cd1}}{h_f \cdot \Delta x} \quad v_{Ed1} = 2.034 \text{ MPa} \quad v_{Ed2} := \frac{\Delta F_{cd2}}{h_f \cdot \Delta x} \quad v_{Ed2} = 2.034 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} := 3.2 \cdot \text{MPa} \quad f_{ctd} := \frac{0.7 \cdot f_{ctm}}{1.5} \quad f_{ctd} = 1.493 \text{ MPa} \quad 0.4 \cdot f_{ctd} = 0.597 \text{ MPa}$$

$$\theta_f := 36 \cdot \text{deg} \quad \cot(\theta_f) = 1.376 \quad A_{sf} := \frac{v_{Ed2} \cdot h_f}{f_{yd} \cdot \cot(\theta_f)} \cdot 1 \cdot \text{m} \quad A_{sf} = 15.295 \text{ cm}^2$$

$$v_{Rd} := f_{cd} \cdot 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot \text{MPa}}\right) \cdot \sin(\theta_f) \cdot \cos(\theta_f) \quad v_{Rd} = 5.432 \text{ MPa} > v_{Ed2} = 2.034 \text{ MPa}$$

### Prierez v krajnom poli

$$n_k := 4$$

$$M_{g0} := 8.43 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{g1ksup} := 1.714 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{TS} := 5.28 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{udl} := 3.171 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{ch} := 0.285 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{pm} := -15.4 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{LM3} := 8.1 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Gset} := 1.79 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$\gamma_P := 1 \quad \gamma_Q := 1.35 \quad \gamma_{Gset} := 1.2 \quad \gamma_G := 1.35$$

$$M_{Edmax} := \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1ksup}) + \gamma_{Gset} \cdot M_{Gset} + \gamma_Q \cdot (M_{TS} + M_{udl} + M_{ch}) + \gamma_P \cdot M_{pm}$$

$$M_{Ed} := \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1ksup}) + \gamma_{Gset} \cdot M_{Gset} + \gamma_Q \cdot (M_{LM3} + M_{ch}) + \gamma_P \cdot M_{pm} \quad M_{Ed} = 11.762 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$A_{k1} := 15 \cdot 1.5 \cdot \text{cm}^2 \quad A_{k2} := 19 \cdot 1.5 \cdot \text{cm}^2 \quad E_a := 195 \cdot \text{GPa} \quad i := 1..n_k \quad \varepsilon_{c3} := 0.00175$$

$$f_{p01k} := 1600 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_S := 1.15 \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1391.3 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} := 40 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_C := 1.5 \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \quad f_{cd} = 22.667 \text{ MPa} \quad \varepsilon_{cu} := 0.0035$$

$$A_{k1} := 0 \cdot A_{k1} \quad d_{k1} := h_n - 150 \cdot \text{mm} \quad A_{k2} := 0 \cdot A_{k1} \quad d_{k2} := h_n - 330 \cdot \text{mm}$$

$$A_{k3} := 4 \cdot A_{k2} \quad d_{k3} := h_n - 150 \cdot \text{mm} \quad A_{k4} := 4 \cdot A_{k2} \quad d_{k4} := h_n - 330 \cdot \text{mm}$$

$$A_{pcel} := \sum_{i=1}^{n_k} A_{k_i} \quad A_{pcel} = 228 \text{ cm}^2 \quad N_{pm} := -24 \cdot \text{MN} \quad N_{Ed} := \gamma_P \cdot N_{pm}$$

$$\sigma_{pavrg} := \frac{(-1) \cdot N_{Ed}}{A_{pcel}} \quad \sigma_{pavrg} = 1052.6 \text{ MPa} \quad x := 266.58 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_{cu} = 0.0035$$

$$\Delta \sigma_{p_i} := E_p \cdot \varepsilon_{cu} \cdot \frac{(d_{k_i} - x)}{x} \quad \Delta \sigma_{pd_i} := \begin{cases} \Delta \sigma_{p_i} & \text{if } (\Delta \sigma_{p_i} + \sigma_{pavrg}) \leq f_{pd} \\ (f_{pd} - \sigma_{pavrg}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_c(z) := \frac{(z + x - h_n)}{x} \cdot \varepsilon_{cu} \quad \sigma_c(z) := \begin{cases} \frac{f_{cd}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_c(z) & \text{if } \varepsilon_c(z) \leq \varepsilon_{c3} \\ f_{cd} & \text{otherwise} \end{cases} \quad t_{cd} = 1.714 \text{ m}$$

$$F_{cd} := \int_{h_n-x}^{h_n} b(z) \cdot \sigma_c(z) \cdot dz \quad \Delta F_{pd} := \sum_{i=1}^{n_k} (\Delta \sigma_{pd_i} \cdot A_{k_i}) \quad \Delta F_{pd} - N_{Ed} - F_{cd} = 0.615 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} := \int_{h_n-x}^{h_n} b(z) \cdot \sigma_c(z) \cdot (z - t_{cd}) \cdot dz + \sum_{i=1}^{n_k} [\Delta \sigma_{pd_i} \cdot A_{k_i} \cdot (d_{k_i} - t_{ch})] \quad \sigma_c(h_n) = 22.667 \text{ MPa}$$

$$M_{Rd} = 19.782 \text{ MN} \cdot \text{m} > M_{Edmax} = 12.236 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad \Delta \sigma_{pd_i} =$$

338.7	MPa
338.7	
338.7	
338.7	

.. . . .



### Nadpodperový prierez bez krutenia

$$M_{g0} := -16.73 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{g1ksup} := -4.506 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{TS} := -4.15 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{udl} := -6.04 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{ch} := -0.52 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{pm} := 20.856 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{LM3} := -6.03 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Gset} := -3.77 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$\gamma_P := 1 \quad \gamma_Q := 1.35 \quad \gamma_{Gset} := 1.2 \quad \gamma_G := 1.35$$

$$M_{Edmax} := \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1ksup}) + \gamma_{Gset} \cdot M_{Gset} + \gamma_Q \cdot (M_{TS} + M_{udl} + M_{ch}) + \gamma_P \cdot M_{pm}$$

$$M_{Ed} := \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1ksup}) + \gamma_{Gset} \cdot M_{Gset} + \gamma_Q \cdot (M_{LM3} + M_{ch}) + \gamma_P \cdot M_{pm} \quad M_{Ed} = -21.179 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$f_{p01k} := 1600 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_S := 1.15 \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1391.3 \text{ MPa} \quad n_k := 5$$

$$f_{ck} := 40 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_C := 1.5 \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \quad f_{cd} = 22.667 \text{ MPa} \quad \varepsilon_{cu} := 0.0035$$

$$A_{k1} := 4 \cdot A_{k1} \quad d_{k1} := 2250 \cdot \text{mm} \quad A_{k2} := 2 \cdot A_{k2} \quad d_{k2} := 1800 \cdot \text{mm}$$

$$A_{k3} := 2 \cdot A_{k2} \quad d_{k3} := 1500 \cdot \text{mm} \quad A_{k4} := 2 \cdot A_{k2} \quad d_{k4} := 1100 \cdot \text{mm} \quad A_{k5} := 2 \cdot A_{k2} \quad d_{k5} := 150 \cdot \text{mm}$$

$$A_{pcel} := \sum_{i=1}^{n_k} A_{k_i} \quad A_{pcel} = 318 \text{ cm}^2 \quad N_{pm} := -35.8 \cdot \text{MN} \quad N_{Ed} := N_{pm} \quad i := 1..n_k$$

$$\sigma_{pavrg} := \frac{(-1) \cdot N_{Ed}}{A_{pcel}} \quad \sigma_{pavrg} = 1125.8 \text{ MPa} \quad x := 1730.35 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta \sigma_{p_i} := E_p \cdot \varepsilon_{cu} \cdot \frac{(d_{k_i} - x)}{x} \quad \Delta \sigma_{pd_i} := \begin{cases} \Delta \sigma_{p_i} & \text{if } (\Delta \sigma_{p_i} + \sigma_{pavrg}) \leq f_{pd} \\ ((f_{pd} - \sigma_{pavrg})) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_c(z) := \frac{(x - z)}{x} \cdot \varepsilon_{cu} \quad \sigma_c(z) := \begin{cases} \frac{f_{cd}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_c(z) & \text{if } \varepsilon_c(z) \leq \varepsilon_{c3} \\ f_{cd0} & \text{otherwise} \end{cases} \quad t_{cd} = 1.714 \text{ m}$$

$$F_{cd} := \int_0^x b(z) \cdot \sigma_c(z) \cdot dz \quad \Delta F_{pd} := \sum_{i=1}^{n_k} (\Delta \sigma_{pd_i} \cdot A_{k_i}) \quad \Delta F_{pd} - N_{Ed} - F_{cd} = 0.506 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} := \int_0^x b(z) \cdot \sigma_c(z) \cdot (t_{cd} - z) \cdot dz + \sum_{i=1}^{n_k} [\Delta \sigma_{pd_i} \cdot A_{k_i} \cdot (d_{k_i} - t_{cd})] \quad \sigma_c(0 \cdot \text{m}) = 22.667 \text{ MPa}$$

$$M_{Rd} = 40.454 \text{ MN} \cdot \text{m} > |M_{Edmax}| = 26.795 \text{ MN} \cdot \text{m} \quad \Delta \sigma_{pd_i} = (\Delta \sigma_{p_i} + \sigma_{pavrg}) \cdot E_p^{-1} =$$

205	MPa	0.007
27.5		0.006
-90.9		0.005
-248.6		0.004
-623.3		0.003

### Nadpodperový prierez s krútením

$$M_{g0} := -16.73 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{g1ksup} := -4.506 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{TS} := -4.15 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{udl} := -6.04 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{ch} := -0.52 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{pm} := 20.856 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{LM3} := -6.03 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Gset} := -3.77 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$\gamma_P := 1 \quad \gamma_Q := 1.35 \quad \gamma_{Gset} := 1.2 \quad \gamma_G := 1.35 \quad \Delta H_{EdT} := 8 \cdot \text{MN}$$

$$M_{Edmax} := \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1ksup}) + \gamma_{Gset} \cdot M_{Gset} + \gamma_Q \cdot (M_{TS} + M_{udl} + M_{ch}) + \gamma_P \cdot M_{pm}$$

$$M_{Ed} := \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1ksup}) + \gamma_{Gset} \cdot M_{Gset} + \gamma_Q \cdot (M_{LM3} + M_{ch}) + \gamma_P \cdot M_{pm} \quad M_{Ed} = -21.179 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$f_{p01k} := 1600 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_S := 1.15 \quad f_{pd} := \frac{f_{p01k}}{\gamma_S} \quad f_{pd} = 1391.3 \cdot \text{MPa} \quad n_k := 5$$

$$f_{ck} := 40 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_C := 1.5 \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C} \quad f_{cd} = 22.667 \cdot \text{MPa} \quad \varepsilon_{cu} := 0.0035$$

$$A_{k1} := 4 \cdot A_{k1} \quad d_{k1} := 2250 \cdot \text{mm} \quad A_{k2} := 2 \cdot A_{k2} \quad d_{k2} := 1800 \cdot \text{mm}$$

$$A_{k3} := 2 \cdot A_{k2} \quad d_{k3} := 1500 \cdot \text{mm} \quad A_{k4} := 2 \cdot A_{k2} \quad d_{k4} := 1100 \cdot \text{mm} \quad A_{k5} := 2 \cdot A_{k2} \quad d_{k5} := 150 \cdot \text{mm}$$

$$A_{pcel} := \sum_{i=1}^{n_k} A_{k_i} \quad A_{pcel} = 318 \cdot \text{cm}^2 \quad N_{pm} := -35.8 \cdot \text{MN} \quad N_{Ed} := N_{pm} + \Delta H_{EdT} \quad i := 1..n_k$$

$$\sigma_{pavrg} := \frac{(-1) \cdot N_{Ed}}{A_{pcel}} \quad \sigma_{pavrg} = 874.2 \cdot \text{MPa} \quad x := 1483.35 \cdot \text{mm}$$

$$\Delta \sigma_{p_i} := E_p \cdot \varepsilon_{cu} \cdot \frac{(d_{k_i} - x)}{x} \quad \Delta \sigma_{pd_i} := \begin{cases} \Delta \sigma_{p_i} & \text{if } (\Delta \sigma_{p_i} + \sigma_{pavrg}) \leq p_d \\ ((f_{pd} - \sigma_{pavrg})) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\varepsilon_c(z) := \frac{(x - z)}{x} \cdot \varepsilon_{cu} \quad \sigma_c(z) := \begin{cases} \frac{f_{cd}}{\varepsilon_{c3}} \cdot \varepsilon_c(z) & \text{if } \varepsilon_c(z) \leq \varepsilon_{c3} \\ f_{cd} & \text{otherwise} \end{cases} \quad t_{cd} = 1.714 \cdot \text{m}$$

$$F_{cd} := \int_0^x b(z) \cdot \sigma_c(z) \cdot dz \quad \Delta F_{pd} := \sum_{i=1}^{n_k} (\Delta \sigma_{pd_i} \cdot A_{k_i}) \quad \Delta F_{pd} - N_{Ed} - F_{cd} = 0.829 \cdot \text{kN}$$

$$M_{Rd} := \int_0^x b(z) \cdot \sigma_c(z) \cdot (t_{cd} - z) \cdot dz + \sum_{i=1}^{n_k} [\Delta \sigma_{pd_i} \cdot A_{k_i} \cdot (d_{k_i} - t_{cd})] \quad \sigma_c(0 \cdot \text{m}) = 22.667 \cdot \text{MPa}$$

$$M_{Rd} = 38.49 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} > |M_{Edmax}| = 26.795 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad \Delta \sigma_{pd_i} = (\Delta \sigma_{p_i} + \sigma_{pavrg}) \cdot E_p^{-1} =$$

352.7	MPa
145.7	
7.7	
-176.4	
-613.5	



## 5.2 Šmyk a krútenie

Návrh šmykovej výstuže bol urobený s použitím priehradového modelu s nasledovnými materiálovými charakteristikami:

- Návrhová pevnosť betónu C40/50:  $f_{cd} = 22,67 \text{ MPa}$  ;  $\nu_1 = 0,6 \cdot (1 - 40/250) = 0,504$
- Návrhová pevnosť šmykovej výstuže B500B:  $f_{ywd} = 500/1,15 = 434 \text{ MPa}$
- Sklon tlakových diagonál:  $\cot \theta = 1,6$
- Rameno vnútorných síl  $z = 2,25 \text{ m}$
- $b_w = 0,5 \cdot (1,0 + 1,3) = 1,15 \text{ m}$  v reze v strede rozpätia
- Nasledovné základné vzťahy boli použité pre návrh:

Betón:

$$V_{Rd,max} = \frac{z b_w \nu_1 f_{cd}}{(\tan \theta + \cot \theta)} ; T_{Rd,max} = \frac{2 A_k t_{ef} \nu_1 f_{cd}}{(\cot \theta + \tan \theta)} \rightarrow \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} \leq 1$$

Šmyková výstuž:

$$\sigma_{swd} = \frac{T_{Ed}}{2 A_k} \frac{s}{A_{swt} \cot \theta} + \frac{V_{Ed}}{z} \frac{s}{A_{sw} \cot \theta} \leq f_{ywd}$$

Horizontálne sily od šmyku:

- Zložka šmykovej sily bude pokrytá predpätím:  $H_{wd,v} = V_{Ed} \cot \theta$
- Zložka krútenia bude pokrytá ďalším vystužením  $F_{wd,t} = \frac{T_{Ed}}{2 A_k} u_k \cot \theta \leq A_{st} f_{yd}$

Kde  $V_{Ed}$  je šmyková sila vypočítaná podľa pravidiel v kapitole 2.11.2

$T_{Ed}$  – krútiace momenty vypočítané podľa pravidiel v kapitole 2.11.2

$t_{ef}$  – účinná hrúbka steny,

$A_k$  – plocha ktorá je ohraničená strednicami stien prierezu

$s$  – vzdialenosť medzi strmeňmi

$A_{swt}$  – prierezová plocha vetvy strmeňa

$A_{sw}$  – prierezová plocha štvorstrižných strmeňov  $A_{sw} = 2 \cdot A_{swt} \cdot \cos(\alpha_w) + 2 \cdot A_{swt}$

$\alpha_w$  - sklon strmeňa určený sklonom steny

$$b_d := 1 \cdot \text{m} \quad h_n = 2.5 \text{ m} \quad b_h := b_d + \frac{0.3 \cdot \text{m}}{2.05 \cdot \text{m}} \cdot h_n \quad b_h = 1.366 \text{ m} \quad A_{ct} := 0.5 \cdot (b_d + b_h) \cdot h_n$$

$$A_{ct} = 2.957 \text{ m}^2 \quad \alpha_w := \text{atan} \left( \frac{0.15 \cdot \text{m}}{2.05 \cdot \text{m}} \right) \quad u_{ct} := b_h + b_d + 2 \cdot \frac{h_n}{\cos(\alpha_w)} \quad u_{ct} = 7.379 \text{ m}$$

$$t_{efl} := \frac{A_{ct}}{u_{ct}} \quad t_{efl} = 0.401 \text{ m} \quad c := 50 \cdot \text{mm} \quad \phi_{st} := 14 \cdot \text{mm} \quad \phi_{sl} := 16 \cdot \text{mm} \quad \alpha_w = 4.185 \text{ deg}$$

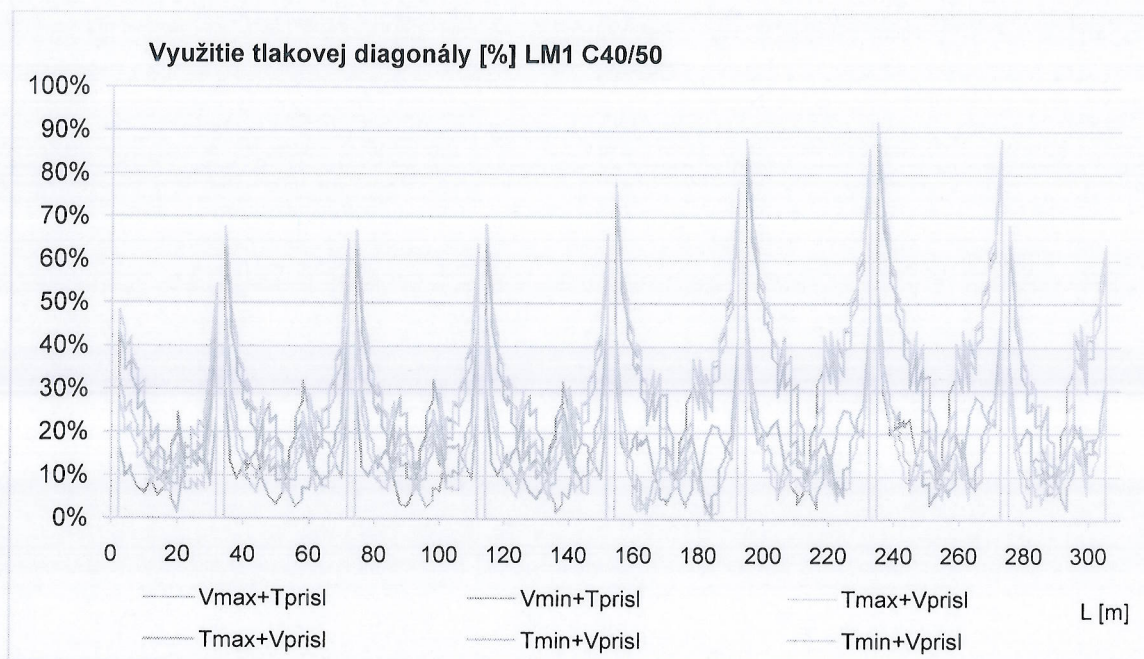
$$a_1 := c + \phi_{st} + 0.5 \cdot \phi_{sl} \quad a_1 = 0.072 \text{ m} \quad t_{ef} := \begin{cases} t_{efl} & \text{if } t_{efl} \geq 2 \cdot a_1 \\ a_1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad t_{ef} = 0.401 \text{ m}$$

$$b_{kd} := b_d + \frac{0.3 \cdot \text{m}}{2.05 \cdot \text{m}} \cdot 0.5 \cdot t_{ef} - t_{ef}$$

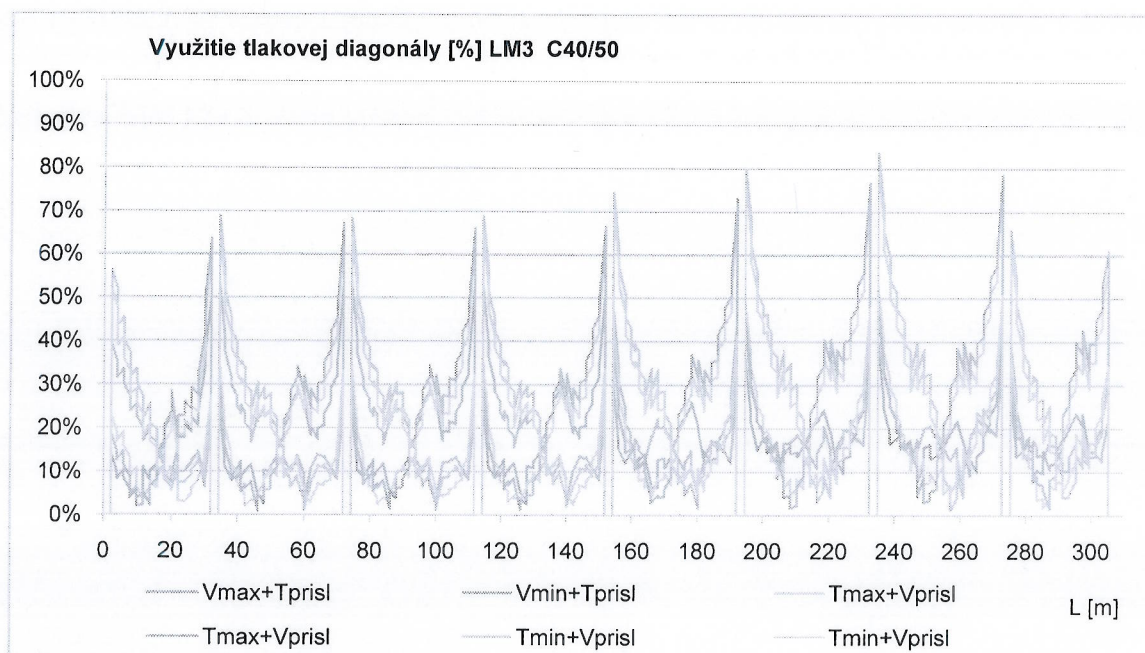
$$b_{kh} := b_d + \frac{0.3 \cdot \text{m}}{2.05 \cdot \text{m}} \cdot (h_n - 0.5 \cdot t_{ef}) - t_{ef} \quad h_k := h_n - t_{ef} \quad u_k := b_{kh} + b_{kd} + 2 \cdot h_k \quad u_k = 5.763 \text{ m}$$

$$b_{kd} = 0.629 \text{ m} \quad b_{kh} = 0.936 \text{ m} \quad A_k := 0.5 \cdot (b_{kh} + b_{kd}) \cdot h_k \quad A_k = 1.642 \text{ m}^2 \quad h_k = 2.099 \text{ m}$$

Návrh bol vykonaný s obalovými čiarami priečných síl a krútiacich momentov, ktoré boli zložené z nasledovných párov  $V$  a  $T$ :  $[V_{max}; T]$ ,  $[V_{min}; T]$ ,  $[V; T_{max}]$ ,  $[V; T_{min}]$ . Hodnoty  $V$  a  $T$  sú zodpovedajúce sily k  $V_{max}$ ;  $V_{min}$ ;  $T_{max}$  a  $T_{min}$ . Priečne sily a krútiace momenty sú v **Prílohe A**.

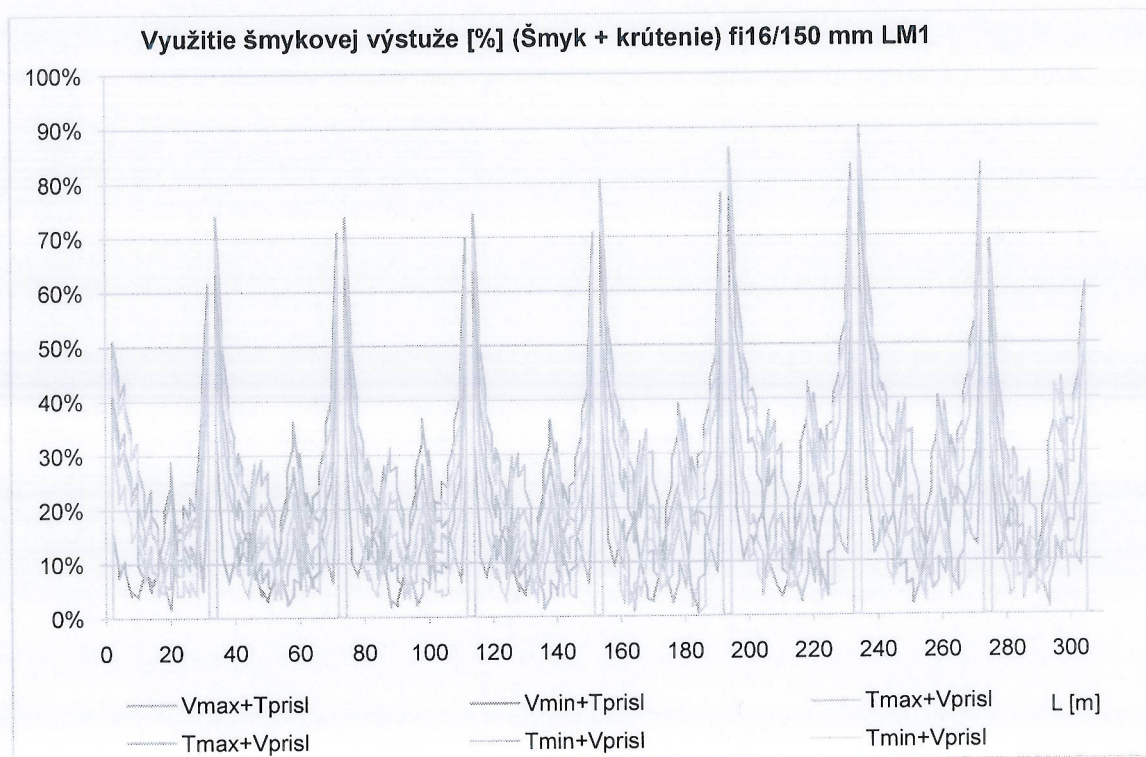


Obr.5.4 Využitie tlakovej diagonály LM1

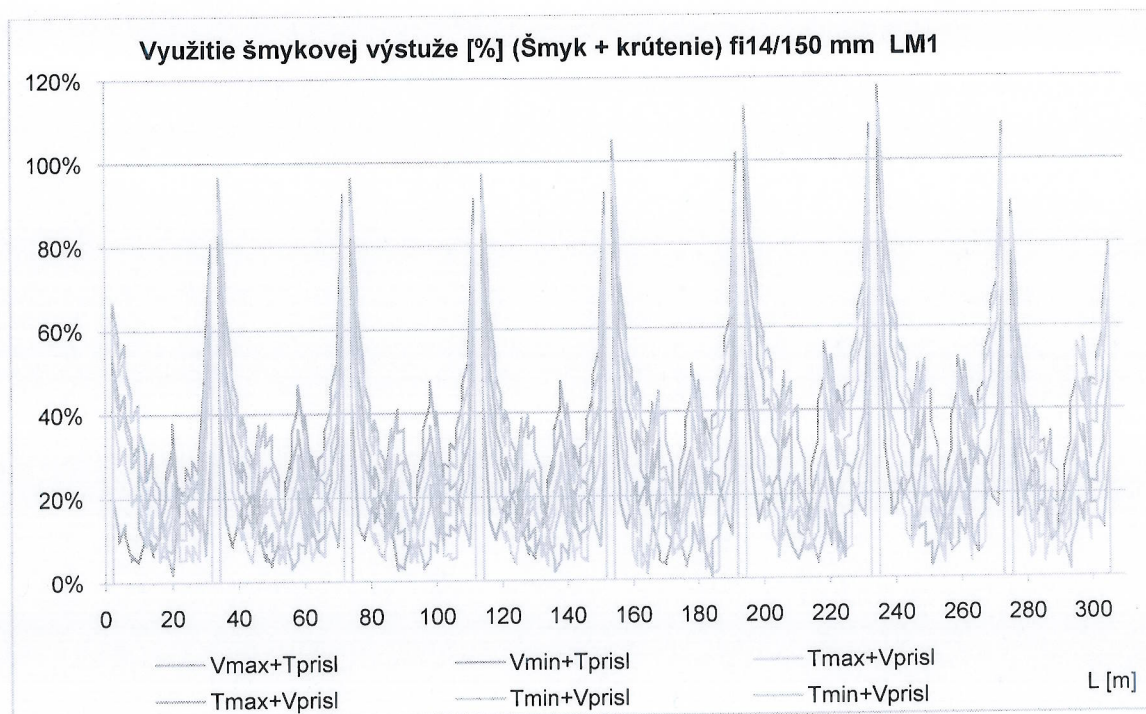


Obr.5.5 Využitie tlakovej diagonály LM3



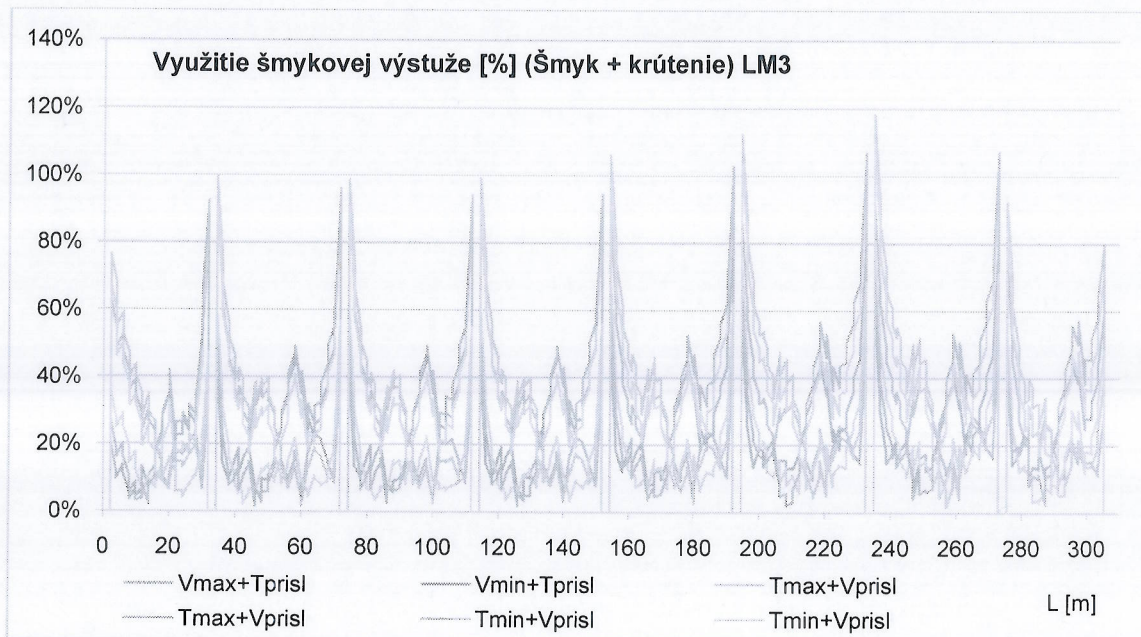


Obr.5.6 Využitie šmykovej výstuže  $4\phi 16/150$  mm od kombinácie priečna sila a krútiaci moment LM1

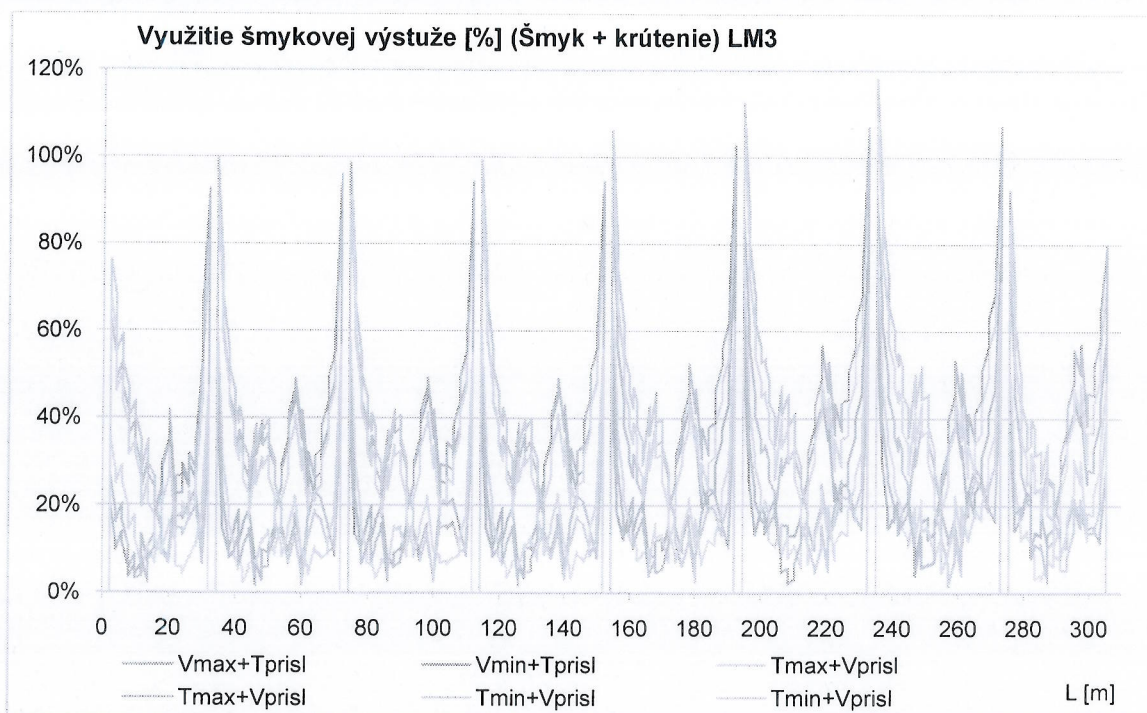


Obr.5.7 Využitie šmykovej výstuže  $4\phi 14/150$  mm od kombinácie priečna sila a krútiaci moment LM1





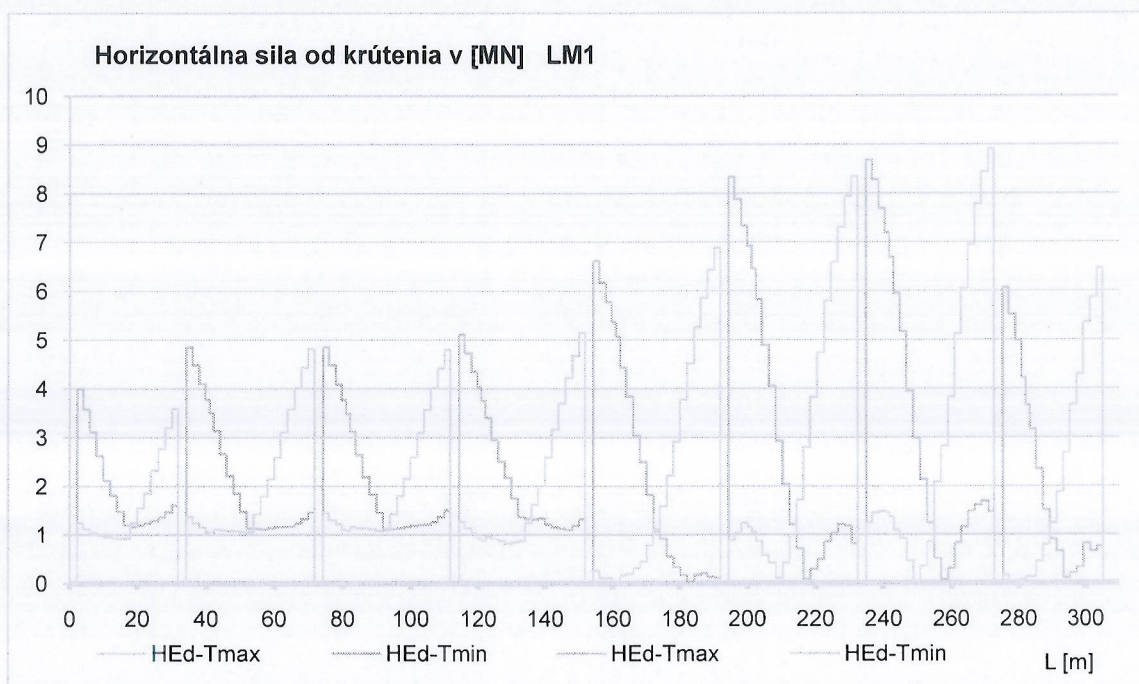
Obr.5.8 Využitie šmykovej výstuže 4φ16/150 mm od kombinácie priečna sila a krútiaci moment LM3



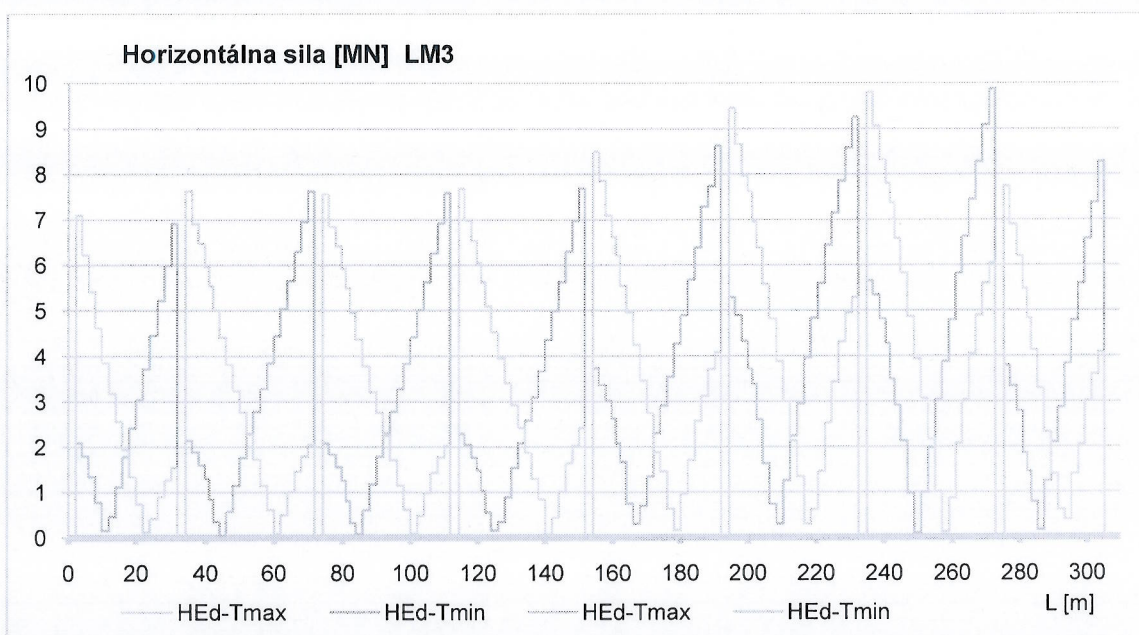
Obr.5.9 Využitie šmykovej výstuže 4φ14/150 mm od kombinácie priečna sila a krútiaci moment LM3

Šmykovú výstuž budú tvoriť štvorstrižné strmene 4φ16/150 mm na úseku (0 - 4 m) a 4φ14/150 mm na úseku (4 - 20 m). Začiatok úseku je líce priečnika.





Obr.5.10 Vodorovná sila od krútiaceho momentu pre  $\cot\theta = 1,6$  a LM1



Obr.5.11 Vodorovná sila od krútiaceho momentu pre  $\cot\theta = 1,6$  a LM3

V pôdorysne priamej časti budú tvoriť pozdĺžnu výstuž v rámci steny trámu  $31\phi 14 + 6\phi 22$ . Do prenosu krútenia možno započítať aj časť výstuže v doskách  $12\phi 14$ . Plocha výstuže je  $89,0 \text{ cm}^2$  a osová odolnosť  $H_{Rd} = 0,0089.435 = 3,87 \text{ MN}$ .

V pôdorysne zakrivenej časti navrhujeme nahradiť výstuž  $\phi 14 \text{ mm}$  výstužou  $\phi 18 \text{ mm}$ . Plocha výstuže bude  $109,23 \text{ cm}^2$  a osová odolnosť  $H_{Rd} = 0,0120.435 = 5,22 \text{ MN}$ . Ostatnú časť vodorovného krútenia a prisúdime osovej sile od predpätia.



### 5.3 Únava betón

$$\frac{\sigma_{c,max}}{f_{cd,fat}} \leq 0,5 + 0,45 \frac{\sigma_{c,min}}{f_{cd,fat}} \leq 0,9 \quad S_{cd,max} \leq 0,5 + 0,45 \cdot S_{cd,min} \leq 0,9$$

Betón C35/45:  $f_{cd,fat} = 0,85 \beta_{cc}(t_0) f_{cd} \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,85 \cdot 1,18 \cdot \frac{40}{1,5} \left(1 - \frac{40}{250}\right) = 22,46 \text{ MPa}$

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left\{ s \left[ 1 - \left( \frac{28}{t/t_1} \right)^{0,5} \right] \right\} = \exp \left\{ 0,25 \left[ 1 - \left( \frac{28}{250} \right)^{0,5} \right] \right\} = 1,18$$

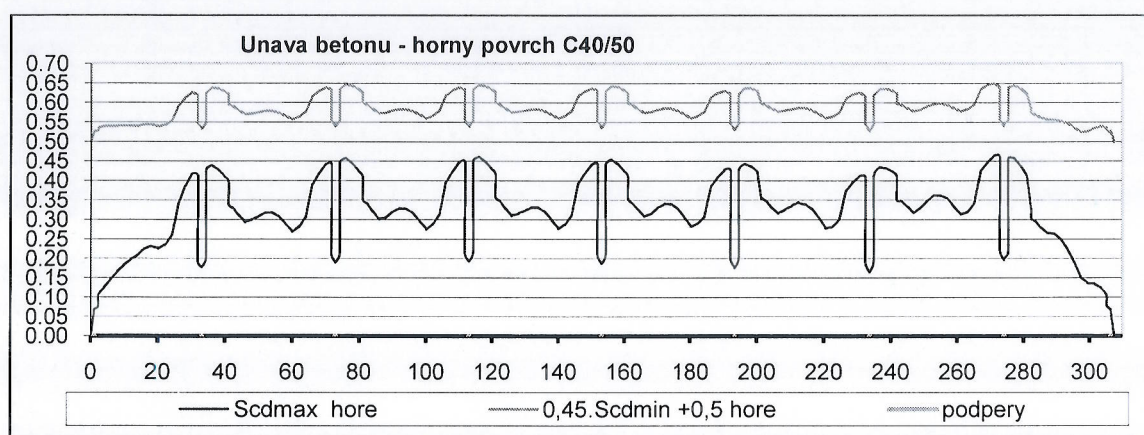
kde  $\sigma_{c,max}$  sú maximálne tlakové napätia v extrémnom vlákne od častej kombinácie

$\sigma_{c,min}$  – minimálne tlakové napätia v tom istom vlákne

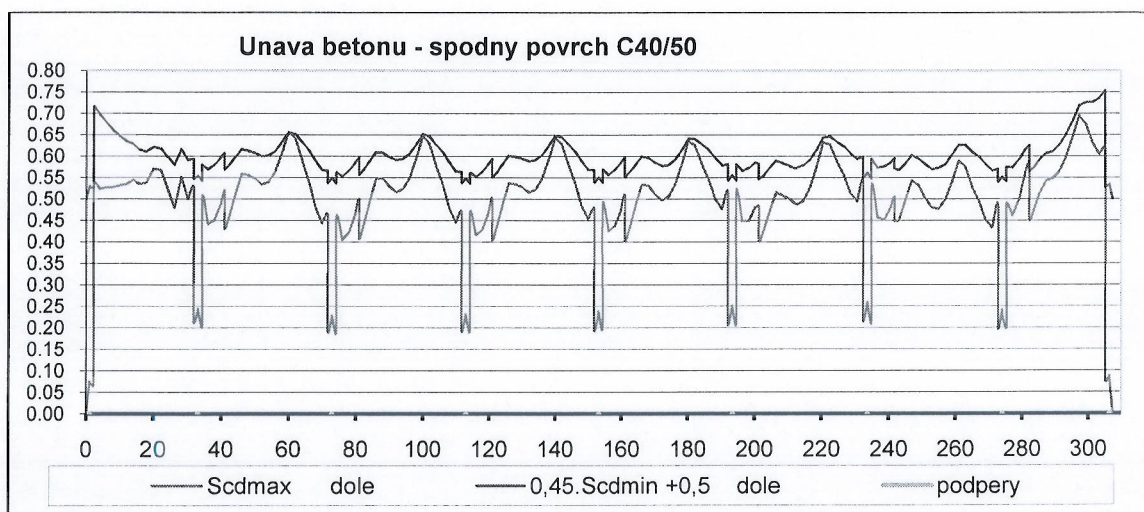
$\beta_{cc}(t_0)$  - koeficient pre nárast pevnosti betónu v čase  $t_0$

$t_0$  - vek betónu v čase nástupu únavového zaťaženia  $t_0 = 250$  dní

$s = 0,25$  cement CEM42,5N



Obr.5.12 Overenie únavovej odolnosti horné vlákna



Obr.5.13 Overenie únavovej odolnosti dolné vlákna

Z dôvodu zaistenia únavovej odolnosti je potrebné použiť betón C40/50.



## 5.4 Únava – šmyková výstuž

Predpínacie káble a pozdĺžnu výstuž nie je potrebné posúdiť na únavu, pretože sú umiestnené v betóne, ktorý zostáva v tlaku pri častej kombinácii zaťažení. Únavová odolnosť pre šmykovú výstuž bola overená s nasledovným vzťahom a materiállovými vlastnosťami:

Únavová pevnosť ocele :  $\Delta\sigma_{Rsk} = 162,5 \text{ MPa}$  ;  $\gamma_{S,fat} = 1,15 \rightarrow \Delta\sigma_{Rsk}/\gamma_{S,fat} = 141,3 \text{ MPa}$

$$\Delta\sigma_{sw,FLM3} = \frac{T_{FLM3}}{2A_k} \frac{s}{A_{swt} \cot\theta_{fat}} + \frac{V_{FLM3}}{z} \frac{s}{A_{sw} \cot\theta_{fat}}$$

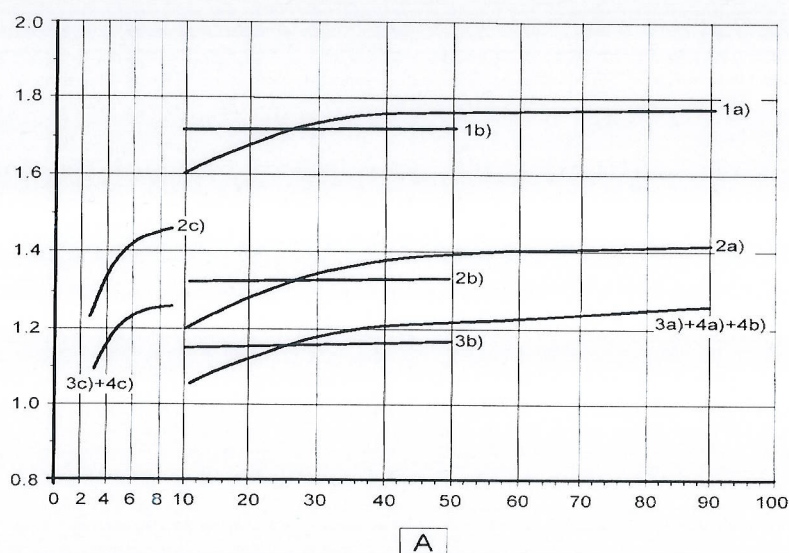
$$\Delta\sigma_{sw, equ} = \lambda_s 1,4 \cdot \Delta\sigma_{sw,FLM3}$$

$$\lambda_s = \varphi_{fat} \cdot \lambda_{s,1} \cdot \lambda_{s,2} \cdot \lambda_{s,3} \cdot \lambda_{s,4} = 1,0 \cdot 1,21 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,21$$

Kde  $\lambda_{s,1}$  – koeficient pozri obr.3.4 krivka 4a) spojitý nosník, šmyková výstuž a dĺžka vplyvovej čiary 41 m (konzervatívne riešenie)

$\varphi_{fat}$  – dynamický súčiniteľ  $\varphi_{fat} = 1$ , pretože je zahrnutý v FLM3

$$\tan\theta_{fat} = (\tan\theta)^{0,5} = (1/1,6)^{0,5} = 0,79 \rightarrow \cot\theta_{fat} = 1/0,79 = 1,265$$

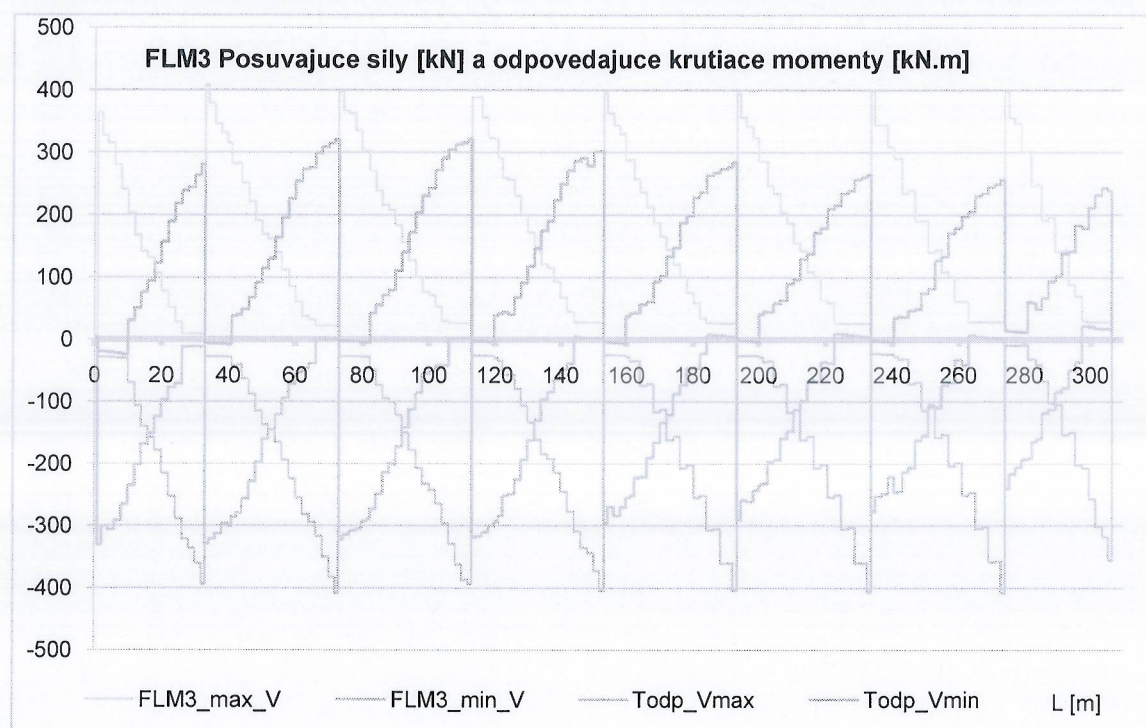


Obr. 5.14 Hodnoty  $\lambda_{s,1}$  pre únavové overenie šmykovej výstuže

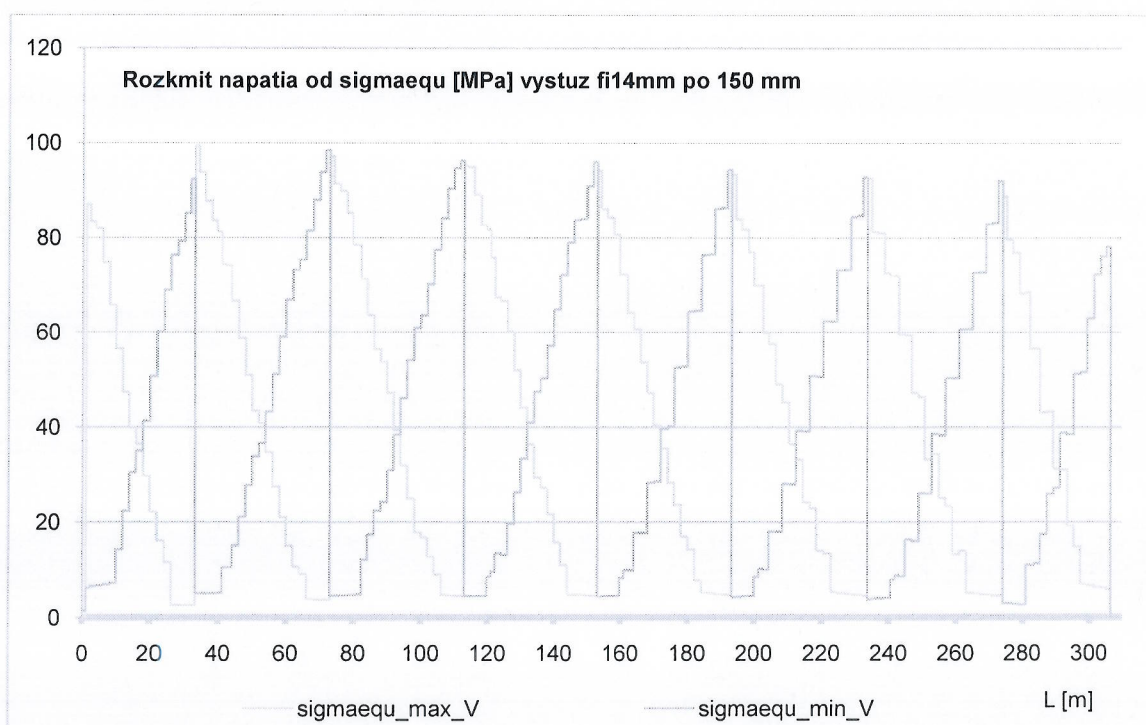
Ekvivalentný rozkmit napätí  $\Delta\sigma_{sw, equ}$  bol vypočítaný pre šmykovú výstuž  $\phi 14 \text{ mm}/150 \text{ mm}$ . Pre navrhované šmykové vystuženie v kapitole 3.5.2 platí:  $\Delta\sigma_{sw, equ} = 100 \text{ MPa} < \Delta\sigma_{Rsk}/\gamma_{S,fat} = 141,3 \text{ MPa}$ , pozri obr.3.6.

**Navrhnuté šmykové vystuženie merané od osi vnútornej podpery:**

4-strižný strmeň:  $\phi 16$  ;  $s = 150 \text{ mm}$  ( 0 ; 4 m)  
 $\phi 14$  ;  $s = 150 \text{ mm}$  ( 4 m ; 20,0 m)



Obr.5.15 Priebeh posúvajúcich síl a krútiacich momentov od FLM3



Obr.5.16 Priebeh rozkmitov napätí  $\Delta\sigma_{sw,eq}$  v šmykovej výstuži  $\phi 14$  mm/150 mm



## 6. Priechy smer mosta

Doska bola analyzovaná použitím doskostenového modelu. Vnúterné sily sú v **Prílohe A**.

### Krytie výstuže:

Trieda vplyvu prostredia pre horný povrch XC3, 100 rokov, doska, C40/50 → S4 = S6-1-1;

$c_{min} = 25 \text{ mm} \rightarrow c_h = 25 + 10 = 35 \text{ mm}$

Trieda vplyvu prostredia pre spodný povrch XD1, 100 rokov, doska, C40/50 → S5 = S6-1;

$c_{min} = 40 \text{ mm} \rightarrow c_d = 40 + 10 = 50 \text{ mm}$

### 6.1 Ohyb a pozdĺžny šmyk

$$E_{cp} := 35000 \cdot \text{MPa} \quad E_s := 200000 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_G := 1.35 \quad \gamma_Q := 1.35$$

$$f_{ck} := 40 \cdot \text{MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} \quad f_{yk} := 500 \cdot \text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15}$$

#### Mostovkova doska - spodny povrch XD1

$$M_{g0} := 4.2 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{g1ksup} := -30.3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{udl} := 40 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{TS} := 99 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{LM3} := 123 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed1} := \gamma_G \cdot (M_{g0}) + M_{g1ksup} + \gamma_Q \cdot (M_{udl} + M_{TS}) \quad M_{Ed} = 163.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed2} := \gamma_G \cdot (M_{g0}) + M_{g1ksup} + \gamma_Q \cdot (M_{LM3}) \quad M_{Ed2} = 141.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$h := 300 \cdot \text{mm} \quad c_{bot} := 50 \cdot \text{mm} \quad \phi_{st} := 10 \cdot \text{mm} \quad \phi_s := 22 \cdot \text{mm} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2$$

$$A_s := 6.6666 \cdot A_{s1} \quad d := h - 0.5 \cdot \phi_s - c_{bot} \quad d = 0.239 \text{ m} \quad A_s = 25.342 \text{ cm}^2$$

$$x_B := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{f_{cd} \cdot b} \quad x_B = 0.049 \text{ m} \quad M_{Rd} := x_B \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (d - 0.5 \cdot x_B)$$

$$M_{Rd} = 236.6 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad > \quad M_{Ed} = 163.02 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

#### Unavove overenie - spodny povrch

$$M_{FLM3} := 34 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \Delta\sigma_{Rsk} := 162.5 \cdot \text{MPa} \quad A_s = 25.342 \text{ cm}^2 \quad \alpha_e = 5.714$$

$$F(x) := x^2 + \frac{2}{b} \cdot x \cdot \alpha_e A_s - \frac{2}{b} \cdot (\alpha_e A_s \cdot d) \quad x := 69.97 \cdot \text{mm} \quad F(x) = 3.198 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$I_{ir} := \frac{1}{3} \cdot b \cdot x^3 + \alpha_e A_s \cdot (d - x)^2 \quad \sigma_{cmax} := \frac{M_{FLM3}}{I_{ir}} \cdot x \quad \sigma_{cmax} = 4.506 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c(z, x) := \frac{\sigma_{cmax}}{x} \cdot (x - z) \quad \sigma_s := \alpha_e \cdot \frac{\sigma_{cmax}}{x} \cdot (d - x) \quad \sigma_s = 62.206 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{s1} := 1.26 \quad \phi_{fat} := 1 \quad \lambda_{s2} := 1 \quad \lambda_{s3} := 1 \quad \lambda_{s4} := 1 \quad \lambda_s := \lambda_{s1} \cdot \lambda_{s2} \cdot \lambda_{s3} \cdot \lambda_{s4} \cdot \phi_{fat}$$

$$\Delta\sigma_{sequ} := 1.4 \cdot \lambda_s \cdot \sigma_s \quad \Delta\sigma_{sequ} = 109.7 \text{ MPa} \quad < \quad \frac{\Delta\sigma_{Rsk}}{1.15} = 141.304 \text{ MPa}$$

**Horný povrch**  $h := 450 \cdot \text{mm}$   $b := 1 \cdot \text{m}$

$$M_{g0} := 28.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{g1\text{ksup}} := 36.4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{\text{udl}} := 16.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{\text{TS}} := 65 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Ed}} := \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1\text{ksup}}) + \gamma_Q \cdot (M_{\text{udl}} + M_{\text{TS}}) \quad M_{\text{Ed}} = 197.505 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{g0} := 27.3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{g1\text{ksup}} := 42.6 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{\text{udl}} := 14 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad M_{\text{TS}} := 87 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Ed}} := \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1\text{ksup}}) + \gamma_Q \cdot (M_{\text{udl}} + M_{\text{TS}}) \quad M_{\text{Ed}} = 230.715 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$f_{\text{cd}} = 22.667 \text{ MPa} \quad f_{\text{yd}} = 434.8 \text{ MPa} \quad A_{\text{spozdl}} := 7.5 \cdot \text{cm}^2$$

$$\phi_{\text{sl}} := 10 \cdot \text{mm} \quad \phi_s := 22 \cdot \text{mm} \quad A_{\text{sl}} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad A_s := 6.6666 \cdot A_{\text{sl}}$$

$$c_{\text{top}} := 35 \cdot \text{mm} \quad d := h - 0.5 \cdot \phi_s - c_{\text{top}} \quad d = 0.404 \text{ m} \quad A_s = 25.342 \text{ cm}^2$$

$$x_B := \frac{(A_s - A_{\text{spozdl}}) \cdot f_{\text{yd}}}{f_{\text{cd}} \cdot b} \quad x_B = 0.034 \text{ m} \quad M_{\text{Rd}} := x_B \cdot b \cdot f_{\text{cd}} \cdot (d - 0.5 \cdot x_B)$$

$$M_{\text{Rd}} = 300.123 \text{ kN} \cdot \text{m} > M_{\text{Ed}} = 230.715 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

#### Unavove overenie - horný povrch

$$M_{\text{FLM3}} := 36.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \Delta\sigma_{\text{Rsk}} := 162.5 \cdot \text{MPa} \quad A_s = 25.342 \text{ cm}^2 \quad \alpha_e := \frac{E_s}{E_{\text{cm}}} \quad \alpha_e = 5.714$$

$$F(x) := x^2 + \frac{2}{b} \cdot x \cdot \alpha_e \cdot A_s - \frac{2}{b} \cdot (\alpha_e \cdot A_s \cdot d) \quad x := 94.65 \cdot \text{mm} \quad F(x) = -8.349 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$M_{\text{FLM1}} := 0.7 \cdot M_{\text{TS}} + 0.3 \cdot M_{\text{udl}} \quad M_{\text{FLM1}} = 65.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

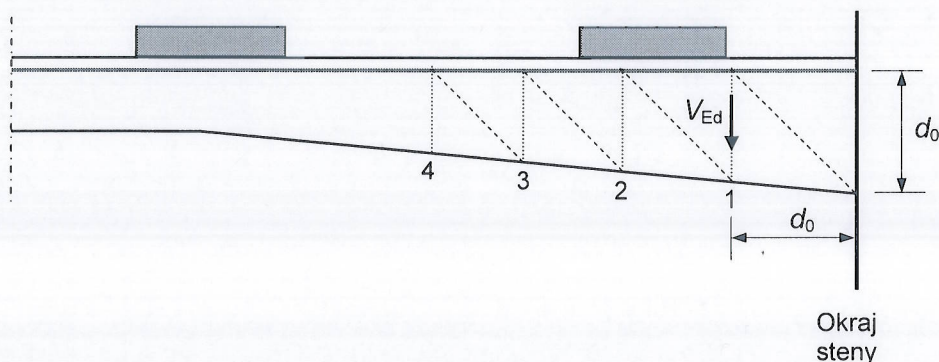
$$I_{\text{ir}} := \frac{1}{3} \cdot b \cdot x^3 + \alpha_e \cdot A_s \cdot (d - x)^2 \quad \Delta\sigma_s := \alpha_e \cdot \frac{M_{\text{FLM1}}}{I_{\text{ir}}} \cdot (d - x)$$

$$\Delta\sigma_s = 68.973 \text{ MPa} < \Delta\sigma_{\text{smax}} := 70 \cdot \text{MPa}$$



## 6.2 Šmyk

Šmyk v doske bol kontrolovaný s LM1 a LM2 plus všetky stále zaťaženia. Prvý kontrolovaný rez „1“ bol uvažovaný  $d_0$  od okraja steny trámu; druhý rez „2“ vzdialený  $d_1$  od rezu „1“; tretí rez „3“ vzdialený  $d_2$  od rezu „2“; štvrtý rez „4“ vzdialený  $d_3$  od rezu „3“.



Obr.3.5.1 Mostková doska - poloha prvého overovaného prierezu

### Mostková doska - smyk

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa} \quad A_s = 25.342 \text{ cm}^2$$

$$h_1(y) := \begin{cases} \left(0.45 \cdot \text{m} - \frac{0.15 \cdot \text{m}}{1.35 \cdot \text{m}} \cdot y\right) & \text{if } y < 1.35 \cdot \text{m} \\ (0.3 \cdot \text{m}) & \text{if } 1.35 \cdot \text{m} \leq y \leq 2.85 \cdot \text{m} \end{cases} \quad d_1(y) := \begin{cases} \left(d - \frac{0.15 \cdot \text{m}}{1.35 \cdot \text{m}} \cdot y\right) & \text{if } y \leq 1.35 \cdot \text{m} \\ (d - 0.15 \cdot \text{m}) & \text{if } 1.35 \cdot \text{m} \leq y \leq 2.85 \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\rho_1(y) := \frac{A_s}{b \cdot d_1(y)} \quad d_2(y) := d - \frac{0.2 \cdot \text{m}}{2.85 \cdot \text{m}} \cdot y \quad \rho_2(y) := \frac{A_s}{b \cdot d_2(y)} \quad h_2(y) := \left(0.45 \cdot \text{m} - \frac{0.2 \cdot \text{m}}{2.85 \cdot \text{m}} \cdot y\right)$$

$$k_1(y) := \begin{cases} 1 + \left(\frac{200 \cdot \text{mm}}{d_1(y)}\right)^{0.5} & \text{if } d_1(y) \geq 200 \cdot \text{mm} \\ 2 & \text{otherwise} \end{cases} \quad k_2(y) := \begin{cases} 1 + \left(\frac{200 \cdot \text{mm}}{d_2(y)}\right)^{0.5} & \text{if } d_2(y) \geq 200 \cdot \text{mm} \\ 2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

**Vnútorná doska**  $V_{Rdc1}(y) := 0.12 \cdot \text{MPa} \cdot k_1(y) \cdot \left(100 \cdot \rho_1(y) \cdot \frac{f_{ck}}{1 \cdot \text{MPa}}\right)^{0.333} \cdot b \cdot d_1(y)$

**Konzolová doska**  $V_{Rdc2}(y) := 0.12 \cdot \text{MPa} \cdot k_2(y) \cdot \left(100 \cdot \rho_2(y) \cdot \frac{f_{ck}}{1 \cdot \text{MPa}}\right)^{0.333} \cdot b \cdot d_2(y)$

**Šmyková výstuž** s priemerom  $\phi_{st} = 10 \text{ mm}$  bude navrhnutá v pásach so šírkou 1 m pozdĺž okrajov stien trámov. Osová vzdialenosť šmykovej výstuže v priečnom smere mosta bude 200 mm a v pozdĺžnom smere mosta 250 mm.

### Vnútorná doska

$$l_{nd} := 5.7 \cdot \text{m}$$

$$\gamma_{bet} := 25 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3} \quad \gamma_{ab} := 24 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-3} \quad h_{voz} := 90 \cdot \text{mm} \quad \gamma_G := 1.35 \quad \gamma_Q := 1.35$$

$$a := 0.65 \cdot \text{m} \quad Q_{k1} := 300 \cdot \text{kN} \quad Q_{k2} := 200 \cdot \text{kN}$$

$$F_{k1}(y) := \frac{(l_{nd} - y - 0.5 \cdot a)}{l_{nd}} \cdot Q_{k1} \quad F_{k2}(y) := \frac{(l_{nd} - y - 0.5 \cdot a - 2 \cdot \text{m})}{l_{nd}} \cdot Q_{k1} \quad b_{eff1} := 2 \cdot a + 1.2 \cdot \text{m}$$

$$F_{k3}(y) := \frac{(l_{nd} - y - 0.5 \cdot a - 3 \cdot \text{m})}{l_{nd}} \cdot Q_{k2} \quad b_{eff2} := 2 \cdot a + 2 \cdot 2 \cdot \text{m} + 1.2 \cdot \text{m} \quad b_{eff3} := a + 1.2 \cdot \text{m} + 2 \cdot 3 \cdot \text{m}$$

$$V_{TS}(y) := \frac{F_{k1}(y)}{b_{eff1}} \cdot b + \frac{F_{k2}(y)}{b_{eff2}} \cdot b + \frac{F_{k3}(y)}{b_{eff3}} \cdot b \quad V_{TS}(0 \cdot \text{m}) = 150.3 \cdot \text{kN}$$

$$F_{k1}(0) = 282.895 \cdot \text{kN} \quad F_{k2}(0) = 177.632 \cdot \text{kN} \quad F_{k3}(0) = 83.333 \cdot \text{kN}$$

$$g_{0k}(y) := \gamma_{bet} \cdot b \cdot h_1(y) \quad g_{1ksup} := b \cdot 1.4 \cdot h_{voz} \cdot \gamma_{ab} \quad q_{k1} := b \cdot 9 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad q_{k2} := b \cdot 2.5 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$V_G(y) := \int_y^{2.85 \cdot \text{m}} g_{0k}(y) \, dy + g_{1ksup} \cdot (2.85 \cdot \text{m} - y) \quad V_{udl}(y) := q_{k1} \cdot (2.85 \cdot \text{m} - y)$$

$$V_{Ed}(y) := \gamma_G \cdot V_G(y) + \gamma_Q \cdot (V_{udl}(y) + V_{TS}(y)) \quad d_1(0) = 0.404 \cdot \text{m} \quad V_{Ed}(d_1(0)) = 250.89 \cdot \text{kN}$$

$$\theta := 39 \cdot \text{deg} \quad \cot(\theta) = 1.235 \quad z(y) := 0.9 \cdot d_1(y) \quad s_{max}(y) := d_1(y) \cdot 0.75$$

$$\phi_{st} := 10 \cdot \text{mm} \quad A_{sw} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 \quad A_{sw} = 3.142 \cdot \text{cm}^2 \quad s_{st} := 200 \cdot \text{mm}$$

$$V_{Rds}(y) := A_{sw} \cdot \frac{z(y) \cdot \cot(\theta)}{s} \cdot f_{yd} \quad y_1 := d_1(0) \quad s_{max}(0) = 0.303 \cdot \text{m} \quad y_0 := 0 \cdot \text{m}$$

$$V_{Rdc1}(0) = 241.529 \cdot \text{kN} > V_{Ed}(y_1) = 250.89 \cdot \text{kN} \quad V_{Rds}(0) = 306.7 \cdot \text{kN}$$

$$y_2 := y_1 + d_1(y_1) \quad y_2 = 0.763 \cdot \text{m} \quad V_{Rdc1}(y_1) = 228.874 \cdot \text{kN} \quad V_{Ed}(y_2) = 224.259 \cdot \text{kN} \quad V_{Rds}(y_1) = 272.6 \cdot \text{kN}$$

$$y_3 := y_2 + d_1(y_2) \quad y_3 = 1.082 \cdot \text{m} \quad V_{Rdc1}(y_2) = 217.067 \cdot \text{kN} \quad V_{Ed}(y_3) = 200.994 \cdot \text{kN}$$

$$y_4 := y_3 + d_1(y_3) \quad y_4 = 1.366 \cdot \text{m} \quad V_{Rdc1}(y_3) = 206.044 \cdot \text{kN} \quad V_{Ed}(y_4) = 180.634 \cdot \text{kN}$$

$$y_5 := y_4 + d_1(y_4) \quad y_5 = 1.62 \cdot \text{m} \quad V_{Rdc1}(y_4) = 196.347 \cdot \text{kN} \quad V_{Ed}(y_5) = 162.528 \cdot \text{kN}$$

### Unavove posudenie

$$V_{Efrq}(y) := V_G(y) + 1 \cdot (0.4 \cdot V_{udl}(y) + 0.75 \cdot V_{TS}(y))$$

$$S_{dmax} := \frac{V_{Efrq}(y_1)}{V_{Rdc1}(y_0)} \quad S_{dmin} := \frac{V_G(y_1)}{V_{Rdc1}(y_0)} \quad S_{dmax} = 0.573 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{dmin} = 0.55$$

$$S_{dmax} := \frac{V_{Efrq}(y_2)}{V_{Rdc1}(y_1)} \quad S_{dmin} := \frac{V_G(y_2)}{V_{Rdc1}(y_1)} \quad S_{dmax} = 0.54 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{dmin} = 0.544$$

$$S_{dmax} := \frac{V_{Efrq}(y_3)}{V_{Rdc1}(y_2)} \quad S_{dmin} := \frac{V_G(y_3)}{V_{Rdc1}(y_2)} \quad S_{dmax} = 0.51 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{dmin} = 0.539$$

$$S_{dmax} := \frac{V_{Efrq}(y_4)}{V_{Rdc1}(y_3)} \quad S_{dmin} := \frac{V_G(y_4)}{V_{Rdc1}(y_3)} \quad S_{dmax} = 0.483 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{dmin} = 0.534$$



**Konzolova doska**  $l_{nd} := 2.85 \cdot m$

$$\gamma_{bet} := 25 \cdot kN \cdot m^{-3} \quad \gamma_{ab} := 24 \cdot kN \cdot m^{-3} \quad h_{voz} := 90 \cdot mm \quad \gamma_G := 1.35 \quad \gamma_Q := 1.35$$

$$a := 0.6 \cdot m \quad Q_{k1} := 300 \cdot kN \quad b_{effl} := 2 \cdot a + 1.2 \cdot m \quad q_{k1} := b \cdot 9 \cdot kN \cdot m^{-2} \quad q_{ch} := b \cdot 3 \cdot kN \cdot m^{-2}$$

$$g_{0k}(y) := \gamma_{bet} \cdot b \cdot h_2(y) \quad g_{1ksup} := b \cdot 1.4 \cdot h_{voz} \cdot \gamma_{ab} \quad g_{2k} := \gamma_{bet} \cdot b \cdot 0.26 \cdot m$$

$$F_{zvod} := 0.7 \cdot kN \quad F_{zabr} := 0.5 \cdot kN \quad F_{rims} := 0.7 \cdot m \cdot 0.25 \cdot m \cdot b \cdot \gamma_{bet} \quad F_{rims} = 4.375 \cdot kN$$

$$V_{g1}(y) := \begin{cases} [F_{rims} + F_{zabr} + F_{zvod} + g_{2k} \cdot 1.25 \cdot m + g_{1ksup} \cdot (1.6 \cdot m - y)] & \text{if } 0 \leq y < 1.6 \cdot m \\ [F_{rims} + F_{zabr} + F_{zvod} + g_{2k} \cdot 0.85 \cdot m - y + g_{1ksup} \cdot (1.6 \cdot m)] & \text{if } 1.6 \cdot m \leq y < 1.9 \cdot m \\ [F_{rims} + F_{zabr} + g_{2k} \cdot 0.85 \cdot m - y + g_{1ksup} \cdot (1.6 \cdot m)] & \text{if } 1.9 \cdot m \leq y \leq 2.85 \cdot m \end{cases}$$

$$V_{g0}(y) := \int_y^{l_{nd}} g_{0k}(y) dy \quad V_G(y) := V_{g1}(y) + V_{g0}(y) \quad V_{udl}(y) := q_{k1} l(0.6 \cdot m - y)$$

$$V_{ch}(y) := \begin{cases} (q_{ch} \cdot 0.75 \cdot m) & \text{if } 0 \leq y \leq 2.1 \cdot m \\ [q_{ch} l(0.85 \cdot m - y)] & \text{if } 2.1 \cdot m \leq y \leq 2.85 \cdot m \end{cases} \quad V_{TS}(y) := \begin{cases} \left( \frac{Q_{k1}}{b_{effl}} \cdot b \right) & \text{if } 0 < (y + a) \leq 1.6 \cdot m \\ \frac{Q_{k1}}{b_{effl}} \cdot b \cdot \frac{(1.6 \cdot m - y)}{a} & \text{if } 1.6 \cdot m < (y + a) \end{cases}$$

$$V_{Ed}(y) := \gamma_G \cdot V_G(y) + \gamma_Q \cdot (V_{udl}(y) + V_{TS}(y) + V_{ch}(y)) \quad d_2(0) = 0.404 \cdot m \quad V_{Ed}(d_2(0)) = 237.42 \cdot kN$$

$$\theta := 39 \cdot \text{deg} \quad \cot(\theta) = 1.235 \quad z(y) := 0.9 \cdot d_2(y) \quad s_{max}(y) := d_1(y) \cdot 0.75$$

$$\phi_{st} := 10 \cdot mm \quad A_{sw} := 4 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 \quad A_{sw} = 3.142 \cdot cm^2 \quad s := 200 \cdot mm$$

$$V_{Rds}(y) := A_{sw} \cdot \frac{z(y) \cdot \cot(\theta)}{s} \cdot f_{yd} \quad y_0 := d_2(0) \quad y_0 := 0 \cdot m \quad s_{max}(y_0) = 0.303 \cdot m$$

$$V_{Rdc2}(0) = 241.529 \cdot kN < V_{Ed}(y_1) = 237.42 \cdot kN \quad V_{Rds}(y_0) = 306.653 \cdot kN \quad s_{max}(y_1) = 0.269 \cdot m$$

$$y_2 := y_1 + d_2(y_1) \quad y_2 = 0.78 \cdot m \quad V_{Rdc2}(y_1) = 233.608 \cdot kN \quad V_{Ed}(y_2) = 226.143 \cdot kN \quad V_{Rds}(y_1) = 285.133 \cdot kN$$

$$y_3 := y_2 + d_2(y_2) \quad y_3 = 1.129 \cdot m \quad V_{Rdc2}(y_2) = 226.02 \cdot kN \quad V_{Ed}(y_3) = 179.695 \cdot kN$$

### Unavove posudenie

$$V_{Efrq}(y) := V_G(y) + 1 \cdot (0.4 \cdot V_{udl}(y) + 0.75 \cdot V_{TS}(y))$$

$$S_{dmax} := \frac{V_{Efrq}(y_1)}{V_{Rdc1}(y_0)} \quad S_{dmin} := \frac{V_G(y_1)}{V_{Rdc1}(y_0)} \quad S_{dmax} = 0.563 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{dmin} = 0.571$$

$$S_{dmax} := \frac{V_{Efrq}(y_2)}{V_{Rdc1}(y_1)} \quad S_{dmin} := \frac{V_G(y_2)}{V_{Rdc1}(y_1)} \quad S_{dmax} = 0.566 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{dmin} = 0.565$$

$$S_{dmax} := \frac{V_{Efrq}(y_3)}{V_{Rdc1}(y_2)} \quad S_{dmin} := \frac{V_G(y_3)}{V_{Rdc1}(y_2)} \quad S_{dmax} = 0.479 < 0.5 + 0.45 \cdot S_{dmin} = 0.559$$

## 7. Mostné závery a ložiska

### 7.1 Mostné závery

Vek betonu nosníka pri osadení MZ  $t_{MZ} := 180$   $t_{loz} := 7$   $\gamma_Q := 1.35$

$L_n := 40 \cdot m$   $L_{n2} := 33 \cdot m$   $L_p := 2 \cdot m$   $L_{a1} := L_n - L_p$   $L_{a2} := L_{n2} - 1.5 \cdot L_p$

$L_{dil} := 3 \cdot L_n + 33 \cdot m$   $L_{dil} = 153 \cdot m$   $L_{a1} = 38 \cdot m$   $L_{a2} = 30 \cdot m$

Beton C40/50  $E_{cm} := 35000 \cdot MPa$   $E_{bn} := E_{cm}$

$s_{\infty} := 0.25$   $\beta_{cc}(t) := \exp \left[ s \cdot \left[ 1 - \left( \frac{28}{t} \right)^{0.5} \right] \right]$   $\beta_{cc}(t_{loz}) = 0.779$

$E_{cmt} := E_{cm} \cdot (\beta_{cc}(t_{loz}))^{0.3}$   $E_{cmt} = 32471 \cdot MPa$   $h_n := 2500 \cdot mm$

$$y(z) := \begin{cases} \left( 1.0 \cdot m + \frac{0.3 \cdot m}{2.05 \cdot m} \cdot z \right) & \text{if } z \leq 2.05 \cdot m \\ \left[ 1.3 \cdot m + (z - 2.05 \cdot m) \cdot \left( \frac{1.35 \cdot m}{0.15 \cdot m} + \frac{2.85 \cdot m}{0.2 \cdot m} \right) \right] & \text{if } 2.05 \cdot m < z \leq 2.2 \cdot m \\ \left[ 6.2875 \cdot m + (z - 2.2 \cdot m) \cdot \left( \frac{2.85 \cdot m}{0.2 \cdot m} \right) \right] & \text{if } 2.2 \cdot m < z \leq 2.25 \cdot m \\ (7 \cdot m) & \text{if } 2.25 \cdot m < z \leq 2.5 \cdot m \end{cases}$$

$b(z) := y(z)$   $A_{cn} := \int_0^{h_n} b(z) \cdot dz$   $B_{cn} := \int_0^{h_n} b(z) \cdot z \cdot dz$   $t_{cd} := \frac{B_{cn}}{A_{cn}}$

$I_{cn} := \int_0^{h_n} b(z) \cdot (z - t_{cd})^2 \cdot dz$   $A_{cn} = 4.896 \cdot m^2$   $t_{cd} = 1.714 \cdot m$   $I_{cn} = 2.744 \cdot m^4$

$u_{c1} := 0.25 \cdot m + 7 \cdot m + 1.5 \cdot m + 1 \cdot m + \left[ (0.15 \cdot m)^2 + (1.35 \cdot m)^2 \right]^{0.5} + \left[ (0.2 \cdot m)^2 + (2.85 \cdot m)^2 \right]^{0.5}$

$u_c := u_{c1} + 2 \cdot \left[ (0.15 \cdot m)^2 + (2.05 \cdot m)^2 \right]^{0.5}$   $u_c = 18076 \cdot mm$

$h_{o1} := 2 \cdot \frac{A_{cn}}{u_c}$   $h_{o1} = 541.7 \cdot mm$   $f_{ck1} := 40 \cdot MPa$   $f_{cm1} := f_{ck1} + 8 \cdot MPa$

$t_{o1} := 7$   $t_{o2} := 1$   $t_{s1} := 1.5$   $t_{s2} := 2$   $r := 1$   $RH := 70$

**Dotvarovanie**  $\alpha_{11} := \left( \frac{35 \cdot MPa}{f_{cm1}} \right)^{0.7}$   $\alpha_{21} := \left( \frac{35 \cdot MPa}{f_{cm1}} \right)^{0.2}$   $\alpha_{31} := \left( \frac{35 \cdot MPa}{f_{cm1}} \right)^{0.5}$

$\phi_{RH1} := \left[ 1 + \frac{1 - \frac{RH}{100}}{0.1 \cdot \left( \frac{h_{o1}}{1 \cdot mm} \right)^{0.3333}} \cdot \alpha_{11} \right] \cdot \alpha_{21}$   $\beta_{f1}(f_{cm1}) := \frac{16.8}{\left( \frac{f_{cm1}}{1 \cdot MPa} \right)^{0.5}}$   $\beta_{t1}(t_{o1}) := \frac{1}{0.1 + t_{o1}^{0.2}}$

$\beta_{H1} := 1.5 \cdot \left[ 1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right] \cdot \frac{h_{o1}}{1 \cdot mm} + 250 \cdot \alpha_{31}$   $\beta_{c1}(t, t_{o1}) := \left( \frac{t - t_{o1}}{\beta_{H1} + t - t_{o1}} \right)^{0.3}$



$$\phi_{o1}(t_{o1}) := \phi_{RH1} \cdot \beta_{f1}(f_{cm1}) \cdot \beta_{t1}(t_{o1}) \quad \phi_n(t, t_{o1}) := \phi_{o1}(t_{o1}) \cdot \beta_{c1}(t, t_{o1}) \quad \phi_n(30000, 5) = 1.972$$

$$\Delta\phi_n := (\phi_n(30000, 7) - \phi_n(t_{MZ}, 7)) \quad \phi_n(30000, 7) = 1.852 \quad \Delta\phi_n = 0.814$$

$$\Delta\phi_{nL} := (\phi_n(30000, 7)) \quad \phi_n(30000, 7) = 1.852 \quad \Delta\phi_{nL} = 1.852$$

**Zmrastovanie**  $t_{s1} = 1.5$

$$k_h := 1 \quad \beta_{ds1}(t, t_{s1}) := \frac{t - t_{s1}}{(t - t_{s1}) + 0.04 \cdot \left(\frac{h_{o1}}{1 \cdot \text{mm}}\right)^{1.5}} \quad \varepsilon_{ca01} := 2.5 \cdot \left(\frac{f_{cm1}}{1 \cdot \text{MPa}} - 10\right) \cdot 10^{-6}$$

$$\beta_{as}(t) := 1 - \exp(-0.2 \cdot t^{0.5}) \quad \alpha_{ds1} := 4 \quad \alpha_{ds2} := 0.12 \quad \text{normalne tuhnutí}$$

$$\beta_{RH} := -1.55 \cdot \left[1 - \left(\frac{RH}{100}\right)^3\right] \quad \varepsilon_{ca1}(t) := \varepsilon_{ca01} \cdot (\beta_{as}(t))$$

$$\varepsilon_{cd01} := \left[ (220 + 110 \cdot \alpha_{ds1}) \cdot \exp\left(-\alpha_{ds2} \cdot \frac{f_{cm1}}{10 \cdot \text{MPa}}\right) \right] \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} \cdot (-0.85)$$

$$\varepsilon_{cd1}(t, t_{s1}) := \beta_{ds1}(t, t_{s1}) \cdot \varepsilon_{cd01} \quad \varepsilon_{sn}(t, t_{s1}) := (\varepsilon_{cd1}(t, t_{s1}) + \varepsilon_{ca1}(t)) \cdot (-1)$$

$$\Delta\varepsilon_{csn} := \varepsilon_{sn}(30000, t_{s1}) - \varepsilon_{sn}(t_{MZ}, t_{s1}) \quad \Delta\varepsilon_{csnL} := \varepsilon_{sn}(30000, t_{s1}) - \varepsilon_{sn}(t_{loz}, t_{s1})$$

$$\Delta\varepsilon_{csn} = -0.00024 \quad \Delta\varepsilon_{csnL} = -0.00037$$

**Priečník**

$$y1(z) := \begin{cases} \left(4.0 \cdot \text{m} + \frac{0.15 \cdot \text{m}}{2.05 \cdot \text{m}} \cdot z\right) & \text{if } z \leq 2.05 \cdot \text{m} \\ \left[4.15 \cdot \text{m} + (z - 2.05 \cdot \text{m}) \cdot \left(\frac{2.85 \cdot \text{m}}{0.2 \cdot \text{m}}\right)\right] & \text{if } 2.05 \cdot \text{m} < z \leq 2.25 \cdot \text{m} \\ (7 \cdot \text{m}) & \text{if } 2.25 \cdot \text{m} < z \leq 2.5 \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$b1(z) := y1(z) \quad A_{cn1} := \int_0^{h_n} b1(z) \, dz \quad B_{cn1} := \int_0^{h_n} b1(z) \cdot z \, dz \quad t_{cd1} := \frac{B_{cn1}}{A_{cn1}}$$

$$I_{cn1} := \int_0^{h_n} b1(z) \cdot (z - t_{cd1})^2 \, dz \quad A_{cn1} = 11.219 \text{ m}^2 \quad t_{cd1} = 1.353 \text{ m} \quad I_{cn1} = 6.354 \text{ m}^4$$

$$t_{ch} := h_n - t_{cd} \quad t_{ch1} := h_n - t_{cd1} \quad t_{ch} = 0.786 \text{ m} \quad t_{ch1} = 1.147 \text{ m}$$

$$\text{Lana fLs } 15.7/1860 \text{ MPa} \quad E_p := 195000 \text{ MPa} \quad r_{sup} := 1.1$$

### Predpinacia sila pri uvedení mosta do prevádzky

$$P_m(x) := \begin{cases} (-28 \cdot \text{MN}) & \text{if } x \leq 20 \cdot \text{m} \\ (-28 \cdot \text{MN}) & \text{if } 20 \cdot \text{m} < x \leq 24 \cdot \text{m} \\ (-33.5 \cdot \text{MN}) & \text{if } 24 \cdot \text{m} < x \leq 28 \cdot \text{m} \\ (-40 \cdot \text{MN}) & \text{if } 28 \cdot \text{m} < x \leq 41 \cdot \text{m} \\ (-32 \cdot \text{MN}) & \text{if } 41 \cdot \text{m} < x \leq 60 \cdot \text{m} \\ (-33 \cdot \text{MN}) & \text{if } 60 \cdot \text{m} < x \leq 66 \cdot \text{m} \\ (-38 \cdot \text{MN}) & \text{if } 66 \cdot \text{m} < x \leq 81 \cdot \text{m} \\ (-31.5 \cdot \text{MN}) & \text{if } 81 \cdot \text{m} < x \leq 100 \cdot \text{m} \\ (-33 \cdot \text{MN}) & \text{if } 100 \cdot \text{m} < x \leq 106 \cdot \text{m} \\ (-38 \cdot \text{MN}) & \text{if } 106 \cdot \text{m} < x \leq 121 \cdot \text{m} \\ (-31.5 \cdot \text{MN}) & \text{if } 121 \cdot \text{m} < x \leq 140 \cdot \text{m} \\ (-33 \cdot \text{MN}) & \text{if } 140 \cdot \text{m} < x \leq 146 \cdot \text{m} \\ (-38 \cdot \text{MN}) & \text{if } 146 \cdot \text{m} < x \leq 153 \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$A_c(x) := \begin{cases} A_{cn1} & \text{if } x \leq 2 \cdot \text{m} \\ A_{cn} & \text{if } 2 \cdot \text{m} < x \leq 32 \cdot \text{m} \\ A_{cn1} & \text{if } 32 \cdot \text{m} < x \leq 34 \cdot \text{m} \\ A_{cn} & \text{if } 34 \cdot \text{m} < x \leq 72 \cdot \text{m} \\ A_{cn1} & \text{if } 72 \cdot \text{m} < x \leq 74 \cdot \text{m} \\ A_{cn} & \text{if } 74 \cdot \text{m} < x \leq 112 \cdot \text{m} \\ A_{cn1} & \text{if } 112 \cdot \text{m} < x \leq 114 \cdot \text{m} \\ A_{cn} & \text{if } 114 \cdot \text{m} < x \leq 152 \cdot \text{m} \\ A_{cn1} & \text{if } 152 \cdot \text{m} < x \leq 153 \cdot \text{m} \end{cases}$$

$$\varepsilon_{cel}(x) := \frac{P_m(x) \cdot r_{sup}}{A_c(x) \cdot E_{cmt}} \quad \varepsilon_{cel28}(x) := \frac{P_m(x) \cdot r_{sup}}{A_c(x) \cdot E_{cm}}$$

### Mostne zavery

#### Skratenie od dotvarovania a zmrastovania

$$\Delta \varepsilon_{cr}(x) := \varepsilon_{cel28}(x) \cdot \Delta \phi_n \cdot 1.35 \quad \Delta u_{cr} := \int_0^{153 \cdot \text{m}} \Delta \varepsilon_{cr}(x) \, dx \quad \Delta u_{cr} = -34.9 \text{ mm}$$

$$\Delta u_{cs} := 1.6 \cdot \Delta \varepsilon_{csn} \cdot 153 \cdot \text{m} \quad \Delta u_{cs} = -58.4 \text{ mm}$$

#### Teplotny pohyb

$$T_{\max} := 40 \cdot \text{K} \quad T_{\min} := -25 \cdot \text{K} \quad T_0 := 10 \cdot \text{K} \quad X := 20 \cdot \text{K}$$

$$T_{\text{emax}} := T_{\max} + 2 \cdot \text{K} \quad T_{\text{emin}} := T_{\min} + 8 \cdot \text{K} \quad \alpha_{ct} := 0.00001 \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta T_{\text{Nexp}} := T_{\text{emax}} - T_0 \quad \Delta T_{\text{Ncon}} := T_0 - T_{\text{emin}}$$

$$\Delta u_{Tcon} := (-1) \cdot (\Delta T_{\text{Ncon}} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot L_{dil} \quad \Delta u_{Tcon} = -71.9 \text{ mm}$$

$$\Delta u_{Texp} := (\Delta T_{\text{Nexp}} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot L_{dil} \quad \Delta u_{Texp} = 79.6 \text{ mm}$$

$$\text{Brzdne sily} \quad \Delta u_{lk} := \frac{138 \cdot \text{mm}}{5.587 \cdot \text{MN}} \cdot 0.9 \cdot \text{MN} \quad \Delta u_{lk} = 22.2 \text{ mm}$$

$$\text{Pozdlzny vietor} \quad \Delta u_{wk} := 10 \cdot \text{mm}$$

#### Rozsah MZ

$$\Delta u_{con} := \Delta u_{Tcon} + \Delta u_{cr} + \Delta u_{cs} + \Delta u_{lk} \cdot (-1 \cdot \gamma_Q) \quad \Delta u_{con} = -195.2 \text{ mm}$$

$$\Delta u_{exp} := \Delta u_{Texp} + \Delta u_{lk} \cdot \gamma_Q \quad \Delta u_{exp} = 109.6 \text{ mm}$$



## 7.2 Ložiska

Predpokladáme použitie hrncových ložísk.

### 7.2.1 Rozsah pohybu ložísk

**Ložiska - skracenie od dotvarovania a zmrastovania**

$$\Delta \varepsilon_{crL}(x) := \varepsilon_{cel28}(x) \cdot \Delta \phi_{nL} \cdot 1.35 + \varepsilon_{cel}(x)$$

$$\Delta u_{crL_1} := \int_{1.m}^{153.m} \Delta \varepsilon_{crL}(x) dx \quad \Delta u_{crL_1} = -113.3 \text{ mm} \quad \Delta u_{csL_1} := 1.6 \cdot \Delta \varepsilon_{csnL} \cdot 152.m$$

$$\Delta u_{crL_2} := \int_{33.m}^{153.m} \Delta \varepsilon_{crL}(x) dx \quad \Delta u_{crL_2} = -91.7 \text{ mm} \quad \Delta u_{csL_2} := 1.6 \cdot \Delta \varepsilon_{csnL} \cdot 112.m$$

$$\Delta u_{crL_3} := \int_{73.m}^{153.m} \Delta \varepsilon_{crL}(x) dx \quad \Delta u_{crL_3} = -60.8 \text{ mm} \quad \Delta u_{csL_3} := 1.6 \cdot \Delta \varepsilon_{csnL} \cdot 72.m$$

$$\Delta u_{crL_4} := \int_{113.m}^{153.m} \Delta \varepsilon_{crL}(x) dx \quad \Delta u_{crL_4} = -30.4 \text{ mm} \quad \Delta u_{csL_4} := 1.6 \cdot \Delta \varepsilon_{csnL} \cdot 32.m$$

$$\Delta u_{TconL_1} := (-1) \cdot (\Delta T_{Ncon} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot L_{dil} \quad \Delta u_{TconL_2} := (-1) \cdot (\Delta T_{Ncon} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot (L_{dil} - 32.m)$$

$$\Delta u_{TconL_3} := (-1) \cdot (\Delta T_{Ncon} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot (L_{dil} - 72.m) \quad \Delta u_{TconL_4} := (-1) \cdot (\Delta T_{Ncon} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot (L_{dil} - 112.m)$$

$$\Delta u_{TexpL_1} := (\Delta T_{Nexp} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot L_{dil} \quad \Delta u_{TexpL_2} := (\Delta T_{Nexp} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot (L_{dil} - 32.m)$$

$$\Delta u_{TexpL_3} := (\Delta T_{Nexp} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot (L_{dil} - 72.m) \quad \Delta u_{TexpL_4} := (\Delta T_{Nexp} + X) \cdot \alpha_{ct} \cdot (L_{dil} - 112.m)$$

**Rozsah Ložisk**  $i := 1..4$

$$\Delta u_{conL_i} := \Delta u_{TconL_i} + \Delta u_{crL_i} + \Delta u_{csL_i} + \Delta u_{lk} \cdot (-1.35) \quad \Delta u_{expL_i} := \Delta u_{TexpL_i} + \Delta u_{lk} \cdot 1.35$$

$$i := 1..4 \quad \Delta u_{expL_{10-i}} := \Delta u_{expL_i} \quad \Delta u_{conL_{10-i}} := \Delta u_{conL_i} \quad \Delta u_{conL_5} := \Delta u_{conL_1}$$

$\Delta u_{expL_i} =$		$\Delta u_{conL_i} =$		$\Delta u_{TconL_i} =$		$\Delta u_{TexpL_i} =$	
109.6	mm	-304.8	mm	-71.9	mm	79.6	mm
92.9		-244.6		-56.9		62.9	
72.1		-171.3		-38.1		42.1	
51.3		-98.5		-19.3		21.3	

## 7.2.2 Sily na ložiska pre trvale návrhové situácie

$R_{max}$	Kombinácie s LM1					
podpera	pravé			ľavé		
		$R_{Ek}$	$R_{Ed}$		$R_{Ek}$	$R_{Ed}$
Opora 1	spolu [kN]	5877	7798		5879	7800
P2	spolu [kN]	9457	12944		9457	12944
P3	spolu [kN]	10223	13760		10222	13758
P4	spolu [kN]	10229	13761		10282	13832
P5	spolu [kN]	10479	14056		10621	14255
P6	spolu [kN]	10985	14660		<b>11371</b>	<b>15198</b>
P7	spolu [kN]	11266	14983		11813	15753
P8	spolu [kN]	9800	13227		9813	13248
Opora 9	spolu [kN]	5747	7626		<b>6521</b>	<b>8637</b>

$R_{max}$	Kombinácie s LM3					
podpera	pravé			ľavé		
		$R_{Ek}$	$R_{Ed}$		$R_{Ek}$	$R_{Ed}$
Opora 1	spolu [kN]	5439	7206		5439	7206
P2	spolu [kN]	8522	11682		8522	11682
P3	spolu [kN]	9186	12360		9185	12358
P4	spolu [kN]	9177	12341		9219	12397
P5	spolu [kN]	9372	12562		9630	12918
P6	spolu [kN]	9863	13145		10272	13714
P7	spolu [kN]	10159	13489		10713	14268
P8	spolu [kN]	8781	11852		8793	11871
Opora 9	spolu [kN]	5270	6982		6171	8165

$R_{min}$	Kombinácie s LM1					
podpera	pravé			ľavé		
		$R_{Ek}$	$R_{Ed}$		$R_{Ek}$	$R_{Ed}$
Opora 1	spolu [kN]	3216	3096		3216	3096
P2	spolu [kN]	4691	4293		4691	4293
P3	spolu [kN]	5574	5386		5577	5390
P4	spolu [kN]	5543	5353		5559	5369
P5	spolu [kN]	5263	5016		5339	5101
P6	spolu [kN]	4609	4222		4831	4480
P7	spolu [kN]	4420	4000		4655	4250
P8	spolu [kN]	2961	2287		3725	3167
Opora 9	spolu [kN]	2515	2319		3068	2956

$R_{min}$	Kombinácie s LM3					
podpera	pravé			ľavé		
		$R_{Ek}$	$R_{Ed}$		$R_{Ek}$	$R_{Ed}$
Opora 1	spolu [kN]	3207	3084		3207	3084
P2	spolu [kN]	4674	4270		4674	4270
P3	spolu [kN]	5557	5363		5560	5367
P4	spolu [kN]	5526	5330		5542	5346
P5	spolu [kN]	5246	4993		5322	5078
P6	spolu [kN]	4592	4199		4814	4457
P7	spolu [kN]	4403	3977		4638	4227
P8	spolu [kN]	2944	2264		3708	3144
Opora 9	spolu [kN]	2518	2323		3071	2960



Vodorovné sily na ložiskách v [kN] – charakteristické hodnoty

zaťaženie	smer	Opora P1		Podpera P2		Podpera P3		Podpera P4		Podpera P5	
		P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
brzdne	X1									450	450
	X2										
odstredivé	X1										
	X2									75	
vietor	X1										
	X2	105		320		320		320		320	
teplota 10C	X1										
	X2										

Vodorovné sily na ložiskách v [kN] – charakteristické hodnoty

zaťaženie	smer	Podpera P6		Podpera P7		Podpera P8		Opora P9	
		P	L	P	L	P	L	P	L
brzdne	X1								
	X2								
odstredivé	X1								
	X2	150		150		150		150	
vietor	X1								
	X2	320		320		320		105	
teplota 10C	X1								
	X2	5		15		27		27	
teplota 50C	X2	25		75		135		135	

**Legenda:** reakcie X1 – pozdĺžny smer mosta, X2 – priečny smer mosta, X3 – zvislý smer

7.2.3 Sily na ložiska pre seizmické návrhové situácie

Komb.	Opora P1			Podpera P2			Podpera P3		
	P		L	P		L	P		L
	X3	X2	X3	X3	X2	X3	X3	X2	X3
<b>K5</b>	2265	-835	3104	6203	1316	6838	5955	1983	7198
<b>K6</b>	3035	989	2344	6890	-1108	6157	7265	-2193	5889
<b>K7</b>	2339	-1030	3031	6159	1155	6883	5880	2200	7266
<b>K8</b>	3108	794	2271	6846	-1268	6202	7190	-1976	5957
Komb.	Podpera P4			Podpera P6			Podpera P7		
	P		L	P		L	P		L
	X3	X2	X3	X3	X2	X3	X3	X2	X3
<b>K5</b>	5749	2535	7230	5916	1673	7123	5813	2502	7384
<b>K6</b>	7341	-2780	5703	7126	-1508	5865	7173	-2778	5969
<b>K7</b>	5680	2778	7352	5747	1486	7208	5898	2774	7301
<b>K8</b>	7272	-2537	5825	6957	-1695	5950	7259	-2507	5887
Komb.	Podpera P8			Opora P9					
	P		L	P		L			
	X3	X2	X3	X3	X2	X3			
<b>K5</b>	5949	1865	7181	2255	1271	3057			
<b>K6</b>	6999	-2107	6116	2895	-1026	2434			
<b>K7</b>	6024	2173	7102	2183	1071	3127			
<b>K8</b>	7074	-1799	6037	2823	-1226	2504			

Komb.	Podpera P5				
	P			L	
	X3	X2	X1	X3	X1
K1	6161	5	2807	6946	2977
K2	6583	-1482	2556	6529	2709
K3	6503	1478	-2558	6629	-2714
K4	6925	-9	-2809	6211	-2982
K5	5788	2254	1222	7323	1298
K6	7196	-2700	386	5930	404
K7	5890	2696	-388	7228	-409
K8	7298	-2258	-1224	5835	-1303
Komb.	Podpera P5 - plasticky klb				
	P			L	
	X3	X2	X1	X3	X1
K1	6161	5	1900	6946	1900
K2	6583	-1482	1900	6529	1900
K3	6503	1478	1900	6629	1900
K4	6925	-9	1900	6211	1900
K5	5788	2254	1222	7323	1298
K6	7196	-2700	386	5930	404
K7	5890	2696	-388	7228	-409
K8	7298	-2258	-1224	5835	-1303

**Legenda:** reakcie X1 – pozdĺžny smer mosta, X2 – priečny smer mosta, X3 – zvislý smer

## Literatúra

- [1] STN EN 1990 Zásady navrhovania
- [2] STN EN 1990/A2 Zásady navrhovania, Príloha A2 Mosty
- [3] STN EN 1991-1-1 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-1: Všeobecné zaťaženia – Objemové tiaže, úžitkové zaťaženia pre budovy
- [4] STN EN 1991-1-4 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-4: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia vetrom
- [5] STN EN 1991-1-5 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-5: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia teplom
- [6] STN EN 1991-1-6 Zaťaženia konštrukcií – časť 1-6: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia počas výstavby
- [7] STN EN 1991-2 Zaťaženia konštrukcií – časť 2: Zaťaženia dopravou na mostoch
- [8] STN EN 1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií – časť 1-1: Všeobecné pravidla a pravidla pre budovy
- [9] STN EN 1992-2 Navrhovanie betónových konštrukcií – časť 2: Betónové mosty – Návrh a konštrukčné zásady
- [10] STN EN 206-1 Betón, špecifikácia, pôsobenie, výroba a zhoda
- [11] Príslušné národné prílohy k Eurokódom

v Bratislava 20.5.2014

Prof.Ing.Jaroslav Halvonik,PhD.



## **Príloha P1**

### **Vnútorné sily**

## **Statický výpočet nosnej konštrukcie mosta**

**Diaľničný privádzač Lietavská Lúčka - Žilina**

**obj.202-00, Most nad údolím v km 0,950, časť: Spodná stavba**

**stupeň: DSP**

Vypracoval: Ing. Peter Paulik, PhD  
Ing. Andrej Pritula, PhD

V Bratislave, máj 2014



## Obsah

1	Popis konštrukcie mosta.....	4
1.1	Nosná konštrukcia .....	4
1.2	Mostné príslušenstvo .....	5
1.3	Technológia výstavby .....	6
2	Zaťaženia na most.....	7
2.1	Vlastná tiaž ( $G_0$ ) .....	7
2.2	Vozovka ( $G_{11}$ ) .....	7
2.3	Rímky a mostné príslušenstvo ( $G_{12}$ ).....	7
2.4	Nerovnomerný pokles ( $G_{set}$ ) .....	7
2.5	Pohyblivé zaťaženie ( $Q$ ) .....	7
2.5.1	Zaťažovací model LM1 ( $Q_{LM1}$ ) .....	7
2.5.2	Zaťažovací model LM2 ( $Q_{LM2}$ ) .....	8
2.5.3	Špeciálne vozidlo ( $Q_{sv}$ ) .....	8
2.5.4	Dynamické účinky .....	8
2.5.5	Zaťaženie na chodníku ( $Q_{fw}$ ).....	8
2.5.6	Brzdne a rozbehové sily ( $Q_l$ ) .....	8
2.5.7	Odstredivé sily ( $Q_t$ ).....	8
2.5.8	Únavový zaťažovací model FLM3 .....	9
2.6	Zaťaženie vetrom ( $W$ ) .....	9
2.7	Teplotné účinky ( $T$ ) .....	9
2.7.1	Rovnomerná teplotná zložka ( $T_N$ ) .....	9
2.7.2	Teplotný spád ( $T_M$ ).....	9
2.8	Dotvarovanie a zmrašťovanie ( $G_{cs}$ ).....	10
2.9	Trenie na ložiskách ( $Q_\mu$ ) .....	10
2.10	Seizmické zaťaženie ( $A_E$ ) .....	10
2.11	Kombinácie zaťažení pre hornú stavbu .....	10
2.11.1	Medzné stavy použiteľnosti .....	10
2.11.2	Medzné stavy únosnosti .....	10
3	Reakcie na ložiská .....	11
3.1	MKP model mosta .....	11
3.2	Predpätie .....	11
3.3	Reakcie na ložiskách z modelu .....	12
4	Posúdenie hlavice piliera .....	12
4.1	Geometria hlavice pilierov.....	12



4.2	Návrhové kombinácie zaťaženia ložísk .....	12
4.3	Model Hlavice .....	13
4.4	Potrebné plochy výstuže .....	13
5	Posúdenie drieku pilierov .....	14
5.1	Geometria drieku .....	14
5.2	Vystuženie drieku .....	14
5.3	Návrhové kombinácie v mieste votknutia do základu .....	14
	(bez excentricít a 2. rádu) .....	14
5.4	Zohľadnenie excentricít a účinkov 2. rádu .....	15
5.5	Posúdenie drieku piliera na účinky osovej sily a ohybových momentov .....	16
5.6	Posúdenie drieku piliera na účinky šmykových síl .....	18
6	Posúdenie základov pilierov .....	18
6.1	Základ piliera s posuvnými ložiskami .....	18
6.1.1	Tvar základu .....	18
6.1.2	Model základu piliera .....	19
6.1.3	Kombinácie zaťažení .....	19
6.1.4	Potrebné plochy výstuže .....	19
6.1.5	Posúdenie šmykovej výstuže .....	20
6.2	Základ piliera s pevným ložiskom .....	20
6.2.1	Model základu piliera .....	21
6.2.2	Kombinácie zaťažení (spočítané k úrovni osi základu) .....	21
6.2.3	Potrebné plochy výstuže .....	21
6.2.4	Posúdenie šmykovej výstuže .....	22
7	Posúdenie opôr .....	23
7.1	Opora č. 1 .....	23
7.1.1	Geometrický tvar .....	23
7.1.2	Výpočtový model .....	23
7.1.3	Zaťaženie opory .....	24
7.1.4	Návrhové kombinácie: .....	24
7.1.5	Zaťaženie zemným tlakom .....	24
7.2	Opora č. 9 .....	25
7.2.1	Záverný múrik, úložný prah a pravé krídlo .....	25
7.3	Oporný múr za oporou č. 9 .....	27



## 1 Popis konštrukcie mosta

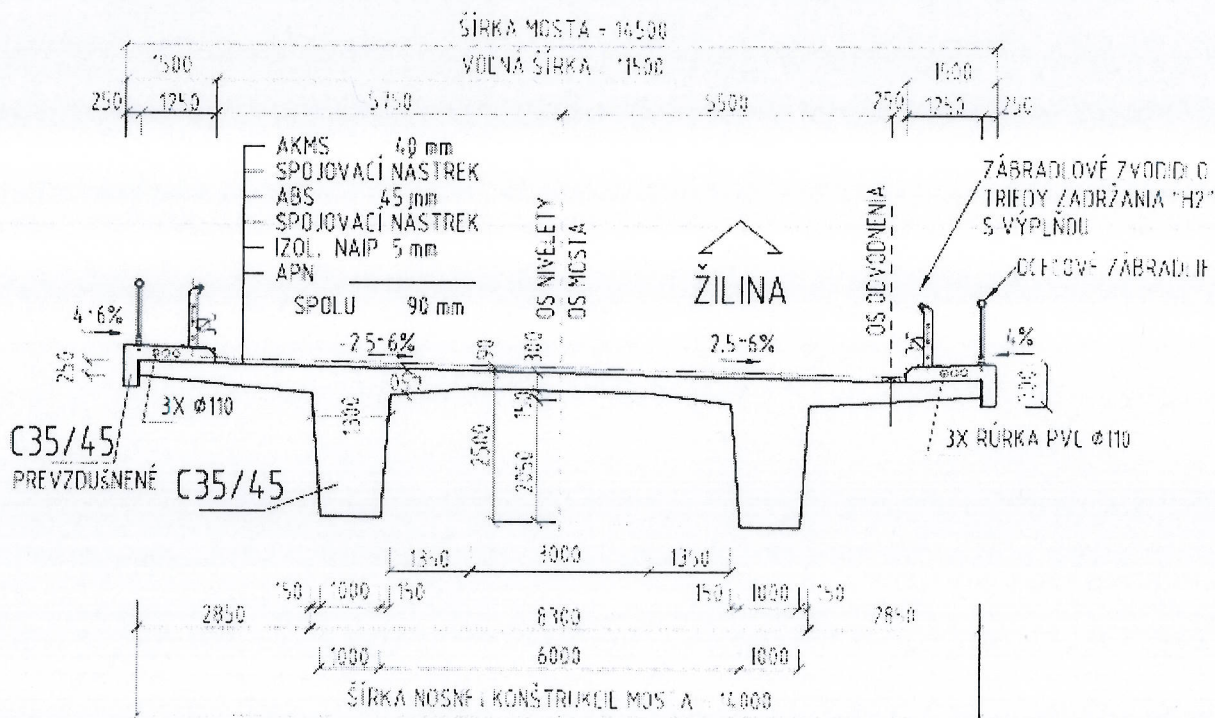
### 1.1 Nosná konštrukcia

Premostenie je riešené kolmým monolitickým predpätým trámovým osemkoľťovým mostom s rozpätiami polí 32,0 + 6 × 40,0 + 32,0 m. Nosná konštrukcia je navrhnutá ako spojité trámové nosníky z monolitického predpätého betónu C35/45 XC4, XD1, XF2. Pričný rez tvoria dva plnostenné trámové nosníky výšky 2,50 m, ktoré sú v hornej časti vzájomne spojené doskou. Šírka stien sa mení po výške od 1 m do 1,3 m v zvislom smere, pozri obr.1.1 a obr.1.2. Minimálna hrúbka dosky je 0,3 m medzi stenami a 0,25 m na konci konzolových častí. Nad podperami sú priečniky hrúbky 2,0 m, nad krajnými oporami 2,0 m. Pričný rez mostom je znázornený na obr.1.1.

Most je podopieraný stenovými 7 piliermi šírky 5 m a hrúbky 1,8 m. Dĺžka pilierov je premenná, pozri tab.1.1. Pilieri sú votknuté do základovej dosky prostredníctvom prahu rozmeru 3,8 × 5,0 × 1,0 m. Pilieri sú navrhnuté z betónu C30/37, XC4, XD1, XF2.

Tab 1.1 Dĺžky pilierov merané v osi mosta

Pilier č.	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
dĺžka v [m]	7,09	8,89	10,19	12,04	13,83	13,73	7,89



Obr.1.1 Typický priečný rez mosta v strede rozpätia

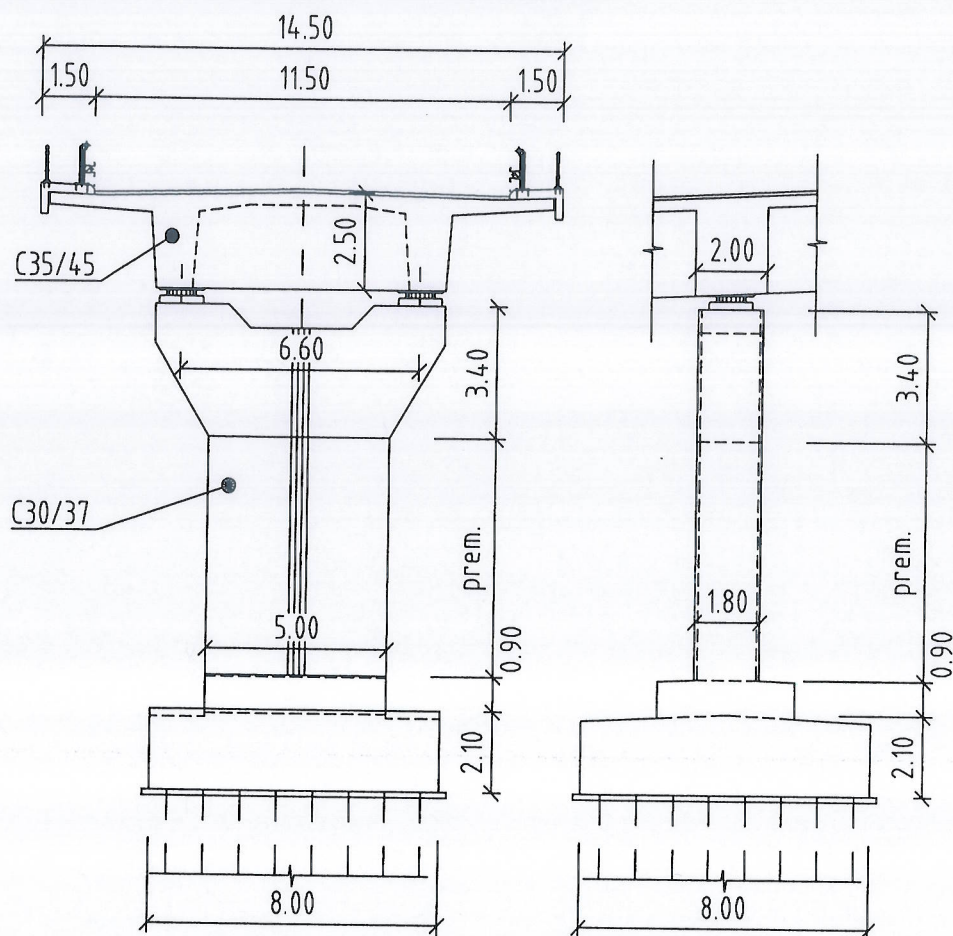
Základovú konštrukciu tvoria základové dosky rozmeru 8,0 × 8,0 × 2,0 m s výnimkou piliera č.5 kde bola doska zväčšená na 9,0 × 9,0 × 2,0 m. Základové dosky sú podopreté mikropilótami a navrhnuté z betónu C30/37 XA1, XC2.

Opory mosta sú navrhnuté vo forme úložného prahu. Úložný prah opory č.1 má v mieste ložísk výšku 2,5 m, dĺžku 4,0 m a šírku 14 m. Záverný múrik má hrúbku 1,2 m a výšku 2,9 m. Opora je založená hĺbkovo na 24 šikmých mikropilótach s odklonom od zvislice 12°. Krídla opory sú založené na 4 mikropilótach a majú šírku 1,25 m, dĺžku 4 m a výšku premennú od 5,0 po 5,2 m. Úložný prah opory č.9 má v mieste ložísk premennú výšku 2,92 po 2,08 m,



dĺžku 4,0 m a šírku 14 m. Opora je založená hĺbkovo na 24 šikmých mikropilotách s odklonom od zvislice  $12^\circ$ . Krídla sú rozdielne.

Úložné prahy sú navrhnuté z betónu C30/37, XC4, XD1. Prechodové dosky majú hrúbku 250 mm a dĺžku 6,0 m sú z betónu C25/30 XC2, XF2.



Obr.1.2 Uloženie mosta na pilier

## 1.2 Mostné príslušenstvo

Vozovka na moste má hrúbku 90 mm. Šírka medzi cestnými záchytnými zariadeniami je 11,50 m. Na oboch stranách mosta sa nachádza revízny chodník šírky 750 mm s ocelovým zvodidlom a zábradlím, pozri 1.1. Hrúbka betónových rímsových chodníkov je 240 mm. Rozmer zavesenej časti rímasy je 250 × 700 mm. Rímasy sú navrhnuté z betónu C35/45, XC4, XD3, XF4.

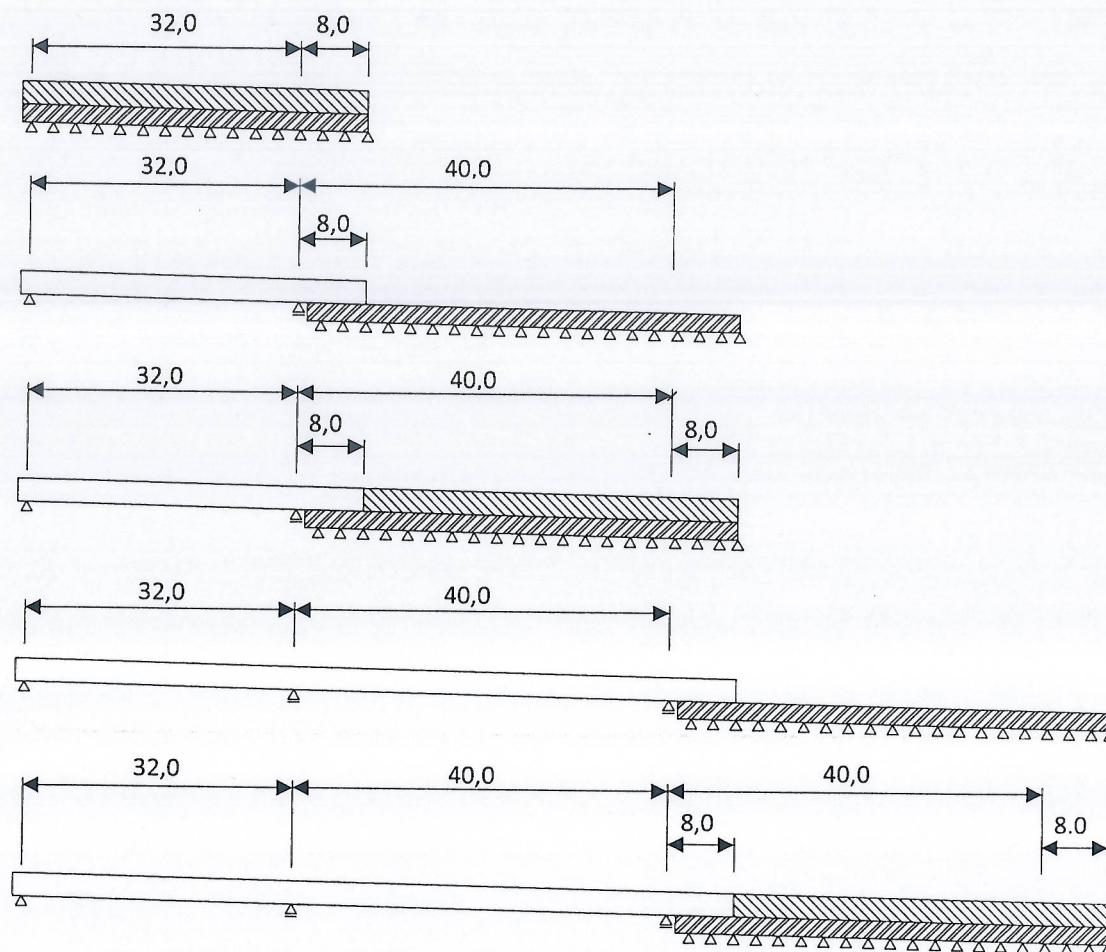
Most bude uložený na hrncovými ložiskách. Pevne ložiská pre pozdĺžny smer budú na pilieri č.5. Usmernené ložiska s pohybom v pozdĺžnom smere mosta a všesmerné ložiska budú na ostatných pilieroch a oporách. Natočenie ložísk v pôdorysne zakrivenej časti mosta bude nasledovné: na opore tak aby pohyb mosta prebiehal kolmo na MZ, na pilieroch č.6, č.7, č.8 budú usmernené ložiska natočene o uhol  $\alpha$  vzhľadom na spojnicu ložiska s pevným ložiskom na pilieri č.5. Uhol  $\alpha$  je uhol, ktorý zvierajú spojnice usmerneného ložiska na opore č.9 s pevným ložiskom na pilieri č.5.

Mostné závery sú navrhnuté na oboch koncoch mosta s rozsahom -210 mm, +115 mm.



### 1.3 Technológia výstavby

Most bude budovaný po poliach pomocou pevnej skruže. Pracovná škára bude vo vzdialenosti 8 m od podpory. Niekoľko charakteristických fáz výstavby je na obr.1.2. Práce na každom poli budú trvať 14 dní (vystužovanie, betonáž, predpínanie, vysúvanie skruže).



Obr.1.3 Postup výstavby mosta



## 2 Zaťaženia na most

### 2.1 Vlastná tiaž ( $G_0$ )

Vlastná tiaž konštrukcie bola počítaná s objemovou tiažou predpätého betónu  $\gamma_{pc} = 25 \text{ kN/m}^3$ .  
 $g_{0k} = \gamma_{pc} A_c = 25 \cdot 12,46 = 311,4 \text{ kN/m}$

### 2.2 Vozovka ( $G_{11}$ )

Hrúbka vozovky bola uvažovaná 90 mm s objemovou tiažou asfaltobetónu  $\gamma_{ab} = 24 \text{ kN/m}^3$ .  
 $g_{11km} = 0,09 \cdot 24,0 = 2,16 \text{ kN/m}^2 \rightarrow g_{11k} = 11,50 \cdot 2,16 = 24,84 \text{ kN/m}$   
 $g_{11k,sup} = 1,4 \cdot 0,09 \cdot 24,0 = 3,024 \text{ kN/m}^2$  ;  $g_{11k,inf} = 0,8 \cdot 0,09 \cdot 24,0 = 1,73 \text{ kN/m}^2$

### 2.3 Rímky a mostné príslušenstvo ( $G_{12}$ )

Plocha betónových rímok:  $A_{c1} = 0,475 \text{ m}^2$  ;  $A_{c2} = 0,475 \text{ m}^2$  ; objemová tiaž ŽB:  $\gamma_{rc} = 25 \text{ kN/m}^3$   
zvodidlá: 0,8 kN/m ; zábradlie: 0,5 kN/m  
 $g_{12k} = 25,0 \cdot (0,475 + 0,475) + 2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,5 = 26,35 \text{ kN/m}$

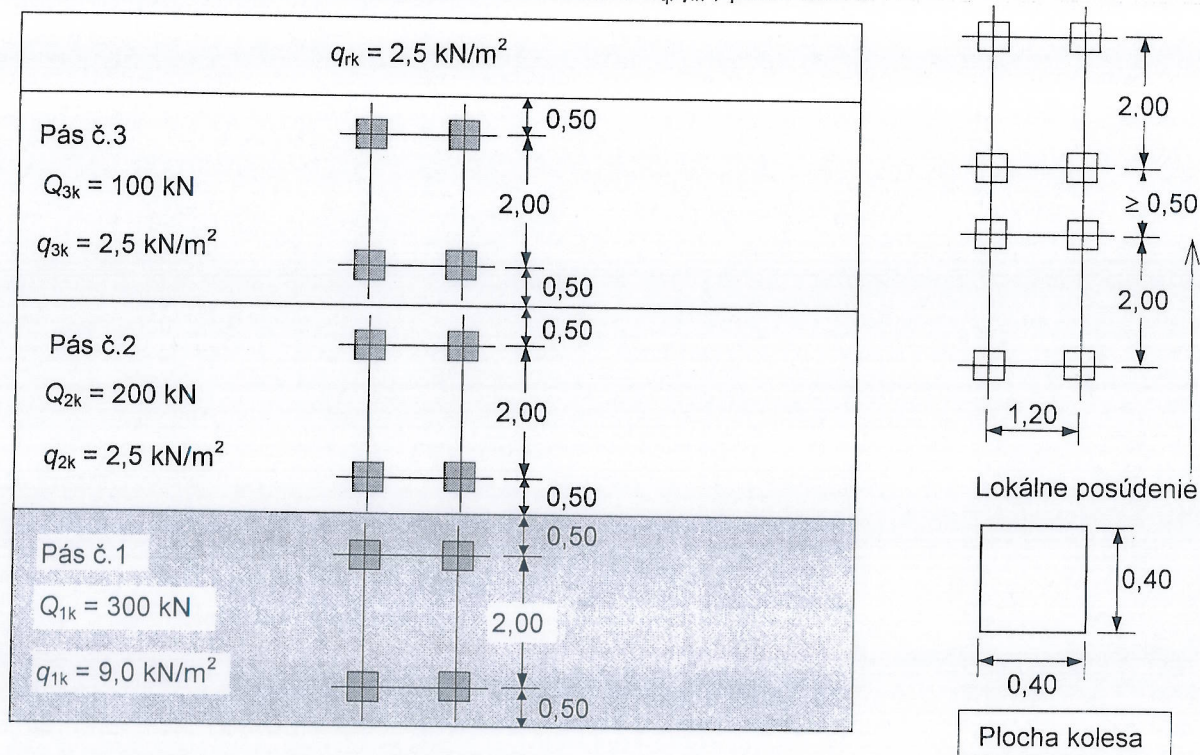
### 2.4 Nerovnomerný pokles ( $G_{set}$ )

podpier bol uvažovaný 10 mm.

### 2.5 Pohyblivé zaťaženie ( $Q$ )

#### 2.5.1 Zaťažovací model LM1 ( $Q_{LM1}$ )

LM1 pozostáva z 3 dvojnápravových vozidiel (Tandem system - TS) s tiažou  $2 \cdot \alpha_{Qi} Q_{ik}$ , a z rovnomerného plošného zaťaženia s intenzitou  $\alpha_{qi} q_{ik}$ , pozri obr.2.1.



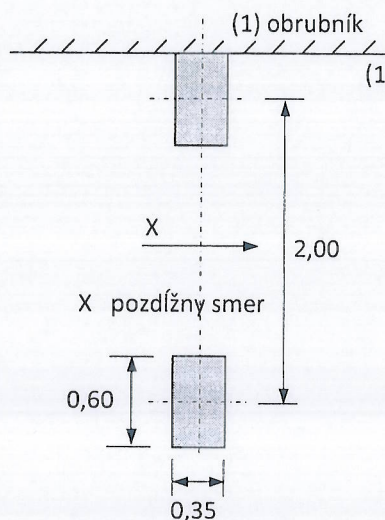
Obr.2.1 Zaťaženie od dopravy – Zaťažovacia schéma LM1

Adjustačné súčinitele  $\alpha_Q$  a  $\alpha_q$  boli uvažované rovne 1,0



### 2.5.2 Zaťažovací model LM2 ( $Q_{LM2}$ )

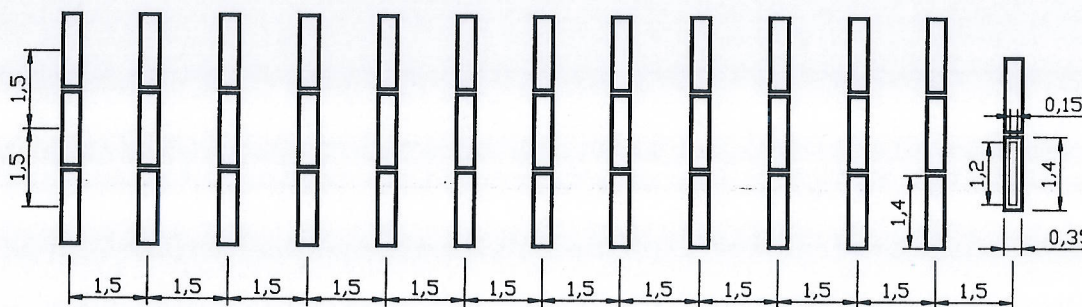
Zaťažovacia schéma LM2 reprezentuje jednonápravové zaťaženie, pozri obr.2.2. Tiaž tejto nápravy je  $\beta_Q Q_{ak}$ , kde  $Q_{ak} = 400$  kN a  $\beta_Q = 1,0$ , pozri STN EN 1991-2/NA. LM2 bol použitý pre lokálne posúdenia dosky.



Obr.2.2 Model LM2

### 2.5.3 Špeciálne vozidlo ( $Q_{sv}$ )

Špeciálne vozidlo s celkovou hmotnosťou 300 t by malo byť uvažované pre návrh mostov podľa STN EN 1991-2/NA len na žiadosť klienta. Špeciálne vozidlo pozostáva z 12 náprav, pričom každá náprava má tiaž 240 kN a z jednej nápravy tiaže 120 kN, pozri obr.2.3. Špeciálne vozidlo sa pohybuje pozdĺž ideálnej stopy s presnosťou  $\pm 0,3$  m. Táto stopa je umiestnená v najpriaznivejšej pozícii v priečnom smere vozovky. Rýchlosť vozidla je menšia ako 5 km/h. Ostatné dopravné zaťaženie by malo byť vylúčené z mosta okrem zaťaženia od chodcov.



Obr.2.3 Špeciálne vozidlo

**Poznámka:** Kontaktné plochy kolesa na obr.2.1, obr.2.2 a obr.2.3 boli zväčšené o 10 cm v oboch smeroch: 40 cm  $\rightarrow$  60 cm ; 35 cm  $\rightarrow$  55 cm ; 60 cm  $\rightarrow$  80 cm and 15 cm  $\rightarrow$  35 cm.

### 2.5.4 Dynamické účinky

Dynamické účinky sú zarátané v tiaži príslušného zaťažovacieho modelu.

### 2.5.5 Zaťaženie na chodníku ( $Q_{fw}$ )

Rovnomerné plošné zaťaženie na chodníku bolo uvažované s intenzitou  $q_{fwk} = 3$  kN/m<sup>2</sup>.

### 2.5.6 Brzdové a rozbehové sily ( $Q_l$ )

$$Q_{lk} = 0,6 \alpha_{Q1} (2Q_{1k}) + 0,10 \alpha_{Q1} q_{1k} w_1 L$$

$$Q_{lk} = 0,6 \cdot 1,0 \cdot (600) + 0,10 \cdot 1,0 \cdot 9,0 \cdot 3,0 \cdot 306 = 1186 \text{ kN} \leq 900 \text{ kN}$$

$$Q_{lk} = 900 \text{ kN}$$

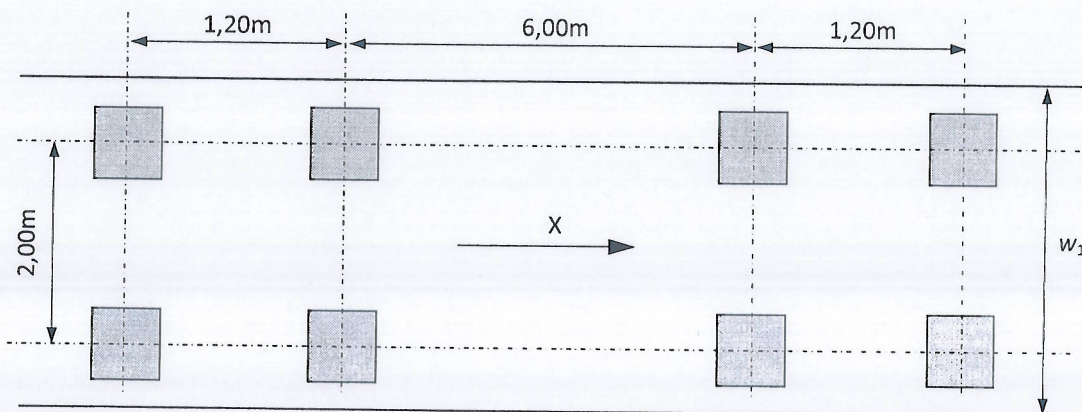
### 2.5.7 Odstredivé sily ( $Q_t$ )

- Polomer zakrivenia  $r = 325$  m
- Tiaž dvojnápravových vozidiel  $Q_v = 1200$  kN
- Odstredivá sila  $Q_{tk} = 40 \cdot Q_v / r = 40 \cdot 1200 / 325 = 148$  kN



## 2.5.8 Únavový zaťažovací model FLM3

Zaťažovacia schéma FLM3 bola použitá pre únavové overenie pozdĺžnej výstuže v priečnom smere a šmykovej výstuže. Zaťaženie pozostáva zo 4 náprav, pričom každá má tiaž 120 kN. Zaťaženie sa pohybovalo v osi skutočných jazdných pásov.



Obr.2.4 Únavový zaťažovací model FLM3

$w_1$  – šírka jazdného pruhu

## 2.6 Zaťaženie vetrom ( $W$ )

$$d_{\text{tot}} = 3,05 + 1,8 = 4,85 \text{ m} ; b = 14,0 \text{ m} \rightarrow b/d_{\text{tot}} = 14,0/4,85 = 2,886 \rightarrow c_{fx,0}$$

$$c_{fx,0} = \frac{1,4}{(5 - 0,5)} \left( 5 - \frac{b}{d_{\text{tot}}} \right) + 1 = \frac{1,4}{(5 - 0,5)} \left( 5 - \frac{14}{4,85} \right) + 1 = 1,66$$

$$c_e = 2,9 \text{ (typ terénu I, } z_{\text{max}} = 16 \text{ m)} \rightarrow C = c_e \cdot c_{fx,0} = 2,9 \cdot 1,66 = 4,806$$

$$\text{Hustota vzduchu: } \rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Rýchlosť vetra: } v_b = 26 \text{ m/s}$$

$$\text{Tlak vetra (priečny): } f_{wk} = 0,5 \cdot C \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot d_{\text{tot}} = 0,5 \cdot 4,806 \cdot 1,25 \cdot 26^2 \cdot 3,05 = 6193 \text{ N/m} \rightarrow 6,19 \text{ kN/m}$$

- Sila na pilier:  $W_{ky1} = 40,6,2 = 248 \text{ kN}$
- Sila na oporu:  $W_{ky2} = 13,6,2 = 80,6 \text{ kN}$
- Účinky pozdĺžneho vetra reprezentujú 25% účinkov priečneho vetra:  
 $W_{kx} = 0,25 \cdot (2 \cdot 80,6 + 7 \cdot 248) = 0,25 \cdot 1897,2 = 474 \text{ kN}$

## 2.7 Teplotné účinky ( $T$ )

Súčiniteľ teplotnej rozťažnosti pre betón bol uvažovaný  $\alpha_{ct} = 10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ .

### 2.7.1 Rovnomerná teplotná zložka (TN)

Počiatočná teplota mosta bola predpokladaná  $T_0 = 10^\circ\text{C}$ .

Podľa STN EN 1991-1-5/NA je:

$$\text{Maximálna teplota vzduchu } T_{\text{max}} = 41^\circ\text{C} \rightarrow T_{e,\text{max}} = T_{\text{max}} + 2^\circ\text{C} = 43^\circ\text{C}$$

$$\text{Minimálna teplota vzduchu } T_{\text{min}} = -29^\circ\text{C} \rightarrow T_{e,\text{min}} = T_{\text{min}} + 2^\circ\text{C} = -27^\circ\text{C}$$

### 2.7.2 Teplotný spád (TM)

Vertikálny lineárny teplotný spád bol uvažovaný pre otvorený betónový trám a kryt vozovky hrúbky 100 mm.

$$\text{Pre betónovú konštrukciu s vozovkou: } \Delta T_{M,\text{heat}} = 0,7 \cdot 15 = 10,5^\circ\text{C} \text{ a } \Delta T_{M,\text{cool}} = 8^\circ\text{C}$$

$$\text{Pre betónovú konštrukciu bez vozovky: } \Delta T_{M,\text{heat}} = 0,8 \cdot 15 = 12^\circ\text{C} \text{ a } \Delta T_{M,\text{cool}} = 1,1 \cdot 8 = 8,8^\circ\text{C}$$



## 2.8 Dotvarovanie a zmrašťovanie ( $G_{cs}$ )

Pre horizontálne skrátenie mosta od účinkov zmrašťovania a dotvarovania vyvolaného predpätím, boli použité reologické modely podľa STN EN 1992-1-1 Príloha B.

Boli použité nasledovné údaje:

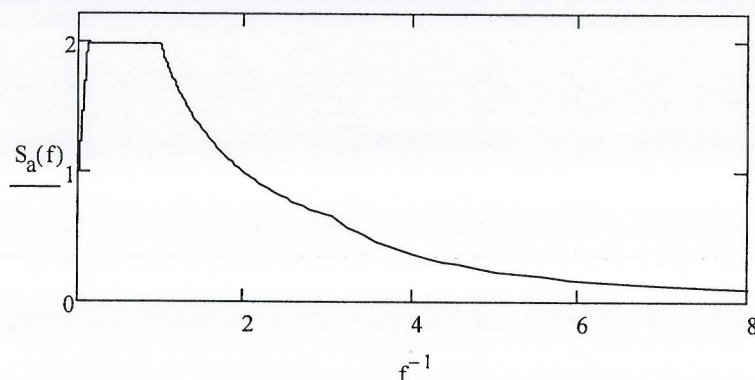
- Betón triedy C35/45
- Relatívna vlhkosť 70 %
- Cement s normálnou začiatočnou pevnosťou CEM 42,5 N
- Súčiniteľ  $k_h = 0,70$  ( $h_0 > 500$  mm)

$$A_{cn} = 9,792 \text{ m}^2 ; u = 36,153 \text{ m} ; h_0 = 2 \cdot A_{cn} / u = 2 \cdot 9,792 / 36,153 = 542 \text{ mm} \rightarrow k_h = 0,7$$

## 2.9 Trenie na ložiskách ( $Q_\mu$ )

Súčiniteľ trenia na ložiskách bol uvažovaný  $\mu = 0,04$ . Horizontálne sily boli stanovené pre reakcie spôsobené od všetkých stálych zaťažení plus príslušné zaťaženia od dopravy uvažované v častej hodnote.

## 2.10 Seizmické zaťaženie ( $A_E$ )



Obr.2.5 Návrhové spektrum odozvy pre kategóriu podložia C

Boli predpokladané nasledujúce parametre pre seizmickú analýzu:

- Referenčné seizmické zrýchlenie  $a_{gR}$  pre kategóriu podložia A:  $a_r = 0,63 \text{ m/s}^2$
- Kategória podložia: **C**
- Návrhové seizmické zrýchlenie :  $a_g = 1,25 \cdot a_r = 0,788 \text{ m/s}^2$
- Súčiniteľ významnosti pre triedu dôležitosti CC2:  $\gamma = 1,0$

## 2.11 Kombinácie zaťažení pre hornú stavbu

### 2.11.1 Medzné stavy použiteľnosti

Kvázi-stála kombinácia:  $G_{0k}(t) + G_{1k} + G_{set} + P_k(t) + 0,5 \cdot T_M$

Častá kombinácia:  $G_{0k}(t) + G_{1k} + G_{set} + P_k(t) + 0,75 \cdot Q_{TS} + 0,40 \cdot Q_{udl} + 0,5 \cdot T_M$

Charakteristická kombinácia:  $G_{0k}(t) + G_{1k} + G_{set} + P_k(t) + Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{fwk} + 0,6 \cdot T_M$   
 $G_{0k}(t) + G_{1k} + G_{set} + P_k(t) + Q_{LM3} + Q_{fwk} + 0,6 \cdot T_M$

### 2.11.2 Medzné stavy únosnosti

$1,35 \cdot [G_{0k}(t) + G_{1k, sup}] + 1,2 \cdot G_{set} + \gamma_P P_m(t) + 1,35 \cdot [Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{fwk}] + 1,5 \cdot 0,6 \cdot T_M$



$$1,0 \cdot [G_{0k}(t) + G_{1k,inf}] + 1,2 \cdot G_{set} + \gamma_P P_m(t) + 1,35 \cdot [Q_{TS} + Q_{udl} + Q_{fwk}] + 1,5 \cdot 0,6 \cdot T_M$$

$$1,35 \cdot [G_{0k}(t) + G_{1k,sup}] + 1,2 \cdot G_{set} + \gamma_P P_m(t) + 1,35 \cdot [Q_{LM3} + Q_{fwk}] + 1,5 \cdot 0,6 \cdot T_M$$

$$1,0 \cdot [G_{0k}(t) + G_{1k,inf}] + 1,2 \cdot G_{set} + \gamma_P P_m(t) + 1,35 \cdot [Q_{LM3} + Q_{fwk}] + 1,5 \cdot 0,6 \cdot T_M$$

Kde: Kde  $G_{0k}(t)$  je účinok od vlastnej tiaže konštrukcie

$P_k(t)$  - účinok od predpätia, charakteristická hodnota,  $P_k(t) = P_{k,sup}(t) = 1,1 \cdot P_m(t)$

$$P_k(t) = P_{k,inf}(t) = 0,9 \cdot P_m(t)$$

$P_m(t)$  – účinok od predpätia, stredná hodnota

$T_M$  – teplotné účinky, teplotný spád

$\gamma_P$  - parciálny súčiniteľ pre predpätie  $\gamma_P = \gamma_{Pfav} = 1,0$  alebo  $\gamma_P = \gamma_{Punfav} = 1,2$

$G_{set}$  – nerovnomerné sadnutie podpier

$Q_{TS}$  – účinky od dopravy - tandem system (TS),

$Q_{udl}$  – účinky od dopravy – rovnomerné plošné zaťaženie (UDL)

$Q_{LM3}$  – účinky od dopravy – špeciálne vozidlo

$Q_{fwk}$  – zaťaženie na chodníku

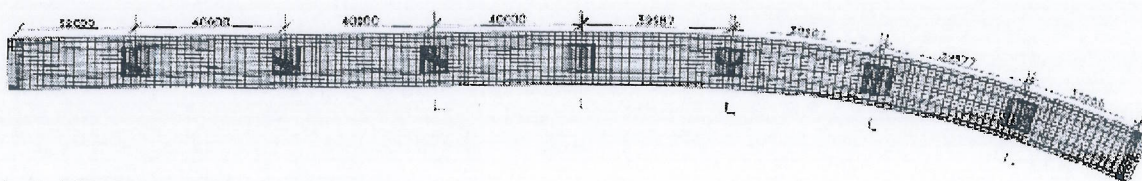
**Poznámka:** Účinky od teploty  $T_M$  môžu byť zanedbané  $\gamma_Q = 0$  pre overenie ohybovej odolnosti, kde  $G_{1k}$  sú účinky zaťaženia od mostného príslušenstva, ríms a vozovky,  $G_{1k,sup}$ ,  $G_{1k,inf}$

### 3 Reakcie na ložiská

#### 3.1 MKP model mosta

Reakcie na ložiská sa stanovili od účinkov zaťaženia a boli počítané pomocou MKP, programom STRAP verzia 2011 a časovo závislá analýza bola vykonaná programom POSTEN. Bol vytvorený roštový model mosta pre globálnu analýzu nosnej konštrukcie. Tento model berie do úvahy priečne rozdelenie zaťaženia. Model pozostáva z dvoch pozdĺžnych nosníkov navzájom spojených priečnymi trámami. Tieto priečne trámy majú prierezové vlastnosti dosky v priečnom smere. V pozdĺžnom smere má každý trám prierezové charakteristiky polovice prierezu mosta.

Pre výpočet vnútorných síl v priečnom smere mosta (mostovková doska) bol vytvorený doskostenový model.



Obr.3.1 Roštový model konštrukcie

#### 3.2 Predpätie

##### Predpínacie káble:

Laná s nízkou relaxáciou  $\phi Ls15,7/1860$  MPa, 19 a 15 lanové káble

$$A_{p1} = 1,50 \text{ cm}^2; A_{p15} = 22,5 \text{ cm}^2; A_{p19} = 28,5 \text{ cm}^2; f_{pk} = 1860 \text{ MPa}; f_{p01,k} = 1600 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži pri predpínaní:

$$\sigma_{p,max} = \min(0,80 \cdot f_{pk}; 0,9 \cdot f_{p01,k}) = \min(1488; 1440) = 1440 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie v predpínacej výstuži po vnesení predpätia:

$$\sigma_{pm0,max} = \min(0,75 \cdot f_{pk}; 0,85 \cdot f_{p01,k}) = \min(1395; 1360) = 1360 \text{ MPa}$$

$\mu = 0,2$ ;  $k = 0,01 \text{ rad/m}$ ; poklz v kotve 6 mm; funkcia relaxácie pre triedu 2.

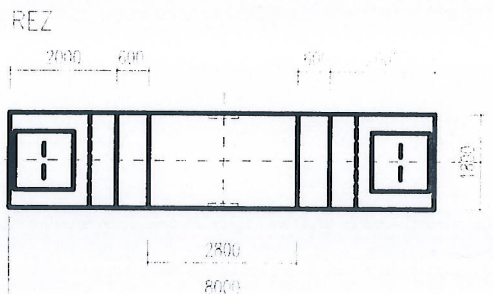
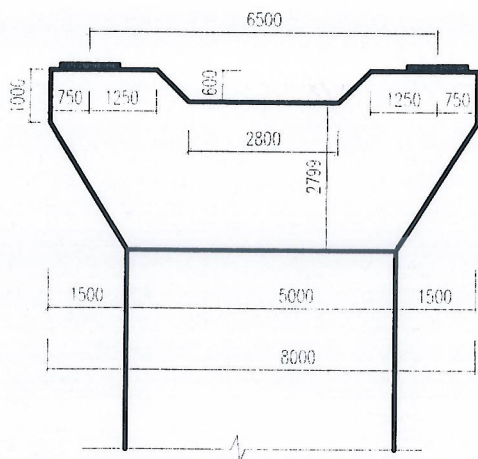


### 3.3 Reakcie na ložiskách z modelu

		ZVISLÉ reakcie v ložiskách (kN)																	
Zaťažovací stav	Smer	1 OPORTA		2 PODPERA		3 PODPERA		4 PODPERA		5 PODPERA		6 PODPERA		7 PODPERA		8 PODPERA		9 OPORTA	
		P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L	P	L
G0k - nefazovaný model	X3	2267	2267	5319	5320	5299	5298	5283	5296	5281	5302	5263	5316	5263	5336	5291	5352	2170	2358
G0k - fazovaný model	X3	2667	2667	5562	5562	5636	5636	5619	5661	5567	5716	5488	5798	5452	5836	4860	5260	2337	2589
Predpatie t=250d - nefazovaný model	X3	923	926	-928	-931	6	9	-39	24	-286	293	-830	829	-1022	1186	-2020	-159	890	1129
	X2	2	0	-11	0	16	0	-21	0	-3	0	-31	0	61	0	65	0	-77	0
	X1	0	0	0	0	0	0	0	0	-36	21	0	0	0	0	0	0	0	0
Predpatie t=250d - fazovaný model	X3	697	700	-658	-661	-40	-35	-29	19	-247	243	-651	698	-914	893	-1492	-59	673	862
	X2	-10	0	4	0	14	0	20	0	-41	0	-16	0	24	0	29	0	-21	0
	X1	-43	41	0	0	0	0	0	0	-43	28	0	0	0	0	0	0	0	0
G1k SUP	X3	397	397	1250	1250	1246	1246	1242	1245	1238	1251	1226	1261	1223	1270	1229	1272	370	423
G1k INF	X3	302	302	950	950	948	947	944	947	940	952	929	962	926	970	930	971	280	323
G sett +/-	X3	105	105	282	282	363	363	376	375	399	356	428	322	433	291	357	206	100	111
TM HEAT 10.5deg	X3	160	160	-193	-193	43	43	-15	-10	-39	51	-125	99	-106	193	-336	-49	141	177
TM COOL 8deg	X3	-122	-122	147	147	-33	-33	12	8	29	-39	95	-75	81	-147	256	37	-108	-135
Tax 10deg	X3	0	0	0	0	0	0	3	-3	0	0	3	-3	0	0	0	0	0	0
Tax 10deg	X2	0	0	-1	0	-7	0	-8	0	51	0	-18	0	-21	0	-26	0	29	0
Tax 10deg	X1	0	0	0	0	0	0	0	0	13	-4	0	0	0	0	0	0	0	0
Q UDL - vpravo (cela sirka)	X3	579	186	1548	582	1651	598	1667	619	1671	621	1663	614	1641	594	1537	579	548	213
Q UDL - vľavo (cela sirka)	X3	186	579	582	1549	598	1652	614	1678	621	1680	621	1679	605	1659	587	1561	158	611
Q UDL - stred (cela sirka)	X3	383	383	1065	1065	1125	1125	1141	1147	1149	1149	1141	1131	1119	1071	1062	356	410	410
Q UDL - vpravo (polovicna sirka)	X3	564	-26	1454	4	1560	-18	1560	-16	1556	-18	1550	-21	1546	-25	1439	-2	540	-9
Q UDL - vľavo (polovicna sirka)	X3	-26	564	4	1454	-18	1561	-18	1567	-16	1566	-11	1572	-8	1571	13	1469	-45	588
Q TS - vpravo (3 vozidla)	X3	1024	173	1054	145	1055	145	1055	145	1056	143	1056	143	1046	153	1060	122	1030	101
Q TS - vľavo (3 vozidla)	X3	171	1026	143	1056	143	1056	143	1056	139	1056	22	1178	-22	1210	-27	1220	96	1024
Q TS - vpravo (2 vozidla)	X3	968	30	1002	-2	1002	-3	1002	-3	1002	-3	1002	-3	998	0	1010	-11	929	-5
Q TS - vľavo (2 vozidla)	X3	30	968	-2	1002	-3	1002	-3	1002	-3	1002	-3	1002	-1	1000	-8	1006	-25	924
Q CHODCI - vpravo	X3	62	-20	158	-42	171	-48	172	-47	171	-47	169	-47	167	-47	154	-41	60	-19
Q CHODCI - vľavo	X3	-20	62	-42	158	-48	171	-47	173	-47	174	-47	175	-48	174	-42	162	-22	65
Q CHODCI - oba chodníky	X3	34	34	106	106	106	106	105	106	105	107	103	108	102	110	102	110	31	36
Q LM3 - vpravo	X3	1165	854	1669	1236	1671	1236	1670	1236	1619	1247	1596	1293	1580	1324	1578	1314	1101	921
Q LM3 - vľavo	X3	854	1165	1236	1669	1236	1671	1236	1671	1134	1744	1133	1759	1134	1770	1138	1761	743	1285

## 4 Posúdenie hlavice piliera

### 4.1 Geometria hlavice pilierov



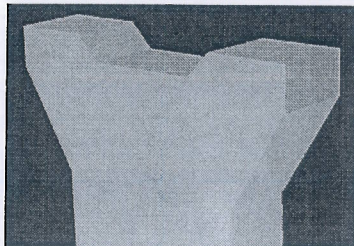
### 4.2 Návrhové kombinácie zaťaženia ložísk.

Číslo komb.	Pilier 6 a 7				Pilier 5				Pilier 3 a 4				Pilier 2 a 8			
	L	P	pozd	priec	L	P	pozd	priec	L	P	pozd	priec	L	P	pozd	priec
1	8966	15184	966	82	10236	14061	540	0	10353	13818	967	281	8065	13271	853	55
2	4432	7684	485	468	10146	14151	0	281	5886	6384	491	468	3094	5887	359	423
3	4281	10901	607	443	9744	12283	1215	0	5635	9502	605	281	3501	8990	500	416
4	8135	14798	917	119	8852	11758	1215	0	9523	13432	918	281	7324	12853	807	92
5	3853	7105	438	468	5136	6122	1215	0	5308	5806	445	468	2531	5324	314	423
6	9056	15094	966	82	4986	6272	0	468	10443	13728	1066	281	8148	13188	853	55
7	4089	10528	585	162	5535	10183	0	281	5443	9130	682	0	3318	8641	478	162



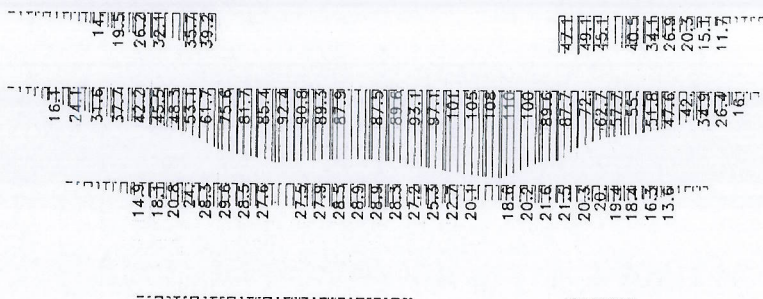
### 4.3 Model Hlavice

Hlavica bola modelovaná dosko-stenovými elementami v programe STRAP 2010

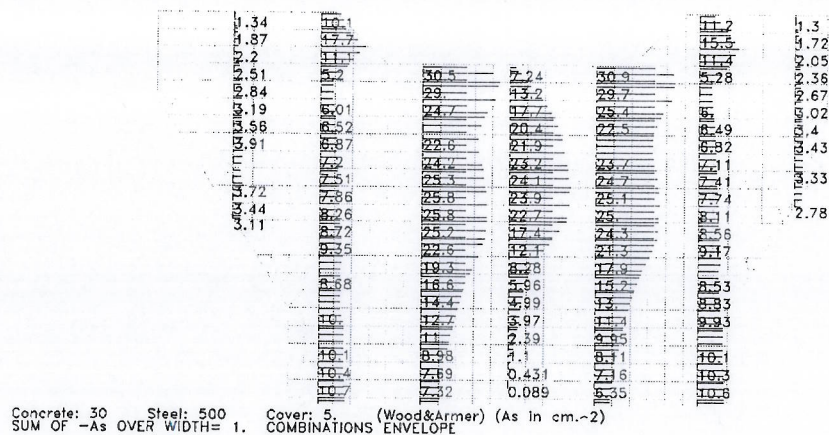


### 4.4 Potrebné plochy výstuže

Potrebná plocha výstuže pri jednom povrchu (na 1 meter široký pruh, vodorovný smer, cm<sup>2</sup>):



Potrebná plocha výstuže pri jednom povrchu (na 1 meter široký pruh, zvislý smer, cm<sup>2</sup>):



Concrete: 30 Steel: 500 Cover: 5 (Wood&Armer) (As in cm.-2)  
SUM OF -As OVER WIDTH= 1. COMBINATIONS ENVELOPE

Minimálny stupeň vystuženia:

Učinná výška prierezu  $d := 1.75\text{m}$   
 $b := 1\text{m}$   $h := 1.8\text{m}$

Beton C 30/37  $f_{ck} := 30\text{MPa}$   $f_{cm} := 2.9\text{MPa}$

Ocel B 500  $f_{yk} := 500\text{MPa}$

Minimálny stupeň vystuženia pri jednom povrchu:

$$A_{s,\min} := \frac{0.002 \cdot b \cdot h}{2} \quad A_{s,\min} = 18\text{cm}^2$$

Výstuž v oblasti pod ložiskom na zachytenie priečnych ťahov:

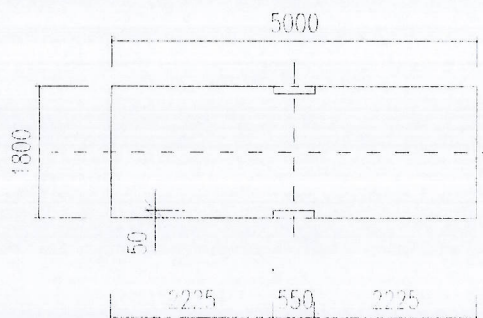
Max. reakcia na ložisko: 15MN

Potrebná plocha priečnej výstuže v oboch smeroch:  $A_s = v \cdot F_{\max} / f_{yd} = 0.2 \cdot 15 / 435 = 69\text{cm}^2$



## 5 Posúdenie drieru pilierov

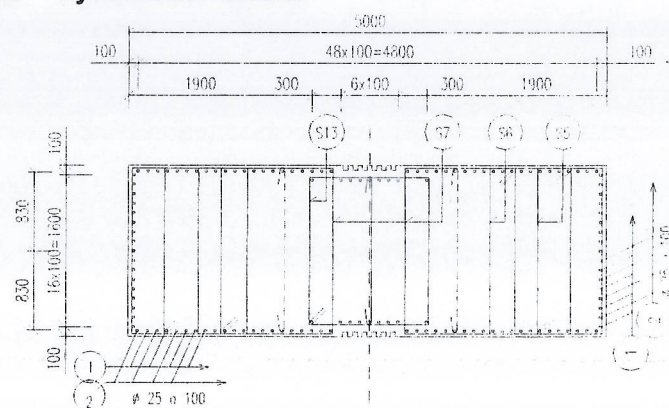
### 5.1 Geometria drieru



REGIONS

Area: 8890000  
Perimeter: 14000  
Bounding box: X: -2500 -- 2500  
Y: -900 -- 900  
Centroid: X: 0  
Y: 0  
Moments of inertia: X: 238043333333  
Y: 18747227083333

### 5.2 Vystuženie drieru



### 5.3 Návrhové kombinácie v mieste votknutia do základu (bez excentricít a 2. rádu)

Prehľad síl:

Výška piliera	15.2					13.1					11.2					9.3						
	Pilieri 6 a 7					Pilier 5 FIX					Pilieri 3 a 4					Pilieri 2 a 8						
	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	γ <sub>F</sub>	γ <sub>d</sub>
Vlt nosníky	11288	-237	0	0	0	11283	-484	0	0	0	11272	-237	0	0	0	10643	-200	0	0	0	1.35	
G1 - max	2493	-162	0	0	0	2489	0	0	0	0	2501	-162	0	0	0	2500	-142	0	0	0	1.35	
G1 - min	1896	-162	0	0	0	1890	0	0	0	0	1900	-162	0	0	0	1900	-130	0	0	0	1.35	
Vlt piliere	3791	0	0	0	0	3391	0	0	0	0	2891	0	0	0	0	2464	0	0	0	0	1.35	
Chodník nahodilý	128	-416	0	0	0	127	-718	0	0	0	124	-711	0	0	0	120	-650	0	0	0	1.35	0.4
UDL	1563	-5132	0	0	0	1556	-5116	0	0	0	1563	-5132	0	0	0	1482	-4732	0	0	0	1.35	0.4
TS L	1000	-3266	0	0	-120	1000	-3266	0	0	0	1000	-3266	0	0	0	1000	-3266	0	0	-120	1.35	0.75
UDL P	1563	5132	0	0	0	1556	5116	0	0	0	1563	5132	0	0	0	1482	4732	0	0	0	1.35	0.4
TS P	1000	3266	0	0	120	1000	3266	0	0	0	1000	3266	0	0	0	1000	3266	0	0	120	1.35	0.75
UDL full - vľavo	2264	-3426	0	0	0	2301	-3442	0	0	0	2264	-3426	0	0	0	2148	-3166	0	0	0	1.35	0.4
TS - full - vľavo	1200	-3900	0	0	-147	1204	-2980	0	0	0	1200	-3900	0	0	0	1193	-4052	0	0	-147	1.35	0.75
UDL - full - vpravo	2264	3426	0	0	0	2300	3442	0	0	0	2264	3426	0	0	0	2148	3166	0	0	0	1.35	0.4
TS - full - vpravo	1200	3900	0	0	147	1204	2980	0	0	0	1200	3900	0	0	0	1193	4052	0	0	147	1.35	0.75
LM3	2881	-2067	0	0	0	2878	-1983	0	0	0	2907	-1413	0	0	0	2899	-2024	0	0	0	1.35	0.75
brzdne sily	0	0	0	0	0	0	0	11790	900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0.4
priečny vietor	0	-5522	0	0	312	0	-4867	0	0	312	0	-4274	0	0	312	0	-2611	0	0	282	1.50	0.6
pozdĺžny vietor	0	0	0	0	0	0	0	7860	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.50	0.6
nerovnomer. sad. ma	724	-461	0	0	0	754	-162	0	0	0	751	0	0	0	0	563	-490	0	0	0	1.20	
Nerovnomer. sad. mi	-724	-461	0	0	0	-754	-162	0	0	0	-751	0	0	0	0	-563	-490	0	0	0	1.20	
max. negat reakcia	-440	0	0	0	0	-440	0	0	0	0	-440	0	0	0	0	-440	0	0	0	0	1.35	0.75
vlt patky + zemina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	
predpätie - fázované	0	-5850	0	0	0	0	-1625	0	0	0	0	-162	0	0	0	-1552	-4654	0	0	0	1.20	
Predpätie - nefáz	-166	-7200	0	0	0	0	-1881	0	0	0	0	-204	0	0	0	-2180	-6048	600	65	0	1.20	
Pozdĺžny vietor na pilier			1102	145				851.5	130				616	110			409.2	88			1.50	0.6
teplota	0	-975	0	0	0	0	-300	0	0	0	0	0	0	0	0	300	-770	0	0	0	1.50	0.6

Návrhové kombinácie (bez excentricít a 2. rádu):

Komb.	Pilier 6 a 7					Pilier 5					Pilier 3 a 4					Pilier 2 a 8				
	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2
1	29267	-24592	14683	966	82	28875	-12432	7840	657	0	28074	-14520	10829	967	281	24663	-18729	7937	853	55
2	15907	-17875	7367	485	468	28875	-16813	0	0	281	15162	-7055	5497	491	468	11445	-12092	4066	437	423
3	18972	-25899	9230	607	443	26605	-8251	15917	1215	0	18028	-15828	6781	605	281	14956	-19650	4647	500	416
4	28051	-26039	13943	917	119	25188	-9444	15917	1215	0	26858	-15967	10284	918	281	23503	-19782	7506	807	92
5	14749	-17875	6662	438	468	14650	-3206	15917	1215	0	14004	-7055	4979	445	468	10319	-12092	3648	392	423
6	29267	-19622	15675	1096	82	14650	-10506	0	0	468	28074	-10674	11937	1066	281	24663	-16379	8674	933	55
7	18408	-20930	10871	715	162	19110	-18902	0	0	281	17464	-11981	7638	682	0	14424	-17300	5186	558	162
8						27525	-19071	0	0	281						23909	-20402	8663	931	55

## 5.4 Zohľadnenie excentricít a účinkov 2. rádu

### Zelezobetonove piliere\_ podpera c.5

$$D := 1.8 \cdot \text{m} \quad \phi_{st} := 14 \cdot \text{mm} \quad c_{\text{st}} := 50 \cdot \text{mm} \quad \phi_s := 25 \cdot \text{mm} \quad d_1 := 100 \cdot \text{mm}$$

$$r := 0.5 \cdot D \quad r_{s1} := r - d_1 \quad r_{s1} = 0.8 \cdot \text{m} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_s^2 \quad r_{s2} := r_{s1} - 250 \cdot \text{mm} \quad A_{s1} = 4.9087 \cdot \text{cm}^2$$

$$n_{s1} := 40 \quad n_{s2} := 11$$

$$E_s := 200000 \cdot \text{MPa} \quad f_{yk} := 500 \cdot \text{MPa} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} \quad f_y := f_{yd} \quad f_t := 1 \cdot f_y \quad \epsilon_y := \frac{f_y}{E_s} \quad \alpha_{CT} := 0.00001 \cdot \text{K}^{-1}$$

$$E_{cm} := 32000 \cdot \text{MPa} \quad f_{ck} := 30 \cdot \text{MPa} \quad f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{1.5} \quad f_c := f_{cd} \quad f_c = 17 \cdot \text{MPa} \quad \epsilon_{c3} := 0.00175$$

#### Prierez

$$I_c := 2.35 \cdot \text{m}^4$$

$$A_c := 8.89 \cdot \text{m}^2$$

$$i_c := \left( \frac{I_c}{A_c} \right)^{0.5} \quad (EI) := I_c \cdot E_{cm}$$

$$i_c = 0.5141 \cdot \text{m} \quad (EI) = 75200 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2$$

$$A_{s\text{celk}} := 2 \cdot (n_{s1} + n_{s2}) \cdot A_{s1} \quad A_{s\text{celk}} = 500.7 \cdot \text{cm}^2 \quad \rho_{s1} := \frac{A_{s\text{celk}}}{A_c} \quad \rho_{s1} = 5.6321 \times 10^{-3}$$

$$L_s := 12.1 \cdot \text{m} \quad \theta_0 := \frac{1}{200} \quad \alpha_h := \frac{2}{\sqrt{L_s \cdot \text{m}^{-1}}} \quad \alpha_h = 0.575 \quad \theta_1 := \theta_0 \cdot \alpha_h$$

$$\text{Loziska - imperfekcia} \quad e_{ai} := 30 \cdot \text{mm} \quad e_i := \theta_1 \cdot L_s + e_{ai} + 20 \cdot \text{mm} \quad e_i = 85 \cdot \text{mm}$$

$$\theta_{zakl} := 0.000005 \cdot \text{rad} \quad M := 1 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad k_1 := \frac{\theta_{zakl}}{M} \cdot \frac{(EI)}{L_s} \quad k_1 = 0.0311 \quad k_2 := 100000$$

$$\beta := \left( 1 + \frac{k_1}{1 + k_1} \right) \cdot \left( 1 + \frac{k_2}{1 + k_2} \right) \quad \beta = 2.0603 \quad l_0 := L_s \cdot \beta \quad l_0 = 24.9292 \cdot \text{m}$$

$$\lambda := \frac{l_0}{i_c} \quad \lambda = 48.487 \quad E_{cd} := \frac{E_{cm}}{1.2} \quad E_{cd} = 26666.7 \cdot \text{MPa}$$

$$k_s := 1 \quad I_s := 2n_{s1} \cdot A_{s1} \cdot r_{s1}^2 + 2n_{s2} \cdot A_{s1} \cdot r_{s2}^2$$



$$F_{Ed} := 26.5 \cdot \text{MN} \quad M_{Ed0} := 10.8 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Ed0} := M_{Ed0} \cdot \eta \quad E_d \cdot e_i = 13.0468 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

$$n := \frac{F_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} \quad n = 0.1753 \quad k_{\lambda} := \begin{cases} n \cdot \frac{\lambda}{170} & \text{if } n \cdot \frac{\lambda}{170} < 0.2 \\ 0.2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$k_{\lambda} := \left( \frac{f_{ck}}{20 \cdot \text{MPa}} \right)^{0.5} \quad k_1 = 1.2247 \quad \phi_{ef} := 0 \quad k_c := \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \phi_{ef}} \quad k_c = 0.0613$$

$$(EI) := E_{cd} \cdot k_c \cdot I_c + k_s \cdot I_s \cdot E_s \quad (EI) = 9769.7 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}^2$$

$$N_B := \frac{\pi^2}{l_0^2} \cdot (EI) \quad N_B = 155.1537 \cdot \text{MN} \quad c_0 := 12 \quad \beta := \frac{\pi^2}{c_0} \quad \beta = 0.8225$$

$$\eta := 1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{F_{Ed}} - 1} \quad \eta = 1.1694 \quad M_{Ed} := \eta \cdot M_{Ed0} \quad M_{Ed} = 15.3 \cdot \text{MN} \cdot \text{m}$$

Návrhové kombinácie (s excentricitami a s účinkami 2. rádu):

Komb.	Pilier 6 a 7					Pilier 5					Pilier 3 a 4					Pilier 2 a 8				
	N	Mx1	Mx2	Vx1	x2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2
1	29267	29218	21200	966	82	28875	15100	12000	657	0	28074	17100	15300	967	281	24663	21493	10500	853	55
2	15907	20918	10000	485	468	28875	19600	2700	0	281	15162	8300	7200	491	468	11445	13693	5300	437	423
3	18972	29518	12600	607	443	26605	10600	21100	1215	0	18028	17500	8900	605	281	14956	21693	6200	500	416
4	28051	30518	20000	917	119	25188	11700	20800	1215	0	26858	18400	14000	918	281	23503	22493	9900	807	92
5	14749	20718	9000	438	468	14650	4400	17300	1215	0	14004	8200	6500	445	468	10319	13593	4700	392	423
6	29267	24018	22400	1096	82	14650	11800	1200	0	468	28074	13100	16000	1066	281	24663	19193	11300	933	55
7	18408	24218	14400	715	162	19110	20800	1700	0	281	17464	13500	9800	682	0	14424	19193	6700	558	162
8						27525	21800	2600	0	281						23909	23193	11200	931	55

## 5.5 Posúdenie drieku piliera na účinky osovej sily a ohybových momentov

Posúdenie drieku sa vykonalo v programe IDA NEXIS zvlášť pre každú kombináciu

Posúdenie podľa EC2

Vstupné dáta, súčinitele, nastavenie výpočtu

Popis	Clánok	Hodnota
<b>Interakčný diagram</b>		
Delenie pomerného pretvorenia		200
Vertikálne delenie		36
Horizontálne delenie		100
Metóda posúdenia		Mu
<b>MSÚ</b>		
Gamma c šmyk	2.3.3.2. (1)	1.5
Gamma c tlak	4.3.2.3. (1)	1.5
Gamma s	2.3.3.2. (1)	1.15
Max. tlakové pretvorenie betónu	4.2.2.3.2. (5)	-0.0035
Pretvorenie na začiatku plastickej deformácie		-0.00135
Alfa	4.2.1.3.3. (11)	0.65
Max. tahové pretvorenie výstuže	4.3.1.2.	0.01
<b>Šmyk</b>		
Súčiniteľ v rovnici (4.18)	4.3.2.3. (1)	0.15
Koeficient $\rho_{sl}$	4.3.2.3. (1)	0.02

Vysvetlenie symbolov betónu

Skratka	Vysvetlenie
f <sub>ck</sub>	charakteristická valcová pevnosť betónu v tlaku
gamma c	parciálny súčiniteľ spoľahlivosti pre vlastnosti betónu (tlak-ohyb)
f <sub>cd</sub>	návrhová hodnota valcovej pevnosti betónu v tlaku
alfa	prídavný redukčný súčiniteľ
f <sub>ctm</sub>	stredná hodnota pevnosti v tahu
E	modul pružnosti
tau rd	základné šmykové napätie

## Charakteristiky betónu

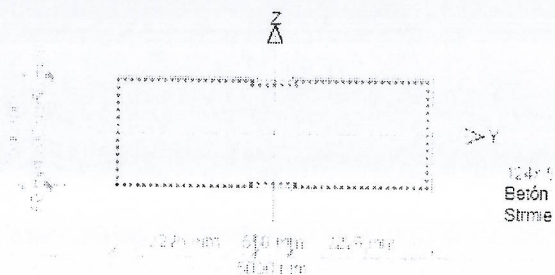
	C30/37
f <sub>ck</sub>	30.00 MPa
f <sub>cd</sub>	20.00 MPa
alfa*f <sub>ck</sub> /gamma <sub>c</sub>	17.00 MPa
f <sub>ctm</sub>	2.90 MPa
E	32000.00 MPa
tau <sub>rd</sub>	0.34 MPa

## Vysvetlenie symbolov betonárskej výstuže

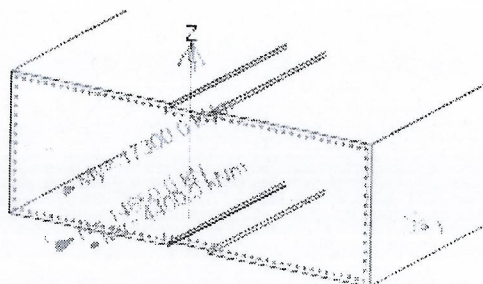
Skratka	Vysvetlenie
f <sub>yk</sub>	charakteristická hodnota medze klzu betonárskej výstuže
f <sub>yd</sub>	návrhová medza klzu betonárskej výstuže

## Charakteristiky ocele

	S 500
f <sub>yk</sub>	500.00 MPa
f <sub>yd</sub>	434.78 MPa
E modulus	200000.00 MPa



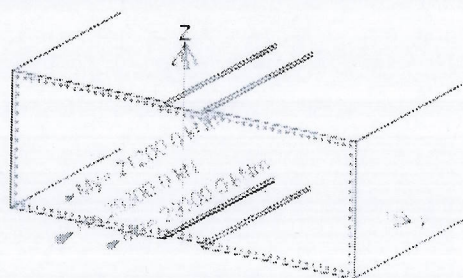
## Load



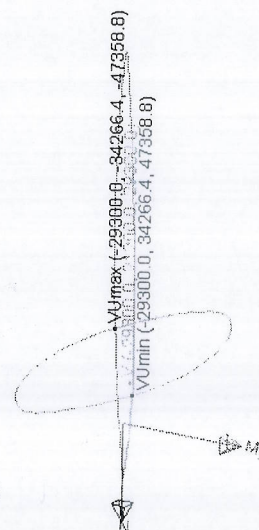
## Interaction diagram



Load



Loads



Interaction diagram

## 5.6 Posúdenie drieku piliera na účinky šmykových síl

### POSUDOK ŠMYKU - Štandardná metóda (4.3.2.4.3)

Kombi Stav	Nd [kN]	Vd [kN]	k	ro <sub>1</sub> tie-2	Vrd1 [kN]	v	alfa [deg]	Vrd2 [kN]	priem [mm]	Ass [mm <sup>2</sup> /m]	Vzdial [mm]	Vrd3 [kN]	Chyby Varovanie
CU	-14850.00	1220.00	1.00	0.71	6414.76	0.55	90	42468.36	8	2011	300.0	7539.76	6

### Vysvetlivky k informáciám o výpočte

Varovanie Vysvetlenie

Chyba

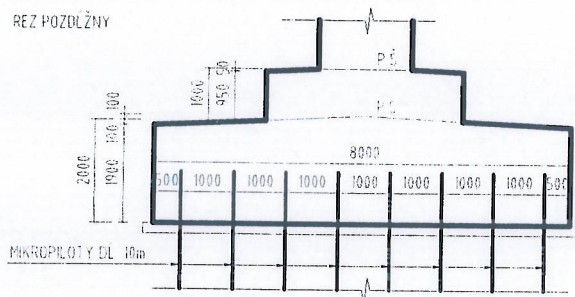
- 1 výpočet prebehol v poriadku.
- 6 šmykovú silu prenesie betón.

## 6 Posúdenie základov pilierov

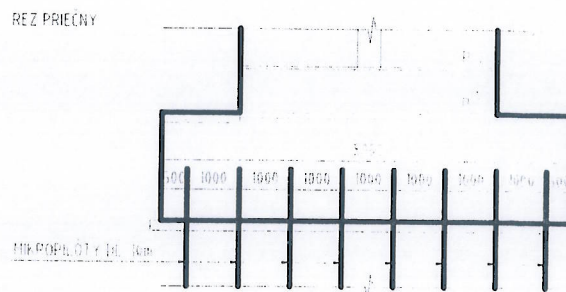
### 6.1 Základ piliera s posuvnými ložiskami

#### 6.1.1 Tvar základu

REZ POZDĽŽNY



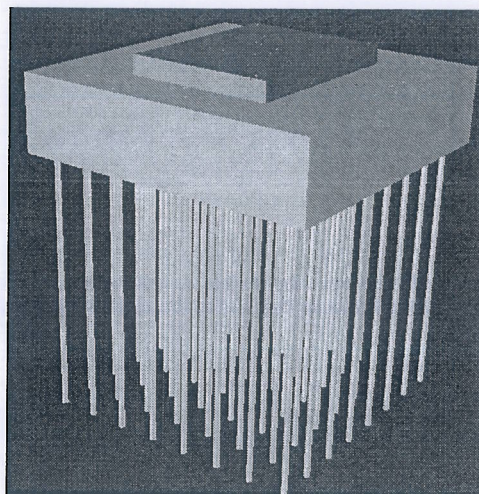
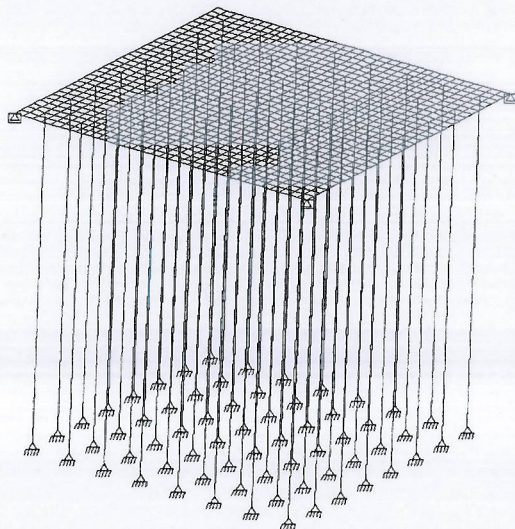
REZ PRIECNY





## 6.1.2 Model základu piliera

Základ bol namodelovaný v programe STRAP z doskostenových elementov.



## 6.1.3 Kombinácie zaťaženi

(spočítané k úrovni osi základu)

Pilier 6 a 7					Pilier 3 a 4					Pilier 2 a 8				
N	Mx1	Mx2	Vx1V	x2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2
29267	29300	22166	966	82	28074	17381	15667	967	281	24663	21548	11353	853	55
15907	21386	10485	485	468	15162	8768	7691	491	468	11445	14116	5737	437	423
18972	29960	13207	607	443	18028	17781	9505	605	281	14956	22109	6700	500	416
28051	30636	20917	917	119	26858	18681	14918	918	281	23503	22585	10707	807	92
14749	21186	9438	438	468	14004	8668	6945	445	468	10319	14016	5092	392	423
29267	24100	23496	1096	82	28074	13381	17066	1066	281	24663	19248	12233	933	55
18408	24380	15115	715	162	17464	13500	10482	682	0	14424	19355	7258	558	162
										23909	23248	12131	931	55

## 6.1.4 Potrebné plochy výstuže

Pozdĺžny smer (smer osi mosta)

dolný povrch (cm<sup>2</sup>):

1.83	2.37	2.38	2.25	1.76	0.972
1.42	2.02	2.43	2.26	2.44	2.08
1.09	2.37	2.25	3.01	2.07	2.45
2.87	3.9	4.92	3.4	4.89	3.83
4.31	5.80	7.59	7.88	7.67	5.88
7.05	10.1	12.2	12.7	12.4	9.45
12.1	15.8	17.8	18.2	17.7	13.4
13.2	19.5	20.6	20.5	20.3	14.9
15.9	22.6	22.8	21.7	22.8	15.9
18.3	27.2	24.6	23.9	24.8	18.7
18.3	31.3	30.2	29.5	30.7	22.5
18.6	34.9	36	34.8	35.6	25.5
19.2	38.6	38.8	38.4	38.3	28.6
19.8	42.2	41.1	40.4	40.3	31.8
20.5	45.8	44.7	44.1	44.1	35.1
21.2	49.4	48.3	47.6	47.6	38.4
21.9	53	51.9	51.2	51.2	41.7
22.6	56.6	55.5	54.8	54.8	45
23.3	60.2	59.1	58.4	58.4	48.3
24	63.8	62.7	62	62	51.6
24.7	67.4	66.3	65.6	65.6	54.9
25.4	71	69.9	69.2	69.2	58.2
26.1	74.6	73.5	72.8	72.8	61.5
26.8	78.2	77.1	76.4	76.4	64.8
27.5	81.8	80.7	80	80	68.1
28.2	85.4	84.3	83.6	83.6	71.4
28.9	89	87.9	87.2	87.2	74.7
29.6	92.6	91.5	90.8	90.8	78
30.3	96.2	95.1	94.4	94.4	81.3
31	99.8	98.7	98	98	84.6
31.7	103.4	102.3	101.6	101.6	87.9
32.4	107	105.9	105.2	105.2	91.2
33.1	110.6	109.5	108.8	108.8	94.5
33.8	114.2	113.1	112.4	112.4	97.8
34.5	117.8	116.7	116	116	101.1
35.2	121.4	120.3	119.6	119.6	104.4
35.9	125	123.9	123.2	123.2	107.7
36.6	128.6	127.5	126.8	126.8	111
37.3	132.2	131.1	130.4	130.4	114.3
38	135.8	134.7	134	134	117.6
38.7	139.4	138.3	137.6	137.6	120.9
39.4	143	141.9	141.2	141.2	124.2
40.1	146.6	145.5	144.8	144.8	127.5
40.8	150.2	149.1	148.4	148.4	130.8
41.5	153.8	152.7	152	152	134.1
42.2	157.4	156.3	155.6	155.6	137.4
42.9	161	159.9	159.2	159.2	140.7
43.6	164.6	163.5	162.8	162.8	144
44.3	168.2	167.1	166.4	166.4	147.3
45	171.8	170.7	170	170	150.6
45.7	175.4	174.3	173.6	173.6	153.9
46.4	179	177.9	177.2	177.2	157.2
47.1	182.6	181.5	180.8	180.8	160.5
47.8	186.2	185.1	184.4	184.4	163.8
48.5	189.8	188.7	188	188	167.1
49.2	193.4	192.3	191.6	191.6	170.4
49.9	197	195.9	195.2	195.2	173.7
50.6	200.6	199.5	198.8	198.8	177
51.3	204.2	203.1	202.4	202.4	180.3
52	207.8	206.7	206	206	183.6
52.7	211.4	210.3	209.6	209.6	186.9
53.4	215	213.9	213.2	213.2	190.2
54.1	218.6	217.5	216.8	216.8	193.5
54.8	222.2	221.1	220.4	220.4	196.8
55.5	225.8	224.7	224	224	200.1
56.2	229.4	228.3	227.6	227.6	203.4
56.9	233	231.9	231.2	231.2	206.7
57.6	236.6	235.5	234.8	234.8	210
58.3	240.2	239.1	238.4	238.4	213.3
59	243.8	242.7	242	242	216.6
59.7	247.4	246.3	245.6	245.6	219.9
60.4	251	249.9	249.2	249.2	223.2
61.1	254.6	253.5	252.8	252.8	226.5
61.8	258.2	257.1	256.4	256.4	229.8
62.5	261.8	260.7	260	260	233.1
63.2	265.4	264.3	263.6	263.6	236.4
63.9	269	267.9	267.2	267.2	239.7
64.6	272.6	271.5	270.8	270.8	243
65.3	276.2	275.1	274.4	274.4	246.3
66	279.8	278.7	278	278	249.6
66.7	283.4	282.3	281.6	281.6	252.9
67.4	287	285.9	285.2	285.2	256.2
68.1	290.6	289.5	288.8	288.8	259.5
68.8	294.2	293.1	292.4	292.4	262.8
69.5	297.8	296.7	296	296	266.1
70.2	301.4	300.3	299.6	299.6	269.4
70.9	305	303.9	303.2	303.2	272.7
71.6	308.6	307.5	306.8	306.8	276
72.3	312.2	311.1	310.4	310.4	279.3
73	315.8	314.7	314	314	282.6
73.7	319.4	318.3	317.6	317.6	285.9
74.4	323	321.9	321.2	321.2	289.2
75.1	326.6	325.5	324.8	324.8	292.5
75.8	330.2	329.1	328.4	328.4	295.8
76.5	333.8	332.7	332	332	299.1
77.2	337.4	336.3	335.6	335.6	302.4
77.9	341	339.9	339.2	339.2	305.7
78.6	344.6	343.5	342.8	342.8	309
79.3	348.2	347.1	346.4	346.4	312.3
80	351.8	350.7	350	350	315.6
80.7	355.4	354.3	353.6	353.6	318.9
81.4	359	357.9	357.2	357.2	322.2
82.1	362.6	361.5	360.8	360.8	325.5
82.8	366.2	365.1	364.4	364.4	328.8
83.5	369.8	368.7	368	368	332.1
84.2	373.4	372.3	371.6	371.6	335.4
84.9	377	375.9	375.2	375.2	338.7
85.6	380.6	379.5	378.8	378.8	342
86.3	384.2	383.1	382.4	382.4	345.3
87	387.8	386.7	386	386	348.6
87.7	391.4	390.3	389.6	389.6	351.9
88.4	395	393.9	393.2	393.2	355.2
89.1	398.6	397.5	396.8	396.8	358.5
89.8	402.2	401.1	400.4	400.4	361.8
90.5	405.8	404.7	404	404	365.1
91.2	409.4	408.3	407.6	407.6	368.4
91.9	413	411.9	411.2	411.2	371.7
92.6	416.6	415.5	414.8	414.8	375
93.3	420.2	419.1	418.4	418.4	378.3
94	423.8	422.7	422	422	381.6
94.7	427.4	426.3	425.6	425.6	384.9
95.4	431	429.9	429.2	429.2	388.2
96.1	434.6	433.5	432.8	432.8	391.5
96.8	438.2	437.1	436.4	436.4	394.8
97.5	441.8	440.7	440	440	398.1
98.2	445.4	444.3	443.6	443.6	401.4
98.9	449	447.9	447.2	447.2	404.7
99.6	452.6	451.5	450.8	450.8	408
100.3	456.2	455.1	454.4	454.4	411.3
101	459.8	458.7	458	458	414.6
101.7	463.4	462.3	461.6	461.6	417.9
102.4	467	465.9	465.2	465.2	421.2
103.1	470.6	469.5	468.8	468.8	424.5
103.8	474.2	473.1	472.4	472.4	427.8
104.5	477.8	476.7	476	476	431.1
105.2	481.4	480.3	479.6	479.6	434.4
105.9	485	483.9	483.2	483.2	437.7
106.6	488.6	487.5	486.8	486.8	441
107.3	492.2	491.1	490.4	490.4	444.3
108	495.8	494.7	494	494	447.6
108.7	499.4	498.3	497.6	497.6	450.9
109.4	503	501.9	501.2	501.2	454.2
110.1	506.6	505.5	504.8	504.8	457.5
110.8	510.2	509.1	508.4	508.4	460.8
111.5	513.8	512.7	512	512	464.1
112.2	517.4	516.3	515.6	515.6	467.4
112.9	521	519.9	519.2	519.2	470.7
113.6	524.6	523.5	522.8	522.8	474
114.3	528.2	527.1	526.4	526.4	477.3
115	531.8	530.7	530	530	480.6
115.7	535.4	534.3	533.6	533.6	483.9
116.4	539	537.9	537.2	537.2	487.2
117.1	542.6	541.5	540.8	540.8	490.5
117.8	546.2	545.1	544.4	544.4	493.8
118.5	549.8	548.7	548	548	497.1
119.2	553.4	552.3	551.6	551.6	500.4
119.9	557	555.9	555.2	555.2	503.7
120.6	560.6	559.5	558.8	558.8	507
121.3	564.2	563.1	562.4	562.4	510.3
122	567.8	566.7	566	566	513.6
122.7	571.4	570.3	569.6	569.6	516.9
123.4	575	573.9	573.2	573.2	520.2
124.1	578.6	577.5	576.8	576.8	523.5
124.8	582.2	581.1	580.4	580.4	526.8
125.5	585.8	584.7	584	584	530



Priečny smer (kolmo na smer osi mosta)

dolný povrch (cm<sup>2</sup>):

2.27	2.94	3.13	2.88	2.65	2.4	1.98
6.1	7.02	8.95	6.84	8.45	6.32	5.5
6.09	7.39	8.72	8.8	8.53	7.27	5.98
3.73	7.55	9.63	8.25	9.27	8.96	3.58
5.67	11.5	13.5	13.	13.6	11.7	5.81
10.	18.9	18.1	17.5	18.4	19.7	9.93
11.8	22.7	24.4	22.5	23.3	21.7	11.3
10.9	19.8	23.4	20.3	22.	18.6	10.3
13.1	19.6	24.7	22.7	24.7	20.9	11.5
13.8	23.5	30.4	29.	30.	25.3	13.9
15.1	26.5	31.1	29.1	29.9	25.1	14.8
13.3	21.7	26.8	23.6	25.3	20.4	12.8
12.6	20.9	25.8	23.7	25.6	21.6	13.2
15.2	26.5	31.1	29.6	31.	26.1	15.2
15.9	28.6	30.8	28.4	29.8	25.1	15.5
12.8	19.3	22.9	19.7	21.2	18.2	12.
12.5	20.	23.9	21.6	23.2	19.9	12.6
15.3	26.7	31.1	28.7	30.8	25.8	15.2
15.6	26.6	31.6	29.3	30.1	25.7	15.4
13.1	21.3	26.7	23.3	24.7	20.3	12.3
12.4	21.2	26.1	24.2	25.9	21.	12.3
14.	25.8	30.2	28.	29.3	25.	13.0
13.7	25.1	29.8	27.4	27.8	24.1	13.5
10.8	19.5	23.5	20.2	21.5	18.6	10.1
8.25	18.5	20.1	18.2	20.	18.1	9.18
10.2	21.3	20.6	20.1	20.7	21.3	9.98
8.64	14.3	15.7	15.1	14.9	13.7	8.54
3.66	7.5	9.91	9.24	9.07	8.94	3.32
3.01	5.09	6.34	6.32	6.	4.55	2.92
6.	7.1	8.93	7.03	8.6	6.29	5.56
5.46	8.24	8.18	6.11	8.89	5.74	5.28
1.91	2.59	2.32	2.17	2.11	2.07	

horný povrch (cm<sup>2</sup>):

2.22	2.37	2.07	1.53	1.55	2.07	1.92
6.17	6.68	5.58	5.19	5.28	6.27	6.17
4.78	5.23	4.33	3.95	4.1	4.75	4.75
1.18	1.78	1.88	0.940	1.44	1.3	0.835
1.23	2.23	2.06	1.18	2.1	2.23	1.47
4.35	5.77	4.7	3.56	4.49	6.55	4.8
3.95	8.12	7.97	6.68	7.48	7.48	3.92
1.75	3.24	2.99	0.753	2.22	2.26	1.21
1.1	2.09	2.3	0.926	2.01	2.31	1.54
3.28	6.89	5.82	5.1	6.06	7.31	4.03
3.08	5.97	4.55	4.32	5.2	6.06	3.35
					0.779	
2.28	4.73	3.38	3.41	4.49	5.74	3.35
2.02	4.01	2.74	3.22	3.98	4.93	2.88
2.13	4.45	3.12	3.29	4.49	6.58	3.31
1.83	3.97	3.08	3.58	4.12	5.13	2.94
2.89	5.7	4.82	4.53	5.58	6.56	3.98
2.65	5.79	5.12	4.68	5.23	6.1	3.4
0.644	1.1	0.963			0.708	
0.948	2.32	1.68	1.11	2.05	2.26	1.12
4.24	7.27	6.17	5.8	6.37	7.56	4.42
3.7	4.05	2.97	2.39	2.87	3.96	3.83
0.709	0.978	0.932			0.993	
1.71	1.79	1.2	0.946	1.09	1.56	1.37
5.28	6.8	5.33	4.95	5.04	6.18	6.28
5.24	5.47	4.78	4.84	4.83	5.47	5.46
1.38	1.5	1.41	1.12	0.907	1.12	1.06

Návrh:  $\phi 25$  á 100

Návrh:  $\phi 25$  á 200

Minimálny stupeň vystuženia

pri spodnom povrchu v oboch smeroch:

Učinná vyska prierezu  $d := 1.95\text{m}$

$b := 1\text{m}$   $h := 2\text{m}$

Beton C 30/37  $f_{ck} := 30\text{MPa}$   $f_{ctm} := 2.9\text{MPa}$

Ocel B 500  $f_{yk} := 500\text{MPa}$

Minimálny stupeň vystuženia pri spodnom povrchu:

$$A_{s,min} := 0.26 \cdot \frac{d \cdot b \cdot f_{ctm}}{f_{yk}} \quad A_{s,min} = 29.406 \cdot \text{cm}^2$$

pri hornom povrchu v oboch smeroch:

Učinná vyska prierezu  $d := 1.95\text{m}$

$b := 1\text{m}$   $h := 2\text{m}$

Beton C 30/37  $f_{ck} := 30\text{MPa}$   $f_{ctm} := 2.9\text{MPa}$

Ocel B 500  $f_{yk} := 500\text{MPa}$

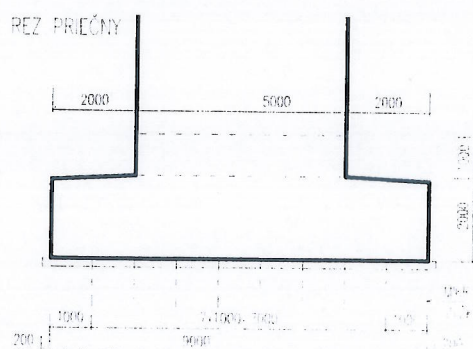
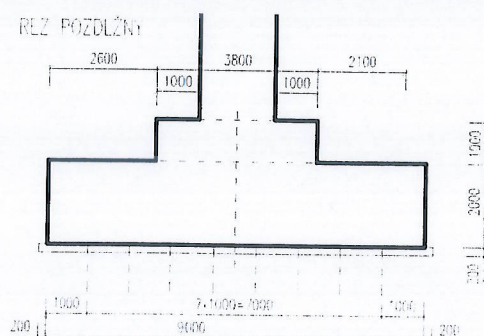
Minimálny stupeň vystuženia pri spodnom povrchu:

$$A_{s,min} := 0.0013 \cdot b \cdot d \quad A_{s,min} = 25.35 \cdot \text{cm}^2$$

## 6.1.5 Posúdenie šmykovej výstuže

Vzhľadom na tvar pätky je šmyková výstuž na pretlačenie navrhnutá podľa platných konštrukčných zásad

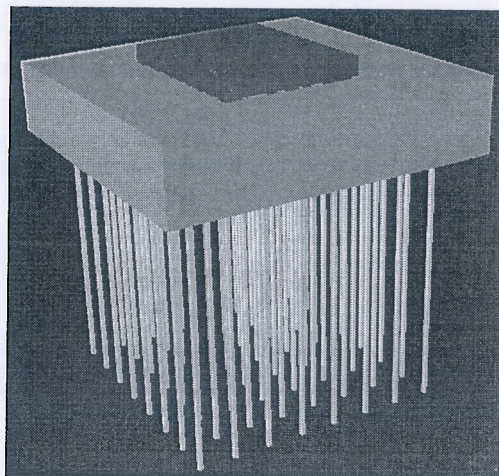
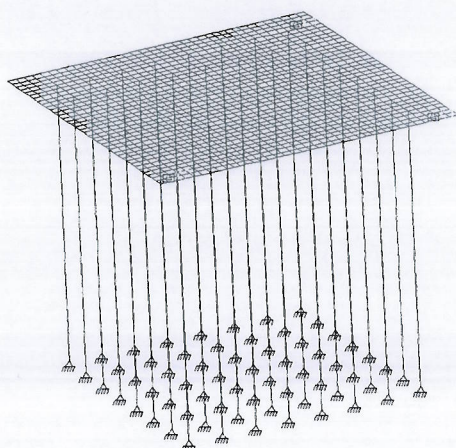
## 6.2 Základ piliera s pevným ložiskom





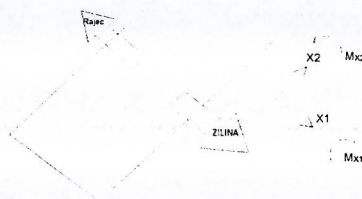
## 6.2.1 Model základu piliera

Základ bol namodelovaný v programe STRAP z doskostenových elementov.



## 6.2.2 Kombinácie zaťažení (spočítané k úrovni osi základu)

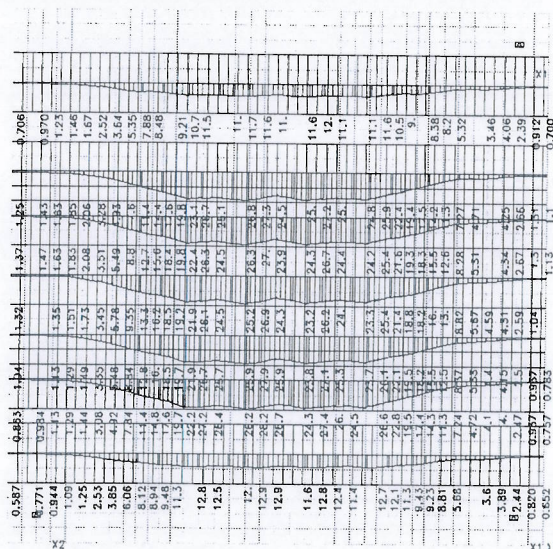
Pilier 5				
N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2
28875	15100	12657	657	0
28875	19881	2700	0	281
26605	10600	22315	1215	0
25188	11700	22015	1215	0
14650	4400	18515	1215	0
14650	12268	1200	0	468
19110	21081	1700	0	281
27525	22081	2600	0	281



## 6.2.3 Potrebné plochy výstuže

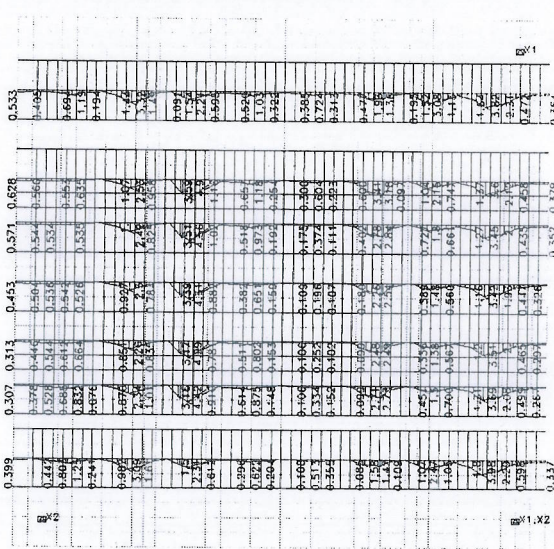
Pozdĺžny smer (smer osi mosta)

dolný povrch (cm<sup>2</sup>):



Návrh:  $\phi 25$  á 150

horný povrch (cm<sup>2</sup>):



Návrh:  $\phi 20$  á 150



Priečný smer (smer kolmý na os mosta)

dolný povrch (cm<sup>2</sup>):

0.881	0.935	1.12	1.16	1.03	0.716	0.472
0.864	0.915	1.35	1.41	1.27	0.876	0.640
0.43	0.865	2.58	2.53	2.08	1.55	0.24
0.28	0.4	4.57	4.84	4.55	3.77	0.98
0.59	0.82	5.64	5.62	5.65	4.39	0.52
0.42	0.42	5.49	5.13	5.18	3.05	2.1
0.59	0.25	9.17	9.37	9.4	5.07	3.15
0.81	1.24	12.5	13.2	14.3	8.01	5.05
0.60	0.5	10.4	10.7	10.1	6.04	0.89
0.94	13.3	13.1	14.2	18.2	7.79	4.94
0.4	13.5	17.1	16.6	18.9	9.71	3.81
0.11	17.6	20.8	20.8	22.7	10.1	7.37
0.22	18.5	21.9	21	22.4	10.7	3.13
0.56	15.6	19.7	17.8	19.6	8.64	7.03
0.34	15.4	19.3	18.0	21	10.4	7.72
0.75	19.3	22.7	22.5	24.3	11.4	3.86
0.40	19.5	25.1	21.8	23.2	11.7	9.27
0	15.4	19.2	17.2	18.8	9.93	7.79
0.93	15.9	20	19.3	20.6	10.5	3.13
0.94	19.7	23.7	23.1	24.7	11.5	3.86
0.07	19.5	23.9	22.8	23.4	11.9	3.88
0.41	15.9	20.8	19.5	19.6	3.68	3.93
0.96	15.8	20.4	19.6	20.6	3.72	3.95
0.37	18.4	22.5	21.8	23.1	10.2	7.37
0.1	17.6	21.4	20.5	20.9	9.81	7.06
0.66	13.5	18.9	15.6	16.1	7.64	4.96
0.12	12.7	4.6	3.9	5.5	7.44	4.71
0.58	14.3	5	5	5.7	3.02	5.06
0.16	0.41	11.2	11.5	10.8	5.68	4.64
0.54	1.68	5.79	7.08	5.15	3.41	2.21
0.88	5.22	4.31	5	4.29	2.69	1.97
0.11	4.57	4.61	4.87	4.62	3.71	2.93
0.88	5.74	5.73	4	3.84	5.41	2.8
0.829	1.33	1.43	1.54	1.44	1.01	0.758
0.959	0.999	1.15	1.18	1.04	0.742	0.483

horný povrch (cm<sup>2</sup>):

0.184	0.281	0.228	0.238	0.311	0.369	0.295
0.46	0.467	0.534	0.294	0.426	0.494	0.365
1.35	1.57	1.13	1.01	0.49	0.74	0.48
0.89	0.4	0.94	0.95	0.41	0.57	0.23
0.56	0.4	0.91	0.88	0.4	0.51	0.22
0.319	0.118	0.107	0.184	0.184	0.222	0.222
0.319	0.240	0.107	0.184	0.184	0.222	0.222
0.09	0.12	0.42	0.48	0.28	0.302	0.681
0.856	0.14	0.3	0.32	0.3	0.27	0.85
	0.080			0.075	0.075	0.157
0.374	0.82	0.17	0.17	0.28	0.543	0.381
0.466	0.09	0.59	0.74	0.37	0.41	0.51
						0.135
0.306	0.81	0.21	0.15	0.354	0.261	0.276
0.277	0.18	0.974	0.14	0.81	0.22	0.39
						0.145
0.293	0.51	0.817	0.853	0.136	0.158	0.236
0.258	0.17	0.962	0.12	0.04	0.55	0
					0.21	0.1
0.323	0.3	0.43	0.82	0.456	0.234	0.145
0.414	0.19	0.69	0.81	0.39	0.97	0.69
	0.340	0.104	0.344	0.43	0.081	0.148
0.11	0.334	0.81	0.338	0.37	0.584	0.468
0.856	0.56	0.734	0.806	0.37	0.32	0.49
0.118	0.56	0.734	0.806	0.103	0.224	0.12
0.867	0.776	0.303	0.334	0.026	0.16	0.022
0.713	0.27	0.04	0.286	0.42	0.42	0.44
0.550	0.638	0.418	0.348	0.445	0.853	0.538
0.196	0.264	0.246	0.226	0.256	0.501	0.238

Návrh:  $\phi 25$  á 150

Návrh:  $\phi 20$  á 150

Minimálny stupeň vystuženia

pri spodnom povrchu v oboch smeroch:

Učinná výška prierezu  $d := 1.95m$   
 $b := 1m$   $h := 2m$   
 Beton C 30/37  $f_{ck} := 30MPa$   $f_{ctm} := 2.9MPa$   
 Ocel B 500  $f_{yk} := 500MPa$   
 Minimálny stupeň vystuženia pri spodnom povrchu:

$$A_{s,min} := 0.26 \cdot \frac{d \cdot b \cdot f_{ctm}}{f_{yk}} \quad A_{s,min} = 29.406 \cdot cm^2$$

pri hornom povrchu v oboch smeroch:

Učinná výška prierezu  $d := 1.95m$   
 $b := 1m$   $h := 2m$   
 Beton C 30/37  $f_{ck} := 30MPa$   $f_{ctm} := 2.9MPa$   
 Ocel B 500  $f_{yk} := 500MPa$   
 Minimálny stupeň vystuženia pri spodnom povrchu:

$$A_{s,min} := 0.0013 \cdot b \cdot d \quad A_{s,min} = 25.35 \cdot cm^2$$

## 6.2.4 Posúdenie šmykovej výstuže

Posúdenie tlak. diagonály:

Charakteristická pevnosť betónu v tlaku

$f_{ck} := 30MPa$

Súčiniteľ spoľahlivosti

$\gamma_c := 1.5$

Návrhová pevnosť betónu v tlaku:

$$f_{cd} := 0.85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 17.0MPa$$

$$\nu := 0.6 \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250MPa} \right) = 0.528$$

Výška základu:  $h_z := 1.9m$

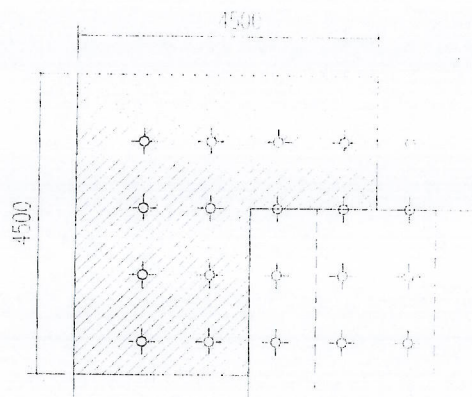
Účinná výška základu  $d := 1.85m$

Rameno vnútorných síl  $z := 0.9 \cdot d = 1.665m$

Kontrolný obvod (1/4 obv. pil.)  $o_p := 4.4m$

Sila, ktorú musí tlak. diagonála preniesť (zo STRAPu):  $F_l := 8MN$

$$F_{rd} := 0.5 \cdot f_{cd} \cdot \nu \cdot z \cdot o_p = 32.879 \cdot MN \quad F_{rd} > F_l \quad \text{vyhovuje}$$





Posúdenie patky na prepichnutie:

**Kontrolný obvod 1:**  $0.5d = 0.925\text{ m}$  .... 66% prenesie tlak. diagonála a 33% strmene

Sila ktorú musia prenieť strmene:  $F_{ed1} := \frac{1}{3} \cdot 1\text{ MN} = 1.367\text{ MN}$

Počet a priemer strmeňov oblasti  $0.5d$  (6 ks/m<sup>2</sup>)

$$n_s := \left[ 2.5m \cdot \frac{d}{2} + 1.9m \cdot \frac{d}{2} + \frac{\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2}{4 \cdot 4} \right] \cdot \frac{6}{m^2} = 25.428$$

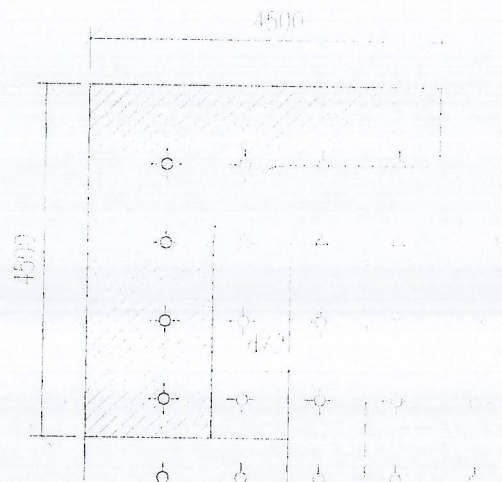
33 ks priemeru 14 mm  $n_1 := 25$   $d_{s1} := 14\text{ mm}$

$$A_{s1} := n_1 \cdot \frac{\pi \cdot d_{s1}^2}{4} = 3.848 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Pevnosť výstuže  $f_{yk} := 500\text{ MPa}$   $f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15} = 434.783\text{ MPa}$

Únosnosť výstuží v 1. kontr. obvode  $F_{rd1} := (A_{s1}) \cdot f_{yd} = 1.673\text{ MN}$

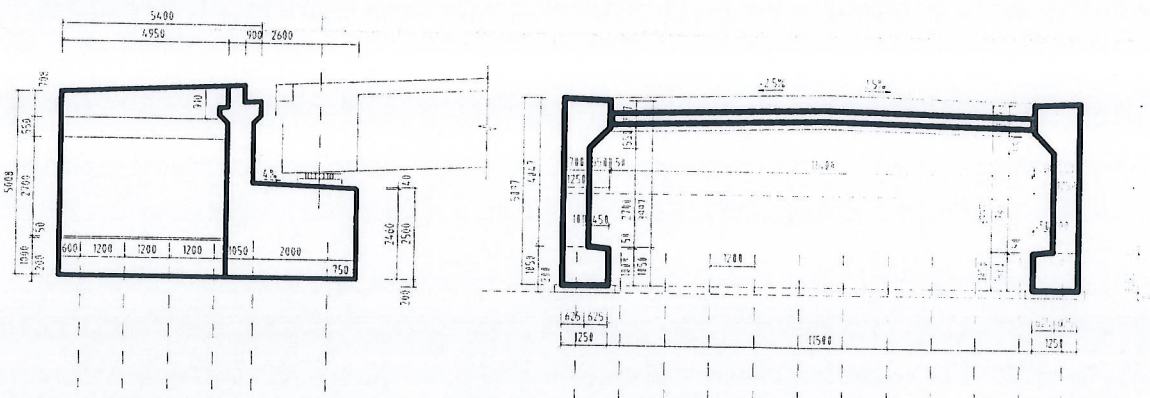
$F_{rd1} > F_{ed1}$  .... vyhovuje



## 7 Posúdenie opôr

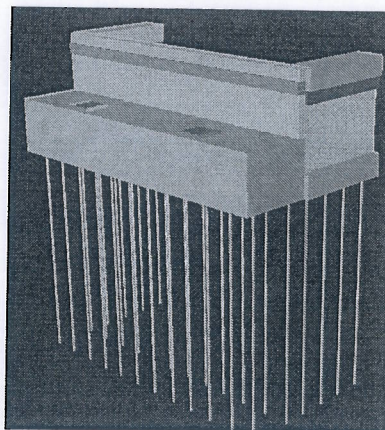
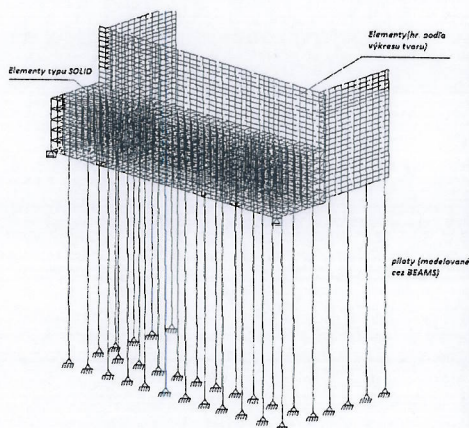
### 7.1 Opora č. 1

#### 7.1.1 Geometrický tvar



#### 7.1.2 Výpočtový model

Výpočtový model opory bol spracovaný v programe STRAP

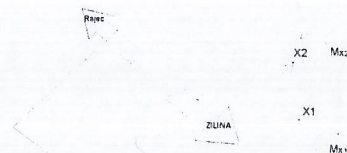




### 7.1.3 Zaťaženie opory

Sily na ložiskách:

	OPORA					$\gamma_F$	$\psi_0$
	N	Mx1	Mx2	Vx1	Vx2		
Vlt nosníky	5334	0	0	0	0	1.35	1
G1 - max	800	-20	0	0	0	1.35	1
G1 - min	600	-15	0	0	0	1.35	1
Vlt piliere	4795	0	-1600	0	0	1.35	1
Chodník nahodilý	40	-330	0	0	0	1.35	0.4
UDL L	544	-2530	0	0	0	1.35	0.4
TS L	930	-3800	0	0	0	1.35	0.75
UDL P	544	2530	0	0	0	1.35	0.4
TS P	1030	3800	0	0	0	1.35	0.75
UDL full - vľavo	770	-1812	0	0	0	1.35	0.4
TS - full - vľavo	1120	-3720	0	0	0	1.35	0.75
UDL - full - vpravo	770	1067	0	0	0	1.35	0.4
TS - full - vpravo	1120	3720	0	0	0	1.35	0.75
LM3	2028	-2168	0	0	0	1.35	0.75
brzdne sily	0	0	0	0	0	1.35	0.4
priečny vietor	0	-717	0	0	125	1.50	0.6
pozdĺžny vietor	0	0	0	0	0	1.50	0.6
nerovnomer. sad. max	210	0	0	0	0	1.20	
Nerovnomer. sad. min	-210	0	0	0	0	1.20	
max. negat reakcia	-300	0	0	0	0	1.35	0.75
vlt patky + zemina	0	0	0	0	0	1.35	1
predpätie - fázované	1535	-756	0	0	0	1.20	
Predpätie - nefáz	2019	-956	0	0	0	1.20	1
Pozdĺžny vietor na pilier						1.50	0.6
teplota	300	0	0	0	0	1.50	0.6



### 7.1.4 Návrhové kombinácie:

Opora 1			
L	P	pozd	prieč
5299	8478	551	113
3293	3924	289	188
2915	5887	352	113
5033	8183	529	113
3293	3924	289	188
5556	8222	551	113
3007	5795	352	0

### 7.1.5 Zaťaženie zemným tlakom

... súbor STR/GEO

Parcialne sucinitele:  $\gamma_{G.sup} := 1.0$   $\gamma_{G.inf} := 1.0$   $\gamma_G := 1.0$   
 $\gamma_Q := 1.3$   $\gamma_\phi := 1.25$

Zatazenie

zvysujuci sucinitel  $\alpha_{qi} := 1$

UDL  $q_{kl} := \left( 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3\text{m} + 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 8.5\text{m} \right) = 48.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

TS  $Q_k := 1200\text{kN} = 1.2 \times 10^3 \cdot \text{kN}$

objem. tiaž zeminy  $\gamma_z := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Rozmery opory      sirka opory  $s_{op} := 14.5\text{m}$        $h_{opory} := 5.2\text{m}$

Aktívny zemný tlak uhol vnútorného trenia zeminy  $\phi := 32^\circ$

$$\phi_d := \arctan\left(\frac{\tan(\phi)}{\gamma_\phi}\right) = 26.56^\circ$$

Príťaženie od dopravy UDL  $q_{eq} := \frac{q_{kl}}{s_{op}} = 3.328 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

TS  $q_{eq1} := \frac{Q_k}{2.2m \cdot s_{op}} = 37.618 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

súčiniteľ trenia ložísk  $\gamma_f := 0.05$

Tlak zeminy v pokoji  $K_0 := 1 - \sin(\phi_d) = 0.553$

Tlak zeminy na záverný múrik a krídla

Náhradná výška zeminy  $h_n := \frac{\gamma_Q \cdot q_{eq}}{\gamma_{G, sup} \cdot \gamma_z} = 0.216 \cdot \text{m}$   $h_{n1} := \frac{\gamma_Q \cdot (q_{eq1})}{\gamma_{G, sup} \cdot \gamma_z} = 2.445 \cdot \text{m}$

$h_{n.c} := h_n + h_{n1} = 2.661 \text{ m}$

$p_1 := \gamma_G \cdot h_{n.c} \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 29.428 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$p_2 := \gamma_G \cdot (h_{n.c} + h_{opory}) \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 86.926 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

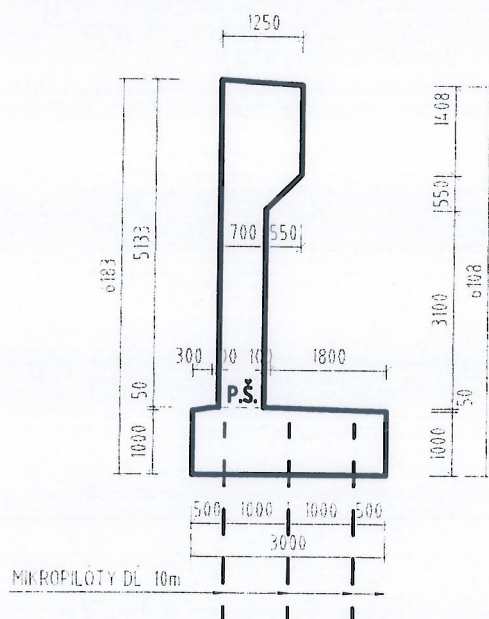
## 7.2 Opora č. 9

### 7.2.1 Záverný múrik, úložný prah a pravé krídlo

Vzhľadom na obdobné dimenzie, platia výpočty rovnaké ako pri opore č.1

### 7.2.2 Ľavé krídlo

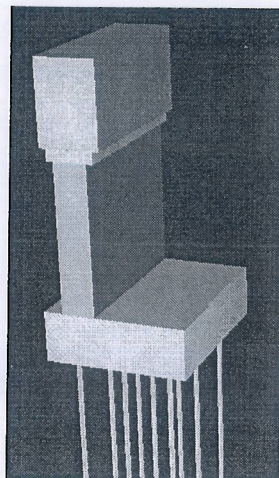
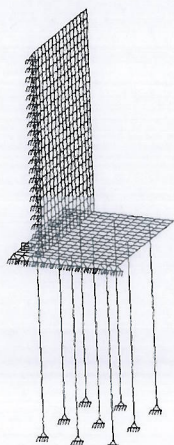
Geometrický tvar - krídlo je monoliticky pripojené k opore (priečny rez):



dĺžka krídla je 3,562 m.



### Výpočtový model:



### Zaťaženie:

Zemný tlak v pokoji s nadvýšením vplyvom pritlačenia dopravou.

Parciálne súčinitele:  $\gamma_{G, sup} := 1.0$   $\gamma_{G, inf} := 1.0$   $\gamma_G := 1.0$   
 $\gamma_Q := 1.3$   $\gamma_\phi := 1.25$

#### Zaťaženie

zvysujúci súčiniteľ  $\alpha_{q1} := 1$   
 UDL  $q_{k1} := \left( 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3\text{m} + 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 8.5\text{m} \right) = 48.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$   
 TS  $Q_k := 1200\text{kN} = 1.2 \times 10^3 \text{ kN}$   
 objem tiaž zeminy  $\gamma_z := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Rozmery opory: šírka opory  $s_{op} := 14.5\text{m}$   $h_{opory} := 6.2\text{m}$

uhol vnútorného trenia zeminy  $\phi := 32^\circ$

$$\phi_d := \arctan\left(\frac{\tan(\phi)}{\gamma_\phi}\right) = 26.56^\circ$$

Pritlačenie od dopravy: UDL  $q_{eq} := \frac{q_{k1}}{s_{op}} = 3.328 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

TS  $q_{eq1} := \frac{Q_k}{2.2\text{m} \cdot s_{op}} = 37.618 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

súčiniteľ trenia ložísk  $\gamma_f := 0.05$

Tlak zeminy v pokoji  $K_0 := 1 - \sin(\phi_d) = 0.553$

Tlak zeminy na záverný múrik a krídla

Náhradná výška zeminy  $h_n := \frac{\gamma_Q \cdot q_{eq}}{\gamma_{G, sup} \cdot \gamma_z} = 0.216\text{m}$   $h_{n1} := \frac{\gamma_Q \cdot (q_{eq1})}{\gamma_{G, sup} \cdot \gamma_z} = 2.445\text{m}$

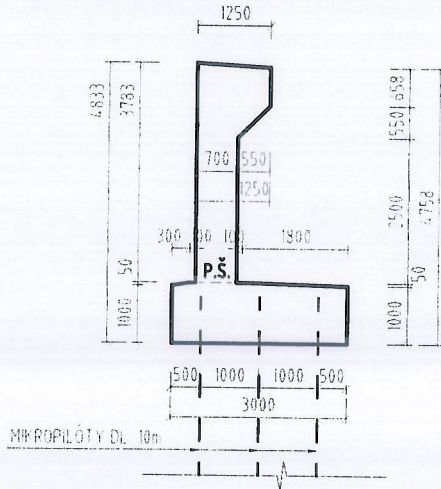
$h_{n.c} := h_n + h_{n1} = 2.661\text{m}$

$p_1 := \gamma_G \cdot h_{n.c} \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 29.428 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$p_2 := \gamma_G \cdot (h_{n.c} + h_{opory}) \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 97.983 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

### 7.3 Oporný múr za oporou č. 9

#### Geometrický tvar



#### Zaťaženie:

Parciálne súčinitele:  $\gamma_{G, sup} := 1.0$   $\gamma_{G, inf} := 1.0$   $\gamma_Q := 1.0$   
 $\gamma_Q := 1.3$   $\gamma_{\phi} := 1.25$

#### Zaťaženie

zvysujúci súčiniteľ  $\alpha_{q1} := 1$   
UDL  $q_{k1} := \left( 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 3\text{m} + 2.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 8.5\text{m} \right) = 48.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$   
TS  $Q_k := 1200\text{kN} = 1.2 \times 10^3 \text{ kN}$   
objem, ťaž zeminy  $\gamma_z := 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

Rozmery opory: šírka opory  $s_{op} := 14.5\text{m}$   $h_{opory} := 4.85\text{m}$

uhol vnútorného trenia zeminy  $\phi := 32^\circ$

$$\phi_d := \arctan\left(\frac{\tan(\phi)}{\gamma_{\phi}}\right) = 26.56^\circ$$

Priťaženie od dopravy: UDL  $q_{eq} := \frac{q_{k1}}{s_{op}} = 3.328 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

TS  $q_{eq1} := \frac{Q_k}{2.2\text{m} \cdot s_{op}} = 37.618 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

súčiniteľ trenia ložísk  $\gamma_f := 0.05$

Tlak zeminy v pokoji  $K_0 := 1 - \sin(\phi_d) = 0.553$

Tlak zeminy na záväzný múrik a krídla

Náhradná výška zeminy  $h_n := \frac{\gamma_Q \cdot q_{eq}}{\gamma_{G, sup} \cdot \gamma_z} = 0.216\text{m}$   $h_{n1} := \frac{\gamma_Q (q_{eq1})}{\gamma_{G, sup} \cdot \gamma_z} = 2.445\text{m}$

$h_{n,c} := h_n + h_{n1} = 2.661\text{m}$

$p_1 := \gamma_G \cdot h_{n,c} \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 29.428 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$p_2 := \gamma_G (h_{n,c} + h_{opory}) \cdot \gamma_z \cdot K_0 = 83.056 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$



## **Statický výpočet nosnej konštrukcie mosta**

**Diaľničný privádzač Lietavská Lúčka - Žilina**

**obj.202-00, Most nad údolím v km 0,950**

**Seizmické posúdenie konštrukcie**

Vypracoval:

prof. Ing. Jaroslav Halvonik, PhD.  
Ing. Andrej Pritula, PhD.

Bratislava, máj 2014

## Obsah

Úvod .....	3
1. Popis konštrukcie mostného objektu .....	3
2. Seizmická analýza konštrukcie a výpočtový model.....	4
3. Zaťaženie .....	5
3.1 Vlastná tiaž.....	5
3.2 Vozovka .....	5
3.3 Rímky a mostné príslušenstvo .....	5
3.4 Premenné zaťaženie.....	5
3.5 Seizmické zaťaženie.....	5
3.6 Kombinácie zaťažení .....	6
4. Výpočet vnútorných síl a overenie odolnosti pilierov.....	6
4.1 Vnútorné sily.....	6
4.2 Návrhové hodnoty zaťaženia v päte piliera.....	7
5. Ohybová a šmyková odolnosť.....	8
5.1 Betón.....	8
5.2 Betonárska výstuž.....	8
5.3 Vystuženie odolnosť pilierov .....	9
5.3.1 Pilier P5 .....	10
5.3.2 Pilier P7 (pilieri P2 až P4, P6 až P8).....	15
Literatúra .....	9

## Úvod

Predmetom statického výpočtu je overenie odolnosti mostných pilierov objektu č. 202-00 na účinky seizmického zaťaženia a výpočet vnútorných síl na základy od seizmického zaťaženia.

### 1 Popis konštrukcie mostného objektu

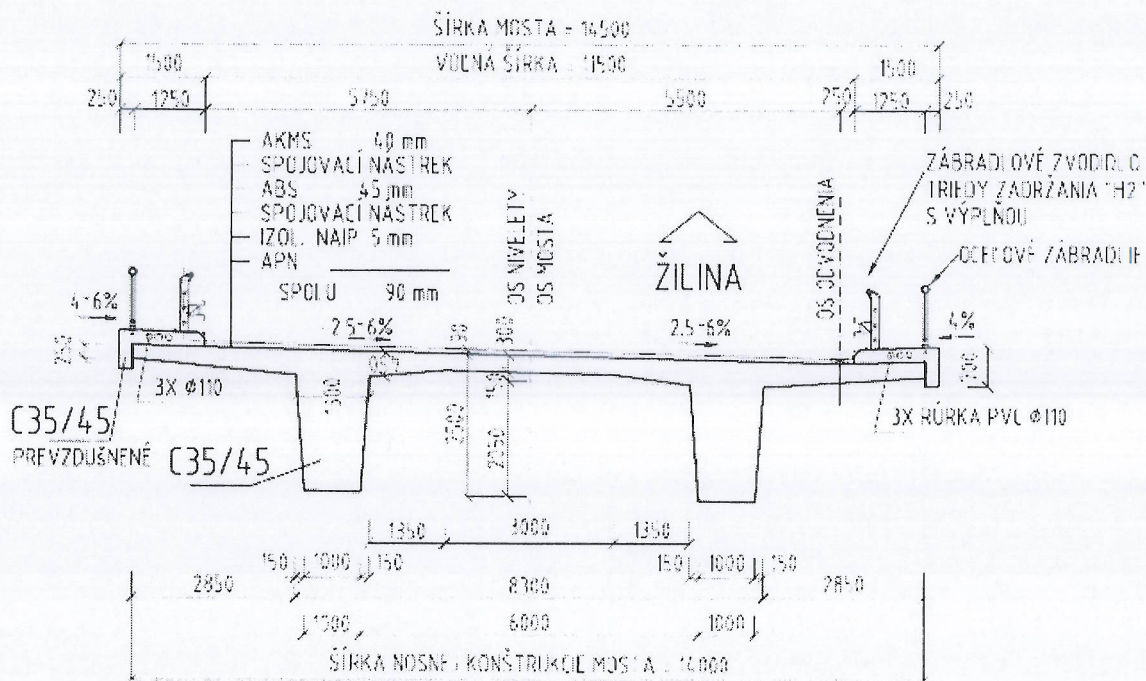
Premostenie je riešené kolmým monolitickým predpätým trámovým osemposťovým mostom s rozpätiami polí 32,0 + 6 × 40,0 + 32,0 m. Nosná konštrukcia je navrhnutá ako spojitý trámový nosník z monolitického predpätého betónu C35/45 XC4, XD1, XF2. Pričný rez tvoria dva plnostenné trámové nosníky výšky 2,50 m, ktoré sú v hornej časti vzájomne spojené doskou. Šírka stien sa mení po výške od 1 m do 1,3 m v zvislom smere, pozri obr.1.1 a obr.1.2. Minimálna hrúbka dosky je 0,3 m medzi stenami a 0,25 m na konci konzolových častí. Nad podperami sú priečniky hrúbky 2,0 m, nad krajnými oporami 2,0 m. Priečný rez mostom je znázornený na obr.1.1.

Most je podopieraný stenovými 7 piliermi šírky 5 m a hrúbky 1,8 m. Dĺžka pilierov je premenná, pozri tab.1.1. Pilieri sú votknuté do základovej dosky prostredníctvom prahu rozmeru 3,8 × 5,0 × 1,0 m. Pilieri sú navrhnuté z betónu C30/37, XC4, XD1, XF2.

Tab 1.1 Dĺžky pilierov merané v osi mosta

Pilier č.	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
dĺžka v [m]	7,09	8,89	10,19	12,04	13,83	13,73	7,89





Obr.1.1 Typický priečný rez mosta v strede rozpätia

Základovú konštrukciu tvoria základové dosky rozmeru  $8,0 \times 8,0 \times 2,0$  m s výnimkou piliera č.5 kde bola doska zväčšená na  $9,0 \times 9,0 \times 2,0$  m. Základové dosky sú podopreté mikropilótami a navrhnuté z betónu C30/37 XA1, XC2.

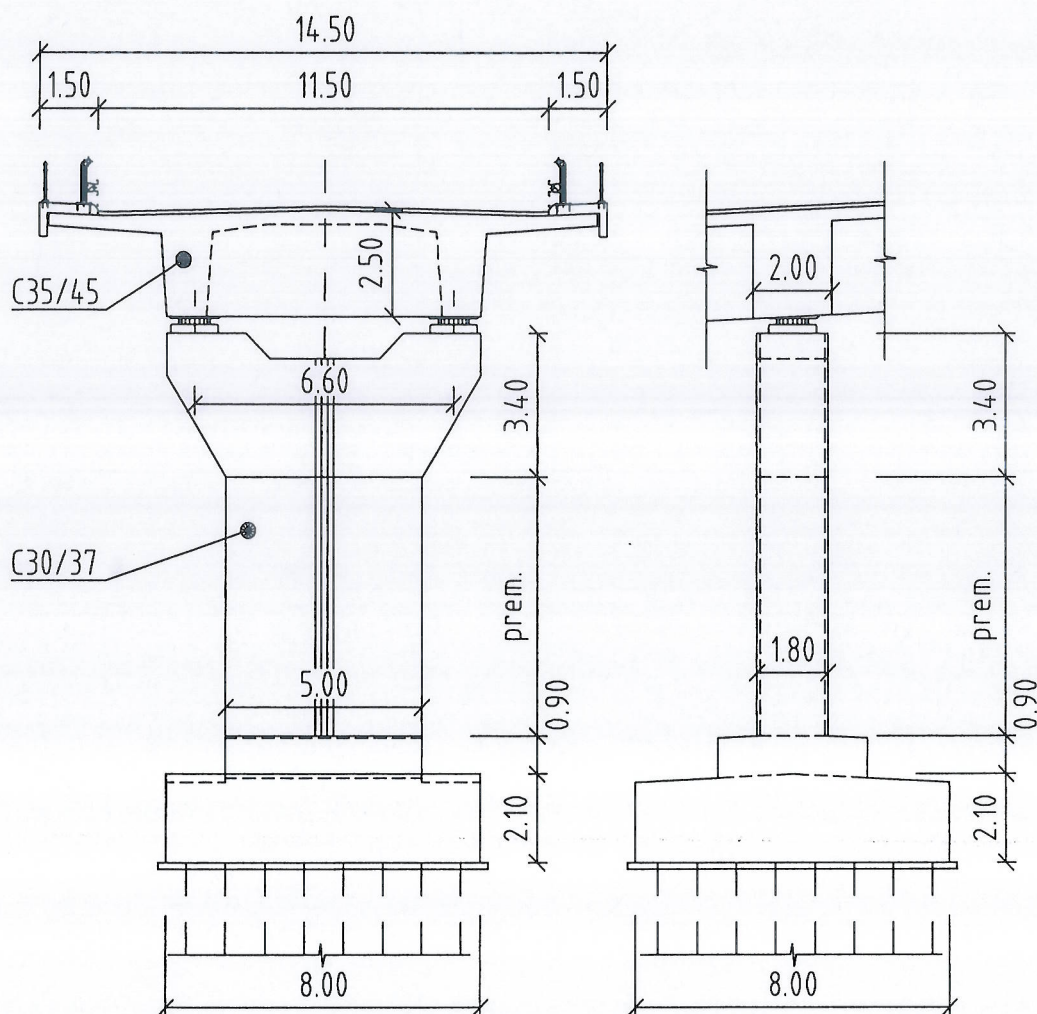
Opory mosta sú navrhnuté vo forme úložného prahu. Úložný prah opory č.1 má v mieste ložísk výšku 2,5 m, dĺžku 4,0 m a šírku 14 m. Záverny múrik má hrúbku 1,2 m a výšku 2,9 m. Opora je založená hĺbkovo na 24 šikmých mikropilótach s odklonom od zvislice  $12^\circ$ . Kridla opory sú založené na 4 mikropilótach a majú šírku 1,25 m, dĺžku 4 m a výšku premennú od 5,0 po 5,2 m. Úložný prah opory č.9 má v mieste ložísk premennú výšku 2,92 po 2,08 m, dĺžku 4,0 m a šírku 14 m. Opora je založená hĺbkovo na 24 šikmých mikropilótach s odklonom od zvislice  $12^\circ$ . Kridla sú rozdielne.

Úložne prahy sú navrhnuté z betónu C30/37, XC4, XD1. Prechodové dosky majú hrúbku 250 mm a dĺžku 6,0 m sú z betónu C25/30 XC2, XF2.

Vozovka na moste má hrúbku 90 mm. Šírka medzi cestnými záchytnými zariadeniami je 11,50 m. Na oboch stranách mosta sa nachádza revízny chodník šírky 750 mm s oceľovým zvodidlom a zábradlím, pozri.1.1. Hrúbka betónových rímsových chodníkov je 240 mm. Rozmer zavesenej časti rímasy je  $250 \times 700$  mm. Rímasy sú navrhnuté z betónu C35/45, XC4, XD3, XF4.

Most bude uložený na hrncovými ložiskách. Pevne ložiská pre pozdĺžny smer budú na pilieri č.5. Usmernené ložiská s pohybom v pozdĺžnom smere mosta a všesmerné ložiská budú na ostatných pilieroch a oporách. Natočenie ložísk v pôdorysne zakrivenej časti mosta bude nasledovné: na opore tak aby pohyb mosta prebiehal kolmo na MZ, na pilieroch č.6, č.7, č.8 budú usmernené ložiská natočené o uhol  $\alpha$  vzhľadom na spojnicu ložiska s pevným ložiskom na pilieri č.5. Uhol  $\alpha$  je uhol, ktorý zvierajú spojnicu usmerneného ložiska na opore č.9 s pevným ložiskom na pilieri č.5.





Obr.1.2 Uloženie mosta na pilier

Pevné ložiská pre pozdĺžny smer sú navrhnuté na podpere č.5. Jedno usmernené a jedno všesmerné ložisko je navrhnuté na ostatných pilieroch a oporách.

## 2. Seizmická analýza konštrukcie a výpočtový model

Analýza konštrukcie bola urobená v zmysle noriem [1] STN EN 1998-1 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť, časť 1: Všeobecné pravidla a pravidla pre budovy ; [2] STN EN 1998-2 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť časť 2: Mosty a [3] STN EN 1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií, časť 1-1: Všeobecné pravidla a pravidla pre budovy. Seizmické zrýchlenie podlažia bolo prevzaté z NA normy [1].

Výpočtový model konštrukcie bol vytvorený z prútových prvkov (horná stavba, piliere) a dosko-stenových prvkov (základové dosky, opory) v programe STRAP. Pri analýze seizmických účinkov sa uvažovalo s nahradením mikropilót pružinovými konštantami, ktoré zohľadňujú zvýšenú tuhosť podlažia. Moduly pružnosti betónov boli uvažované v súlade s [3], t.j. pre betón triedy C40/50  $E_{cm} = 35000$  MPa a pre betón C30/37  $E_{cm} = 33000$  MPa.



### 3. Zaťaženie

#### 3.1 Vlastná tiaž ( $G_0$ )

Vlastná tiaž konštrukcie bola počítaná s objemovou tiažou predpätého betónu  $\gamma_{pc} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

$$g_{0k} = \gamma_{pc} A_c = 25 \cdot 12,46 = 311,4 \text{ kN/m}$$

#### 3.2 Vozovka ( $G_{11}$ )

Hrúbka vozovky bola uvažovaná 90 mm s objemovou tiažou asfaltobetónu  $\gamma_{ab} = 24 \text{ kN/m}^3$ .

$$g_{11km} = 0,09 \cdot 24,0 = 2,16 \text{ kN/m}^2 \rightarrow g_{11k} = 11,50 \cdot 2,16 = 24,84 \text{ kN/m}$$

$$g_{11k,sup} = 1,4 \cdot 0,09 \cdot 24,0 = 3,024 \text{ kN/m}^2 ; g_{11k,inf} = 0,8 \cdot 0,09 \cdot 24,0 = 1,73 \text{ kN/m}^2$$

#### 3.3 Rímky a mostné príslušenstvo ( $G_{12}$ )

Plocha betónových rímok:  $A_{c1} = 0,475 \text{ m}^2$ ;  $A_{c2} = 0,475 \text{ m}^2$ ; objemová tiaž ŽB:  $\gamma_{rc} = 25 \text{ kN/m}^3$

zvodidlá: 0,8 kN/m; zábradlie: 0,5 kN/m

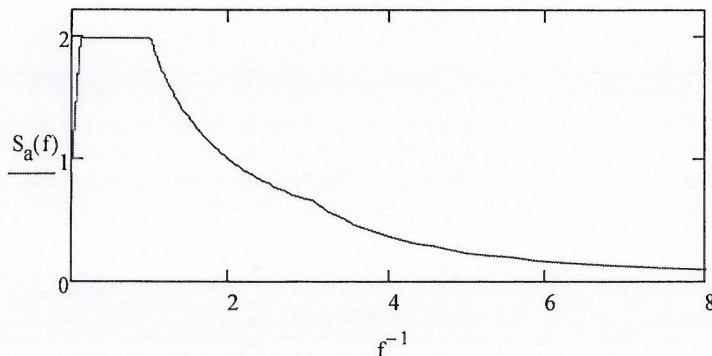
$$g_{12k} = 25 \cdot 0,475 + 0,475 + 2 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,5 = 26,35 \text{ kN/m}$$

#### 3.4 Premenné zaťaženia

Premenným zaťažením od dopravy, vetra pri výpočte účinkov od seizmického zaťaženia nie je potrebné uvažovať, t.j.  $\psi_2 = 0$ . Rovnako účinky nepriamych zaťažení od poklesu podpier, teploty, zmrašťovania a dotvarovania betónu nie je potrebné uvažovať v seizmických návrhových kombináciách, pozri STN EN 1998-2.

#### 3.5 Seizmické zaťaženie

Vodorovné zaťaženie od seizmických účinkov bolo generované programom Strap. Na určenie vodorovného zaťaženia od seizmických účinkov bol použitý pružno-lineárny viactvarový výpočet s uvažovaním návrhového spektra odozvy. Návrhové spektrá odozvy boli určené podľa STN EN 1998-1/NA, pričom sa uvažovalo s nasledujúcimi vstupnými údajmi:



Obr.3.1 Návrhové spektrum odozvy pre kategóriu podlažia C

Boli predpokladané nasledujúce parametre pre seizmickú analýzu:

- Referenčné seizmické zrýchlenie  $a_{gR}$  pre kategóriu podlažia A:  $a_r = 0,63 \text{ m/s}^2$
- Kategória podlažia: C
- Návrhové seizmické zrýchlenie:  $a_g = 1,25 \cdot a_r = 0,788 \text{ m/s}^2$
- Súčiniteľ významnosti pre triedu dôležitosti CC2:  $\gamma = 1,0$

Kde:  $S_a(f)$  – návrhové spektrum odozvy – horizontálny smer

$f$  – frekvencia a  $f^{-1}$  – perióda  $T$



### 3.6 Kombinácie zaťažení

Návrhové kombinácie s uvažovaním seizmického zaťaženia boli vypočítané s použitím nasledujúcich kombinácií zaťažení:

$$\gamma_G(G_{0k} + G_{1k,sup}) + \gamma_1(\pm A_{E,priec} \pm 0,30.A_{E,pozdl})$$

$$\gamma_G(G_{0k} + G_{1k,sup}) + \gamma_1(\pm 0,30.A_{E,priec} \pm A_{E,pozdl})$$

Kde:  $G_{0k}$  sú účinky od vlastnej tiaže konštrukcie;

$G_{1k,sup}$  – účinky od tiaže zvršku horný fraktíl;

$A_{E,pozdl}$  – účinky seizmického zaťaženia v pozdĺžnom smere;

$A_{E,priec}$  – účinky seizmického zaťaženia v priečnom smere;

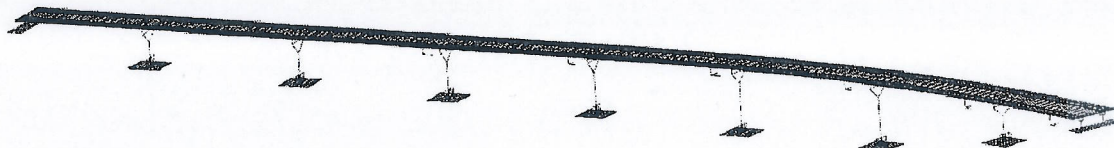
$\gamma_G$  – parciálny súčiniteľ spoľahlivosti stáleho zaťaženia  $\gamma_G = 1,0$ ;

$\gamma_1$  – súčiniteľ významnosti konštrukcie,  $\gamma_1 = 1,0$ .

## 4. Výpočet vnútorných síl a overenie odolnosti pilierov

### 4.1 Vnútoré sily

Na výpočet vnútorných síl bol použitý program pracujúci metódou konečných prvkov *STRAP*. Rozhodujúce vnútorné sily pre overenie ohybovej odolnosti pilierov sú zhrnuté v tab.4.2 až tab.4.3. Sily boli vypočítané so súčiniteľom správania  $q = 1,0$  pre všetky podpory okrem podpory P5. V prípade podpory P5, kde bola konštrukcia uvažovaná ako poddajná bolo uvažované  $q = 2,5 \leq 3,5$  ak hlavný smer zrýchlenia je totožný s pozdĺžnou osou mosta X1,  $q = 1,5$  ak dominuje smer X2 a pre overenie zakladania  $q = 1,0$ . Pre zaistenie duktilného pôsobenia bola podpera P5 v mieste plastického kĺbu zosilnená prídavnou priečnou výstužou pre dosiahnutie ovinutia piliera.



Obr.4.1 Model mosta použitý pre dynamickú analýzu



Obr.4.2 Prvý vlastný tvar kmitania mosta

Tab.4.1 Frekvencie a periódy vlastného kmitania mosta

MODAL DATA : Eigenvalues				
Mode No.	Eigenvalue (Omega**2)	Natural Frequency	Period	Max translation Node-DOF
1	3.833	0.3116	3.20914	1862-1
2	33.794	0.9252	1.08084	1672-2
3	64.171	1.2749	0.78435	836-2
4	133.568	1.8394	0.54366	2603-2
5	210.066	2.3067	0.43351	20178-1
6	232.904	2.4289	0.41171	3002-2
7	240.008	2.4657	0.40557	1824-3
8	290.939	2.7147	0.36837	2660-3
9	361.522	3.0261	0.33046	3230-2



## 4.2 Návrhové hodnoty zaťaženia v päte pilierov

Výrobné imperfekcie z nepresnosti osadenia ložiska boli uvažované  $e_{i2} = \pm 30 \text{ mm}$  a z nepresnosti výstavby hodnotou  $e_{i2}$ .

$$e_{i1} = \frac{2}{\sqrt{\ell_p}} \theta_0 \cdot \ell_p$$

Kde:  $\theta_0 = 1/200 \text{ rad}$

$\ell_p$  – dĺžka piliera bez náliatku

**Tab.4.1** Výrobné imperfekcie pilierov

Pilier		P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Dĺžka $\ell_p$	[m]	7,09	8,89	10,19	12,04	13,83	13,73	7,89
$e_{i1}$	[mm]	27	30	32	35	37	37	28

Návrhový ohybový moment v päte piliera:

$$M_{Edx} = (-1) \cdot N_{Ed} \cdot [e_{i1} + e_{i2} + \text{abs}(d_{Ady})] + \text{abs}(M_{Adx})$$

$$M_{Edy} = (-1) \cdot N_{Ed} \cdot [e_{i1} + e_{i2} + \text{abs}(d_{Adx})] + \text{abs}(M_{Ady})$$

$N_{Ed}$  – návrhová osová sila v päte piliera od seizmickej návrhovej kombinácie,

$M_{Adx(y)}$  – ohybový moment od seizmických návrhových kombinácií v päte piliera, ktorý otáča okolo osi X2 (X1), pozri prílohu „A“,

$d_{Adx(y)}$  – posun hlavy piliera od seizmických návrhových kombinácií v smere osi X1 (X2) pre súčiniteľ správania  $q = 1,0$ , pozri prílohu „A“,

$d_{rqd}$  – maximálna vodorovná výchylka hlavy piliera v smere osi x pri seizmickej návrhovej udalosti vypočítaná s  $q = 1,0$ ;  $d_{rqd} = 143 \text{ mm}$ ,

X1  $\equiv$  x ; X2  $\equiv$  y

**Tab.4.2** Návrhové hodnoty vnútorných síl v päte piliera P5

komb.	pilier P5 $q = 1,5$ (12 m)					pilier P5 $q = 2,5$ (12 m)				
	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1
K1						-16333	44	2361	29446	-1016
K2						-16317	-1076	-1028	-12754	14767
K3						-16329	1266	-315	-3911	-16758
K4						-16321	-1262	322	4070	16940
K5	-16312	-1796	-1717	-21321	24563					
K6	-16331	2109	-528	-6575	-28005					
K7	-16318	-2105	535	6733	28187					
K8	-16337	1800	1724	21479	-24381					

**Legenda:** X1 – pozdĺžna os mosta x, X2 – priečna os mosta y

Momenty otáčajú okolo príslušnej osi



Tab.4.3 Návrhové hodnoty vnútorných síl v päte pilierov

Sily v päte piliera [kN], [kN.m] $q = 1,0$										
komb.	pilier P2 (7 m)					pilier P3 (9 m)				
	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1
K5	-15128	-1439	1	52	13033	-15688	-2178	2	102	24036
K6	-15154	1208	-1	-60	-11078	-15647	2421	-1	-114	-26637
K7	-15137	-1255	1	59	11407	-15664	-2428	1	114	26741
K8	-15163	1391	-1	-52	-12705	-15623	2171	-2	-102	-23933
komb.	pilier P4 (10 m)					pilier P6 (14 m)				
	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1
K5	-15757	-2856	6	135	34577	-16691	-2069	-582	-6946	32047
K6	-15856	3131	-7	-149	-37893	-16594	1863	218	3599	-28813
K7	-15843	-3129	7	151	37982	-16595	-1841	-214	-3406	29121
K8	-15942	2858	-6	-133	-34488	-16499	2090	586	7139	-31738
komb.	pilier P7 (14 m)					pilier P8 (8 m)				
	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1
K5	-16768	-2679	-335	-4541	41661	-15353	-1932	-100	-795	19425
K6	-16676	2985	374	5170	-45721	-15396	2190	114	929	-21393
K7	-16792	-2980	-373	-5057	46282	-15344	-2256	-117	-930	22561
K8	-16700	2683	336	4654	-41100	-15387	1866	97	794	-18258
komb.	pilier P5 $q = 1,0$ (12 m)					pilier P5 $q = 1,0$ pre zakladanie				
	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1	N	Vx2	Vx1	Mx2	Mx1
K1	-16304	-103	-5891	-73337	2858	-16304	-103	-3650	-43700	2858
K2	-16313	1654	-5356	-66705	-20785	-16313	1654	3650	43700	-20785
K3	-16336	-1649	5363	66863	20968	-16336	-1649	-3650	-43700	20968
K4	-16345	107	5898	73495	-2676	-16345	107	3650	43700	-2676
K5	-16305	-2693	-2576	-32004	36781	-16305	-2693	-2576	-32004	36781
K6	-16334	3161	-793	-9897	-42032	-16334	3161	-793	-9897	-42032
K7	-16315	-3157	801	10056	42214	-16315	-3157	801	10056	42214
K8	-16344	2697	2583	32163	-36599	-16344	2697	2583	32163	-36599

Legenda: X1 – pozdĺžna os mosta x, X2 – priečna os mosta y  
Momenty otáčajú okolo príslušnej osi

## 5. Ohybová a šmyková odolnosť pilierov

### 5.1 Betón

Návrhová pevnosť betónu v tlaku C30/37:  $f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 1,0 \cdot 30 / 1,35 = 22,2 \text{ MPa}$

Medzné pomerné pretvorenie betónu:  $\varepsilon_{cu3} = 0,0035$ , bilineárny diagram  $\varepsilon_{c3} = 0,0175$

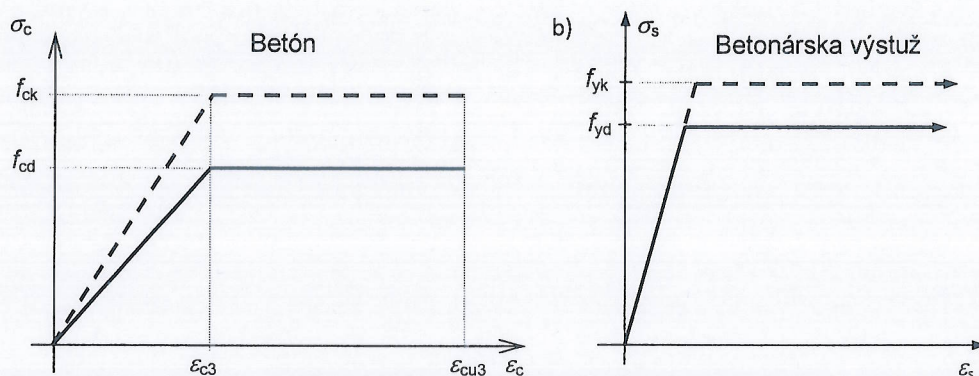
### 5.2 Betonárska výstuž B500B

Charakteristická medza klzu ocele B500B, resp. B500C:  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

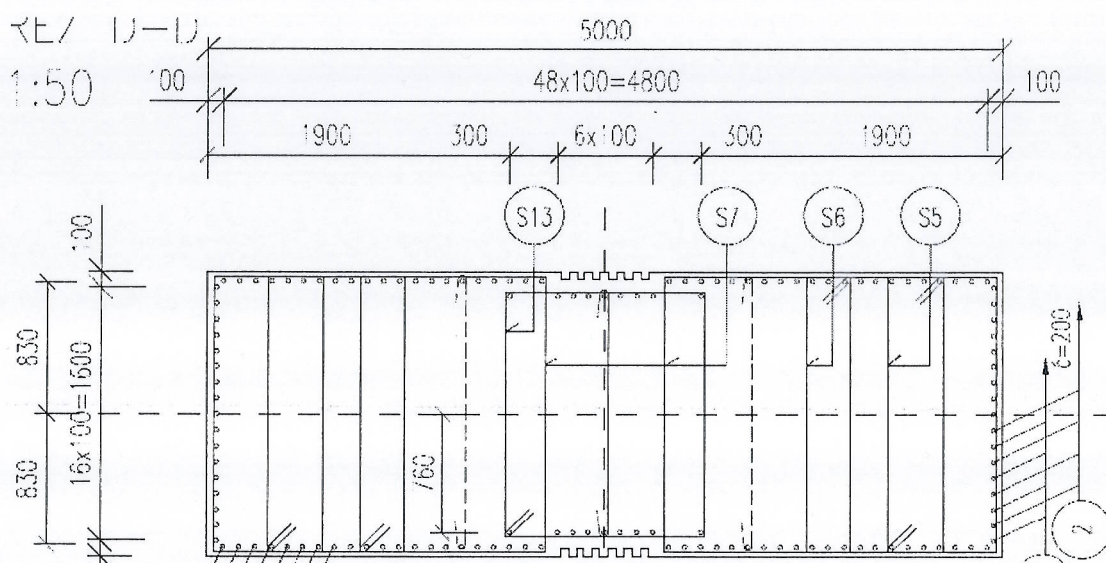
Návrhová pevnosť výstuže  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,10 = 454,5 \text{ MPa}$

Použité návrhové diagramy napätie - pretvorenie sú na obr.5.41





Obr.5.1 Návrhové pracovné diagramy materiálov



Obr.5.2 Usporiadanie výstuže pilierov

### 5.3 Vystuženie a odolnosť pilierov

Všetky piliere sú vystužené rovnako, výstužou B500B priemeru  $\phi 25$  mm v počte 132 ks. Výnimku tvorí pilier P5, kde bude v spodnej časti použitá výstuž vyššej triedy ťažnosti B500C. Výstuž musí byť použitá v mieste plastického kĺbu, ktorého dĺžka meraná od päty piliera je minimálne 2 m. V oblasti plastického kĺbu bude použitá priečna výstuž tak, aby vzdialenosť medzi prútmi výstuže nebola väčšia ako 200 mm. Vzdialenosť medzi radmi priečnej výstuže v smere zvislej osi piliera je 120 mm. Mimo plastického kĺbu je možné vzdialenosť zväčšiť na 200 mm a hustotu znížiť na polovicu (max. 400 mm).

### Literatúra

- [1] STN EN 1998-1 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť, časť 1: Všeobecné pravidla a pravidla pre budovy ;
- [2] STN EN 1998-2 Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť časť 2: Mosty
- [3] STN EN 1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií, časť 1-1: Všeobecné pravidla a pravidla pre budovy.
- [4] STN EN 1992-2 Navrhovanie betónových konštrukcií, časť 2: Mosty
- [5] Národné prílohy k normám [1] , [2] , [3]

### 5.3.1 Pilier P5

$$\begin{aligned}
 f_{ck} &:= 30 \cdot \text{MPa} & f_{yk} &:= 500 \cdot \text{MPa} & E_s &:= 200000 \text{MPa} & E_{cm} &:= 33000 \cdot \text{MPa} \\
 f_{yd} &:= \frac{f_{yk}}{1.1} & f_{cd} &:= \frac{f_{ck}}{1.35} & f_y &:= f_{yd} & f_t &:= 1 \cdot f_y & \varepsilon_{uk} &:= 0.05 & \varepsilon_y &:= \frac{f_y}{E_s} \\
 B &:= 5000 \cdot \text{mm} & H &:= 1800 \cdot \text{mm} & f_{cm} &:= f_{ck} + 8 \cdot \text{MPa} & f_{ym} &:= 1.15 \cdot f_{yk} & L &:= 12 \cdot \text{m} \\
 d_{bL} &:= 25 \cdot \text{mm} & L_p &:= 0.1 \cdot L + \frac{0.015}{\text{MPa}} \cdot f_{yk} \cdot d_{bL} & L_p &:= 1.388 \text{ m} \\
 b(z) &:= 5 \cdot \text{m} & A_c &:= \int_0^H b(z) dz & A_c &:= 9 \text{ m}^2 & I_c &:= \int_0^H b(z) \cdot [(0.5 \cdot H - z)^2] dz & I_c &:= 2.43 \text{ m}^4 \\
 \phi_{s1} &:= 25 \cdot \text{mm} & A_{s1} &:= 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{s1}^2 & n_s &:= 20 \\
 A_{s1} &:= 9 \cdot A_{s1} & d_{s1} &:= 150 \cdot \text{mm} & A_{s2} &:= 42 \cdot A_{s1} & d_{s2} &:= 76.5 \cdot \text{mm} & i &:= 3..9 \\
 A_{si} &:= 2 \cdot A_{s1} & d_{si} &:= d_{s_{i-1}} + 103 \cdot \text{mm} & A_{s_{10}} &:= 1 \cdot A_{s1} & d_{s_{10}} &:= 900 \cdot \text{mm} & d_{si} &= \\
 i &:= 1..10 & A_{s_{i+10}} &:= A_{si} & d_{s_{i+10}} &:= H - d_{si} & & & & \\
 A_{scl} &:= \sum_{i=1}^{n_s} A_{si} & A_{scl} &:= 648 \text{ cm}^2 & \rho &:= \frac{A_{scl}}{A_c} & \rho &:= 7.199 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

0.18
0.282
0.385
0.488
0.591
0.694
0.797

#### Vypocet ohybovej odolnosti MRdsup

$$\begin{aligned}
 f_{yk} &:= f_{ym} & f_t &:= 1 \cdot f_y & \varepsilon_{uk} &:= 0.05 & \varepsilon_y &:= \frac{f_y}{E_s} & f_y &:= 575 \text{ MPa} \\
 f_c &:= f_{cm} & f_c &:= 38 \text{ MPa} & \varepsilon_{c3} &:= 0.00175 & E_{cm} &:= 33000 \cdot \text{MPa} \\
 i &:= 1..n_s & N_{Ed} &:= 16.3 \cdot \text{MN} & N_E &:= -N_{Ed} & \eta &:= \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{ck}} & \eta &:= 0.06 \\
 \varepsilon_{cmax} &:= 0.0035 & x &:= 200.33 \cdot \text{mm} & \varepsilon_{si} &:= \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (d_{si} - x) & k_{si} &:= \frac{\varepsilon_{si}}{|\varepsilon_{si}|} & \varepsilon_c(z, x) &:= \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (x - z) \\
 \sigma_{si} &:= \begin{cases} \left[ \frac{f_t - f_y}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_y} \cdot (\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{si}) + f_y \right] \cdot k_{si} & \text{if } |E_s \cdot \varepsilon_{si}| > f_y \\ E_s \cdot \varepsilon_{si} & \text{otherwise} \end{cases} & \sigma_c(z, x) &:= \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases} \\
 F_s &:= \sum_{i=1}^{n_s} (A_{si} \cdot \sigma_{si}) & F_s &:= 12.246 \text{ MN} & F_c &:= \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) dz & F_s - F_c - N_E &:= -0.771 \text{ kN} \\
 M_{Rysup} &:= \sum_{i=1}^{n_s} [A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot (d_{si} - 0.5 \cdot H)] + \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \cdot (0.5 \cdot H - z) dz & M_{Rysup} &:= 43.697 \text{ MN} \cdot \text{m} \\
 V_C &:= \frac{M_{Rysup}}{L} & V_C &:= 3.641 \text{ MN} & \text{Max vodorovna sila v smere x} & & & & &
 \end{aligned}$$



### Overenie rotacnej kapacity

$$A_{scl} = 647.953 \text{ cm}^2 \quad \omega_{wmin} := 0.18 \quad \lambda := 0.37 \quad A_c = 9 \text{ m}^2$$

$$\phi_{st} := 14 \text{ mm} \quad s_L := 120 \text{ mm} \quad A_{st} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2 \quad c_{\text{eff}} := 50 \text{ mm} + 0.5 \cdot \phi_{st}$$

$$u_c := 2 \cdot (B + H) \quad u_c = 13.6 \text{ m} \quad \Delta A_c := c \cdot u_c \quad \Delta A_c = 0.775 \text{ m}^2 \quad A_{cc} := A_c - \Delta A_c$$

$$\frac{A_{cc}}{A_c} = 0.914 \quad \eta_k := \frac{(-1) \cdot N_E}{A_c \cdot f_{ck}} \quad \eta_k = 0.06 \quad \rho_l := \frac{A_{scl}}{A_c} \quad \rho_l = 7.199 \times 10^{-3}$$

$$\omega_{wreq} := \frac{A_c}{A_{cc}} \cdot \lambda \cdot \eta_k + 0.13 \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \cdot (\rho_l - 0.01) \quad \omega_{wreq} = 0.017 \quad A_{sw} := 24 \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{st}^2}{4} \quad \rho_w := \frac{A_{sw}}{B \cdot s_L}$$

$$\omega_w := \rho_w \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \quad \omega_w = 0.126 > \frac{2}{3} \cdot \omega_{wmin} = 0.12 \quad \sigma_e := \rho_w \cdot f_{ym} \quad \sigma_e = 3.541 \text{ MPa}$$

$$\lambda_c := 2.254 \cdot \left( 1 + 7.94 \cdot \frac{\sigma_e}{f_{cm}} \right)^{0.5} - \frac{2 \cdot \sigma_e}{f_{cm}} - 1.254 \quad \lambda_c = 1.533 \quad f_{cmc} := \lambda_c \cdot f_{cm}$$

$$\varepsilon_{cuc} := 0.004 + \frac{1.4 \cdot \rho_w \cdot f_{ym} \cdot 0.05}{f_{cmc}} \quad \varepsilon_{cuc} = 0.008 \quad f_{cmc} = 58.243 \text{ MPa} \quad f_{yk} := f_{ym} \quad f_{tk} := 1 \cdot f_y$$

$$\varepsilon_{uk} := 0.05 \quad \varepsilon_{yk} := \frac{f_y}{E_s} \quad f_{cm} := f_{cm} \quad f_c = 38 \text{ MPa} \quad i := 1..n_s \quad N_E = -16.3 \text{ MN}$$

$$\varepsilon_{s_i}^{cmax} := \varepsilon_{cuc} \quad x_i := 156.93 \text{ mm} \quad \varepsilon_{s_i} := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (d_{s_i} - x) \quad k_{s_i} := \frac{\varepsilon_{s_i}}{|\varepsilon_{s_i}|} \quad \varepsilon_c(z, x) := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (x - z)$$

$$\sigma_{s_i} := \begin{cases} \left[ \frac{f_t - f_y}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_y} \cdot (\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{s_i}) + f_y \right] \cdot k_{s_i} & \text{if } |E_s \cdot \varepsilon_{s_i}| > f_y \\ E_s \cdot \varepsilon_{s_i} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \sigma_c(z, x) := \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_{s_i} := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i}) \quad F_s = 10.354 \text{ MN} \quad F_{c_i} := \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \, dz \quad F_c = 26.656 \text{ MN}$$

$$F_s - F_c - N_E = -1.871 \text{ kN} \quad \Phi_u := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \quad \Phi_u = 0.0526 \text{ m}^{-1}$$

$$\varepsilon_{s_i}^{cmax} := 0.001108 \quad x_i := 479.93 \text{ mm} \quad \varepsilon_{s_i} := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (d_{s_i} - x) \quad k_{s_i} := \frac{\varepsilon_{s_i}}{|\varepsilon_{s_i}|} \quad \varepsilon_c(z, x) := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (x - z)$$

$$\sigma_{s_i} := E_s \cdot \varepsilon_{s_i} \quad \sigma_c(z, x) := \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \sigma_{s_{12}} = 574.2 \text{ MPa} \quad f_y = 575 \text{ MPa}$$

$$F_{s_i} := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i}) \quad F_s = 12.568 \text{ MN} \quad F_{c_i} := \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \, dz \quad F_c = 28.867 \text{ MN}$$

$$F_s - F_c - N_E = 0.641 \text{ kN} \quad \Phi_y := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \quad \Phi_y = 2.309 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$\theta_{pu} := (\Phi_u - \Phi_y) \cdot L_p \cdot \left( 1 - \frac{L_p}{2 \cdot L} \right) \quad \theta_y := \Phi_y \cdot \frac{L}{3} \quad \theta_u := \theta_y + \theta_{pu}$$

$$L_p = 1.388 \text{ m} \quad L = 12 \text{ m} \quad \alpha_s := \frac{L}{d_{s_{12}}} \quad \alpha_s = 6.963 > 2$$

$$d_{rqd} := 143 \text{ mm} < \theta_u \cdot L = 899.8 \text{ mm}$$

### Vypocet ohybovej odolnosti MRdx

$$\begin{aligned}
 f_{cd} &:= f_{cd} \quad f_{yd} := f_{yd} \quad b(z) := H \quad A_{sc} := \int_0^B b(z) dz \quad A_c = 9 \text{ m}^2 \\
 N_{Ed} &= 16.3 \text{ MN} \quad \eta := \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{ck}} \quad \eta = 0.06 \quad n_{s1} := 52 \quad \phi_{s1} := 25 \cdot \text{mm} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{s1}^2 \\
 A_{s1} &:= 17 \cdot A_{s1} \quad d_{s1} := 77 \cdot \text{mm} \quad i := 2..24 \quad A_{si} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{si} := d_{s_{i-1}} + 101 \cdot \text{mm} \\
 A_{s25} &:= 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s25} := 1900 \cdot \text{mm} \quad A_{s26} := 1 \cdot A_{s1} \quad d_{s26} := 2500 \cdot \text{mm} \\
 i &:= 1..26 \quad A_{s_{i+26}} := A_{si} \quad d_{s_{i+26}} := B - d_{si} \\
 A_{s_{scel}} &:= \sum_{i=1}^{n_s} A_{si} \quad \rho := \frac{A_{s_{scel}}}{A_c} \quad \rho = 7.199 \times 10^{-3} \quad i := 1..n_s \\
 \varepsilon_{cmax} &:= 0.0035 \quad x := 1084.55 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_{si} := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (d_{si} - x) \quad k_{si} := \frac{\varepsilon_{si}}{|\varepsilon_{si}|} \quad \varepsilon_c(z, x) := \frac{\varepsilon_{cmax}}{x} \cdot (x - z) \\
 \sigma_{si} &:= \begin{cases} \left[ \frac{f_t - f_y}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_y} \cdot (\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{si}) + f_y \right] \cdot k_{si} & \text{if } |E_s \cdot \varepsilon_{si}| > f_y \\ E_s \cdot \varepsilon_{si} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \sigma_c(z, x) := \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases} \\
 F_{s_{scel}} &:= \sum_{i=1}^{n_s} (A_{si} \cdot \sigma_{si}) \quad F_s = 16.238 \text{ MN} \quad F_{sc} := \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) dz \quad F_c = 32.536 \text{ MN} \\
 F_s - F_c - N_E &= 1.139 \text{ kN} \\
 M_{Rdx} &:= \sum_{i=1}^{n_s} [A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot (d_{si} - 0.5 \cdot B)] + \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \cdot (0.5 \cdot B - z) dz \quad M_{Rdx} = 109.347 \text{ MN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}$$

### Vypocet ohybovej odolnosti MRdy

$$\begin{aligned}
 \phi_{s1} &:= 25 \cdot \text{mm} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{s1}^2 \quad n_{s1} := 20 \\
 A_{s1} &:= 9 \cdot A_{s1} \quad d_{s1} := 150 \cdot \text{mm} \quad A_{s2} := 42 \cdot A_{s1} \quad d_{s2} := 76.5 \cdot \text{mm} \quad i := 3..9 \\
 A_{si} &:= 2 \cdot A_{s1} \quad d_{si} := d_{s_{i-1}} + 103 \cdot \text{mm} \quad A_{s10} := 1 \cdot A_{s1} \quad d_{s10} := 900 \cdot \text{mm} \quad d_{si} = \\
 i &:= 1..10 \quad A_{s_{i+10}} := A_{si} \quad d_{s_{i+10}} := H - d_{si} \\
 A_{s_{scel}} &:= \sum_{i=1}^{n_s} A_{si} \quad A_{scel} = 648 \text{ cm}^2 \quad \rho := \frac{A_{s_{scel}}}{A_c} \quad \rho = 7.199 \times 10^{-3}
 \end{aligned}$$

0.18	m
0.282	
0.385	
0.488	
0.591	
0.694	
0.797	





### Kombinácie K1 a K4 pre $q = 2,5 < q_{\max} = 3,0$

$$\begin{aligned} L &:= 12 \cdot \text{m} & M_{\text{Adx}} &:= 1,0 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} & M_{\text{Ady}} &:= 29,5 \cdot (\text{MN} \cdot \text{m}) & N_{\text{Ed}} &= 16,3 \text{ MN} \\ d_{\text{Adx}} &:= 57 \cdot \text{mm} & d_{\text{Ady}} &:= 5 \cdot \text{mm} & \text{imperfekcia lozisk} & & e_{i2} &:= 30 \cdot \text{mm} \\ q &:= 2,5 & d_{\text{Edx}} &:= \frac{q+1}{2} \cdot (d_{\text{Adx}}) & d_{\text{Edx}} &:= d_{\text{Ex}} + e_{i1} + e_{i2} & d_{\text{Edx}} &= 157,857 \text{ mm} \\ & & d_{\text{Edy}} &:= \frac{q+1}{2} \cdot (d_{\text{Ady}}) & d_{\text{Edy}} &:= d_{\text{Ey}} + e_{i1} + e_{i2} & d_{\text{Edy}} &= 66,857 \text{ mm} \\ M_{\text{Edy}} &:= M_{\text{Ady}} + (1) \cdot N_{\text{Ed}} \cdot d_{\text{Edx}} & M_{\text{Edy}} &= 32,073 \text{ MN} \cdot \text{m} < & M_{\text{Rdy}} &= 38,18 \text{ MN} \cdot \text{m} \\ M_{\text{Edx}} &:= M_{\text{Adx}} + (1) \cdot N_{\text{Ed}} \cdot d_{\text{Edy}} & M_{\text{Edx}} &= 2,09 \text{ MN} \cdot \text{m} < & M_{\text{Rdx}} &= 109,347 \text{ MN} \cdot \text{m} \\ \left( \frac{M_{\text{Edy}}}{M_{\text{Rdy}}} \right)^a + \left( \frac{M_{\text{Edx}}}{M_{\text{Rdx}}} \right)^a &= 0,859 < 1 & a &= 1 \end{aligned}$$

### Smyk - piler P5

$$\begin{aligned} \phi_{\text{st}} &:= 12 \cdot \text{mm} & s_{\text{Lw}} &:= 200 \cdot \text{mm} & A_{\text{sw}} &:= 0,25 \cdot \pi \cdot \phi_{\text{st}}^2 & \gamma_{\text{Bd}} &:= 1,25 & \theta &:= 45 \cdot \text{deg} \\ v &:= 0,6 \cdot \left( 1 - \frac{f_{\text{ck}}}{250 \cdot \text{MPa}} \right) & v &= 0,528 & f_{\text{cd}} &= 22,222 \text{ MPa} & f_{\text{yd}} &= 454,5 \text{ MPa} \\ b_{\text{effy}} &:= 1,7 \cdot \text{m} & d_{\text{ey}} &:= 4,94 \cdot \text{m} & z_{\text{y}} &:= d_{\text{ey}} \cdot 0,85 & z_{\text{y}} &= 4,199 \text{ m} \\ b_{\text{effx}} &:= 5 \cdot \text{m} & d_{\text{ex}} &:= 1,74 \cdot \text{m} & z_{\text{x}} &:= d_{\text{ex}} \cdot 0,85 & z_{\text{x}} &= 1,479 \text{ m} \\ V_{\text{Ax}} &:= V_{\text{C}} & V_{\text{Ay}} &:= 1,654 \cdot \text{MN} & \gamma_{\text{BdI}} &:= 1,25 \\ \sigma_{\text{c wd}} &:= \left( \frac{V_{\text{Ax}}}{z_{\text{x}} \cdot b_{\text{effx}}} + \frac{V_{\text{Ay}}}{z_{\text{y}} \cdot b_{\text{effy}}} \right) \cdot (\cot(\theta) + \tan(\theta)) & \sigma_{\text{c wd}} &= 1,448 \text{ MPa} < & \frac{f_{\text{cd}} \cdot v}{\gamma_{\text{BdI}}} &= 9,387 \text{ MPa} \\ A_{\text{swy}} &:= 4 \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{\text{st}}^2}{4} & A_{\text{swy}} &= 4,524 \text{ cm}^2 & A_{\text{swx}} &:= 14 \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{\text{st}}^2}{4} & A_{\text{swx}} &= 15,834 \text{ cm}^2 \\ V_{\text{Rdsy}} &:= \frac{1}{\gamma_{\text{BdI}}} \cdot \frac{A_{\text{swy}}}{s_{\text{L}}} \cdot f_{\text{yd}} \cdot z_{\text{y}} \cdot \cot(\theta) & V_{\text{Rdsx}} &:= \frac{1}{\gamma_{\text{BdI}}} \cdot \frac{A_{\text{swx}}}{s_{\text{L}}} \cdot f_{\text{yd}} \cdot z_{\text{x}} \cdot \cot(\theta) \\ V_{\text{Rdsy}} &= 3,454 \text{ MN} > V_{\text{Ay}} = 1,654 \text{ MN} & V_{\text{Rdsx}} &= 4,258 \text{ MN} > V_{\text{Ax}} = 3,641 \text{ MN} \\ V_{\text{Ax}} &:= 2,16 \cdot \text{MN} & V_{\text{Ay}} &:= 3,156 \cdot \text{MN} \\ \sigma_{\text{c wd}} &:= \left( \frac{V_{\text{Ax}}}{z_{\text{x}} \cdot b_{\text{effx}}} + \frac{V_{\text{Ay}}}{z_{\text{y}} \cdot b_{\text{effy}}} \right) \cdot (\cot(\theta) + \tan(\theta)) & \sigma_{\text{c wd}} &= 1,468 \text{ MPa} < & \frac{f_{\text{cd}} \cdot v}{\gamma_{\text{BdI}}} &= 9,387 \text{ MPa} \\ A_{\text{swy}} &:= 4 \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{\text{st}}^2}{4} & A_{\text{swy}} &= 4,524 \text{ cm}^2 & A_{\text{swx}} &:= 14 \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{\text{st}}^2}{4} & A_{\text{swx}} &= 15,834 \text{ cm}^2 \\ V_{\text{Rdsy}} &:= \frac{1}{\gamma_{\text{BdI}}} \cdot \frac{A_{\text{swy}}}{s_{\text{L}}} \cdot f_{\text{yd}} \cdot z_{\text{y}} \cdot \cot(\theta) & V_{\text{Rdsx}} &:= \frac{1}{\gamma_{\text{BdI}}} \cdot \frac{A_{\text{swx}}}{s_{\text{L}}} \cdot f_{\text{yd}} \cdot z_{\text{x}} \cdot \cot(\theta) \\ V_{\text{Rdsy}} &= 3,454 \text{ MN} > V_{\text{Ay}} = 3,156 \text{ MN} & V_{\text{Rdsx}} &= 4,258 \text{ MN} > V_{\text{Ax}} = 2,16 \text{ MN} \end{aligned}$$



### 5.3.2 Pilier P7 (P2,P3,P4,P6,P8) $q = 1,0$

$$M_{Adx} := 46.29 \cdot \text{MN} \cdot \text{m} \quad M_{Ady} := 6 \cdot (\text{MN} \cdot \text{m}) \quad N_{Ed} := 16.9 \cdot \text{MN} \quad d_{Adx} := 0 \cdot \text{mm} \quad d_{Ady} := 43 \cdot \text{mm}$$

#### Vypocet ohybovej odolnosti MRdx

$$L_{\text{eff}} := 14 \cdot \text{m}$$

$$f_{cd} := f_{cd} \quad f_{yd} := f_{yd} \quad b(z) := H \quad A_{ce} := \int_0^B b(z) dz \quad A_c = 9 \text{ m}^2$$

$$N_{Ed} = 16.9 \text{ MN} \quad \eta := \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{ck}} \quad \eta = 0.063 \quad n_{sk} := 52 \quad \phi_{sk} := 25 \cdot \text{mm} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{s1}^2$$

$$A_{s1} := 17 \cdot A_{s1} \quad d_{s1} := 77 \cdot \text{mm} \quad i := 2..24 \quad A_{si} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{si} := d_{si-1} + 101 \cdot \text{mm}$$

$$A_{s25} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{s25} := 1900 \cdot \text{mm} \quad A_{s26} := 1 \cdot A_{s1} \quad d_{s26} := 2500 \cdot \text{mm}$$

$$i := 1..26 \quad A_{si+26} := A_{si} \quad d_{si+26} := B - d_{si}$$

$$A_{s_{\text{scel}}} := \sum_{i=1}^{n_s} A_{si} \quad \rho := \frac{A_{s_{\text{scel}}}}{A_c} \quad \rho = 7.199 \times 10^{-3} \quad i := 1..n_s \quad N_{Ei} := -N_{Ed}$$

$$\varepsilon_{c_{\text{max}}} := 0.0035 \quad x := 1097.25 \cdot \text{mm} \quad \varepsilon_{si} := \frac{\varepsilon_{c_{\text{max}}}}{x} \cdot (d_{si} - x) \quad k_{si} := \frac{\varepsilon_{si}}{|\varepsilon_{si}|} \quad \varepsilon_c(z, x) := \frac{\varepsilon_{c_{\text{max}}}}{x} \cdot (x - z)$$

$$\sigma_{si} := \begin{cases} \left[ \frac{f_t - f_y}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_y} \cdot (\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{si}) + f_y \right] \cdot k_{si} & \text{if } |E_s \cdot \varepsilon_{si}| > f_y \\ E_s \cdot \varepsilon_{si} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \sigma_c(z, x) := \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_s := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{si} \cdot \sigma_{si}) \quad F_s = 16.018 \text{ MN} \quad F_{\text{scel}} := \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) dz \quad F_c = 32.917 \text{ MN}$$

$$F_s - F_c - N_E = 0.605 \text{ kN}$$

$$M_{Rdx} := \sum_{i=1}^{n_s} [A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot (d_{si} - 0.5 \cdot B)] + \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \cdot (0.5 \cdot B - z) dz \quad M_{Rdx} = 110.221 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

#### Vypocet ohybovej odolnosti MRdy

$$f_{cd} := f_{cd} \quad f_c = 22.222 \text{ MPa} \quad f_{yd} := f_{yd} \quad f_y = 454.5 \text{ MPa} \quad f_c = 22.222 \text{ MPa}$$

$$\phi_{sk} := 25 \cdot \text{mm} \quad A_{s1} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{s1}^2 \quad n_{sk} := 20$$

$$A_{s1} := 9 \cdot A_{s1} \quad d_{s1} := 150 \cdot \text{mm} \quad A_{s2} := 42 \cdot A_{s1} \quad d_{s2} := 76.5 \cdot \text{mm} \quad i := 3..9$$

$$A_{si} := 2 \cdot A_{s1} \quad d_{si} := d_{si-1} + 103 \cdot \text{mm} \quad A_{s10} := 1 \cdot A_{s1} \quad d_{s10} := 900 \cdot \text{mm} \quad d_{si} =$$

$$i := 1..10 \quad A_{si+10} := A_{si} \quad d_{si+10} := H - d_{si}$$

$$A_{s_{\text{scel}}} := \sum_{i=1}^{n_s} A_{si} \quad A_{s_{\text{scel}}} = 648 \text{ cm}^2 \quad \rho := \frac{A_{s_{\text{scel}}}}{A_c} \quad \rho = 7.199 \times 10^{-3}$$

$$\varepsilon_{c_{\text{max}}} := 0.0035 \quad x := 638.64 \cdot \text{mm} \quad N_E = -16.9 \text{ MN} \quad i := 1..n_s$$

$$\varepsilon_{si} := \frac{\varepsilon_{c_{\text{max}}}}{x} \cdot (d_{si} - x) \quad k_{si} := \frac{\varepsilon_{si}}{|\varepsilon_{si}|} \quad \varepsilon_c(z, x) := \frac{\varepsilon_{c_{\text{max}}}}{x} \cdot (x - z)$$

0.18	m
0.282	
0.385	
0.488	
0.591	
0.694	
0.797	

$$\sigma_{s_i} := \begin{cases} \left[ \frac{f_t - f_y}{\varepsilon_{uk} - \varepsilon_y} \cdot (\varepsilon_{uk} - \varepsilon_{s_i}) + f_y \right] \cdot k_{s_i} & \text{if } |E_s \cdot \varepsilon_{s_i}| > f_y \\ E_s \cdot \varepsilon_{s_i} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \sigma_c(z, x) := \begin{cases} f_c & \text{if } \varepsilon_c(z, x) > \varepsilon_{c3} \\ f_c \cdot \frac{\varepsilon_c(z, x)}{\varepsilon_{c3}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$F_{s_i} := \sum_{i=1}^{n_s} (A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i}) \quad F_s = 2.26 \text{ MN} \quad F_{cx} := \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \, dz \quad F_c = 19.159 \text{ MN}$$

$$F_s - F_c - N_E = 0.742 \text{ kN}$$

$$M_{Rdy} := \sum_{i=1}^{n_s} [A_{s_i} \cdot \sigma_{s_i} \cdot (d_{s_i} - 0.5 \cdot H)] + \int_0^x \sigma_c(z, x) \cdot b(z) \cdot (0.5 \cdot H - z) \, dz \quad M_{Rdy} = 38.413 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$\theta_w := \frac{1}{200} \quad \alpha_h := \frac{2}{\sqrt{L \cdot \text{m}^{-1}}} \quad \alpha_h = 0.535 \quad \theta_i := \theta_o \cdot \alpha_h \quad e_{i1} := \theta_i \cdot L \quad e_{i1} = 37 \text{ mm} \quad e_{i2} := 30 \cdot \text{mm}$$

$$q_w := 1 \quad d_{Edx} := \frac{q + 1}{2} \cdot (d_{Adx}) \quad d_{Edx} := d_{Ex} + e_{i1} + e_{i2} \quad d_{Edx} = 67.417 \text{ mm}$$

$$d_{Edy} := \frac{q + 1}{2} \cdot (d_{Ady}) \quad d_{Edy} := d_{Ey} + e_{i1} + e_{i2} \quad d_{Edy} = 110.417 \text{ mm}$$

$$M_{Edy} := M_{Ady} + (1) \cdot N_{Ed} \cdot d_{Edx} \quad M_{Edy} = 7.139 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rdy} = 38.413 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Edx} := M_{Adx} + (1) \cdot N_{Ed} \cdot d_{Edy} \quad M_{Edx} = 48.156 \text{ MN} \cdot \text{m} < M_{Rdx} = 110.221 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Rd} := A_c \cdot f_{cd} + A_{scel} \cdot f_{yd} \quad N_{Rd} = 229.452 \text{ MN} \quad n_{Ed} := \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \quad n_{Ed} = 0.074$$

$$a_w := \begin{cases} 1 & \text{if } n_{Ed} \leq 0.1 \\ \left[ 1 + \frac{0.5}{0.6} \cdot (n_{Ed} - 0.1) \right] & \text{if } 0.1 < n_{Ed} \leq 0.7 \\ \left[ 1.5 + \frac{0.5}{0.3} \cdot (n_{Ed} - 0.7) \right] & \text{if } 0.7 < n_{Ed} \leq 1 \end{cases} \quad \left( \frac{M_{Edy}}{M_{Rdy}} \right)^a + \left( \frac{M_{Edx}}{M_{Rdx}} \right)^a = 0.623 < 1$$

**Smyk**  $\gamma_{Bd1} := 1.25 \quad \theta_w := 40 \cdot \text{deg}$

$$\phi_{st} := 12 \cdot \text{mm} \quad s_{L1} := 200 \cdot \text{mm} \quad A_{sw} := 0.25 \cdot \pi \cdot \phi_{st}^2$$

$$\gamma_w := 0.6 \cdot \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250 \cdot \text{MPa}} \right) \quad v = 0.528 \quad f_{cd} = 22.222 \text{ MPa} \quad f_{yd} = 454.5 \text{ MPa}$$

$$V_{Ax} := 0.1 \cdot \text{MN} \quad V_{Ay} := 3.15 \cdot \text{MN} \quad \gamma_{Bd1} := 1.25$$

$$b_{effx} := 1.7 \cdot \text{m} \quad d_{ey} := 4.94 \cdot \text{m} \quad z_{yx} := d_{ey} \cdot 0.85 \quad z_y = 4.199 \text{ m}$$

$$b_{effy} := 5 \cdot \text{m} \quad d_{ex} := 1.74 \cdot \text{m} \quad z_{xy} := d_{ex} \cdot 0.85 \quad z_x = 1.479 \text{ m}$$

$$\sigma_{cwd} := \left( \frac{V_{Ax}}{z_x \cdot b_{effx}} + \frac{V_{Ay}}{z_y \cdot b_{effy}} \right) \cdot (\cot(\theta) + \tan(\theta)) \quad \sigma_{cwd} = 0.924 \text{ MPa} < \frac{f_{cd} \cdot v}{\gamma_{Bd1}} = 9.387 \text{ MPa}$$

$$A_{swx} := 4 \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{st}^2}{4} \quad A_{swy} = 4.524 \text{ cm}^2 \quad V_{Rdsx} := \frac{1}{\gamma_{Bd1}} \cdot \frac{A_{swy}}{s_L} \cdot f_{yd} \cdot z_y \cdot \cot(\theta)$$

$$V_{Rdsy} = 4.116 \text{ MN} > V_{Ay} = 3.15 \text{ MN}$$



**Prof. Ing. Peter TURČEK, PhD.**  
autorizovaný stavebný inžinier pre kategóriu  
*Statika stavieb - geotechnika*, reg. č. 0225\*A\*3-1  
Ul. 29. augusta 32/B, 811 09 Bratislava

---

**Založenie objektu č. 202 „Most nad údolím  
v km 0,950“ na diaľničnom privádzači  
Lietavská Lúčka - Žilina**

**Statický výpočet**

**Vypracoval: prof. Ing. Peter Turček, PhD.**

**Bratislava, máj 2014**

## 1. ÚVOD

Mostný objekt 202 bol projektovaný pred zavedením Eurokódov. Z dôvodu dodržania všetkých právnych predpisov a noriem je potrebné preukázať, že projektové riešenie vyhovuje súčasne platným normám, prípadne sa niektoré detaily upravujú. Predkladaný statický výpočet posudzuje pôvodný návrh zakladania so zohľadnením STN EN 1997-1, Národnej prílohy k tejto európskej norme a revidovanej STN 73 1001. Ako podklad k statickým výpočtom boli dodané tieto materiály:

- výkresová dokumentácia projektového riešenia;
- technická správa statiky.

K overovaciemu statickému výpočtu rešpektujúcemu platné európske a národné normy nebol dodaný uskutočnený inžinierskogeologický prieskum. Údaje o podloží potrebné pre založenie opôr a pilierov boli prevzaté z technickej správy, kde sa nachádza iba litologický opis hornín. Treba zdôrazniť, že pre účely zakladania sa predmetný mostný objekt zatrieduje do tretej geotechnickej kategórie, pre ktorú platia veľmi prísne požiadavky na poznanie podrobností o vlastnostiach podložia.

## 2. GEOLOGICKÉ POMERY LOKALITY

Pre statický návrh zakladania budú vytvorené pre jednotlivé opory a piliere geotechnické a následne výpočtové modely podložia, ktoré vychádzajú z litologického opisu hornín s opisnými charakteristikami jednotlivých litologických typov hornín podložia uvedených v Technickej správe k DSP, ktorú vypracoval DOPRAVOPROJEKT, a.s. Bratislava. Takto zaradeným triedam zemín boli vo fáze hodnotenia spôsobu zakladania prisúdené charakteristiky získané z porovnateľnej skúsenosti. Inžinierskogeologické pomery územia boli preskúmané firmou GEOFOS Žilina v rokoch 1998 a 2006.

Kopané sondy:

**ŠP-2** (407,57 m n.m.)

0,0 – 0,1 m	íl piesčitý, deluviálny;
0,1 – 0,6 m	suť hlinitá až hlinito-kamenitá, deluviálna;
0,6 – 1,3 m	suť kamenitá;
1,3 – 2,0 m	suť hlinito-kamenitá, deluviálna;
2,0 – 2,2 m	íl deluviálny až hlinitá suť;
2,2 – 3,2 m	suť hlinitá;
3,2 – 5,0 m	suť hlinito-kamenitá;

HPV nebola narazená

**ŠP-3** (404,96 m n.m.)

0,0 – 0,1 m	hlina prekorenená;
0,1 – 0,5 m	íl deluviálny;
0,5 – 1,2 m	suť hlinitá, deluviálna;
1,2 – 2,0 m	suť hlinito-kamenitá;
2,0 – 2,7 m	suť kamenitá;



2,7 – 4,0 m suť kamenito-hlinitá, deluviálna;  
HPV nebola narazená

**K-2** (416,78 m n.m.)

0,0 – 1,3 m suť kamenito-ílovitá;  
1,3 – 3,0 m mezozoikum: vápenec  
HPV nebola narazená

**MP- 5** (396,16 m n.m.; staničenie 0,806 km)

0,0 – 4,6 m íl so strednou plasticitou (F6 CI), tuhej konzistencie, deluviálny, hnedý;  
4,6 – 5,2 m íl so strednou plasticitou (F6 CI), tuhý, deluviálny, výrazne nasýtený vodou;  
5,2 – 7,3 m suť ílovitá (íl štrkovitý F2 CG), v polohe 5,3-5,9 m až suť ílovito-kamenitá, deluviálna, suť ílovitá tvorená ílom so strednou plasticitou, tuhej konzistencie;  
7,3 – 7,9 m íl so strednou plasticitou (F6 CI), tuhej konzistencie, deluviálny, hnedý až červenohnedý, s ojedinelými úlomkami do 5-10 %, veľkosti do 10-20 mm;  
7,9 – 10,0 m suť ílovitá (íl štrkovitý F2 CG), deluviálna, tvorená ílom so strednou plasticitou, pevnej konzistencie, s prímесou ostrohranných úlomkov;  
10,0 – 11,4 m suť ílovitá až suť ílovito-kamenitá (G5 GC), tvorená ostrohrannými úlomkami slienitých, vápencov; výplň íl so strednou plasticitou, tuhej konzistencie;  
11,4 – 12,5 m íl s nízkou plasticitou, pevný, (rozsýpavý), deluviálny, hnedý, červenohnedý s prímесou úlomkov vápencov do 20 mm, obsah do 10 – 30 %;  
12,5 – 13,4 m íl s vysokou plasticitou (F8 CH), tuhej konzistencie, bez prímесi úlomkov; 13,4 – 13,8 m suť kamenitá, deluviálna (G5 GC), hnedá až hnedočervená, s obsahom ostrohranných úlomkov sivých vápencov, veľkosti do 60-80 mm;  
13,8 – 14,0 m íl piesčitý až íl s nízkou plasticitou, tuhý, fluviálny – terasový, jemne sľudnatý, ojedinele úlomky a valúniky slabo opracované;  
14,0 – 15,9 m štrk ílovitý (G5 GC), terasový, hnedý, slabo hrdzavohnedý, tvorený zvetranými, lokálne až rozloženými valúnmi granitov; výplň tvorí íl so strednou plasticitou, pevnej konzistencie;  
15,9 – 16,9 m suť kamenitá, deluviálna, hnedosivá-sivá, tvorená úlomkami až balvanmi sivých, svetlosivých kryštálických vápencov, pevných, 150 – 200 mm;  
16,9 – 18,8 m štrk ílovitý (G5 GC), terasový, hrdzavohnedý, lokálne íl štrkovitý; štrk je tvorený valúnmi do 40-60 mm, kremencom až do 180 mm; výplň íl piesčitý až íl s nízkou plasticitou, hrdzavý, pevnej konzistencie;  
18,8 – 20,0 m súvrstvie slieňovcov, slienitých bridlíc silne zvetrané až rozložené, sivé charakteru sute ílovitej (štrku ílovitého G5-GC), s výplňou ílu s nízkou plasticitou, nasýteného vodou;  
20,0 – 21,0 m súvrstvie slienitých, tenkodoskovitých vápencov, navetrané až zevtrané, so stredným až vysokým stupňom pevnosti, ťažko rozbíjateľné kladivom;  
HPV: narazená –18,40 m, ustálená –17,65 m pod úrovňou terénu

**MP- 6** (396,57 m n.m.; staničenie 0,873 km)

0,0 – 0,7 m íl hnedý až hnedosivý, do 0,2 m tmavohnedý, prekorenělý, tuhej konzistencie s prímесou ostrohranných úlomkov karbonátov, deluviálny;  
0,7 – 1,0 m suť hlinito-kamenitá, sivá, ostrohrannými úlomkami do 30 – 100 mm;  
1,0 – 3,4 m suť ílovito-kamenitá (štrk ílovitý G5-GC), deluviálna, hnedosivá až sivá;  
3,4 – 4,4 m íl so strednou plasticitou, tuhý, hnedý s úlomkami do 5 – 20 mm;



- 4,4 – 6,3 m    suť;
- 6,3 – 8,3 m    suť ílovitá (F2-CG), hnedá, uľahlá tvorená ílom;
- 8,3 – 10,2 m    suť ílovito-kamenitá (štrk ílovitý G5-GC); výplň tvorí íl so strednou plasticitou, tuhej konzistencie;
- 10,2 – 11,6 m    suť ílovitá (F2-CG) až íl s úlomkami, deluviálna, hnedosivej farby;
- 11,6 – 12,0 m    suť kamenitá (G5-GC), sivá s úlomkami do veľkosti 20 – 40 mm;
- 12,0 – 12,8 m    íl so strednou až vysokou plasticitou (F6-CI až F8-CH), tuhej konzistencie;
- 12,8 – 14,4 m    íl piesčitý (F4-CS), tuhej konzistencie, nasýtený vodou, deluviálny; výplň tvorí íl s vysokou plasticitou;
- 14,4 – 15,2 m    íl štrkovitý (F2 CG), terasový, s nízkou plasticitou, tuhej konzistencie, sivý;
- 15,2 – 17,8 m    štrk ílovitý (G5 GC), terasový, hnedý, hrdzavohnedý až suť deluviálna; výplň tvorí íl so strednou plasticitou;
- 17,8 – 20,0 m    mezozoikum: súvrstvie sivých, tmavosivých slienitých vápencov, zvetrané;
- HPV: narazená –18,50 m, ustálená –17,40 m pod úrovňou terénu

**MP-7** (394,22 m n.m.; staničenie 0,904 km)

- 0,0 – 0,5 m    íl so strednou plasticitou (F6-CI), tuhej konzistencie, deluviálny, tmavohnedý až hnedý, do 0,1 m humózný;
- 0,5 – 9,0 m    suť ílovitá (íl štrkovitý F2-CG), tvorená ílom so strednou plasticitou, tuhej konzistencie; v úsekoch 4,0 – 5,4 m; 5,9 – 6,0 m; 6,2 – 6,3 m a 7,5 – 7,6 m je tvorená úlomkami s obsahom 40 – 60 % – suť ílovito-kamenitá (štrk ílovitý G5 GC); úlomky sú tvorené sivými až tmavosivými slienitými vápencami, pevnými, na povrchu zvetranými;
- 10,2 – 11,0 m    íl s vysokou plasticitou (F8 CH), tuhej až pevnej konzistencie, nasýtený vodou, deluviálny, hrdzavo až červenohnedý;
- 11,1 – 12,4 m    suť ílovito-kamenitá, od cca 12,0 m ílovitá tvorená ílom hnedej až hrdzavohnedej farby, pevnej až tvrdej konzistencie;
- 12,4 – 15,6 m    štrk s prímiesou jemnozrnnej zeminy (G3 GF), terasový, tvorený valúnmi granitov, kremencov, karbonátov; výplň tvorí íl so strednou plasticitou;
- 15,6 – 17,5 m    mezozoikum: slienité vápence, zvetrané až silne zvetrané, hnedosivé až hnedé;
- 17,5 – 20,0 m    slienité vápence zvetrané, lokálne až navetrané, charakteru prevažne doskovitých úlomkov. Úlomky vápencov s vysokým stupňom pevnosti, ťažko rozbíjateľné kladivom, veľkosti do 30 – 60 až do 150 mm;

HPV nebola narazená

**KSP-3** (400,61 m n.m.; staničenie 0,998 km)

- 0,0 – 0,8 m    íl tmavonedý, prekorený (lesná pôda);
- 0,8 – 1,2 m    suť ílovitá až suť ílovito-kamenitá (štrk ílovitý G5 GC), deluviálna, uľahlá;
- 1,2 – 3,1 m    mezozoikum: súvrstvie doskovitých až tenkodoskovitých vápencov a slienitých bridlíc, zvetrané až silne zvetrané; povrchová vrstva podložia reprezentuje zónu elúvia až delúvia s náznakom plazení sutí po svahu;
- 3,1 – 4,3 m    súvrstvie doskovitých vápencov, zvetraných až navetraných;
- HPV nebola narazená

**KSP-4** (408,24 m n.m.; staničenie 1,041 km)

- 0,0 – 0,7 m    íl so strednou plasticitou, tmavonedý, prekorený (lesná pôda);
- 0,7 – 1,4 m    suť ílovitá až suť ílovité-kamenitá, deluviálna, hnedosivá, zelenosivá, tvorená



- 1,4 – 2,9 m úlomkami až blokmi slienitých vápencov, prevažne doskovitých;  
 2,9 – 4,0 m mezozoikum: slienité vápence v súvrství so slienitými bridlicami, silne zvetrané súvrstvie doskovitých vápencov, zvetrané až navetrané, so sklonom vrstiev do svahu; pôvodná súvislá doskovitá vrstevnatá textúra je porušená v zóne rozvoľnenia priečnymi, nepriebežnými puklinami na doskovité úlomky;  
 HPV nebola narazená

**KSP-5 (412,15 m n.m.; staničenie 1,075 km)**

- 0,0– 0,3 m íl s nízkou až strednou plasticitou, pevnej konzistencie, deluviálny;  
 0,3– 1,0 m suť hlinitá, deluviálna, hnedá, hnedosivá, nazelenalá, tvorená ílom so strednou až vysokou plasticitou, tuhej konzistencie;  
 1,0 – 1,3 m mezozoikum: intenzívne rozvoľnené a až rozložené súvrstvie slienitých bridlíc s blokmi rozvoľnených a zvetraných vápencov v povrchovej vrstve;  
 1,3 – 3,4 m súvrstvie slienitých bridlíc, silne zvetraných až zvetraných;  
 3,4 – 4,0 m súvrstvie slienitých bridlíc a tenkodoskovitých vápencov, zvetrané až navetrané so sklonom vrstiev do svahu, mierne zvlnené; prevláda doskovitá vrstevnatosť s hrúbkou vrstiev 20 – 60 mm, mierne zvrásnená; úlomky, najmä vápencov sú pevnosti R2 – R3.

HPV nebola narazená

**KSP-6 ( 398,49 m n.m.; staničenie km)**

- 0,0 – 0,5 m íl so strednou plasticitou (F6-CI), tuhej konzistencie, deluviálny, tmavonedý;  
 0,5 – 1,6 m suť ílovitá, deluviálna, hnedá, zelenohnedá, tvorená ílom so strednou plasticitou tuhej konzistencie, s obsahom nerovnomerne zastúpených úlomkov do 30 – 60 mm, čiastočne usmernené po svahu;  
 1,6 – 2,2 m suť kamenitá, deluviálna, hnedosivá až sivá, tvorená ostrohrannými úlomkami až balvanmi karbonátov, sivej farby, veľkosti do 150 mm;  
 2,2 – 2,4 m íl so strednou plasticitou, tuhej konzistencie, deluviálny, s obsahom nerovnomerne zastúpených úlomkov do obsahu 20 %, veľkosti do 10-40 mm, čiastočne usmernené po svahu;  
 2,4 – 4,1 m suť ílovitá, deluviálna, hnedá, hnedosivá až zelenohnedá, tvorená ílom so strednou až vysokou plasticitou, tuhej až pevnej konzistencie, s obsahom úlomkov do 30-50 %, veľkosti do 50 – 60 mm;  
 4,1 – 5,0 m suť ílovito-kamenitá (štrk ílovitý G5 GC), deluviálna, tvorená ílom so strednou až vysokou plasticitou, tuhej až pevnej konzistencie, s úlomkami do veľkosti 30 – 50 mm, obsahu 50 – 60 %.

Záujmové území sa v zmysle STN 73 0036 (09.97) nachádza v zdrojovej oblasti seizmického rizika č.2, ktorej sa priraduje základné seizmické zrýchlenie  $a_r = 1,0 \text{ m.s}^{-2}$ . Geologické podložie budované formáciou mezozoických hornín, vápencov a slieňovcov sa zaraďuje v zmysle STN 73 0036 (09.97) ako geologické podložie do kategórie A. Podložie tvorené paleogénnym súvrstvím ílovcov a prachovcov s vložkami pieskovcov, zaraďujeme podľa citovanej STN do kategórie B.

**Odporúčania prieskumu:**

- objekt južnej mostnej opory a piliere č. 1 až 5 zakladať hĺbkovo na VP resp. na mikropilótach zo stavebnej jamy hĺbky (2 – 3 m),



- pilier č.6 a severnú oporu zakladať v otvorenej stavebnej jame, v skalnom záreze, s dočasnými sklonmi zárezu 3:1 až 5:1 podľa stupňa porušenia s využitím hĺbkového založenia na mikropilótach,
- pri realizácii prístupových ciest a zárezov v strmom svahu zabezpečiť dostatočne bezpečný dočasný zárez, spevnený zasieťovaním a striekaným betónom,
- pri realizácii je nutné zabezpečiť odvodnenie svahov v miestach výverov, odstránenie uvoľnených blokov,
- svahy chrániť pred eróziou a zvetrávaním, najmä v prípade prezimovania z dôvodu intenzívneho rozvoľňovania bridličnatých polôh a šošoviek vápencov v podloží,
- v polohách s prevahou doskovitých vápencov a pri vrtateľnosti v triede >3 možno lokálne očakávať vysokú pevnosť v prostom tlaku.

Podrobnosti o uvažovaných vlastnostiach jednotlivých vrstiev hornín, ktoré sa nachádzajú v podloží posudzovaných mostných opôr a pilierov, sú uvádzané samostatne pri každom výpočte.

### 3. ZAŤAŽENIE OPÔR A PILIEROV

#### 3.1 Opory 1 a 9

Do výpočtov únosnosti a použiteľnosti boli zadávané zaťaženia z rôznych zaťažovacích kombinácií. Označenie v nich bude jednotné a znamená:

$V_d$  – návrhová hodnota vertikálnej sily;

$M_{x1}$  – moment okolo pozdĺžnej osi mosta;

$M_{x2}$  – moment okolo priečnej osi mosta;

$H_{x1}$  – vodorovná sila v smere pozdĺžnej osi mosta;

$H_{x2}$  – vodorovná sila v smere priečnej osi mosta.

Opora 1 má rozmery 14,0 x 4,0 m (dlhší rozmer je kolmý k pozdĺžnej osi mosta) a prečnievajúce krídla 4,0 x 1,25 m. Výška mostného prahu (základu) je 2,5 m. Poloha základovej škáry pod povrchom terénu je voči pôvodnému terénu premenlivá; vzhľadom k upravenému terénu je 0,8 m. Na vzdušnej strane je od okraja opory svah so sklonom 1:1,5, ktorý znižuje únosnosť plošného základu. V ďalšom sa bude predpokladať, že zaťažovacie údaje bude prenášať základ opory bez zohľadnenia vplyvu krídiel. Hodnoty zaťaženia opory mostom vrátane seizmického účinku sú zhrnuté v tab. 1 a 2.

Opora 9 má rozmery 14,0 x 4,0 m a nadväzujúce krídla nemajú rovnakú dĺžku: pri pohľade na oporu v smere jazdy na Žilinu má ľavé krídlo šírku 1,25 m a celkovú dĺžku 13,0 m s tým že je výškovy odstupňované s krokom 1,0 m v 4 úsekoch (každý z nich je podopieraný 3 mikropilótami). Právě mostné krídlo má dĺžku iba 2,0 m a šírku 1,25 m bez podopierania mikropilótami.



Tabuľka 1: Zat'azenie základu opôr 1 a 9

Zat'azovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	20250	-11124	10698	5711	113
2	12012	-2207	10471	5448	188
3	13597	-10402	10661	5512	113
4	19689	-11026	11408	5947	113
5	12012	-2207	10471	5448	188
6	20250	-9331	10698	5711	113
7	13597	-9757	10661	5512	0
výpočet sadania					
1	13158	-956	15481	3822	0

Tabuľka 2: Seizmické zat'azenie základu opôr 1 a 9

Zat'azovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
1	10164	5861	12337	3822	835
2	10174	5731	12348	3822	989
3	10107	7021	12278	3822	1271

**Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie zat'azení opôr 1 a 9:**

Pre kombináciu zat'azení 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{10698}{20250} = 0,528 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{11124}{20250} = 0,549 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 4,0 - 2 \cdot 0,528 = 2,944 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 0,549 = 12,902 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 2,944 \cdot 12,902 = 37,983 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20250}{37,983} = 533,133 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zat'azení 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{10471}{12012} = 0,872 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{-2207}{12012} = -0,184 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 4,0 - 2 \cdot 0,872 = 2,256 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot (-0,184) = 13,632 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 2,256 \cdot 13,632 = 30,754 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{12012}{30,754} = 390,583 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{10661}{13597} = 0,784 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{-10402}{13597} = -0,765 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 4,0 - 2 \cdot 0,784 = 2,432 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 0,765 = 12,432 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 2,432 \cdot 12,432 = 30,235 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{13597}{30,235} = 449,71 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{11408}{19689} = 0,579 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{-11026}{19689} = -0,56 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 4,0 - 2 \cdot 0,579 = 2,842 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 0,56 = 12,88 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 2,842 \cdot 12,88 = 36,605 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{19689}{36,605} = 537,88 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{10471}{12012} = 0,872 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{-2207}{12012} = -0,184 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 4,0 - 2 \cdot 0,872 = 2,256 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 0,184 = 13,632 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 2,256 \cdot 13,632 = 30,754 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{12012}{30,754} = 390,583 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{10698}{20250} = 0,528 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{-9331}{20250} = -0,461 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 4,0 - 2 \cdot 0,528 = 2,944 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 0,461 = 13,078 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 2,944 \cdot 13,078 = 38,502 \text{ m}^2$$



$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20250}{38,502} = 525,947 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženia 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{10661}{13597} = 0,784 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{-9757}{13597} = -0,718 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 4,0 - 2 \cdot 0,784 = 2,432 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot (-0,718) = 12,564 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 2,432 \cdot 12,564 = 30,556 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{13597}{30,556} = 444,986 \text{ kPa}$$

Seizmické zaťaženie dáva menšie účinky ako statické zaťaženia.

### 3.2 Piliere 2 a 8

Piliere 2 a 8 majú pôdorysné rozmery 8,0 x 8,0 m; výška základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry piliera 2 je 2,0 m pod terénom. Pilier 8 má základovú škáru s premenlivou hĺbkou pod terénom, pretože je situovaný vo svahu: hĺbka je v osi mosta v intervale 4,0 až 6,0 m; najnepriaznivejšie miesto (roh základu má základovú škáru 2,0 m pod terénom). Sklon terénu je približne 12°.

Tabuľka 3: Zaťaženie základu pilierov 2 a 8

Zaťažovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	31886	22279	12279	853	55
2	18668	15214	6850	437	423
3	22178	23200	7874	500	416
4	30726	23352	12189	807	92
5	15669	15114	6159	392	423
6	30013	19979	13840	933	55
7	19774	20192	8490	558	162
8	31132	23979	13738	931	55
výpočet sadania					
1	18490	7096	500	-	-

Tabuľka 4: Seizmické zaťaženie základu piliera 2

Zaťažovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	21203	18024	730	1	1439
2	19654	15377	739	1	1208
3	19637	15847	738	1	1255
4	21238	17554	731	1	1391

Tabuľka 5: Seizmické zaťaženie základu piliera 8

Zaťažovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	21428	25896	1771	100	1932
2	21471	28637	1945	114	2190
3	21419	30003	1956	117	2256
4	21462	24531	1760	97	1866

**Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie zaťaženia pre piliere 2 a 8:**

Pre kombináciu zaťaženia 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{12279}{31886} = 0,385 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{22279}{31886} = 0,699 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,385 = 7,23 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,699 = 6,602 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,23 \cdot 6,602 = 47,732 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{31886}{47,732} = 668,021 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženia 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6850}{18668} = 0,367 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{15214}{18668} = 0,815 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,367 = 7,266 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,815 = 6,37 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,266 \cdot 6,37 = 46,284 \text{ m}^2$$



$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18668}{46,284} = 403,34 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{7874}{22178} = 0,355 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{23200}{22178} = 1,046 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,355 = 7,29 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,046 = 5,908 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,29 \cdot 5,908 = 43,069 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22178}{43,069} = 514,94 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{12189}{30726} = 0,397 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{23352}{30726} = 0,76 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,397 = 7,206 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,76 = 6,48 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,206 \cdot 6,48 = 46,695 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{30726}{46,695} = 658,015 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6159}{15669} = 0,393 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{15114}{15669} = 0,965 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,393 = 7,214 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,965 = 6,07 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,214 \cdot 6,07 = 43,789 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{15669}{43,789} = 357,83 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{13840}{30013} = 0,461 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{19979}{30013} = 0,666 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,461 = 7,078 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,666 = 6,668 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,078 \cdot 6,668 = 47,196 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{30013}{47,196} = 635,922 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8490}{19774} = 0,429 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{20192}{19774} = 1,021 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,429 = 7,142 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,021 = 5,958 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,142 \cdot 5,958 = 42,552 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{19774}{42,552} = 464,702 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 8:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{13738}{31132} = 0,441 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{23979}{31132} = 0,77 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,441 = 7,118 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,77 = 6,46 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,118 \cdot 6,46 = 45,982 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{31132}{45,982} = 677,048 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia na pilieri 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{730}{21203} = 0,034 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{18024}{21203} = 0,85 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,034 = 7,932 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,85 = 6,3 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,932 \cdot 6,3 = 49,97 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{21203}{49,97} = 423,31 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia na pilieri 8:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{1956}{21419} = 0,091 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{30003}{21419} = 1,401 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,091 = 7,818 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,401 = 5,198 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,818 \cdot 5,198 = 40,638 \text{ m}^2$$



$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{21419}{40,638} = 527,07 \text{ kPa}$$

### 3.3 Pilieri 3 a 4

Piliere 3 a 4 majú pôdorysné rozmery 8,0 x 8,0 m; výška základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry pilierov 3 aj 4 je 3,8 m pod terénom. Terén v okolí pilierov je približne vodorovný.

Tabuľka 6: Zaťaženie základu pilierov 3 a 4

Zaťažovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	35297	18337	17309	967	281
2	22384	9911	8857	491	468
3	25250	18737	10786	605	281
4	34080	19637	16511	918	281
5	19354	9811	8064	445	468
6	33424	14337	18807	1066	281
7	22814	14175	11839	682	0
výpočet sadania					
1	21915	779	500	-	-

Tabuľka 7: Seizmické zaťaženie základu piliera 3

Zaťažovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	21763	31244	783	2	2178
2	21722	34574	793	1	2421
3	21739	34699	794	1	2428
4	21698	31120	782	2	2171

Tabuľka 8: Seizmické zaťaženie základu piliera 4

Zaťažovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	21832	43819	827	6	2856
2	21931	47963	844	7	3131
3	21918	48044	847	7	3129
4	22017	43737	825	6	2858

**Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie zaťažení pre piliere 3 a 4:**

Pre kombináciu zaťažení 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{17309}{35297} = 0,49 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{18337}{35297} = 0,52 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,49 = 7,02 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,52 = 6,96 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,02 \cdot 6,96 = 48,859 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{35297}{48,859} = 722,426 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťažení 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8857}{22384} = 0,396 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{9911}{22384} = 0,443 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,396 = 7,208 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,443 = 7,114 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,208 \cdot 7,114 = 51,278 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22384}{51,278} = 436,522 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťažení 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{10786}{25250} = 0,427 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{18737}{25250} = 0,742 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,427 = 7,146 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,742 = 6,516 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,146 \cdot 6,516 = 46,563 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{25250}{46,563} = 542,276 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťažení 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{16511}{34080} = 0,484 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{19637}{34080} = 0,576 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,484 = 7,032 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,576 = 6,848 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,032 \cdot 6,848 = 48,155 \text{ m}^2$$



$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{34080}{48,155} = 707,415 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{8064}{19354} = 0,417 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{9811}{19354} = 0,507 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,417 = 7,166 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,507 = 6,986 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,166 \cdot 6,986 = 50,062 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{19354}{50,062} = 386,60 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{18807}{33424} = 0,563 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{14337}{33424} = 0,429 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,563 = 6,874 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,429 = 7,142 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 6,874 \cdot 7,142 = 49,094 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{33424}{49,094} = 680,816 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženie 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{11839}{22814} = 0,519 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{14175}{22814} = 0,621 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,519 = 6,962 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,621 = 6,758 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 6,962 \cdot 6,758 = 47,049 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22814}{47,049} = 484,90 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu 3 seizmického zaťaženia na pilieri 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{794}{21739} = 0,037 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{34699}{21739} = 1,596 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,037 = 7,926 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,596 = 4,808 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,926 \cdot 4,808 = 38,108 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{21739}{38,108} = 570,458 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu 3 seizmického zaťaženia na pilieri 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{847}{21918} = 0,039 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{47044}{21918} = 2,146 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,039 = 7,922 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 2,146 = 3,708 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,922 \cdot 3,708 = 29,375 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{21918}{29,375} = 746,145 \text{ kPa}$$

### 3.4 Pilier 5

Pilier 5 má pôdorysné rozmery 9,0 x 9,0 m; výška základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry je 3,8 m pod terénom. Terén v okolí pilierov je približne vodorovný.

Tabuľka 9: Zaťaženie základu piliera 5

Zaťažovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	36098	15775	13989	657	0
2	36098	20837	3375	0	281
3	33828	11275	24205	1215	0
4	32410	12375	23905	1215	0
5	20000	5075	20405	1215	0
6	20000	13411	1875	0	468
7	24460	22037	2375	0	281
8	34748	23037	3275	0	281
výpočet sadania					
1	23267	3027	500	0	0



Tabuľka 10: Seizmické zaťaženie základu piliera 5

Zaťažovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	22379	3841	55325	3650	103
2	22388	26421	55325	3650	1654
3	22411	26591	55325	3650	1649
4	22420	3672	55325	3650	107
5	22380	45535	40406	2576	2693
6	22409	52190	12953	793	3161
7	22390	52360	13132	801	3157
8	22419	45365	40586	2583	2697

**Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie zaťaženia pre pilier 5:**

Pre kombináciu zaťaženia 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{13989}{36098} = 0,388 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{15775}{36098} = 0,437 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 0,388 = 8,224 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 0,437 = 8,126 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 8,224 \cdot 8,126 = 66,828 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{36098}{66,828} = 540,163 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženia 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{3375}{36088} = 0,094 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{20837}{36098} = 0,577 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 0,094 = 8,812 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 0,577 = 7,846 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 8,812 \cdot 7,846 = 69,139 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{36098}{69,139} = 522,108 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženia 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{24205}{33828} = 0,716 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{11275}{33828} = 0,333 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 0,716 = 7,568 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 0,333 = 8,334 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,568 \cdot 8,334 = 63,072 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{33828}{63,072} = 536,339 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{23905}{32410} = 0,738 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{12375}{32410} = 0,382 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 0,738 = 7,524 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 0,382 = 8,236 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,524 \cdot 8,236 = 61,968 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{32410}{61,968} = 523,012 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{20405}{20000} = 1,02 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{5075}{20000} = 0,254 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 1,02 = 6,96 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 0,254 = 8,492 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 6,96 \cdot 8,492 = 59,104 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20000}{59,104} = 338,387 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{1875}{20000} = 0,094 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{13411}{20000} = 0,671 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 0,094 = 8,812 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 0,671 = 7,658 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 8,812 \cdot 7,658 = 67,482 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20000}{67,482} = 296,375 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{2375}{24460} = 0,097 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{22037}{24460} = 0,901 \text{ m}$$



$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 0,097 = 8,806 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 0,901 = 7,198 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 8,806 \cdot 7,198 = 63,386 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{24460}{63,386} = 385,89 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženi 8:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{3275}{34748} = 0,094 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{23037}{34758} = 0,663 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 0,094 = 8,812 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 0,663 = 7,674 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 8,812 \cdot 7,674 = 67,623 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{34748}{67,623} = 558,212 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{55325}{22411} = 2,469 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{26591}{22411} = 1,187 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 2,469 = 4,062 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 1,187 = 6,626 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 4,062 \cdot 6,626 = 26,915 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22411}{26,915} = 832,658 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{40406}{22380} = 1,805 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{45535}{22380} = 2,035 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 1,805 = 5,39 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 2,035 = 4,93 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,39 \cdot 4,93 = 26,573 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22380}{26,573} = 842,208 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia 8:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{40586}{22419} = 1,810 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{45365}{22419} = 2,024 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 1,81 = 5,38 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 2,024 = 4,952 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 5,38 \cdot 4,952 = 26,642 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22419}{26,642} = 841,491 \text{ kPa}$$

### 3.5 Piliere 6 a 7

Piliere 6 a 7 majú pôdorysné rozmery 8,0 x 8,0 m; výšku základovej dosky majú 2,0 m; poloha základovej škáry piliera 6 je 3,6 m pod povrchom terénu, ktorý má v okolí piliera sklon 6 %; u piliera 7 je základová škára najplytšie 3,6 m a najhlbšie 4,2 m pod terénom. Sklon terénu sa pri pilieri 7 mení z 6 % na 10 %.

Tabuľka 11: Zaťaženie základu pilierov 6 a 7

Zaťažovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	35342	30057	23807	966	82
2	20407	22529	11644	485	468
3	23472	31078	14490	607	443
4	34126	31430	22510	917	119
5	19249	22329	10552	438	468
6	35342	24857	25268	1096	82
7	22908	25217	16505	715	162
výpočet sadania					
1	22796	7937	500	0	0

Tabuľka 12: Seizmické zaťaženie základu piliera 6

Zaťažovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	22766	38929	9367	582	2069
2	22669	35076	4928	218	1863
3	22670	35321	4723	214	1841
4	22574	38684	9572	586	2090



Tabuľka 13: Seizmické zaťaženie základu piliera 7

Zaťažovacia kombinácia	$V_d$ (kN)	$M_{x1}$ (kNm)	$M_{x2}$ (kNm)	$H_{x1}$ (kN)	$H_{x2}$ (kN)
výpočet únosnosti					
1	22843	50372	6221	335	2679
2	22751	55350	6967	374	2985
3	22867	55898	6852	373	2980
4	22775	49824	6336	336	2683

**Stanovenie najnepriaznivejšej kombinácie zaťaženia pre piliere 6 a 7:**

Pre kombináciu zaťaženia 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{23807}{35342} = 0,674 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{30057}{35342} = 0,85 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,674 = 6,652 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,85 = 6,3 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 6,652 \cdot 6,3 = 41,908 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{35342}{41,908} = 843,323 \text{ kPa} \quad \text{najnepriaznivejšie zať. pre pilier 6}$$

Pre kombináciu zaťaženia 2:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{11644}{20407} = 0,571 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{22529}{20407} = 1,104 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,571 = 6,858 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,104 = 5,792 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 6,858 \cdot 5,792 = 39,722 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{20407}{39,722} = 513,746 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zaťaženia 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{14490}{23472} = 0,617 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{31078}{23472} = 1,324 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,617 = 6,766 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,324 = 5,352 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 6,766 \cdot 5,352 = 36,212 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{23472}{36,212} = 648,183 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zat'azení 4:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{22510}{34126} = 0,66 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{31430}{34126} = 0,921 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,66 = 6,68 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,921 = 6,158 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 6,68 \cdot 6,158 = 41,135 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{34126}{41,135} = 829,61 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zat'azení 5:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{10552}{19249} = 0,548 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{22329}{19249} = 1,16 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,548 = 6,904 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,16 = 5,68 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 6,904 \cdot 5,68 = 39,215 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{19249}{39,215} = 490,858 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zat'azení 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{25268}{35342} = 0,715 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{24857}{35342} = 0,703 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,715 = 6,57 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,703 = 6,594 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 6,57 \cdot 6,594 = 43,322 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{35342}{43,322} = 815,798 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu zat'azení 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{16505}{22908} = 0,720 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{25217}{22908} = 1,101 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,72 = 6,56 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,101 = 5,798 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 6,56 \cdot 5,798 = 38,035 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22908}{38,035} = 602,287 \text{ kPa}$$



Pre kombináciu seizmického zaťaženia 1 pod pilierom 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{9367}{22766} = 0,411 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{38929}{22766} = 1,71 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,411 = 7,178 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,71 = 4,58 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,178 \cdot 4,58 = 32,875 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22766}{32,875} = 692,502 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia 2 pod pilierom 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{4928}{22669} = 0,217 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{35076}{22669} = 1,547 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,217 = 7,566 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,547 = 4,906 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,566 \cdot 4,906 = 37,12 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22669}{37,12} = 610,70 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia 3 pod pilierom 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{4723}{22670} = 0,208 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{35321}{22670} = 1,558 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,208 = 7,584 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,558 = 4,884 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,584 \cdot 4,884 = 37,04 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22670}{37,04} = 612,041 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia 4 pod pilierom 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{9572}{22574} = 0,424 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{38684}{22574} = 1,714 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,424 = 7,152 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 1,714 = 4,572 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,152 \cdot 4,572 = 32,699 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22574}{32,699} = 690,358 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia 1 pod pilierom 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6221}{22843} = 0,272 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{50372}{22843} = 2,205 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,272 = 7,456 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 2,205 = 3,59 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,456 \cdot 3,59 = 26,767 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22843}{26,767} = 853,402 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia 2 pod pilierom 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6967}{22751} = 0,306 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{55350}{22751} = 2,433 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,306 = 7,388 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 2,433 = 3,134 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,388 \cdot 3,134 = 23,154 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22751}{23,154} = 982,595 \text{ kPa}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia 3 pod pilierom 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6852}{22867} = 0,30 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{55898}{22867} = 2,444 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,30 = 7,4 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 2,444 = 3,112 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,4 \cdot 3,112 = 23,03 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22867}{23,03} = 992,922 \text{ kPa} \quad \text{najnepriaznivejšia kombinácia pre pilier 7}$$

Pre kombináciu seizmického zaťaženia 4 pod pilierom 7:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{6336}{22775} = 0,278 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{49824}{22775} = 2,188 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,278 = 7,444 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 2,188 = 3,624 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,444 \cdot 3,624 = 26,977 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22775}{26,977} = 844,238 \text{ kPa}$$



#### 4. NÁVRH ZAKLADANIA

Zakladanie opôr a pilierov je navrhnuté na základových doskách podopieraných mikropilótami, votknutými do mezozoických hornín. Okrem toho boli posudzované aj možnosti založenia na základových doskách bez podopierania mikropilótami. Návrh mikropilót, resp. plošných prvkov rešpektuje STN EN 1997-1, Národnú prílohu k STN EN 1997-1 a revidovanú STN 73 1001.

##### 4.1 Opora 1

Základ opory 1 musí byť podopieraný hĺbkovými prvkami, pretože časť z neho sa bude nachádzať v násype. Z hľadiska vŕtateľnosti je v daných geologických podmienkach vhodné navrhnuť mikropilóty. Hlavným dôvodom je nedostatok informácií o vlastnostiach podložia. Najbližší prieskumný vrt MP-5 sa nachádza v údolnej nive pri pilieri 2, kde sa dá predpokladať značne odlišnejšia skladba podložia od situácie v priestore opory 1. Opora sa bude posudzovať na kombináciu zaťaženia 4, ktoré vyvodzujú najnepriaznivejšie namáhanie podložia. Oproti pôvodnému projektu je potrebné zvýšiť počet mikropilót o 4 kusy. Pri rozmiestnení mikropilót v pozdĺžnom smere opory po 1,0 m bude spolu  $14 \times 2 = 28$  prvkov  $\varnothing 89/10$  mm vkladných do vrtov  $\varnothing 133$  mm bude pripadať na jednu mikropilótu zvislá sila bez zohľadnenia excentricity

$$F_1 = \frac{V}{n} = \frac{19689}{28} = 703,2 \text{ kN}$$

Návrh mikropilóty musí spĺňať STN EN 1997-1. Rešpektovaním Národnej prílohy k tejto norme musí byť v prípade návrhu výpočtom splnená podmienka

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

kde  $F_{c,d}$  je návrhové zaťaženie 370 kN (stanovené zo zaťaženia piliera podľa STN EN 1990);  
 $R_{c,d}$  – návrhová hodnota medznej únosnosti mikropilóty:

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

Vzhľadom k značným ohybovým momentom bude vo fáze návrhu uvažovaná rezerva v únosnosti mikropilóty približne 100 kN. Vo svahovitom teréne treba rátať so značnou premenlivosťou vlastností podložia.

##### *Únosnosť mikropilóty celkovej dĺžky 12,0 m*

Mikropilóta bude votknutá 0,5 m do základu opory. Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 1 m tesne pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť nerovnorodá, príp. znehodnotená. Na úseku 9,0 m sa bude prevažne vyskytovať zvetraný slieňovec charakteru štrku ílovitého (G5) a spodných 1,5 m bude votknutých do navetraného slieňovca. Vlastnosti podložia budú prebraté z porovnateľnej skúsenosti. Bude sa predpokladať, že vrstvy zemín

s prevládajúcou suťou ílovitou budú mať charakter ílu štrkovitého (triedy F2) tuhej konzistencie.

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2}) = \pi \cdot 0,15 (5,5 \cdot 120 + 5 \cdot 240) = 876,5 \text{ kN}$$

kde  $d$  je priemer vrtu;

$l_i$  – účinná dĺžka mikropilóty v  $i$ -tej vrstve zeminy;

$\tau_{di}$  – mobilizované trenie na plášti v  $i$ -tej vrstve zeminy;

Poznámka:

Hodnoty mobilizovaného napätia na plášti mikropilóty boli použité z porovnateľnej skúsenosti, opierajúcej sa o zaťažovacie skúšky (pozri Turček, P. – Slávik, I.: Zakladanie stavieb, 2002).

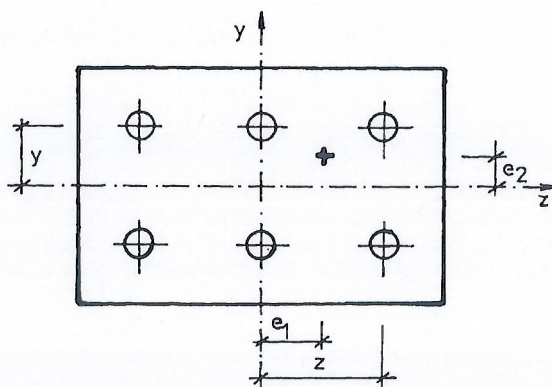
Pretože u mikropilót sa zanedbáva únosnosť päty, návrhová hodnota únosnosti bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 876,5 / (1,1 \cdot 1,1) = 724,38 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia (tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť ocelevej tyče na vzper.

#### **Posúdenie najviac namáhanej mikropilóty**

V dôsledku excentrického zaťaženia nebudú všetky mikropilóty namáhané rovnakou silou. Schéma na výpočet excentrického pôsobenia je na obr. 1.



Obr. 1 Označenie pre výpočet najviac namáhanej pilóty

Vychádzajúc z obr. 1 sa vyráta namáhanie najviac a najmenej zaťaženej pilóty podľa vzťahu

$$F_i = \frac{F_{c;d}}{n} \pm \frac{F_{c;d} e_1 z}{\sum z^2} \pm \frac{F_{c;d} e_2 y}{\sum y^2} = \frac{19689}{28} \pm \frac{19689 \cdot 0,56 \cdot 5,5}{(4,6,5 + 4,5,5 + 4,4,5 + 4,3,5 + 4,2,5 + 4,1,5 + 4,0,5)^2} \pm$$



$$\pm \frac{19689 \cdot 0,579 \cdot 1,0}{(28 \cdot 1)^2} = 703,18 \pm 1,15 \pm 14,54 = 718,87 \text{ kN, resp. } 687,49 \text{ kN}$$

(najviac a najmenej namáhaná mikropilóta)

$$F_i = 718,87 < R_{c,d} = 724,38 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

Únosnosť opory 1 voči namáhaniu vodorovnou silou s vylúčením spolupôsobenia mikropilót a pasívneho odporu zeminy obklopujúceho základ bude:

$$R_{d,h} \cdot A' = (V_d \cdot \tan \varphi_d + c_d \cdot A' + S_{p,d}) / \gamma_{R,h} = (19689 \cdot \tan 29^\circ + 4 \cdot 12,7) / 1,1 = 9967,8 \text{ kN}$$

Výslednica vodorovných síl  $H_{x1}$  a  $H_{x2}$  bude

$$H = \sqrt{5947^2 + 113^2} = 5948,07 \text{ kN} < 9967,8 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Poznámka: Pri posúdení únosnosti vo vodorovnom smere bola zanedbaná mobilizácia tlaku zeminy v pokoji, obklopujúca základ opory.

Posúdenie sadania opory č.1 (zaťaženia z tab. 1):

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{15481}{13158} = 1,18 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{-956}{13158} = -0,073 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 4,0 - 2 \cdot 1,18 = 1,64 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 0,073 = 13,854 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 1,64 \cdot 13,854 = 22,8 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{13158}{22,72} = 579,14 \text{ kPa}$$

Výpočet sadania bude rátný najprv v podmienkach, ako keby mikropilóty neboli inštalované. Pod oporou sa nachádza zvetraný slieňovec charakteru štrku ílovitého, hlbšie navetraný slieňovec. V dôsledku veľkej excentricity je efektívna plocha základovej škáry iba  $6,2 \text{ m}^2$ , z čoho potom vychádza napätie  $986,29 \text{ kPa}$ .

Predpokladané sadanie piliera bude pri okrajových podmienkach  $B = 4,0 \text{ m}$ ,  $B' = 1,64 \text{ m}$ ;  $L/B' = 13,854 / 1,64 = 8,45$ ;  $\sigma_{ol} = 579,14 - (1,0 \cdot 18,5) = 560,64 \text{ kPa}$ ; v podloží sa predpokladá  $E_{oed} = E_{def} / \beta = 15 / 0,62 = 24,19 \text{ MPa}$ ;







**Zhrnutie:**

**Opora 1** bude podopieraná 28 mikropilótami  $\varnothing$  89/10 mm s celkovou dĺžkou 12,0 m, vkladacími do vrtov  $\varnothing$  133 mm rozmiestnenými takto: v smere osi mosta budú mikropilóty medzi sebou vzdialené 2,0 m (1,0 m od osi opory), v priečnom smere k osi mosta budú mikropilóty vzdialené po 1,0 m (od okraja základu 0,5 m). Mikropilóta bude zapustená do základovej dosky na hĺbku 0,5 m. Krídla opory nie sú priamo namáhané mostom, preto dĺžku mikropilót obidvoch krídiel s počtom 4 + 4 mikropilót možno skrátiť na 9,0 m. V prípade výskytu slienitých vápencov alebo iného materiálu ktorý možno zaradiť ako poloskálnu horninu, bude postačovať votknutie mikropilót do tohto prostredia na dĺžku 3,0 m.

**4.2 Pilier 2**

Pilier 2 má pôdorysné rozmery 8,0 x 8,0 m a výšku základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry piliera 2 je 3,3 m pod terénom. Základ piliera je podopieraný 64 mikropilótami so vzdialenosťou medzi sebou po 1,0 m. Návrh zakladania sa bude opierať o výsledky z prieskumného vrtu MP-5.

Najprv je vhodné preukázať, či sú splnené podmienky medzných stavov pre plošné založenie piliera. Základová škára piliera sa bude nachádzať v íle strednej plasticity, tuhej konzistencie. Najnepriaznivejšie kontaktné napätie v základovej škáre (prevzaté z výpočtu kombinácií zaťaženia) bude:

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{31132}{45,982} = 677,048 \text{ kPa}$$

Návrhová únosnosť základu s uvažovaním ílu strednej plasticity (F6) pod základovou škárou bude pre parametre šmykovej pevnosti zeminy  $\varphi = 18^\circ$ ,  $c = 9 \text{ kPa}$  pri hĺbke založenia 3,3 m rovná

$$\begin{aligned} R_d &= (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (9 \cdot 13,1 \cdot 1,18 \cdot 1,07 \cdot \\ &1 + 18,5 \cdot 3,3 \cdot 5,257 \cdot 1,28 \cdot 1,055 \cdot 1 + 0,5 \cdot 18,5 \cdot 6,46 \cdot 2,075 \cdot 0,728 \cdot 1) / 1,4 = \\ &= (148,86 + 433,39 + 90,26) / 1,4 = 480,36 \text{ kPa} < 677,048 \text{ kPa} \Rightarrow \text{nevyhovuje} \end{aligned}$$

kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty (pre  $\varphi_d = 28^\circ$ ,  $c_d = 8 \text{ kPa}$ ):

$$N_q = \text{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \text{tg} \varphi_d) = \text{tg}^2 (45 + 18/2) \cdot \exp (\pi \text{tg} 18) = 5,257$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (5,257 - 1) \cotg 18^\circ = 13,10$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \text{tg} \varphi_d = 1,5 (5,257 - 1) \text{tg} 18^\circ = 2,075$$

$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L) = 1 + 0,2 (6,46 / 7,118) = 1,18$$

$$s_q = 1 + (B' / L) \sin \varphi_d = 1 + (6,46 / 7,118) \sin 18^\circ = 1,28$$



$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L) = 1 - 0,3 (6,46 / 7,118) = 0,728$$

$$d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,3}{6,46}} = 1,07 \quad d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'} \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,3}{6,46} \sin 2 \cdot 18} = 1,055 \quad i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

$$B' = 6,46 \text{ m} \quad L' = 7,118 \text{ m}$$

Pilier 2 musí byť podopieraný mikropilótami. Navrhnutých je 64 mikropilót dlhých 10,0 m. Najnepriaznivejšou kombináciou zaťaženia je kombinácia 8. Na jednu mikropilótu bude pripadať zvislá sila bez zohľadnenia excentricity

$$F_1 = \frac{V}{n} = \frac{31132}{64} = 486,44 \text{ kN} \cong 490 \text{ kN}$$

### **Únosnosť mikropilóty celkovej dĺžky 10,0 m**

Mikropilóta bude votknutá 0,5 m do základu piliera. Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 1 m tesne pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť nerovnorodá, príp. znehodnotená. Na úseku 8,5 m sa bude prevažne vyskytovať tuhý íl so strednou plasticitou a polohy ílovitej suty. Bude sa predpokladať, že vrstvy zemín s prevládajúcou suťou ílovitou budú mať charakter ílu štrkovitého (triedy F2) tuhej konzistencie.

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2} + l_3 \tau_{d3}) = \pi \cdot 0,15 (1,0 \cdot 110 + 2,1 \cdot 260 + 6,4 \cdot 110) = 640,88 \text{ kN}$$

kde  $d$  je priemer vrtu;

$l_i$  – účinná dĺžka mikropilóty v  $i$ -tej vrstve zeminy;

$\tau_{di}$  – mobilizované trenie na plášti v  $i$ -tej vrstve zeminy;

Pretože u mikropilót sa zanedbáva únosnosť päty, návrhová hodnota únosnosti bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 640,88 / (1,1 \cdot 1,1) = 529,65 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia (tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť ocelevej tyče na vzper.

Zaťaženie najviac namáhanej mikropilóty bude

$$F_i = \frac{F_{c;d}}{n} \pm \frac{F_{c;d} e_1 z}{\sum z^2} \pm \frac{F_{c;d} e_2 y}{\sum y^2} = \frac{31132}{64} \pm \frac{31132 \cdot 0,441 \cdot 3,5}{(16,3,5 + 16,2,5 + 16,1,5 + 16,0,5)^2} \pm$$



$$\pm \frac{31132 \cdot 0,77 \cdot 3,5}{(16 \cdot 3,5 + 16 \cdot 2,5 + 16 \cdot 1,5 + 16 \cdot 0,5)^2} = 486,44 \pm 2,93 \pm 5,12 = 494,49 \text{ kN, resp. } 478,39 \text{ kN}$$

(najviac a najmenej namáhaná mikropilóta)

$$F_i = 494,49 < R_{c,d} = 529,65 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

Pre orientačné stanovenie sadania treba rešpektovať zaťažovacie údaje z tab. 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{500}{18490} = 0,027 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{7096}{18490} = 0,384 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,027 = 7,946 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,384 = 7,232 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,946 \cdot 7,232 = 57,465 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18490}{57,465} = 321,76 \text{ kPa}$$

Sadanie piliera 2 podopieraného mikropilótami zapustenými do suťového materiálu charakteru ílu štrkovitého s výplňou tuhej až pevnej konzistencie Napätie na úrovni fiktívnej základovej škáry v mieste špičiek mikropilót bude mať okrajové podmienky na výpočet sadania:  $B = 7,232 \text{ m}$ ;  $L = 7,946 \text{ m}$ ;  $L/B = 7,946 / 7,232 = 1,1$ ;  $\sigma_{ol} = 321,76 - (3,3 \cdot 18,5) = 260,71 \text{ kPa}$ ; v podloží sa predpokladá  $E_{oed} = E_{def} / \beta = 45 / 0,74 = 60,81 \text{ MPa}$ . Výpočet predpokladaného sadania je spracovaný v tab. 16.

Tabuľka 16: Sadanie opory 1 podopieranej mikropilótami

Vrstva č.	$h$ (m)	$z$ (m)	$z/B$	$I_2$	$\sigma_z$ (kPa)	$\sigma_{or}$ (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	$E_{oed}$ (MPa)	$\Delta s$ (m)
1	1,0	0,50	0,069	0,97	252,89	252,7	25,27	60,81	0,00316
2	1,0	1,50	0,207	0,69	179,89	271,7	27,17	60,81	0,00251
3	1,0	2,50	0,346	0,52	135,57	290,7	29,07	60,81	0,00175
4	1,0	3,50	0,484	0,43	112,11	309,7	30,97	60,81	0,00133
5	2,0	5,00	0,691	0,33	86,03	338,2	33,82	60,81	0,00172
6	2,0	7,00	0,968	0,26	67,78	376,2	37,62	60,81	0,00099
7	2,0	9,00	1,244	0,19	49,53	414,2	41,42	60,81	0,00027
8	2,0	11,00	1,521	0,13	33,89	452,2	45,22	60,81	-
celkové sadanie $s$									0,01173

Sadanie piliera 2 s použitím pomerne pesimistických hodnôt deformačných charakteristík pod päťami mikropilót by nemalo presiahnuť hodnotu 11,73 mm. Dá sa ale reálne predpokladať, že stlačiteľnosť hornín v hĺbke 10 m pod päťami mikropilót bude nižšia ako boli zavedené vstupy do výpočtu sadania a teda sadanie piliera bude menšie ako 10 mm.

#### Zhrnutie:

**Pilier 2 bude podopieraný 64 mikropilótami  $\varnothing$  89/10 mm s celkovou dĺžkou 10,0 m, vkladacími do vrtov  $\varnothing$  133 mm rozmiestnenými v pozdĺžnej aj priečnej osi mosta medzi**



sebou po 1,0 m (od okraja základu 0,5 m). Mikropilóty budú zapustené do základovej dosky na hĺbku 0,5 m.

### 4.3 Pilier 3

Pilier 3 má pôdorysné rozmery 8,0 x 8,0 m; výška základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry piliera 3 je 3,3 m pod terénom. Základ piliera je podopieraný 64 mikropilótami so vzdialenosťou medzi sebou po 1,0 m. Návrh zakladania sa bude opierať o výsledky zohľadňujúce prieskumné vrty MP-5 a MP-6.

Z analýza zaťaženia vyšla ako najnepriaznivešia kombinácia zaťaženia 1, pri ktorej vznikne napätie od návrhových síl v základovej škáre:

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{35297}{48,859} = 722,426 \text{ kPa}$$

Návrhová únosnosť základu s uvažovaním ílu stredenej plasticity, tuhej konzistencie (F6) pod základovou škárou bude pre parametre šmykovej pevnosti zeminy  $\varphi = 18^\circ$ ,  $c = 9 \text{ kPa}$  pri hĺbke založenia 3,3 m rovná

$$R_d = (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (9 \cdot 13,1 \cdot 1,198 \cdot 1,069 \cdot 1 + 18,5 \cdot 3,3 \cdot 5,257 \cdot 1,306 \cdot 1,053 \cdot 1 + 0,5 \cdot 18,5 \cdot 6,96 \cdot 2,075 \cdot 0,702 \cdot 1) / 1,4 = (150,99 + 441,36 + 93,78) / 1,4 = 490,09 \text{ kPa} < 722,426 \text{ kPa} \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty (pre  $\varphi_d = 28^\circ$ ,  $c_d = 8 \text{ kPa}$ ):

$$N_q = \text{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \text{tg} \varphi_d) = \text{tg}^2 (45 + 18/2) \cdot \exp (\pi \text{tg} 18) = 5,257$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (5,257 - 1) \cotg 18^\circ = 13,10$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \text{tg} \varphi_d = 1,5 (5,257 - 1) \text{tg} 18^\circ = 2,075$$

$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L) = 1 + 0,2 (6,96 / 7,02) = 1,198$$

$$s_q = 1 + (B' / L) \sin \varphi_d = 1 + (6,96 / 7,02) \sin 18^\circ = 1,306$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L) = 1 - 0,3 (6,96 / 7,02) = 0,702$$

$$d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,3}{6,96}} = 1,069 \quad d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'} \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,3}{6,96} \sin 2 \cdot 18} = 1,053 \quad i_c = i_q = i_\gamma = 1$$



$$B' = 6,96 \text{ m} \quad L' = 7,02 \text{ m}$$

Pilier 3 musí byť podopieraný mikropilótami. Navrhnutých je 64 mikropilót dlhých 10,0 m. Najnepriaznivejšou kombináciou zaťaženia je kombinácia 1. Na jednu mikropilótu bude pripadať zvislá sila bez zohľadnenia excentricity

$$F_1 = \frac{V}{n} = \frac{35297}{64} = 551,52 \text{ kN}$$

### *Únosnosť mikropilóty celkovej dĺžky 10,0 m*

Mikropilóta bude votknutá 0,5 m do základu piliera. Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 1 m tesne pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť nerovnorodá, príp. znehodnotená. Na úseku 8,5 m sa bude vyskytovať približne na 50 % dĺžky súť ílovito-kamená (F2 až G5) a na 50 % íl strednej plasticity tujej konzistencie (F6).

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2} + l_3 \tau_{d3}) = \pi \cdot 0,15 (4,0 \cdot 260 + 4,5 \cdot 110) = 723,35 \text{ kN}$$

kde  $d$  je priemer vrtu;

$l_i$  – účinná dĺžka mikropilóty v  $i$ -tej vrstve zeminy;

$\tau_{di}$  – mobilizované trenie na plášti v  $i$ -tej vrstve zeminy;

Pretože u mikropilót sa zanedbáva únosnosť päty, návrhová hodnota únosnosti bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 723,35 / (1,1 \cdot 1,1) = 597,81 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia (minimálne tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť ocelevej tyče na vzper.

Zaťaženie najviac namáhanej mikropilóty bude

$$F_i = \frac{F_{c;d}}{n} \pm \frac{F_{c;d} e_1 z}{\sum z^2} \pm \frac{F_{c;d} e_2 y}{\sum y^2} = \frac{35297}{64} \pm \frac{35297 \cdot 0,49 \cdot 3,5}{(16,3,5 + 16,2,5 + 16,1,5 + 16,0,5)^2} \pm$$

$$\pm \frac{35297 \cdot 0,52 \cdot 3,5}{(16 \cdot 3,5 + 16 \cdot 2,5 + 16 \cdot 1,5 + 16 \cdot 0,5)^2} = 551,52 \pm 3,69 \pm 3,92 = 559,13 \text{ kN, resp. } 543,91 \text{ kN}$$

(najviac a najmenej namáhaná mikropilóta)

$$F_i = 559,13 < R_{c,d} = 597,81 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

Pre orientačné stanovenie sadania treba rešpektovať zaťažovacie údaje z tab. 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{500}{21915} = 0,023 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{779}{21915} = 0,036 \text{ m}$$



$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,023 = 7,954 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,036 = 7,928 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,954 \cdot 7,928 = 63,059 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{21915}{63,059} = 347,53 \text{ kPa}$$

Sadanie piliera 3 podopieraného mikropilótami zapustenými do suťového materiálu charakteru ílu štrkovitého s výplňou tuhej až pevnej konzistencie. Napätie na úrovni fiktívnej základovej škáry v mieste špičiek mikropilót bude mať okrajové podmienky na výpočet sadania:  $B = 7,928 \text{ m}$ ;  $L = 7,954 \text{ m}$ ;  $L/B = 7,954 / 7,928 = 1,0$ ;  $\sigma_{ol} = 347,53 - (3,3 \cdot 18,5) = 286,48 \text{ kPa}$ ; v podloží sa predpokladajú najprv 2 relatívne tenké, ale pomerne stlačiteľné vrstvy: 0,5 m vrstva piesku ílovitého s  $E_{oed} = E_{def} / \beta = 6 / 0,62 = 9,7 \text{ MPa}$  a pod ním 0,8 m vrstva ílu štrkovitého s  $E_{oed} = E_{def} / \beta = 15 / 0,62 = 24,2 \text{ MPa}$ . Hlbšie spočívajú menej stlačiteľné horniny. Výpočet predpokladaného sadania je spracovaný v tab. 17.

Tabuľka 17: Sadanie opory 1 podopieranej mikropilótami dlhými 10,0 m

Vrstva č.	$h$ (m)	$z$ (m)	$z/B$	$I_2$	$\sigma_z$ (kPa)	$\sigma_{or}$ (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	$E_{oed}$ (MPa)	$\Delta s$ (m)
1	0,5	0,25	0,031	0,99	283,61	250,7	25,07	9,7	0,01333
2	0,8	0,90	0,113	0,87	249,24	262,7	26,27	24,2	0,00737
3	2,6	2,60	0,328	0,52	148,97	294,1	29,41	67,5	0,00461
4	3,0	5,40	0,681	0,33	94,54	345,9	34,59	67,5	0,00266
5	5,0	9,40	1,186	0,19	54,43	419,9	41,99	105,0	0,00059
6	5,0	14,40	1,816	0,11	31,51	512,4	51,24	105,0	-
celkové sadanie $s$									0,02856

Sadanie piliera 3 by v prípade mikropilót dlhých 10 m malo dosahovať 28,56 mm. Túto nepriaznivú hodnotu možno podstatne znížiť predĺžením mikropilót na 12,0 m, čím sa posunie o 2 m hlbšie aj fiktívny základ a zároveň je reálny predpoklad votknutia mikropilót do tuhšieho podložia. Pre tieto nové okrajové podmienky je sadanie vyrátané v tab. 18.

Tabuľka 18: Sadanie opory 1 podopieranej mikropilótami dlhými 12,0 m

Vrstva č.	$h$ (m)	$z$ (m)	$z/B$	$I_2$	$\sigma_z$ (kPa)	$\sigma_{or}$ (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	$E_{oed}$ (MPa)	$\Delta s$ (m)
1	1,9	0,95	0,119	0,85	243,51	258,1	25,81	67,5	0,00613
2	3,0	3,40	0,429	0,45	128,92	303,4	30,34	67,5	0,00438
3	5,0	7,40	0,933	0,25	71,62	377,4	37,74	105,0	0,00161
4	5,0	12,40	1,564	0,13	37,24	469,9	46,99	105,0	-
5	5,0	17,40	2,195	0,08	22,92	562,4	56,24	105,0	-
celkové sadanie $s$									0,01212

Celkové sadanie piliera 3 bez zohľadnenia účinku základovej dosky sa predĺžením mikropilót na 12,0 m dá očakávať do 12,12 mm.



**Zhrnutie:**

**Pilier 3** bude podopieraný 64 mikropilótami  $\varnothing$  89/10 mm s celkovou dĺžkou 12,0 m, vkladnými do vrtoŧ  $\varnothing$  133 mm rozmiestnenými v pozdĺžnej aj priečnej osi mosta medzi sebou po 1,0 m (od okraja základu 0,5 m). Mikropilóty budú zapustené do základovej dosky na hĺbku 0,5 m. Treba poznamenať, že oproti pôvodnému projektu sa ukazuje nevyhnutné predĺženie mikropilót z pôvodných 10,0 m na 12,0 m.

**4.4 Pilier 4**

Pilier 4 má pôdorysné rozmery 8,0 x 8,0 m; výška základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry piliera 4 je 3,3 m pod terénom. Základová škára je na kóte 392,50 m n.m. Základ piliera je podopieraný 64 mikropilótami so vzdialenosťou medzi sebou po 1,0 m. Návrh zakladania sa bude opierať o výsledky zohľadňujúce prieskumné vrty MP-6 a MP-7.

Z analýza zaťaženi vyšla ako najnepriaznivešia kombinácia zaťaženi 1, pri ktorej vznikne napätie od návrhových síl v základovej škáre:

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{21918}{29,375} = 746,145 \text{ kPa} \quad A' = B' \cdot L' = 3,708 \cdot 7,922 = 29,375 \text{ m}^2$$

Návrhová ún osnosť základu s uvažovaním ílu stredenej plasticity, tuhej konzistencie (F6) vyskytujúca sa v relatívne tenších polohách v suti pod základovou škárou bude pre parametre šmykovej pevnosti zeminy  $\varphi = 18^\circ$ ,  $c = 9 \text{ kPa}$  pri hĺbke založeni 3,3 m rovná

$$R_d = (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (9 \cdot 13,1 \cdot 1,093 \cdot 1,094 \cdot 1 + 18,5 \cdot 3,3 \cdot 5,257 \cdot 1,144 \cdot 1,072 \cdot 1 + 0,5 \cdot 18,5 \cdot 3,708 \cdot 2,075 \cdot 0,859 \cdot 1) / 1,4 = \\ = (140,98 + 393,59 + 61,13) / 1,4 = 425,5 \text{ kPa} < 746,145 \text{ kPa} \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty (pre  $\varphi_d = 28^\circ$ ,  $c_d = 8 \text{ kPa}$ ):

$$N_q = \text{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \text{tg} \varphi_d) = \text{tg}^2 (45 + 18/2) \cdot \exp (\pi \text{tg} 18) = 5,257$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (5,257 - 1) \cotg 18^\circ = 13,10$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \text{tg} \varphi_d = 1,5 (5,257 - 1) \text{tg} 18^\circ = 2,075$$

$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L') = 1 + 0,2 (3,708 / 7,922) = 1,093$$

$$s_q = 1 + (B' / L') \sin \varphi_d = 1 + (3,708 / 7,922) \sin 18^\circ = 1,144$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L') = 1 - 0,3 (3,708 / 7,922) = 0,859$$

$$d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,3}{3,708}} = 1,094 \quad d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'} \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,3}{3,708} \sin 2 \cdot 18} = 1,072 \quad i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

Pilier 4 musí byť podpieraný mikropilótami. Navrhnutých je 64 mikropilót dlhých 10,0 m. Najnepriaznivejšou kombináciou zaťaženia je kombinácia 3 pri seizmickom zaťažení. Na jednu mikropilótu bude pripadať zvislá sila bez zohľadnenia excentricity

$$F_1 = \frac{V}{n} = \frac{21918}{64} = 342,47 \text{ kN}$$

### **Únosnosť mikropilóty celkovej dĺžky 10,0 m**

Mikropilóta bude votknutá 0,5 m do základu piliera. Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 1 m tesne pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť nerovnorodá, príp. znehodnotená. Na úseku 8,5 m sa bude vyskytovať približne na 50 % dĺžky súť ílovito-kamená (F2 až G5) a na 50 % íl strednej plasticity tujej konzistencie (F6).

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2} + l_3 \tau_{d3}) = \pi \cdot 0,15 (4,0 \cdot 260 + 4,5 \cdot 110) = 723,35 \text{ kN}$$

kde  $d$  je priemer vrtu;

$l_i$  – účinná dĺžka mikropilóty v  $i$ -tej vrstve zeminy;

$\tau_{di}$  – mobilizované trenie na plášti v  $i$ -tej vrstve zeminy;

Pretože u mikropilót sa zanedbáva únosnosť päty, návrhová hodnota únosnosti bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 723,35 / (1,1 \cdot 1,1) = 597,81 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia (minimálne tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť ocelevej tyče na vzper.

Zaťaženie najviac namáhanej mikropilóty bude

$$F_i = \frac{F_{c;d}}{n} \pm \frac{F_{c;d} e_1 z}{\sum z^2} \pm \frac{F_{c;d} e_2 y}{\sum y^2} = \frac{21918}{64} \pm \frac{21918 \cdot 0,039 \cdot 3,5}{(16,3,5 + 16,2,5 + 16,1,5 + 16,0,5)^2} \pm$$

$$\pm \frac{21918 \cdot 2,146 \cdot 3,5}{(16 \cdot 3,5 + 16 \cdot 2,5 + 16 \cdot 1,5 + 16 \cdot 0,5)^2} = 342,47 \pm 0,18 \pm 10,05 = 352,7 \text{ kN, resp. } 314,42 \text{ kN}$$

(najviac a najmenej namáhaná mikropilóta)

$$F_i = 352,7 < R_{c,d} = 597,81 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$



Pre orientačné stanovenie sadania treba rešpektovať zaťažovacie údaje z tab. 6:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{500}{21915} = 0,023 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{779}{21915} = 0,036 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 8,0 - 2 \cdot 0,023 = 7,954 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 8,0 - 2 \cdot 0,036 = 7,928 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 7,954 \cdot 7,928 = 63,059 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{21915}{63,059} = 347,53 \text{ kPa}$$

Sadanie piliera 4 podopieraného mikropilótami zapustenými do suťového materiálu charakteru ílu štrkovitého s výplňou tuhej až pevnej konzistencie. Napätie na úrovni fiktívnej základovej škáry v mieste špičiek mikropilót bude mať okrajové podmienky na výpočet sadania:  $B = 8,1 \text{ m}$ ;  $L = 8,1 \text{ m}$ ;  $L/B = 8,1 / 8,1 = 1,0$ ;  $\sigma_{ol} = 347,53 - (3,3 \cdot 18,5) = 286,48 \text{ kPa}$ .

Model podložia bol zostavený z vrstiev MP-6 a MP-7. V podloží sa pod špičkami mikropilót predpokladá nasledovné zloženie:

1,5 m suť s výplňou ílu piesčitého  $E_{\text{oed}} = E_{\text{def}} / \beta = 14 / 0,62 = 22,58 \text{ MPa}$

2,6 m štrk ílovitý  $E_{\text{oed}} = E_{\text{def}} / \beta = 60 / 0,74 = 81 \text{ MPa}$

2,0 m sleňovec silne zvetraný  $E_{\text{oed}} = E_{\text{def}} / \beta = 70 / 0,74 = 95 \text{ MPa}$

8,0 m sliňovec zvetraný a navetraný  $E_{\text{oed}} = E_{\text{def}} / \beta = 200 / 0,9 = 230 \text{ MPa}$

Výpočet predpokladaného sadania je spracovaný v tab. 19.

Tabuľka 19: Sadanie piliera 4 podopieraného mikropilótami dlhými 10,0 m

Vrstva č.	$h$ (m)	$z$ (m)	$z/B$	$I_2$	$\sigma_z$ (kPa)	$\sigma_{or}$ (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	$E_{\text{oed}}$ (MPa)	$\Delta s$ (m)
1	1,5	0,75	0,092	0,91	260,70	250,7	50,14	22,58	0,01399
2	1,3	2,15	0,265	0,60	171,89	276,6	55,10	81,0	0,00187
3	1,3	3,45	0,426	0,45	128,92	300,6	60,12	81,0	0,00110
4	2,0	5,10	0,630	0,35	100,27	331,1	66,22	95,0	0,00072
5	4,0	8,10	1,000	0,24	68,76	386,6	77,32	230,0	-
6	4,0	12,10	1,494	0,15	42,97	460,6	92,12	230,0	-
celkové sadanie $s$									0,01768

Predpokladané sadanie piliera 4 bude 19,89 mm. Je veľmi pravdepodobné, že 1,5 m hrubá vrstva suti vyplnenej piesčitým ílom bude mať výrazne vyššiu hodnotu  $E_{\text{oed}}$  než 19,5 MPa.

#### Zhrnutie:

**Pilier 4 bude podopieraný 64 mikropilótami  $\varnothing 89/10 \text{ mm}$  s celkovou dĺžkou 10,0 m, vkladnými do vrstiev  $\varnothing 133 \text{ mm}$  rozmiestnenými takto: v smere osi mosta (rovnako aj v smere priečnom k osi mosta) budú mikropilóty medzi sebou vzdialené po 1,0 m. Od okraja základovej dosky, ktorej rozmery sú 8,0 x 8,0 m, budú krajné mikropilóty vzdialené 0,5 m. Mikropilóty budú zapustené do základovej dosky na hĺbku 0,5 m.**



#### 4.5 Pilier 5

Pilier 5 má pôdorysné rozmery 9,0 x 9,0 m a výšku základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry piliera 5 je 3,2 m pod terénom na kóte 392,50 m n.m. Základ piliera je podopieraný 64 mikropilótami so vzdialenosťou medzi sebou po 1,0 m. Návrh zakladania sa bude opierať o výsledky z prieskumného vrtu MP-7.

Najprv je vhodné preukázať, či sú splnené podmienky medzných stavov pre plošné založenie piliera. Základová škára piliera sa bude nachádzať v ílovitej suti zatriedenej ako íl štrkovitý (CG-F2) s ílovou zložkou tuhej konzistencie.

Najnepriaznivejšie kontaktné napätie v základovej škáre (prevzaté z výpočtu kombinácií zaťaženia) bude:

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22380}{26,573} = 842,208 \text{ kPa}$$

Charakteristické vlastnosti ílu štrkovitého tuhej konzistencie (F2) pod základovou škárou sú podľa porovnateľnej skúsenosti  $\varphi = 24 - 30^\circ$ ;  $c = 6 - 14 \text{ kPa}$ ;  $E_{\text{def}} = 7 - 15 \text{ MPa}$ ;  $\beta = 0,62$ ;  $\nu = 0,35$ ;  $\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$ . Návrhová únosnosť základu bude pre parametre šmykovej pevnosti  $\varphi = 26^\circ$ ;  $c = 8 \text{ kPa}$ :

$$R_d = (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (8 \cdot 22,24 \cdot 1,183 \cdot 1,08 \cdot 1,0 + 18,5 \cdot 3,2 \cdot 11,85 \cdot 1,4 \cdot 1,051 \cdot 1,0 + 0,5 \cdot 19,5 \cdot 4,93 \cdot 7,94 \cdot 0,726 \cdot 1,0) / 1,4 = (227,32 + 1032,21 + 277,08) / 1,4 = 1097,58 \text{ kPa} > 842,208 \text{ kPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty (pre  $\varphi_d = 26^\circ$ ,  $c_d = 8 \text{ kPa}$ ):

$$N_q = \text{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \text{tg} \varphi_d) = \text{tg}^2 (45 + 26/2) \cdot \exp (\pi \text{tg} 26) = 11,85$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (11,85 - 1) \cotg 26^\circ = 22,24$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \text{tg} \varphi_d = 1,5 (11,85 - 1) \text{tg} 26^\circ = 7,94$$

$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L) = 1 + 0,2 (4,93 / 5,39) = 1,183$$

$$s_q = 1 + (B' / L) \sin \varphi_d = 1 + (4,93 / 5,39) \sin 26^\circ = 1,4$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L) = 1 - 0,3 (4,93 / 5,39) = 0,726$$

$$d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,2}{4,93}} = 1,08 \quad d_\gamma = 1$$



$$d_q = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'} \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,2}{4,93} \sin 2 \cdot 26} = 1,051 \quad i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

$$B' = 4,93 \text{ m} \quad L' = 5,39 \text{ m}$$

Do výpočtu sadania vstupujú údaje z tab. 9:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{500}{23267} = 0,021 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{3027}{23267} = 0,13 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 9,0 - 2 \cdot 0,021 = 8,958 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 9,0 - 2 \cdot 0,13 = 8,74 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 8,958 \cdot 8,74 = 78,29 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{23267}{78,29} = 297,19 \text{ kPa}$$

Predpokladané sadanie piliera 5 bude pri okrajových podmienkach  $B' = 8,74 \text{ m}$ ,  $L' = 8,958 \text{ m}$ ;  $L'/B' = 8,958 / 8,74 = 1,02$ ;  $\sigma_{ol} = 297,19 - (3,2 \cdot 18,5) = 237,99 \text{ kPa}$ ; v podloží sa pod základovou škárou predpokladajú tieto vlastnosti zemín:

7,3 m F2 tuhý:  $E_{\text{oed}} = E_{\text{def}} / \beta = 9 / 0,62 = 14,51 \text{ MPa}$ ;

0,8 m F8 tuhý:  $E_{\text{oed}} = E_{\text{def}} / \beta = 4 / 0,37 = 10,81 \text{ MPa}$ ;

1,3 m F2 (F6 pevný):  $E_{\text{oed}} = E_{\text{def}} / \beta = 9 / 0,47 = 19,15 \text{ MPa}$ ;

3,2 m G3:  $E_{\text{oed}} = E_{\text{def}} / \beta = 80 / 0,83 = 96,38 \text{ MPa}$ ;

hlbšie zvetrané vápence:  $E_{\text{oed}} = E_{\text{def}} / \beta = 90 / 0,9 = 100,0 \text{ MPa}$ ;

Tabuľka 20: Sadanie pod charakteristickým bodom piliera 5

Vrstva č.	H (m)	z (m)	z / B	$I_2$	$\sigma_z$ (kPa)	$\sigma_{or}$ (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	$E_{\text{oed}}$ (MPa)	$\Delta s$ (m)
1	1,0	0,50	0,057	0,98	233,23	59,20	11,84	14,51	0,01526
2	2,0	2,00	0,229	0,64	152,31	96,20	19,24	14,51	0,01834
3	2,0	4,00	0,457	0,43	102,34	133,20	26,64	14,51	0,01043
4	2,3	6,15	0,704	0,33	78,54	172,97	34,59	14,51	0,00697
5	0,8	7,70	0,881	0,27	64,26	201,65	40,33	10,81	0,00177
6	1,3	8,75	1,001	0,24	57,12	221,07	44,21	19,15	0,00088
7	3,2	11,00	1,258	0,18	42,84	292,70	52,54	96,38	-
8	5,0	15,10	1,728	0,12	28,56	338,55	67,71	100,0	-
celkové sadanie s									0,05365

Predpokladané sadanie základu piliera (bez uvažovania mikropiót) je  $s = 53,65 \text{ mm}$ .

### Únosnosť mikropilóty celkovej dĺžky 10,0 m

Mikropilóta bude votknutá 0,5 m do základu piliera. Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 1 m tesne pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť nerovnorodá, príp. znehodnotená. Na úseku 6,3 m sa bude prevažne vyskytovať íl štrkovitý a polohy ílovitej sute.







Aplikáciou štandardného výpočtového modelu pre hĺbkové základy bude predpokladané sadanie základu piliera je  $s = 4,21$  mm.

#### Zhrnutie:

**Pilier 5 bude podopieraný 64 mikropilótami  $\varnothing 89/10$  mm s celkovou dĺžkou 10,0 m, vkladacími do vrtov  $\varnothing 133$  mm rozmiestnenými takto: v smere osi mosta (rovnako aj v smere priečnom k osi mosta) budú mikropilóty medzi sebou vzdialené po 1,0 m. Od okraja základovej dosky, ktorej rozmery sú 9,0 x 9,0 m, budú krajné mikropilóty vzdialené 1,0 m. Mikropilóty budú zapustené do základovej dosky na hĺbku 0,5 m.**

#### 4.6 Pilier 6

Pilier 6 má pôdorysné rozmery 8,0 x 8,0 m a výšku základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry piliera 6 je 3,3 m pod terénom na kóte 392,50 m n.m. Základ piliera je podopieraný 64 mikropilótami so vzdialenosťou medzi sebou po 1,0 m. Návrh zakladania sa bude opierať o výsledky z kopanej sondy KPS 6 a čiastočne prieskumného vrtu MP-7.

Najnepriaznivejšie kontaktné napätie v základovej škáre (prevzaté z výpočtu kombinácií zaťaženie I) bude:

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{35342}{41,908} = 843,323 \text{ kPa}$$

$$B' = 6,3 \text{ m} \quad L' = 6,652 \text{ m} \quad A' = B' \cdot L' = 6,3 \cdot 6,652 = 41,908 \text{ m}^2$$

Základová škára piliera sa bude nachádzať v ílovitej suti zatriedenej ako íl štrkovitý (CG-F2) s ílovou zložkou tuhej konzistencie. Charakteristické vlastnosti ílu štrkovitého tuhej konzistencie (F2) pod základovou škárou sú podľa porovnateľnej skúsenosti  $\varphi = 24 - 30^\circ$ ;  $c = 6 - 14$  kPa;  $E_{\text{def}} = 7 - 15$  MPa;  $\beta = 0,62$ ;  $\nu = 0,35$ ;  $\gamma = 19,5$  kN/m<sup>3</sup>. Návrhová únosnosť základu bude pre parametre šmykovej pevnosti  $\varphi = 26^\circ$ ;  $c = 8$  kPa:

$$R_d = (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (8 \cdot 22,24 \cdot 1,189 \cdot 1,072 \cdot 1,0 + 18,5 \cdot 3,3 \cdot 11,85 \cdot 1,415 \cdot 1,064 \cdot 1,0 + 0,5 \cdot 19,5 \cdot 6,3 \cdot 7,94 \cdot 0,715 \cdot 1,0) / 1,4 = (226,78 + 1089,18 + 348,71) / 1,4 = 1189,05 \text{ kPa} > 843,323 \text{ kPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty (pre  $\varphi_d = 26^\circ$ ,  $c_d = 8$  kPa):

$$N_q = \text{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \text{tg} \varphi_d) = \text{tg}^2 (45 + 26/2) \cdot \exp (\pi \text{tg} 26) = 11,85$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (11,85 - 1) \cotg 26^\circ = 22,24$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \text{tg} \varphi_d = 1,5 (11,85 - 1) \text{tg} 26^\circ = 7,94$$



$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L) = 1 + 0,2 (6,3 / 6,652) = 1,189$$

$$s_q = 1 + (B' / L) \sin \varphi_d = 1 + (6,3 / 6,652) \sin 26^\circ = 1,415$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L) = 1 - 0,3 (6,3 / 6,652) = 0,715$$

$$d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,3}{6,3}} = 1,072 \quad d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'} \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,3}{6,3} \sin 2 \cdot 26} = 1,064 \quad i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

Do výpočtu sadania vstupujú údaje z tab. 11:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{500}{22796} = 0,022 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{7937}{22796} = 0,348 \text{ m}$$

5 % zo šírky základu 8,0 m je 0,4 m. Pretože excentricita je menšia ako 0,4 m, možno ju v ďalšom zanedbať.

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22796}{8,0 \cdot 8,0} = 356,19 \text{ kPa} \quad \text{najnepriaznivejšie zať. pre pilier 6}$$

$\sigma_{ol} = 356,19 - (3,3 \cdot 19,5) = 291,84 \text{ kPa}$ ; v podloží sa pod základovou škárou predpokladajú podobné vlastnosti vlastnosti zemín ako pod pilierom 5:

Tabuľka 22: Priemerné sadanie pod základovou doskou piliera 6

Vrstva č.	H (m)	z (m)	z / B	$I_2$	$\sigma_z$ (kPa)	$\sigma_{or}$ (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	$E_{oed}$ (MPa)	$\Delta s$ (m)
1	1,0	0,50	0,057	0,98	286,00	59,20	11,84	14,51	0,01890
2	2,0	2,00	0,229	0,64	186,78	96,20	19,24	14,51	0,02309
3	2,0	4,00	0,457	0,43	125,49	133,20	26,64	14,51	0,01363
4	2,3	6,15	0,704	0,33	96,31	172,97	34,59	14,51	0,00983
5	0,8	7,70	0,881	0,27	78,80	201,65	40,33	10,81	0,00285
6	1,3	8,75	1,001	0,24	70,04	221,07	44,21	19,15	0,00175
7	3,2	11,00	1,258	0,18	52,53	292,70	52,54	96,38	-
8	5,0	15,10	1,728	0,12	35,02	338,55	67,71	100,0	-
celkové sadanie s									0,07005

Z dôvodu nadmerného sadania sa navrhlo podoprenie základu mikropilótami.

### Únosnosť mikropilóty pôvodnej celkovej dĺžky 10,0 m

Mikropilóta bude votknutá 0,5 m do základu piliera. Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 1 m tesne pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť nerovnorodá, príp.



znehodnotená. Na úseku 6,3 m sa bude prevažne vyskytovať íl štrkovitý a polohy ílovitej sute. Hlbšie bude 0,8 m hrubá vrstva tuhého vysokoplastického ílu (F8), pod ňou 1,3 m hrubá vrstva ílu štrkovitého pevnej konzistencie a špička mikropilóty bude na hĺbku 0,1 m ukončená v štrku s prímiesou jemnozrnnej zeminy. Potom charakteristická únosnosť mikropilóty bude:

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2} + l_3 \tau_{d3}) = \pi \cdot 0,15 (6,3 \cdot 110 + 0,8 \cdot 90 + 1,3 \cdot 160 + 0,1 \cdot 230) = 469,35 \text{ kN}$$

kde  $d$  je priemer vrtu;

$l_i$  – účinná dĺžka mikropilóty v  $i$ -tej vrstve zeminy;

$\tau_{di}$  – mobilizované trenie na plášti v  $i$ -tej vrstve zeminy;

Pretože u mikropilót sa zanedbáva únosnosť päty, návrhová hodnota únosnosti bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 469,35 / (1,1 \cdot 1,1) = 387,89 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia (tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť oceľovej tyče na vzper. Zatiaženie najviac namáhanej mikropilóty bude (vzhľadom na oprávnenie zanedbať excentricitu)

$$F_1 = \frac{V}{n} = \frac{35342}{64} = 552,19 \text{ kN}$$

### **Úprava dĺžky mikropilóty na 12,0 m**

Ak sa v podloží budú vyskytovať horniny v takých vrstvách a kvalite ako bolo uvažované vo výpočte, bude potrebné predĺžiť mikropilóty o 2,0 m na celkových 12,0 m. Potom bude únosnosť jednej mikropilóty

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2} + l_3 \tau_{d3}) = \pi \cdot 0,15 (6,3 \cdot 110 + 0,8 \cdot 90 + 1,3 \cdot 160 + 2,1 \cdot 230) = 686,12 \text{ kN}$$

a návrhová hodnota únosnosti bude  $R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 686,12 / (1,1 \cdot 1,1) = 567,04 \text{ kN} > 552,19 \text{ kN} \Rightarrow$  vyhovuje

V prípade, že sa pri vŕtaní narazí na navetrané slienité vápence, je možné skrátiť mikropilótu tak, aby min. 3,0 m koreňa bolo votknuté do skalnej horniny. V takom prípade bude únosnosť mikropilóty (so zohľadnením iba časti votknutej so skalnej horniny):

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1}) = \pi \cdot 0,15 (3,0 \cdot 700) = 989,6 \text{ kN}$$

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 989,6 / (1,1 \cdot 1,1) = 817,85 \text{ kN} > 552,19 \text{ kN} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Predpokladané sadanie piliera 5 podopieraného 64 mikropilótami bude pri okrajových podmienkach  $B_{fik} = 7,2 \text{ m}$ ,  $L_{fik} = 7,2 \text{ m}$ ;  $L_{fik} / B_{fik} = 7,2 / 7,2 = 1,0$ ;  $\sigma_{ol} = 356,19 - (3,3 \cdot 19,5) = 291,84 \text{ kPa}$ ; v podloží sa pod úrovňou fiktívneho základu predpokladajú tieto vlastnosti zemín:



3,1 m G3:  $E_{\text{oed}} = E_{\text{def}} / \beta = 80 / 0,83 = 96,38 \text{ MPa}$ ;

hlbšie zvetrané vápence:  $E_{\text{oed}} = E_{\text{def}} / \beta = 90 / 0,9 = 100,0 \text{ MPa}$ ;

Tabuľka 23: Priemerné sadanie piliera 6 podopieraného mikropilótami

Vrstva č.	$H$ (m)	$z$ (m)	$z/B$	$I_2$	$\sigma_z$ (kPa)	$\sigma_{\text{or}}$ (kPa)	$m \sigma_{\text{or}}$ (kPa)	$E_{\text{oed}}$ (MPa)	$\Delta s$ (m)
1	1,0	0,50	0,071	0,96	280,17	237,85	47,57	96,38	0,00241
2	1,0	1,50	0,214	0,66	192,61	256,35	51,27	96,38	0,00147
3	1,1	2,55	0,364	0,50	145,92	275,77	55,15	96,38	0,00104
4	2,0	4,10	0,586	0,36	105,06	304,45	60,89	100,00	0,00088
5	2,0	6,10	0,871	0,27	78,80	341,45	68,29	100,00	0,00021
6	2,0	8,10	1,157	0,20	58,37	378,45	75,69	100,00	-
7	2,0	10,10	1,443	0,16	46,69	415,45	83,09	100,00	-
celkové sadanie $s$									0,00601

Aplikáciou štandardného výpočtového modelu pre hĺbkové základy bude predpokladané sadanie základu piliera je  $s = 6,01 \text{ mm}$ .

#### Zhrnutie:

**Pilier 6 bude podopieraný 64 mikropilótami  $\varnothing 89/10 \text{ mm}$  s celkovou dĺžkou 12,0 m, vkladnými do vrtov  $\varnothing 133 \text{ mm}$  rozmiestnenými takto: v smere osi mosta (rovnako aj v smere priečnom k osi mosta) budú mikropilóty medzi sebou vzdialené po 1,0 m. Od okraja základovej dosky, ktorej rozmery sú 8,0 x 8,0 m, budú krajné mikropilóty vzdialené 0,5 m. Mikropilóty budú zapustené do základovej dosky na hĺbku 0,5 m. V prípade, ak sa pri vŕtaní mikropilót preukáže dosiahnutie navetraného slienitého vápence, je možné ukončiť mikropilóty aj kratšie s tým, že min. 3,0 m úsek koreňa musí byť zviazaný do navetraného slienitého vápence.**

#### 4.7 Pilier 7

Pilier 7 má pôdorysné rozmery 8,0 x 8,0 m a výšku základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry piliera 7 je 3,6 m pod terénom na kóte 394,50 m n.m. Základ piliera je podopieraný 64 mikropilótami so vzdialenosťou medzi sebou po 1,0 m. Výsledky kopanej sondy KSP-3 neponúkajú dostatočne spoľahlivé informácie o podloží, pretože sonda hlboká 4,3 m sa kopala na kóte 400,61 m n.m. (jej dno je 2,5 m pod povrchom terénu, teda je vyššie ako je základová škára základovej dosky). Jej situovanie v blízkosti základu umožňuje predpokladať, že na hodnotenie vlastností hornín podložia budú čiastočne aplikované prenesené poznatky z vrtu MP-7.

Najnepriaznivejšie kontaktné napätie v základovej škáre bude spôsobené seizmickým zaťažením v kombinácii zaťaženia 3:

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22867}{23,03} = 992,922 \text{ kPa}$$



$$\text{kde } B' = 3,112 \text{ m} \quad L' = 7,4 \text{ m} \quad A' = B' \cdot L' = 7,4 \cdot 3,112 = 23,03 \text{ m}^2$$

Pilier 7 sa nachádza pri päte svahu. Zvretrané mezozoické vápence a slienité bridlice tu vystupujú 1,2 m pod povrch terénu. Výškový rozdiel povrchu terénu medzi najvyšším a najnižším bodom okraja základu dosahuje 3 m. Dá sa predpokladať, že vo svojej najnižšej časti bude základová doska piliera už spočívať v zvetranom mezozoickom súvrství. Do výpočtu sadania budú vstupovať charakteristiky tejto polohy. Z porovnateľnej skúsenosti sú priradené podložíu tieto charakteristiky šmykovej pevnosti  $\varphi = 33^\circ$ ;  $c = 0 \text{ kPa}$

$$R_d = (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (0 \cdot 38,63 \cdot 1,084 \cdot 1,107 \cdot 1,0 + 18,5 \cdot 1,5 \cdot 26,09 \cdot 1,184 \cdot 1,095 \cdot 1,0 + 0,5 \cdot 18,5 \cdot 3,112 \cdot 24,44 \cdot 0,874 \cdot 1,0) / 1,4 = (0 + 938,65 + 614,88) / 1,4 = 1109,66 \text{ kPa} > 992,922 \text{ kPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty:

$$N_q = \text{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \text{tg} \varphi_d) = \text{tg}^2 (45 + 33/2) \cdot \exp (\pi \text{tg} 33) = 26,09$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (26,09 - 1) \cotg 33^\circ = 38,63$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \text{tg} \varphi_d = 1,5 (26,09 - 1) \text{tg} 33^\circ = 24,44$$

$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L') = 1 + 0,2 (3,112 / 7,4) = 1,084$$

$$s_q = 1 + (B' / L') \sin \varphi_d = 1 + (3,112 / 7,4) \sin 26^\circ = 1,184$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L') = 1 - 0,3 (3,112 / 7,4) = 0,874$$

$$d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,6}{3,112}} = 1,107 \quad d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'} \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{3,6}{3,112} \sin 2 \cdot 26} = 1,095 \quad i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

Do výpočtu sadania vstupujú údaje z tab. 11:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{500}{22796} = 0,022 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{7937}{22796} = 0,348 \text{ m}$$

5 % zo šírky základu 8,0 m je 0,4 m. Pretože excentricita je menšia ako 0,4 m, možno ju v ďalšom zanedbať.

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{22796}{8,0 \cdot 8,0} = 356,19 \text{ kPa}$$



$\sigma_{ol} = 356,19 - (3,6 \cdot 19,5) = 285,99$  kPa; v podloží sa pod základovou škárou predpokladá nasledovné zloženie:

do hĺbky 3,1 m pod základovou škárou zvetrané až silne zvetrané slienité bridlice a vápence  $E_{def} = 120$  MPa; hlbšie navetrané až zvetrané slienité bridlice a vápence  $E_{def} = 250$  MPa

Tabuľka 24: Priemerné sadanie pod základovou doskou piliera 7

Vrstva č.	H (m)	z (m)	z / B	$I_2$	$\sigma_z$ (kPa)	$\sigma_{or}$ (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	$E_{oed}$ (MPa)	$\Delta s$ (m)
1	1,0	0,50	0,062	0,97	277,41	79,95	15,99	120	0,00218
2	2,1	2,05	0,256	0,60	171,59	110,17	22,03	120	0,00262
3	2,0	4,10	0,512	0,40	114,40	150,15	30,03	250	0,00067
4	2,0	6,10	0,762	0,30	85,80	189,15	37,83	250	0,00038
5	2,0	8,10	1,012	0,21	60,06	228,15	45,63	250	0,00012
6	2,0	10,10	1,262	0,18	51,48	267,15	53,43	250	-
7	2,0	12,10	1,512	0,13	37,18	306,15	61,23	250	-
celkové sadanie s									0,00627

Predpokladané sadanie základu piliera č. 7 dosiahne pri predpoklade výskytu zvetraných mezozoických hornín pod základovou škárou hodnotu 6,27 mm. Podoprenie základu mikropilótami je zbytočné.

#### 4.8 Pilier 8

Pilier 8 má pôdorysné rozmery 8,0 x 8,0 m a výšku základovej dosky 2,0 m; poloha základovej škáry piliera 8 je 4,2 m pod terénom na kóte 402,00 m n.m. Základ piliera je v pôvodnom projekte podopieraný 64 mikropilótami so vzdialenosťou medzi sebou po 1,0 m. Výsledky kopanej sondy KSP-4 možno brať do úvahy, pretože sa nachádza tesne pri základe piliera. Sonda KSP-4 je situovaná pri rohu základu s povrchom terénu 408,24 m n.m. (jej dno je 2,0 m nad úrovňou základovej škáry). Výškový rozdiel v rozsahu základu dosahuje 5 m; možno predpokladať, že základová škára piliera bude výškovo situovaná do rozhrania ílovito-kamenitej suty so silne zvetraným slienitým vápencom. Sklon vrstiev do svahu nevytvára riziko aktivizovania zosuvu. Z porovnateľnej skúsenosti sú priradené podložiu tieto charakteristiky šmykovej pevnosti  $\varphi = 33^\circ$ ;  $c = 0$  kPa.

Najnepriaznivejšie kontaktné napätie v základovej škáre bude spôsobené kombináciou zaťaženia 8:

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{31132}{45,982} = 677,048 \text{ kPa}$$

$$\text{kde } B' = 6,46 \text{ m} \quad L' = 7,118 \text{ m} \quad A' = B' \cdot L' = 6,46 \cdot 7,118 = 45,982 \text{ m}^2$$

$$R_d = (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (0 \cdot 38,63 \cdot 1,18 \cdot 1,053 \cdot 1,0 \cdot 0,721 + 18,5 \cdot 1,5 \cdot 26,09 \cdot 1,49 \cdot 1,053 \cdot 1,0 \cdot 0,732 + 0,5 \cdot 18,5 \cdot 6,46 \cdot 24,44 \cdot 0,727 \cdot 1,0 \cdot 0,732) / 1,4 = (0 + 831,5 + 777,18) / 1,4 = 1149,05 \text{ kPa} > 677,048 \text{ kPa} \Rightarrow \text{vyhovuje}$$



kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty:

$$N_q = \operatorname{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \operatorname{tg} \varphi_d) = \operatorname{tg}^2 (45 + 33/2) \cdot \exp (\pi \operatorname{tg} 33) = 26,09$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (26,09 - 1) \cotg 33^\circ = 38,63$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \operatorname{tg} \varphi_d = 1,5 (26,09 - 1) \operatorname{tg} 33^\circ = 24,44$$

$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L) = 1 + 0,2 (6,46 / 7,118) = 1,18$$

$$s_q = 1 + (B' / L) \sin \varphi_d = 1 + (6,46 / 7,118) \sin 33^\circ = 1,49$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L) = 1 - 0,3 (6,46 / 7,118) = 0,727$$

$$d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{2}{6,46}} = 1,055 \quad d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'} \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{2}{6,46} \sin 2 \cdot 33} = 1,053 \quad i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

$$j_q = j_\gamma = (1 - \operatorname{tg} \beta)^2 = (1 - \operatorname{tg} 15^\circ) = 0,732$$

$$j_c = j_q - \frac{1 - j_q}{N_c \operatorname{tg} \varphi_d} = 0,732 - \frac{1 - 0,732}{38,63 \cdot \operatorname{tg} 33} = 0,721$$

Do výpočtu sadania vstupujú údaje z tab. 3:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{500}{18490} = 0,027 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{7096}{18490} = 0,384 \text{ m}$$

5 % zo šírky základu 8,0 m je 0,4 m. Pretože excentricita je menšia ako 0,4 m, možno ju v ďalšom zanedbať.

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{18490}{8,0 \cdot 8,0} = 288,91 \text{ kPa}$$

$\sigma_{ol} = 288,91 - (1,5 \cdot 19,5) = 259,66 \text{ kPa}$ ; v podloží sa pod základovou škárou predpokladá nasledovné zloženie:

do hĺbky 1,5 m pod základovou škárou zvetrané až silne zvetrané slienité bridlice a vápence  $E_{\text{def}} = 85 \text{ MPa}$ ; hlbšie navetrané až zvetrané slienité bridlice a vápence  $E_{\text{def}} = 250 \text{ MPa}$

Tabuľka 25: Priemerné sadanie pod základovou doskou piliera 8

Vrstva č.	H (m)	z (m)	z / B	I <sub>2</sub>	σ <sub>z</sub> (kPa)	σ <sub>or</sub> (kPa)	m σ <sub>or</sub> (kPa)	E <sub>oed</sub> (MPa)	Δs (m)
1	1,5	0,75	0,094	0,92	238,88	43,87	8,77	90	0,00384
2	2,0	2,50	0,312	0,54	140,22	78,00	15,60	250	0,00100
3	2,0	4,50	0,562	0,38	98,67	117,00	23,40	250	0,00061
4	2,0	6,50	0,812	0,28	72,70	156,00	31,20	250	0,00033
5	2,0	8,50	1,062	0,21	54,53	195,00	39,00	250	0,00012
6	2,0	10,50	1,312	0,17	44,14	234,00	46,80	250	-
7	2,0	12,50	1,562	0,13	33,76	273,00	54,60	250	-
celkové sadanie s									0,00590

Predpokladané sadanie základu piliera č. 8 dosiahne pri predpoklade výskytu zvetraných mezozoických hornín pod základovou škárou hodnotu 5,9 mm. Podoprenie základu mikropilótami je zbytočné.

#### 4.9 Opora 9

Opora 9 má pôdorysné rozmery 4,0 x 14,0 m a výšku základovej dosky premenlivú: od 2,08 m po 2,92 m (priemerne 2,5 m). Kóta základovej škáry je 411,496 m n.m. V najnepriaznivejšom mieste – pri rohu základu – je základová doska 1,0 m pod povrchom terénu. Porovnaním so sondou KSP-5 a najnižším miestom základovej škáry dosky vychádza, že celá základová doska by mala spočívať na intenzívne rozvoľnenom mezozoickom podloží tvorenom slienitými bridlicami a blokmi rozvoľnených a zvetraných vápencov. Základ opory je v pôvodnom projekte podopieraný 24 mikropilótami so vzdialenosťou medzi sebou po 1,2 m. Strmý svah, do ktorého je opora vložená, bude zabezpečený oporným múrom (objekt 223-00). Z prieskumu zistený sklon vrstiev (smerujúci do svahu) nevytvára riziko aktivizovania zosuvu. Z porovnateľnej skúsenosti sú priradené podložiu tieto charakteristiky šmykovej pevnosti  $\varphi = 33^\circ$ ;  $c = 0$  kPa.

Najnepriaznivejšie kontaktné napätie v základovej škáre bude spôsobené kombináciou zaťaženia 4:

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{19689}{36,605} = 537,88 \text{ kPa}$$

$$\text{kde } B' = 2,842 \text{ m} \quad L' = 12,88 \text{ m} \quad A' = B' \cdot L' = 2,842 \cdot 12,88 = 36,605 \text{ m}^2$$

$$R_d = (c_d' N_c s_c d_c i_c j_c + q' N_q s_q d_q i_q j_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma j_\gamma) / \gamma_R = (0 \cdot 38,63 \cdot 1,044 \cdot 1,084 \cdot 1,0 \cdot 0,49 + 18,5 \cdot 1,0 \cdot 26,09 \cdot 1,12 \cdot 1,08 \cdot 1,0 \cdot 0,49 + 0,5 \cdot 18,5 \cdot 2,842 \cdot 24,44 \cdot 0,934 \cdot 1,0 \cdot 0,469) / 1,4 = (0 + 286,08 + 281,44) / 1,4 = 412,51 \text{ kPa} < 537,88 \text{ kPa} \Rightarrow \text{nevyhovuje}$$

kde čiastkové súčinitele nadobudnú hodnoty:



$$N_q = \operatorname{tg}^2 (45 + \varphi_d / 2) \cdot \exp (\pi \operatorname{tg} \varphi_d) = \operatorname{tg}^2 (45 + 33/2) \cdot \exp (\pi \operatorname{tg} 33) = 26,09$$

$$N_c = (N_d - 1) \cotg \varphi_d = (26,09 - 1) \cotg 33^\circ = 38,63$$

$$N_\gamma = 1,5 (N_d - 1) \operatorname{tg} \varphi_d = 1,5 (26,09 - 1) \operatorname{tg} 33^\circ = 24,44$$

$$s_c = 1 + 0,2 (B' / L) = 1 + 0,2 (2,842 / 12,88) = 1,044$$

$$s_q = 1 + (B' / L) \sin \varphi_d = 1 + (2,842 / 12,88) \sin 33^\circ = 1,12$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L) = 1 - 0,3 (2,842 / 12,88) = 0,934$$

$$d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'}} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{2}{2,842}} = 1,084 \quad d_\gamma = 1$$

$$d_q = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{D}{B'} \sin 2\varphi_d} = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{2}{2,842} \sin 2 \cdot 33} = 1,08 \quad i_c = i_q = i_\gamma = 1$$

$$j_q = j_\gamma = (1 - \operatorname{tg} \beta)^2 = (1 - \operatorname{tg} 27^\circ) = 0,49$$

$$j_c = j_q - \frac{1 - j_q}{N_c \operatorname{tg} \varphi_d} = 0,49 - \frac{1 - 0,49}{38,63 \cdot \operatorname{tg} 33} = 0,469$$

Z dôvodu nedostatočnej únosnosti plošného základu, čo spôsobuje veľmi strmý svah do ktorého je opora vložená, bude potrebné podopierať základ mikropilótami. Navrhujem mikropilóty z hrubostenných oceľových rúrok  $\varnothing 89/10$  mm, dlhé 6,0 m (z toho 0,5 m bude votknuté do základovej dosky a 0,5 m bude vylúčené z prenosu zvislých zaťažení).

### **Únosnosť mikropilóty celkovej dĺžky 6,0 m**

Mikropilóta bude votknutá 0,5 m do základu opory. Z plášťového trenia bude vylúčená oblasť 0,5 m tesne pod základovou škárou dosky, ktorá môže byť nerovnorodá, príp. znehodnotená. Na účinnom úseku dlhom 5,0 m sa bude vyskytovať: 2,5 m silne zvetrané slienité bridlice a 2,5 m zvetrané slienité bridlice striedané s tenko doskovitým vápencom.

Potom charakteristická únosnosť mikropilóty bude:

$$R_{s,k} = \pi d (l_1 \tau_{d1} + l_2 \tau_{d2}) = \pi \cdot 0,15 (2,5 \cdot 250 + 2,5 \cdot 450) = 1750 \text{ kN}$$

kde  $d$  je priemer vrtu;

$l_i$  – účinná dĺžka mikropilóty v  $i$ -tej vrstve zeminy;

$\tau_{di}$  – mobilizované trenie na plášti v  $i$ -tej vrstve zeminy;

Poznámka:

Hodnoty mobilizovaného napätia na plášti mikropilóty boli použité z porovnateľnej skúsenosti, opierajúcej sa o zaťažovacie skúšky (pozri Turček, P. – Slávik, I.: Zakladanie stavieb, 2002).

Pretože u mikropilót sa zanedbáva únosnosť päty, návrhová hodnota únosnosti bude

$$R_{c,d} = R_{s,k} / (\gamma_s \cdot \gamma_{R,d}) = 1750 / (1,1 \cdot 1,1) = 1446,28 \text{ kN}$$

Vzhľadom na charakter zemín podložia (tuhá konzistencia ílovitých polôh) nie je potrebné posudzovať únosnosť ocelevej tyče na vzper. Zaťaženie najviac namáhanej mikropilóty bude

$$F_i = \frac{F_{c;d}}{n} \pm \frac{F_{c;d} e_1 z}{\sum z^2} \pm \frac{F_{c;d} e_2 y}{\sum y^2} = \frac{19689}{24} \pm \frac{19689 \cdot 0,56 \cdot 6,6}{(4,6,6 + 4,5,4 + 4,4,2 + 4,3,0 + 4,1,8 + 4,0,6)^2} \pm$$

$$\pm \frac{19689 \cdot 0,579 \cdot 0,979}{(24 \cdot 0,979)^2} = 820,375 \pm 9,75 \pm 20,22 = 850,345 \text{ kN, resp. } 790,405 \text{ kN}$$

(najviac a najmenej namáhaná mikropilóta)

$$F_i = 850,345 < R_{c,d} = 1446,28 \text{ kN} \text{ vyhovuje}$$

Do výpočtu sadania vstupujú údaje z tab. 1:

$$e_{x1} = \frac{M_{x2}}{V} = \frac{15481}{13158} = 1,177 \text{ m} \quad e_{x2} = \frac{M_{x1}}{V} = \frac{-956}{13158} = -0,073 \text{ m}$$

$$B' = B - 2e_{x1} = 4,0 - 2 \cdot 1,177 = 1,646 \text{ m} \quad L' = L - 2e_{x2} = 14,0 - 2 \cdot 0,073 = 13,854 \text{ m}$$

$$A' = B' \cdot L' = 1,646 \cdot 13,854 = 22,8 \text{ m}^2$$

$$\sigma = \frac{V}{A'} = \frac{13158}{22,8} = 577,11 \text{ kPa} \quad L/B = 14/4 = 3,5$$

$\sigma_{ol} = 577,11 - (1,0 \cdot 19,5) = 557,61 \text{ kPa}$ ; v podloží sa pod základovou škárou predpokladá nasledovné zloženie:

do hĺbky 2,5 m pod základovou škárou zvetrané až silne zvetrané slienité bridlice a vápence  $E_{def} = 75 \text{ MPa}$ ; hlbšie navetrané až zvetrané slienité bridlice a vápence  $E_{def} = 250 \text{ MPa}$



Tabuľka 26: Priemerné sadanie pod základovou doskou opory 9 (bez mikropilót)

Vrstva č.	$H$ (m)	$Z$ (m)	$z/B$	$I_2$	$\sigma_z$ (kPa)	$\sigma_{or}$ (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	$E_{oed}$ (MPa)	$\Delta s$ (m)
1	1,0	0,50	0,128	0,94	524,15	29,25	5,85	80	0,00648
2	1,5	1,75	0,448	0,61	340,14	53,62	10,72	80	0,00618
3	2,0	3,50	0,897	0,40	223,04	87,75	17,55	250	0,00164
4	2,0	5,50	1,410	0,27	150,55	126,75	25,35	250	0,00100
5	2,0	7,50	1,923	0,21	117,10	165,75	33,15	250	0,00067
6	2,0	9,50	2,435	0,16	89,22	204,75	40,95	250	0,00039
7	2,0	11,50	2,949	0,12	66,91	243,75	48,75	250	0,00015
celkové sadanie $s$									0,01651

Predpokladané sadanie základu opory 9 bez uvažovania mikropilót dosiahne pri predpoklade výskytu zvetraných mezozoických hornín pod základovou škárou hodnotu 16,51 mm. Prognóza sadania opory so zahrnutím mikropilót je vypočítaná v tab. 27. V tomto prípade sa zaťaženie bude prenášať až do zvetraných, resp. navetraných mezozoických slienitých bridlíc a vápencov, ktoré sú relatívne málo stlačiteľné.

Tabuľka 27: Priemerné sadanie pod základovou doskou opory 9 podpieranej mikropilótami

Vrstva č.	$H$ (m)	$z$ (m)	$z/B$	$I_2$	$\sigma_z$ (kPa)	$\sigma_{or}$ (kPa)	$m \sigma_{or}$ (kPa)	$E_{oed}$ (MPa)	$\Delta s$ (m)
1	1,0	0,50	0,128	0,94	524,15	117,0	23,4	250	0,00200
2	1,5	1,75	0,448	0,61	340,14	141,3	28,3	250	0,00187
3	2,0	3,50	0,897	0,40	223,04	175,5	35,1	250	0,00150
4	2,0	5,50	1,410	0,27	150,55	214,5	42,9	250	0,00086
5	2,0	7,50	1,923	0,21	117,10	253,5	50,7	250	0,00053
6	2,0	9,50	2,435	0,16	89,22	292,5	58,5	250	0,00025
7	2,0	11,50	2,949	0,12	66,91	331,5	66,3	250	0,00001
celkové sadanie $s$									0,00702

Sadanie so zohľadnením podpieranania mikropilótami by malo dosahovať hodnotu 7,02 mm.

## 5. ZÁVER

Po stanovení zaťaženia a s využitím podkladov inžinierskogeologického prieskumu boli prepočítané základy 2 opôr a 7 pilierov. Zachované boli tvary pôvodne navrhnutých konštrukcií (opôr, pilierov a hrúbky základovej dosky). Hrúbka základovej dosky dáva predpoklad tuhého prvku a zabezpečí rovnomerné rozloženie napätia v základovej škáre.

Potreba minimalizovania nadmerného, príp. nerovnomerného sadania medzi jednotlivými piliermi, resp. pilierom a oporou, viedli k nevyhnutnosti podprieť základové dosky mikropilótami Ø 89/10. Dĺžka mikropilótpilót bola zvolená s ohľadom na geologické podmienky a podľa možnosti bola snaha ponechať dĺžky z pôvodného projektu. Dôsledné zohľadnenia zaťaženia a geologických podmienok viedli k niektorým úpravám. Za pomerne dôležitú požiadavku treba považovať votknutie mikropilót do zvetraných skalných hornín.



Tabuľka 28: Zhrnutie požiadaviek na návrh opôr a pilierov mostu 202

základ	počet mikropilót	dĺžka mikropilót (mm)	únosnosť mikropilóty (kN)	sadanie základu (mm)
opora 1	28	12	724,38	8,82
pilier 2	64	10	529,65	11,73
pilier 3	64	12	597,81	12,12
pilier 4	64	10	597,81	17,68
pilier 5	64	10	387,89	4,21
pilier 6	64	12	817,85	6,01
pilier 7	-	-	-	6,27
pilier 8	-	-	-	5,90
opora 9	24	6	1446,28	16,51

Pod piliermi č. 7 a 8 nie je potrebné zhotoviť mikropilóty, pretože základová škára týchto pilierov by sa mala nachádzať vo vrstve zvetraných mezozoických hornín.

Väčšie rozkolísanie vo výpočtoch predpokladaného sadania je spôsobených najmä vlastnosťami podložia, ktoré bolo aplikované z porovnateľnej skúsenosti. Dá sa predpokladať, že vzhľadom k dosadzovaniu skôr pesimistickejších očakávaných vlastností by sa mali skutočné hodnoty vyskytovať priaznivejšie. Jedná sa predovšetkým o silne zvetrané a zvetrané horniny. Dôležité tiež bude, aby sa dodržali správne technologické postupy počas zhotovovania mikropilót a nenastalo zhoršenie vlastností (napr. rozbrednutie ílovcovitých polôh). V prípade zistených anomálií (najmä horších vlastností podložia než bolo uvažované v statickom výpočte), bude potrebné okamžite kontaktovať spracovateľa statického riešenia zakladania, aby navrhol primerané opatrenia.

Prof. Ing. Peter Turček, PhD.

V Bratislave, 27.05.2014



## Návrh odvodnenia časť mosta so strechovitým priečnym sklonom (do km 3,14353)

### Vstupne parametre

Navrhnutá sirka odvodnovaca	$a := 0.3\text{m}$
Vzdialenosť od obrubníka	$x_0 := 0.1\text{m}$
Sirka rozliatia	$B := 1\text{m}$
Priečny sklon	$q := 2.5\%$
Min. pozdĺžny sklon	$s_0 := 4.50\%$
Sucinitel drsnosti	$n := 0.017$

### Výpočet hĺtnosti odvodnovaca

Vyska vody pri obrubníku	$h := B \cdot q = 0.025\text{ m}$
Plocha vody v rigole	$A := 0.5 \cdot B \cdot h = 0.013\text{ m}^2$
Omoceny obvod	$O := B + h = 1.025\text{ m}$
Hydraulický polomer	$R := A \cdot O^{-1} = 0.012\text{ m}$
Rychlostný sucinitel	$C := \frac{R^{0.1666}}{n} \cdot \text{m}^{-0.1666} = 28.23$
Rychlost vody na vtoku	$v := C \cdot \sqrt{R \cdot s_0} \cdot \sqrt{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}} = 0.661 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Množstvo vody pretekajúcej rigolom	$Q := A \cdot v = 8.266 \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
Vyska vody v osi odvodnovaca	$h_{1x} := (B - x_0 - a \cdot 0.5) \cdot q = 0.019\text{ m}$
Rychlost vody na povrchu	$v_x := v \cdot 1.15 = 0.761 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Vyska vody v osi odvodnovaca	$h_1 := h_{1x}$
Sucinitel bocneho natoku	$k := \frac{5}{v} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 7.561$
Spoluposobiaca sirka	$a_1 := k \cdot h_1 + a + x_0 = 0.542\text{ m}$
Priemerna vyska vody	$\phi h_1 := (B - 0.5 \cdot a_1) \cdot q = 0.018\text{ m}$
Plocha vodnej vrstvy pretekajúca k odvodnovacu	$A_1 := a_1 \cdot \phi h_1 = 9.875 \times 10^{-3}\text{ m}^2$
Hĺtnosť odvodnovaca	$H := A_1 \cdot v = 6.531 \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
Množstvo vody obtekajúcej odvodnovac	$Q_3 := Q - H = 1.736 \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
Pomer hĺtnosti odvodnovaca	$\xi := \frac{H}{Q} = 79.002\%$

## Rozmiestnenie odvodnovacov

Navrhova intenzita dazda

$$q := 0.02311 \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$$

Čadca - periodicita 0.5, trvanie zrazok 10min

podľa tab. periodicit intenzit kratkodobych dazdov (SHMU)

Hltnost odvodnovaca

$$Q_0 := H = 6.531 \cdot l \cdot s^{-1}$$

Sucinitel odtoku

$$\xi_1 := 0.9$$

Koeficient bezpecnosti

$$\xi_2 := 1.9$$

Odvodnovacia sirka na moste

$$B := 7.25m$$

Stupen drsnosti materialu zberneho potrubia

$$n := 0.012$$

Maximalna vzdialenost odvodnovacov

$$L_{\max} := \frac{Q_0}{\xi_1 \cdot \xi_2 \cdot q \cdot B} = 22.804 \text{ m}$$

Navrhnutá vzdialenost odvodnovacov

$$L_0 := 22.5m$$



## Návrh odvodnenia čast' mosta s jednostranným priečnym sklonom (od km 3,14353)

### Vstupne parametre

Navrhnutá šírka odvodňovacia	$a := 0.3\text{m}$
Vzdialenosť od obrubníka	$x_0 := 0.1\text{m}$
Šírka rozliatia	$B := 1\text{m}$
Priečny sklon	$q := 6\%$
Min. pozdĺžny sklon	$s_0 := 3.15\%$
Sučiniteľ drsnosti	$n := 0.017$

### Výpočet hĺbkosti odvodňovacia

Výška vody pri obrubníku	$h := B \cdot q = 0.06\text{ m}$
Plocha vody v rigole	$A := 0.5 \cdot B \cdot h = 0.03\text{ m}^2$
Omocnený obvod	$O := B + h = 1.06\text{ m}$
Hydraulický polomer	$R := A \cdot O^{-1} = 0.028\text{ m}$
Rychlostný súčiniteľ	$C := \frac{R^{0.1666}}{n} \cdot \text{m}^{-0.1666} = 32.481$
Rychlosť vody na vtok	$v := C \cdot \sqrt{R \cdot s_0} \cdot \sqrt{\text{m} \cdot \text{s}^{-1}} = 0.97 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Množstvo vody pretekajúcej rigolom	$Q := A \cdot v = 29.094 \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
Výška vody v osi odvodňovacia	$h_{1x} := (B - x_0 - a \cdot 0.5) \cdot q = 0.045\text{ m}$
Rychlosť vody na povrchu	$v_x := v \cdot 1.15 = 1.115 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
Výška vody v osi odvodňovacia	$h_1 := h_{1x}$
Súčiniteľ bocného natoku	$k := \frac{5}{v} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 5.156$
Spoluposobiaca šírka	$a_1 := k \cdot h_1 + a + x_0 = 0.632\text{ m}$
Priemerná výška vody	$\phi h_1 := (B - 0.5 \cdot a_1) \cdot q = 0.041\text{ m}$
Plocha vodnej vrstvy pretekajúca k odvodňovacu	$A_1 := a_1 \cdot \phi h_1 = 0.026\text{ m}^2$
Hĺbkosť odvodňovacia	$H := A_1 \cdot v = 25.154 \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
Množstvo vody obtekajúcej odvodňovac	$Q_3 := Q - H = 3.94 \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$
Pomer hĺbkosti odvodňovacia	$\xi := \frac{H}{Q} = 86.458\%$

## Rozmiestnenie odvodnovacov a navrh potrubia

Navrhova intenzita dazda	$q := 0.02311 \cdot s^{-1} \cdot m^{-2}$
Čadca - periodicita 0.5, trvanie zrazok 10min podľa tab. periodicit intenzit kratkodobych dazdov (SHMU)	
Hltnost odvodnovaca	$Q_0 := H = 25.154 \cdot l \cdot s^{-1}$
Sucinitel odtoku	$\xi_1 := 0.9$
Koeficient bezpecnosti	$\xi_2 := 2$
Odvodnovacia sirka na moste	$B := 14.5m$
Stupen drsnosti materialu zberneho potrubia	$n := 0.012$
Maximalna vzdialenost odvodnovacov	$L_{max} := \frac{Q_0}{\xi_1 \cdot \xi_2 \cdot q \cdot B} = 41.722 m$
Navrhnutá vzdialenost odvodnovacov	$L_0 := 12.5m$ V miestach priečneho sklonu 6%
Navrhnutá vzdialenost odvodnovacov	$L_0 := 22.5m$ V miestach zmeny priečneho sklonu



