




			ČÍSLO SOUPRAVY:
		<b>PO PŘIPOMÍNKOVÉM ŘÍZENÍ</b>	
REVIZE Č.	DATUM	ZMĚNA	


**EXPROJEKT s.r.o.**  
**Heršpická 758/13**  
**619 00 Brno**

tel. : +420 533 312 000  
E-mail: info@exprojekt.cz  
ID: dh84e85

OBJEDNATEL:		 Správa železnic, státní organizace Stavební správa východ, Nerudova 1, 779 00 Olomouc	
HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU		ODPOVĚDNÝ PROJ. PS, SO	VYPRACOVAL
Ing. David Rose <i>Rose</i>		Ing. Denis Ujházy <i>Ujházy</i>	Ing. Denis Ujházy <i>Ujházy</i>
Ing. Radek Šíp			KONTROLOVAL
			Ing. Martin Chaloupka <i>Chaloupka</i>
KRAJ: Jihomoravský		POVĚŘENÝ MÚ: ÚMČ Brno-Židenice/ KÚ Brno-město	
Rekonstrukce mostů přes ulici Šámalova v Brně SO 02-19-01 Vlečka, most ev. km 0,385		STUPEŇ: DUSP + PDPS	
		ZAK. ČÍSLO 2020-161	
		MĚŘITKO	POČET FORMÁTŮ 53 x A4
<b>Statický výpočet</b>		DATUM: 05/2021	
		ČÁST DOKUM. D2.1.5.2	PŘÍLOHA <b>13</b>

# Rekonstrukce traťového úseku Brno – Česká Třebová

SO 02-19-01 Vlečka, most ev. km 0,385

## Statický výpočet

### OBSAH:

1	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY .....	3
1.1	Identifikační údaje .....	3
1.2	Základní údaje o mostním objektu .....	4
2	ÚVOD, OKRAJOVÉ PODMÍNKY A POUŽITÉ VÝPOČETNÍ MODELY .....	5
2.1	Úvod .....	5
2.2	Podklady .....	5
2.3	Použitá literatura .....	5
2.4	Základní údaje o materiálu konstrukce .....	5
2.5	Popis konstrukce .....	5
2.6	Výpočetní modely .....	6
2.7	Okrajové podmínky .....	6
3	ZATÍŽENÍ A KOMBINACE ZATÍŽENÍ .....	8
3.1	Úvod ke stanovení zatížení .....	8
3.2	Výpočet zatížení .....	8
3.3	Kombinace zatížení .....	13
4	POSOUZENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE .....	14
4.1	VÝZTUŽ .....	14
4.2	Posouzení na MSÚ .....	14
4.3	Posouzení na MSP .....	18
4.4	kontrola reakcí .....	20
5	POSOUZENÍ SPODNÍ STAVBY .....	21
5.1	Opěra .....	21
5.2	ZaVĚŠENÉ KŘÍDLO .....	28
5.3	Ozub .....	34
5.4	Výztuž na smršťování .....	35
5.5	Pilota .....	37
5.6	šikmá křídla .....	45
5.7	Přechodová zídka .....	48
6	ZÁVĚRY VÝPOČTU .....	51
7	PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTI .....	52
8	TABULKA ZATÍŽITELNOSTI PRVKŮ .....	53

## 1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY

### 1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Stavba:	<b>Rekonstrukce mostu přes ulici Šámalova v Brně</b>
Objekt:	<b>SO 02-19-01 Vlečka, most v ev. km 0,385</b>
Objednatel:	Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7 10 00 Praha 1 – Nové Město zastoupena organizační jednotkou: Správa železnic, státní organizace Stavební správa východ, Nerudova 773/1, 779 00 Olomouc
Správce mostního objektu:	Správa mostů a tunelů Oblastní ředitelství Brno Kounicova 26, 602 00 Brno
Vypracoval:	Ing. Denis Ujházy EXprojekt s.r.o., Heršpická 758/13, 619 00 Brno
Odpovědný projektant:	Ing. Martin Chaloupka, autorizovaný inženýr pro mosty a inženýrské konstrukce, ČKAIT 1006556, EXprojekt s.r.o., Heršpická 758/13, 619 00, Brno
Kraj:	Jihomoravský
Obec:	Brno [582786]
Katastrální území:	Židenice [611115]
Trať:	260 Brno – Židenice – Posvitavské vlečky
Traťový úsek:	2007 Brno-Židenice (mimo) – Posvitavské vlečky
Definiční úsek:	02 Brno hl.n. - Odb Brno-Židenice z
Staničení:	Evidenční km 0,385
Poloha mostu:	Širá trať (staniční obvod zde bude až po rekonstrukci železniční stanice Brno-Židenice, v rámci stavby Modernizace žst. Brno - Židenice)
Překonávané překážky:	Most překonává místní komunikace III. třídy

## 1.2 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTNÍM OBJEKTU

Základní údaje o objektu se vztahují k nově navrženému řešení přemostění. Stávající stav není předmětem statického výpočtu.

Druh nosné konstrukce:	Nosná konstrukce se zabetonovanými nosníky
Spodní stavba:	Železobetonové opěry se zavěšenými křídly založených na vrtaných pilotách 2 x Železobetonové, oddílatované, rovnoběžná přechodové zídky založené na miktopilotách. 1 x železobetonové, oddílatované, svahové křídlo s hlubinným založením na vrtaných pilotách
Počet mostních otvorů:	1
Počet nosných konstrukcí	1
Délka přemostění:	15,6 m
Délka mostu:	17,60 m
Délka NK:	17,60 m
Rozpětí nosné konstrukce:	16,58 m
Stavební výška:	1,389 m
Volná výška pod mostem:	3,9 m
Železniční svršek na mostě:	S 49E1 na dřevěných prazcích
Způsob uložení koleje:	Kolejové lože
Světlost kolmá:	15,6 m
Světlost šikmá:	-
Šikmost mostu:	90°
Úhel křížení s přemostěvanou překážkou:	90°
Šířka mostu:	6,33 m
Počet kolejí:	2
Směrové poměry tratě:	810 m bez převýšení
Traťová třída	Min. C2/60

## **2 ÚVOD, OKRAJOVÉ PODMÍNKY A POUŽITÉ VÝPOČETNÍ MODEL Y**

### **2.1 ÚVOD**

Nová nosná konstrukce bude tvořena železobetonovou deskovou konstrukcí se zabetonovanými ocelovými nosníky o tloušťce 730 - 820 mm, uložené na spodní stavbu na ozub. Spodní stavba, přechodové zídky a křídla budou železobetonové, opěry a svahové křídlo budou založené na vrtaných pilotách. Přechodové zídky budou založeny na mikropilotách.

Předmětem tohoto výpočtu je posouzení nosné konstrukce, opěr, křídel a přechodových zídek.

### **2.2 PODKLADY**

- Zadávací dokumentace na zpracování projektu
- Geodetické zaměření
- Nákrešný přehled
- Příslušné normy a předpisy

### **2.3 POUŽITÁ LITERATURA**

- ČSN EN 1990 ed.2 Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-4 ed.2 Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 1991-2 ed.2 Zatížení konstrukcí – Zatížení mostů dopravou
- ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí – Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- ČSN EN 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí – Ocelové mosty
- ČSN EN 1994-2 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro mosty
- S 30135/2015- 13 Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů
- MVL 511 Nosné konstrukce železničních mostů se zabetonovanými nosníky

### **2.4 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MATERIÁLU KONSTRUKCE**

Nosná konstrukce, spodní stavba a křídla budou vyrobeny z betonu třídy C 30/37, ocelové nosníky budou typu HEM 600 z oceli S 355. Betonářská výztuž bude žebírková třídy B500B, různých průměrů dle projektové dokumentace.

**V rámci přípravy stavby zhotovitelem je možné v případě potřeby nosníky HEM zaměnit za svařované průřezy ekvivalentních vlastností, a to po konzultaci s projektantem v rámci autorského dozoru stavby.**

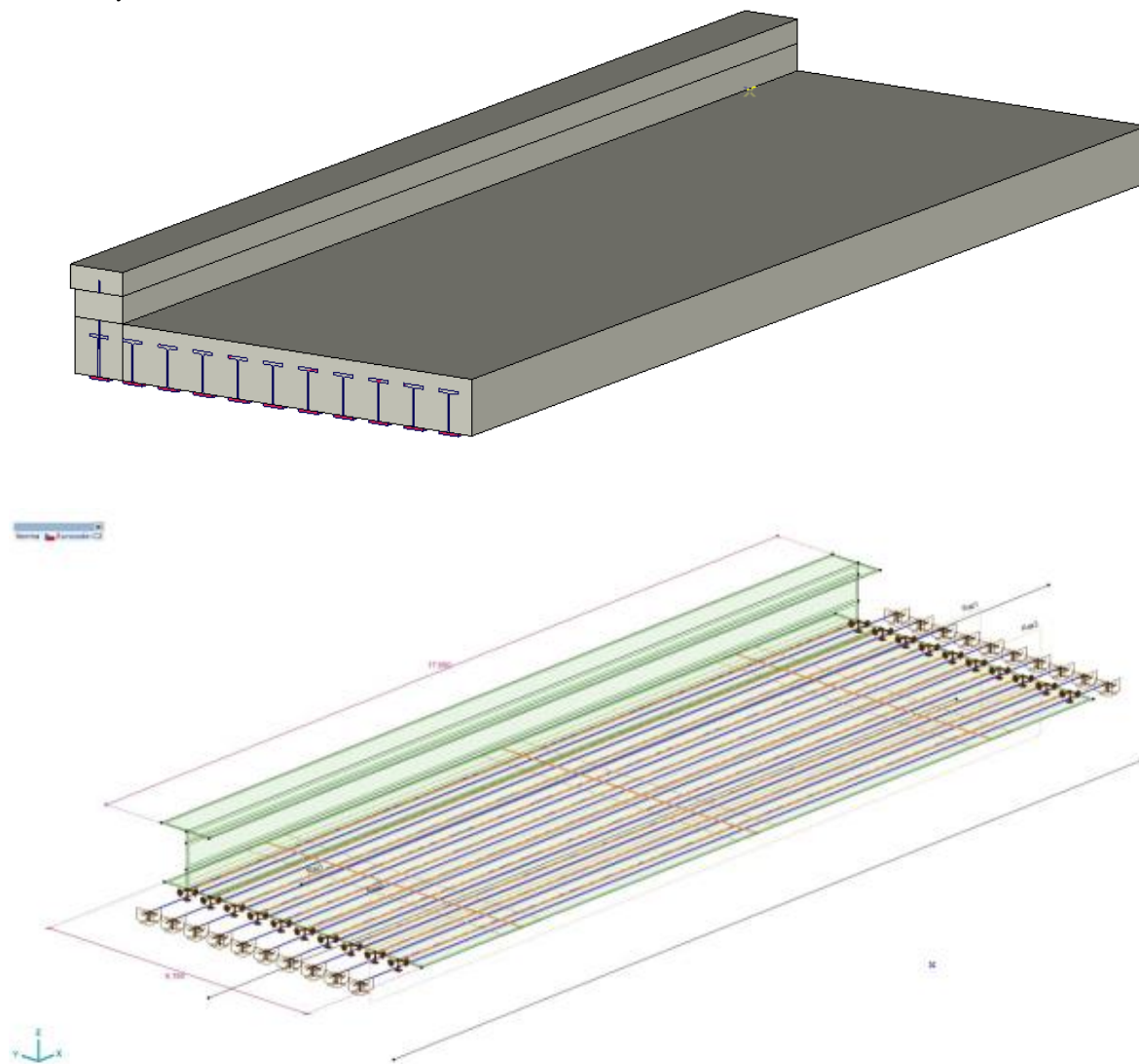
### **2.5 POPIS KONSTRUKCE**

Nosná konstrukce bude tvořena železobetonovou deskou se zabetonovanými nosníky tl. 730 - 820 mm, uložené na spodní stavbu na ozub. Pro každou kolej bude zvlášť nosná konstrukce, jež od sebe budou odděleny podélnou dilatační spárou. Rozpětí mostu je 16,58 m, šířka nosné konstrukce je 6,33 m. Svršek na mostě bude uložen v kolejovém loži, vymezeném římsami umístěnými na krajích nosných konstrukcí. Spodní stavba bude pro jednotlivé opěry budou od sebe oddilátovány. Jedná se o železobetonové opěry, založené na vrtaných pilotách. Křídla zavěšená jsou navržena tloušťky 700 mm. Křídla svahová budou železobetonová, oddilátovaná, tl. 330 mm. Přechodové zídky budou železobetonové, oddilátované, založené na mikropilotách

## 2.6 VÝPOČETNÍ MODELY

### 2.6.1 NOSNÁ KONSTRUKCE

Pro výpočet účinků na nosnou konstrukci je vytvořen model v programu AxisVM. Jedná se o deskostěnový 3D model desky, vyztužený žebry v místě ocelových nosníků. Podepření je vymodelováno v místě ocelových nosníků jako pevné na straně opěry O 01 a pevné na straně opěry O 02. Římsa je vymodelována též pomocí deskostěny.



### 2.6.2 SPODNÍ STAVBA

Dřík opěry je počítán pomocí programu IDEA StatiCa. Je posuzován běžný metr konstrukce. Opěra není posouzena na překlolení a posunutí v základové spáře z důvodu hlubinného založení na vrtaných pilotách.

## 2.7 OKRAJOVÉ PODMÍNKY

Zatížení je zadáno v souladu s ČSN EN 1991-2 ed.2 a ČSN EN 1991-1-4. Dle MVL 511 jsou pro NK uvažována tato zatížení:

- Stálá zatížení – zanedbány účinky smršťování a dotvarování
- Svislá zatížení železniční dopravou včetně dynamických účinků

- Odstředivé síly
- Boční rázy
- Rozjezdové a brzdné síly – pro návrh NK se neuvažují, uvažují se pouze pro návrh spodní stavby
- Teplotní rozdíl mezi kolejí a nosnou konstrukcí – pro návrh NK se neuvažuje, uvažují se pouze pro návrh spodní stavby
- Vítr – uvažují se pouze svislé účinky zatížení větrem na vozidla
- Teplota – zanedbány účinky rovnoměrné složky teploty i účinky nerovnoměrné lineární složky teploty

### 3 ZATÍŽENÍ A KOMBINACE ZATÍŽENÍ

#### 3.1 ÚVOD KE STANOVENÍ ZATÍŽENÍ

Konstrukce je posouzena na účinky zatížení dle ČSN EN 1991-1-1, ČSN EN 1991-1-4 ed.2, ČSN EN 1991-2 ed.2 a ČSN EN 1990 ed.2. s ohledem na MVL 511. Pro výpočet zatížitelnosti jsou veškerá zatížení upravena dle S 30135/2015- 13 Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů.

#### 3.2 VÝPOČET ZATÍŽENÍ

##### 3.2.1 STÁLÉ ZATÍŽENÍ

###### *Vlastní tíha*

- Vlastní tíha je generována softwarem jak v případě nosné konstrukce, tak v případě spodní stavby.
- Součinitel zatížení  $\gamma_{g0} = 1,35$ .

###### *Železniční svršek*

- Tíha jedné kolejnice  $g = 0,6 \text{ kN/m}$
- Tíha dřevěných prážců včetně upevnění  $g = 1,9 \text{ kN/m}$
- Součinitel zatížení  $\gamma_{g0} = 1,35$

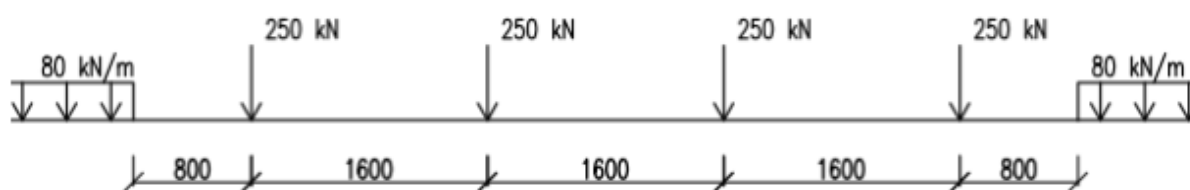
##### 3.2.2 PROMĚNNÉ ZATÍŽENÍ

###### *LM71*

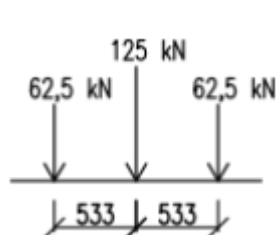
Zatížení je uvažováno dle normy ČSN EN 1991-2 LM71. Klasifikační součinitel pro posouzení  $\alpha = 1,21$ , pro výpočet zatížitelnosti je pak  $\alpha = 1,00$  dle směrnice S 30135/2015- 13 Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů.

Nápravové zatížení je podélně rozneseno na tři bodové podpěry, následně je roznášeno kolejovým ložem v poměru 4:1 a dále betonovou deskou pod úhlem  $45^\circ$ .

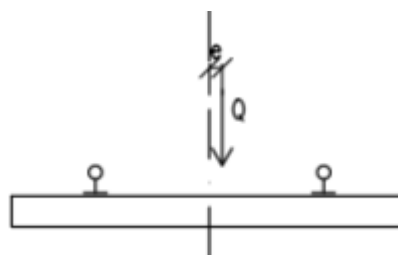
Hodnoty zatížení jsou zadány s vlivem excentricity dopravního zatížení. Excentricita od odstředivých sil je popsána níže. Zatížení je zadáno tak, aby vyvolalo maximální účinek na začátku konstrukce, ve čtvrtině, polovině, třech čtvrtinách a na konci konstrukce.



Model zatížení LM71



Roznos zatížením na tři bodové podpěry



Vliv excentricity dopravního zatížení



### **Dynamický součinitel**

Dynamický součinitel je uvažován pro standardně udržovanou kolej,  $\Phi_3$  pro posouzení MSÚ a  $\Phi_2$  pro posouzení MSP.

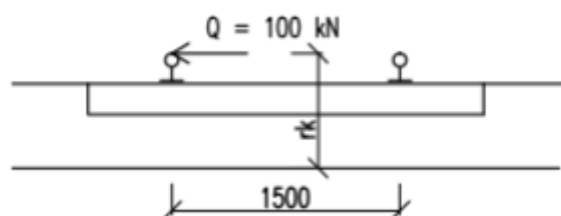
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,73 = \frac{2,16}{\sqrt{17,6 - 0,2}} + 0,73 = 1,29$$

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi - 0,2}} + 0,82 = \frac{1,44}{\sqrt{17,6 - 0,2}} + 0,82 = 1,19$$

### **Boční ráz**

Osamělá síla  $Q = 100$  kN, která působí vodorovně v úrovni temene kolejnice.

Účinky bočního rázu jsou opět podélně rozneseny na 3 bodové podpěry a zadány v souladu se zatížením LM71. Svislá složka je vyvolaná excentricitou  $r_k$ , což je vzdálenost působící síly a povrchu desky.

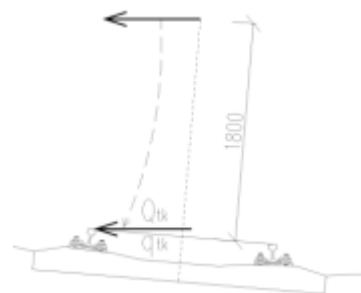


*Působení bočního rázu*

### **Odstředivé síly**

Odstředivé síly jsou zadávány v souladu se zatížením LM71. Vzorec pro výpočet vodorovné síly je:

$$q_{tk} = \frac{v^2}{127 \cdot r} \cdot f \cdot q_{LM71} = \frac{85^2}{127 \cdot 714} \cdot 1,0 \cdot q_{LM71}$$



### **Rozjezdové a brzdné síly**

Rozjezdové a brzdné síly jsou uvažovány pouze pro návrh spodní stavby a to jak ve směru staničení, tak proti směru. Rozjezdové a brzdné síly jsou uvažovány v různých kombinacích působení na jedné a dvou kolejích v souladu s ČSN EN 1991-2 ed.2 článek 6.5.3 odstavec (9).

$$Q_{lak} = 33 \text{ kN/m}$$

$$Q_{lbk} = 20 \text{ kN/m}$$

### **Kombinovaná odezva bezstykové kolej – most**

Kombinovaná odezva konstrukce a koleje je uvažována opět pouze pro návrh spodní stavby a je počítána pomocí zjednodušené výpočetní metody.

#### Brzdné a rozjezdové síly

Redukční součinitel rozjezdových a brzdných sil dle tab. 6.9  $\xi = 0,60$

$$q_{lak} = 0,6 \cdot 33 = \mathbf{19,8 \text{ kN/m}}$$

$$q_{lbk} = 0,6 \cdot 20 = \mathbf{12,0 \text{ kN/m}}$$

$$Q_{lak} = q_{lak} \cdot L = 19,8 \cdot 17,6 = \mathbf{348,5 \text{ kN}}$$

$$Q_{lbk} = q_{lbk} \cdot L = 12,0 \cdot 17,6 = \mathbf{211,2 \text{ kN}}$$

Kombinační součinitel pro zatížení od brzdných a rozjezdových sil při kombinované odezvě je  $\gamma_Q = 1,45$  a  $\psi_0 = 0,8$

#### Teplotní změny

$$F_{Tk} = \pm 0,6 \cdot k \cdot L_T = \pm 0,6 \cdot 20 \cdot 17,6 = \mathbf{211,2 \text{ kN}}$$

Kombinační součinitel pro zatížení od teploty při kombinované odezvě je  $\gamma_Q = 1,0$  a  $\psi_0 = 1,0$

#### Deformace konstrukce

$$F_{Qk} = \pm 20 \cdot L = \pm 20 \cdot 17,6 = \mathbf{352 \text{ kN}}$$

Kombinační součinitel pro zatížení od deformace konstrukce při kombinované odezvě je  $\gamma_Q = 1,45$  a  $\psi_0 = 0,8$

#### Celkové účinky kombinované odezvy:

$$Q_l = Q_{lak} \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot \alpha + F_{Tk} \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 + F_{Qk} \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot \alpha = 348,5 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 1,21 + 211,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + 352 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 1,21$$

$$Q_l = \mathbf{1192 \text{ kN}}$$

#### **Zatížení větrem**

##### Výpočet jednotlivých parametrů:

Vstupní hodnoty:

Větrová oblast:	II
Základní rychlost větru:	$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
Součinitel směru větru:	$c_{dir} = 1,0$
Součinitel ročního období	$c_{season} = 1,0$
Součinitel ortografie:	$C_o(z) = 1,0$
Kategorie terénu:	II
Parametr drsnosti terénu:	$z_o = 0,05 \text{ m}$
Minimální výška:	$z_{min} = 2,0 \text{ m}$
Maximální výška:	$z_{max} = 200 \text{ m}$
Výška nad zemí:	$z = 8,0 \text{ m}$
Součinitel turbulence:	$k_I = 1,0$
Měrná hmotnost vzduchu:	$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
Šířka:	$b = 6,23 \text{ m}$
Výška:	$d_{tot} = 5,72 \text{ m}$

---

Základní rychlost větru:

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

Střední rychlost větru:

$$k_r = 0,19 \cdot \left( \frac{z_0}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left( \frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left( \frac{z_{min}}{z_0} \right) = 0,19 \cdot \ln \left( \frac{8}{0,05} \right) = 0,964$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,964 \cdot 1,0 \cdot 25 = 24,1 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence větru:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{C_0(z) \cdot \ln \left( \frac{z_{min}}{z_0} \right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln \left( \frac{8}{0,05} \right)} = 0,197$$

Základní dynamický tlak větru:

$$q_b = 0,5 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 391 \text{ N/m}^2$$

Maximální dynamický tlak:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = [1 + 7 \cdot 0,197] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 24,1^2 = 864 \text{ N/m}^2$$

Součinitel expozice:

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{864}{391} = 2,21$$

Součinitel síly pro mosty:

$$\frac{b}{d_{tot}} = \frac{6,23}{5,72} = 1,09 \rightarrow c_{fx,0} = 2,26$$

Součinitel zatížení větrem:

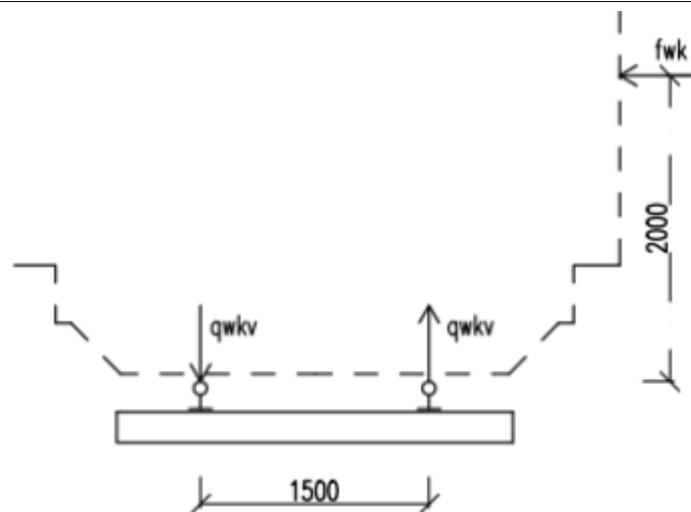
$$C = c_e \cdot c_{fx,0} = 2,21 \cdot 2,26 = 4,99$$

Vítr působící na vozidla

Zatížení je zadáno dle rozmístění zatížení dopravou.

$$f_{w,k} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,y} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot 4,99 \cdot 1,0 = \mathbf{1,96 \text{ kN/m}^2}$$

Toto spojitě vodorovné zatížení působí ve výšce 2,0 m nad temenem kolejnice a na nosnou konstrukci působí ve směru vodorovném i ve směru svislém. Svislá složka je vyvolaná excentricitou  $r_k$ , což je vzdálenost působící síly a povrchu desky.



*Působení větru na vozidlo a roznos zatížení*

### 3.3 KOMBINACE ZATÍŽENÍ

#### **Kombinace 6.10b:**

Byly prověřeny kombinace zatížení 6.10a a 6.10b. Rozhodující kombinace v posudcích je 6.10b.

$$\sum_{j \geq 1} \xi Y_G G_{k,j} + Y_P P + Y_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} Y_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Součinitele zatížení použité v kombinacích:

Stálá zatížení	$Y_G$	1,35
Proměnná zatížení		
LM71	$Y_{LM71}$	1,45
Boční ráz	$Y_{BR}$	1,45
Zatížení větrem	$Y_W$	1,50
Rozjezdové a brzděné síly	$Y_{ROZ}$	1,45

#### **Charakteristická kombinace zatížení:**

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

#### **Kvazistálá kombinace zatížení:**

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Součinitele  $\psi_0$  a  $\psi_2$  použité v kombinacích:

	$\psi_0$	$\psi_2$
LM71	0,80	0,00
Boční ráz	1,00	0,00
Zatížení větrem	0,75	0,00
Rozjezdové a brzděné síly	0,80	0,00

## 4 POSOUZENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

### 4.1 VÝZTUŽ

Pro výztuž je použita ocel třídy B500B. Jmenovité krytí výztuže  $c_{nom} = 55$  mm, minimální krytí  $c_{min} = 45$  mm.

Navržená výztuž:

Horní podélná výztuž:  $\varnothing 12/150$ ;  $A_{st} = 754$  mm<sup>2</sup>/m

Dolní podélná výztuž:  $\varnothing 12/150$ ;  $A_{st} = 754$  mm<sup>2</sup>/m

Horní příčná výztuž:  $\varnothing 16/150$ ;  $A_{st} = 1340$  mm<sup>2</sup>/m

Dolní příčná výztuž:  $\varnothing 16/150$ ;  $A_{st} = 1340$  mm<sup>2</sup>/m

### 4.2 POSOUZENÍ NA MSÚ

#### 4.2.1 OHYBOVÁ ÚNOSNOST DESKY V PODÉLNÉM SMĚRU

Na modelu jsou vytvořeny v místě žeber (ocelových nosníků) virtuální nosníky, kde jsou vyhledány tyto extrémní vnitřních sil:

- max  $M_y$  a k tomu příslušná  $N$
- max  $N$  a k tomu příslušný  $M_y$
- min  $N$  a k tomu příslušný  $M_y$

Náhradní virtuální nosník se skládá z betonu, ocelového profilu, dolní podélná výztuž a horní podélná výztuž.

Max  $M_y$  + příslušná  $N$

$N = 368$  kN

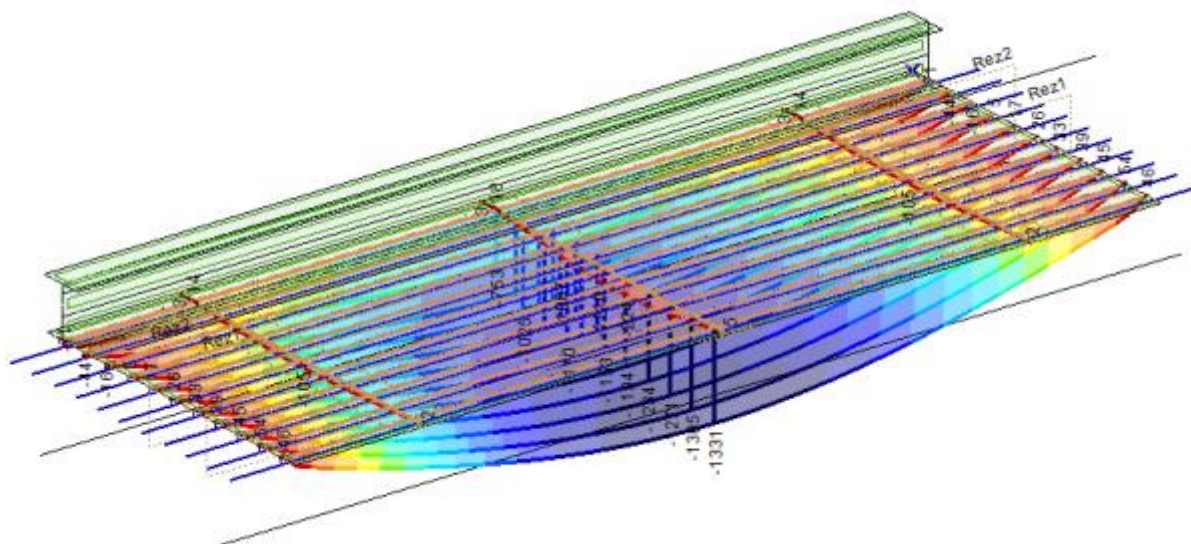
$M_{y,Ed} = 1331$  kNm

$M_{y,Rd} = 3920$  kNm

Č. nosníku: 1

Poloha řezu: 8,29 m

$M_{y,Ed} = 1331$  kNm <  $M_{y,Rd} = 3920$  kNm => Vyhovuje.



Max N + příslušný  $M_y$

$N = 1515 \text{ kN}$

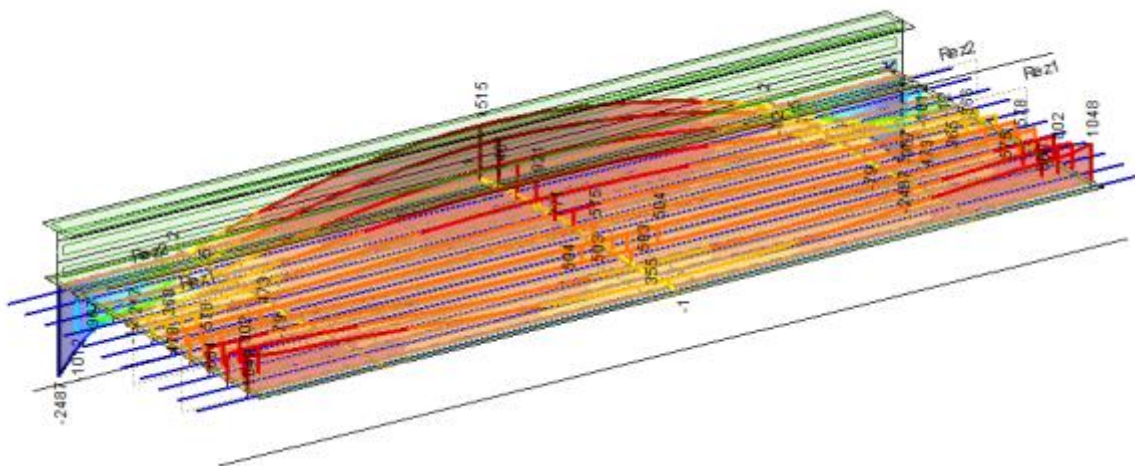
$M_{y,Ed} = 787 \text{ kNm}$

$M_{y,Rd} = 3799 \text{ kNm}$

Č. nosníku: 11

Poloha řezu: 8,29 m

$M_{y,Ed} = 787 \text{ kNm} < M_{y,Rd} = 3799 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$



Min N + příslušný  $M_y$

$N = -2487 \text{ kN}$

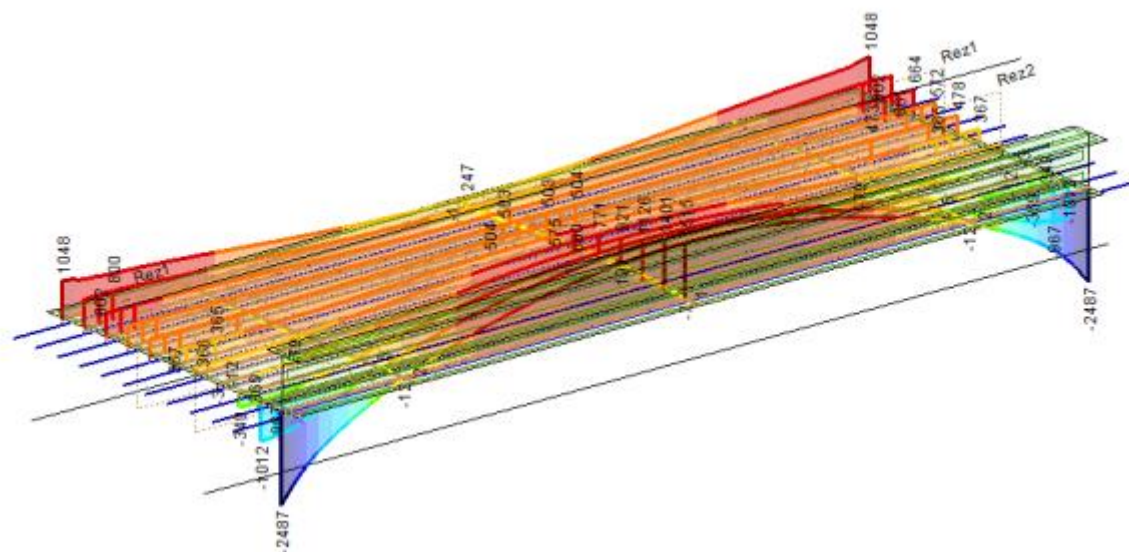
$M_{y,Ed} = 81 \text{ kNm}$

$M_{y,Rd} = 4083 \text{ kNm}$

Č. nosníku: 11

Poloha řezu: 0,00 m

$M_{y,Ed} = 81 \text{ kNm} < M_{y,Rd} = 4083 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$



### Zatížitelnost

Zatížitelnost byla určena iteračním způsobem:  $Z_{LM71} = >3$ .

#### 4.2.2 SMYKOVÁ ÚNOSNOST NOSNÍKŮ

Uvažuje se, že smykové namáhání nosníku musí přenést stojina nosníku. Z toho plyne smyková únosnost.

Tloušťka stojiny: 21 mm

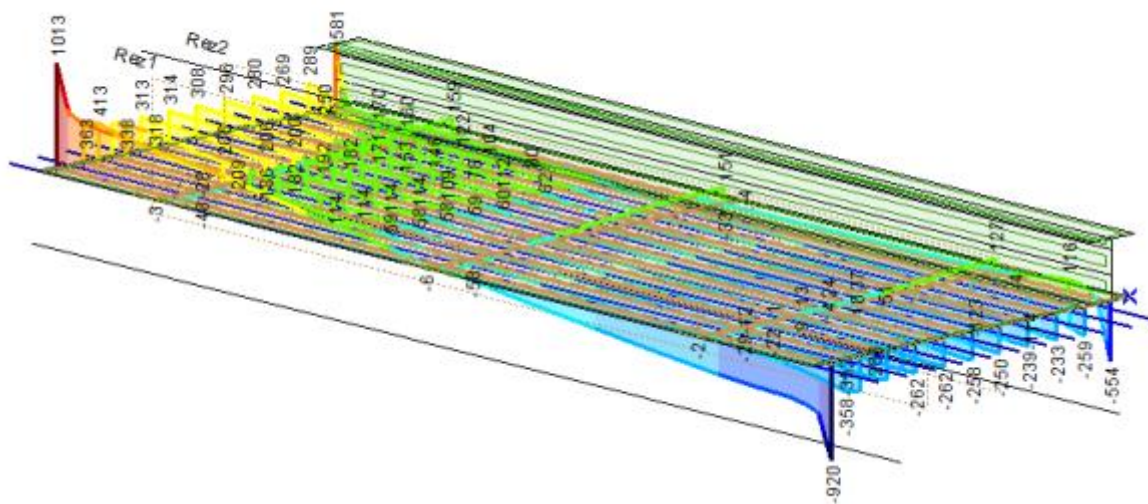
Výška průřezu: 716 mm

Max Vz: 1013 kN

Č. nosníku: 1

Poloha řezu: 16,58 m

$$V_{Ed} = 1013 \text{ kN} < V_{Rd,pl} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{V_{M0}} = \frac{0,015 \cdot (355 / \sqrt{3})}{1} \cdot 10^{-3} = 2669 \text{ kN} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



### Zatížitelnost

$$Z_{LM71} = \frac{R_d - E_{rs,Ed}}{E_{LM71}} = \frac{3082 - 828,2}{1138,6} > 3$$

#### 4.2.3 OHYBOVÁ ÚNOSNOST DESKY V PŘÍČNÉM SMĚRU

Na modelu jsou vytvořeny příčné virtuální nosníky, kde jsou vyhledány tyto extrémy vnitřních sil:

- max  $M_y$  a k tomu příslušná  $N$
- max  $N$  a k tomu příslušný  $M_y$
- min  $N$  a k tomu příslušný  $M_y$

K normálovým silám jsou v tomto případě přičteny tahové síly, které vznikají při uvažování příhradové analogie z posouvajících sil  $V$  (bez ohledu na znaménko).

Náhradní virtuální nosník je tvořen betonem, dolní příčnou výztuží a horní příčnou výztuží.



Max  $M_y$  + příslušná  $N$

$$N = 185 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 232 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} = 337 \text{ kNm}$$

Č. nosníku: 2

Poloha řezu: 3,17 m

$$M_{y,Ed} = 232 \text{ kNm} < M_{y,Rd} = 331 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

Max  $N$  + příslušný  $M_y$

$$N = 347 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 148 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} = 280 \text{ kNm}$$

Č. nosníku: 2

Poloha řezu: 4,85 m

$$M_{y,Ed} = 148 \text{ kNm} < M_{y,Rd} = 280 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

Min  $N$  + příslušný  $M_y$

$$N = -77 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 110 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Rd} = 428 \text{ kNm}$$

Č. nosníku: 1

Poloha řezu: 3,17 m

$$M_{y,Ed} = 110 \text{ kNm} < M_{y,Rd} = 428 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

**Zatížitelnost**

Zatížitelnost byla určena iteračním způsobem:  $Z_{LMT1} = 1,84$ .

#### 4.2.4 ÚNOSNOST ZTRACENÉHO BEDNĚNÍ

Výška vrstvy betonu: 0,780 m

Objemová tíha čerstvého betonu: 25 kN/m<sup>3</sup>

Součinitel zatížení čerstvého betonu: 1,35

Pevnost bednění v tahu za ohybu: 9 MPa

Tloušťka bednění: 24 mm

Rozpětí bednění: 430 mm

$$g_d = \gamma_g \cdot h \cdot \rho_{bet} = 1,35 \cdot 0,780 \cdot 25 = 26,3 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot g_d \cdot L^2 = \frac{1}{8} \cdot 26,3 \cdot 0,43^2 = 0,61 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = f_y \cdot W_{el} = 9 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 0,024^2 = 0,86 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 0,61 \text{ kNm} < M_{Rd} = 0,86 \text{ kNm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

### 4.3 POSOUZENÍ NA MSP

#### 4.3.1 OVĚŘENÍ PLATNOSTI DYNAMICKÉHO SOUČiniteLE

Limity vlastní frekvence:

Horní mez:

$$n_0 = 94,76 \cdot L^{-0,748} = 94,76 \cdot 16,58^{-0,748} = 11,6 \text{ Hz}$$

Dolní mez:

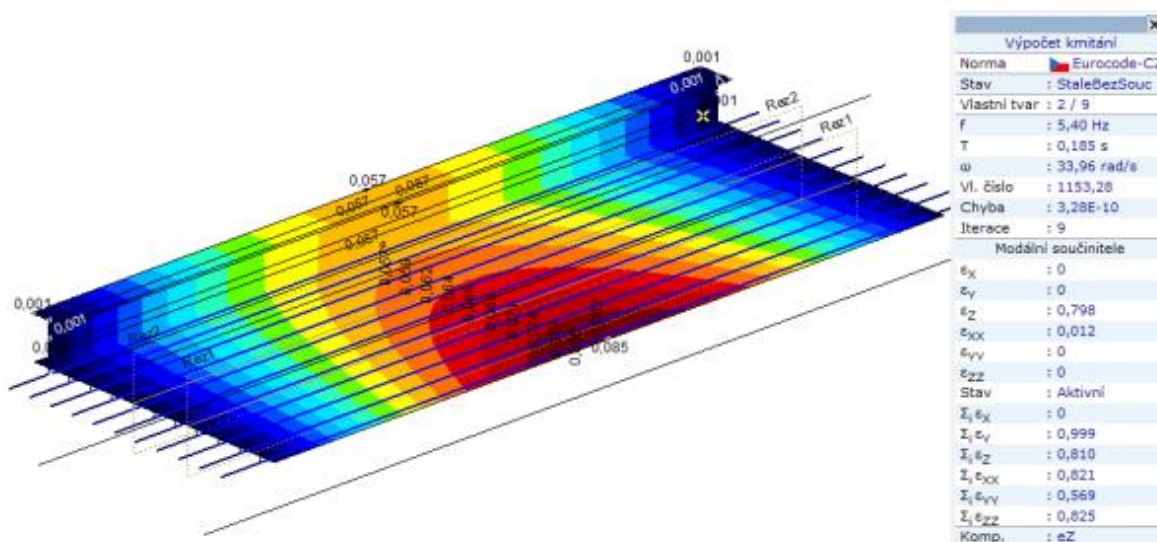
$$n_0 = \frac{80}{L} = \frac{80}{16,58} = 4,83 \text{ Hz}$$

Vlastní frekvence mostu:

$$n_0 = 5,4 \text{ Hz}$$

Ověření:

$$4,8 \text{ Hz} < 5,4 \text{ Hz} < 11,6 \text{ Hz} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$



#### 4.3.2 ZKROUCENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Uvažuje se charakteristické zatížení klasifikovaného LM71 včetně dynamických účinků a odstředivých sil. Je posouzeno maximální zkroucení  $t$  při rozchodu koleje  $s = 1,435 \text{ m}$ , měřené na délce 3,0 m, pro rychlost 160 km/h.

$$t_{\max} = 0,58 \text{ mm} < t_{\lim} = 4,5 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

#### 4.3.3 SVISLÁ PŘETVOŘENÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

**Svislá deformace hlavní nosné konstrukce:**

Uvažuje se charakteristické zatížení klasifikovaného LM71 bez dynamického součinitele.

Svislá deformace:

$$u_z = 9,3 \text{ mm} < u_{z,\lim} = \frac{L}{600} = \frac{16,58}{600} = 27,6 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

Posouzení nutnosti nadvýšení konstrukce:

Uvažuje se stálé zatížení + 25% klasifikovaného zatížení LM71

$$u_{z,g} = 10,6 \text{ mm}$$

$$u_{z,LM71,0,25} = 2,8 \text{ mm}$$

$$u_{z,celk} = 13,3 \text{ mm} < u_{z,lim} = 20,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

**Zatížitelnost:**

$$Z_{LM71} = \frac{u_{z,lim} - u_{z,rs}}{u_{z,LM71}} = \frac{27,6 - 8,1}{7,7} = 1,87$$

**Deformace koncového průřezu:**

Uvažuje se charakteristické zatížení klasifikovaného LM71 včetně dynamického součinitele.

Pootočení podpěr:

Začátek mostu:

$$\theta_{poc} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ rad} < \theta_{lim} = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ rad} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

Konec mostu:

$$\theta_{kon} = 2,1 \cdot 10^{-3} \text{ rad} < \theta_{lim} = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ rad} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

Vodorovný posun konce podélné konzoly:

Začátek mostu:

$$\delta_{poc} = 0,0 \text{ mm} < \delta_{lim} = 10,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

Konec mostu:

$$\delta_{kon} = 0,0 \text{ mm} < \delta_{lim} = 10,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

Svislý posun konce podélné konzoly:

Začátek mostu:

$$\delta_{poc} = 0,0 \text{ mm} < \delta_{lim} = 3,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

Konec mostu:

$$\delta_{kon} = 0,0 \text{ mm} < \delta_{lim} = 3,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

#### 4.3.4 PŘÍČNÁ PŘETVOŘENÍ A VODOROVNÉ KMITÁNÍ HLAVNÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Pro daný typ konstrukce není třeba posuzovat.

#### 4.3.5 MEZNÍ HODNOTY MAXIMÁLNÍCH SVISLÝCH PRŮHYBŮ Z HLEDISKA POHODY CESTUJÍCÍCH

Uvažuje se charakteristické zatížení neklasifikovaného LM71 včetně dynamického součinitele.

Maximální svislý průhyb pro rozpětí  $L = 16,58 \text{ m}$  a rychlost jízdy  $v = 85 \text{ km/h}$ :

Maximální přípustný poměr svislého průhybu a rozpětí mostu:

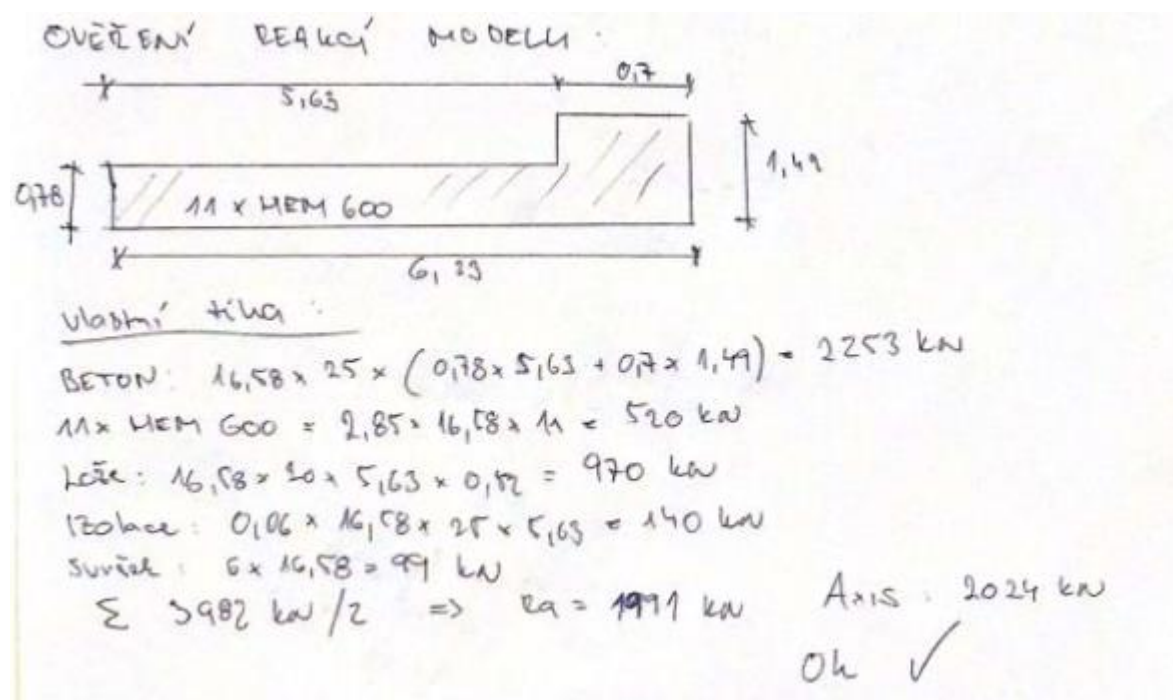
$$k_{lim} = \max \left\{ \frac{0,7 \cdot k_{lim}}{b_v}; 600 \right\} = \max \left\{ \frac{0,7 \cdot 600}{2,0}; 600 \right\} = 600$$

$$u_{z,lim} = \frac{L}{k_{lim}} = \frac{16,58}{600} \cdot 10^3 = 27,63 \text{ mm}$$

Svislý průhyb konstrukce:

$$u_z = 9,14 \text{ mm} < u_{z,lim} = 27,63 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje.}$$

#### 4.4 KONTROLA REAKCÍ



## 5 POSOUZENÍ SPODNÍ STAVBY

### 5.1 OPĚRA

Opěra je posouzena v softwaru GEO 5 v místě nejkritičtějšího průřezu. Byly uvažovány pozice vlaku na mostě a vlak za mostem. Kritičtější se ukázala pozice vlaku na mostě a opěra je tedy dimenzována na tyto účinky. Vzhledem k hlubinnému založení na pilotách neuvažujeme výpočet na překlopení, posunutí ani na únosnost základové půdy. Zemní tlak na dimenzování opěry je uvažován klidový.

#### **Vstupní data**

##### Materiály a normy

Mostní opěry : EN 1992-1-1 (EC2)  
Součinitele EN 1992-1-1 : standardní

##### Výpočet zdí

Výpočet aktivního tlaku : Coulomb (ČSN 730037)  
Výpočet pasivního tlaku : Caquot-Kerisel (ČSN 730037)  
Výpočet zemětřesení : Mononobe-Okabe  
Tvar zemního klínu : počítat šikmý  
Dovolená excentricita : 0,333  
Metodika posouzení : výpočet podle EN1997  
Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

##### Materiál konstrukce

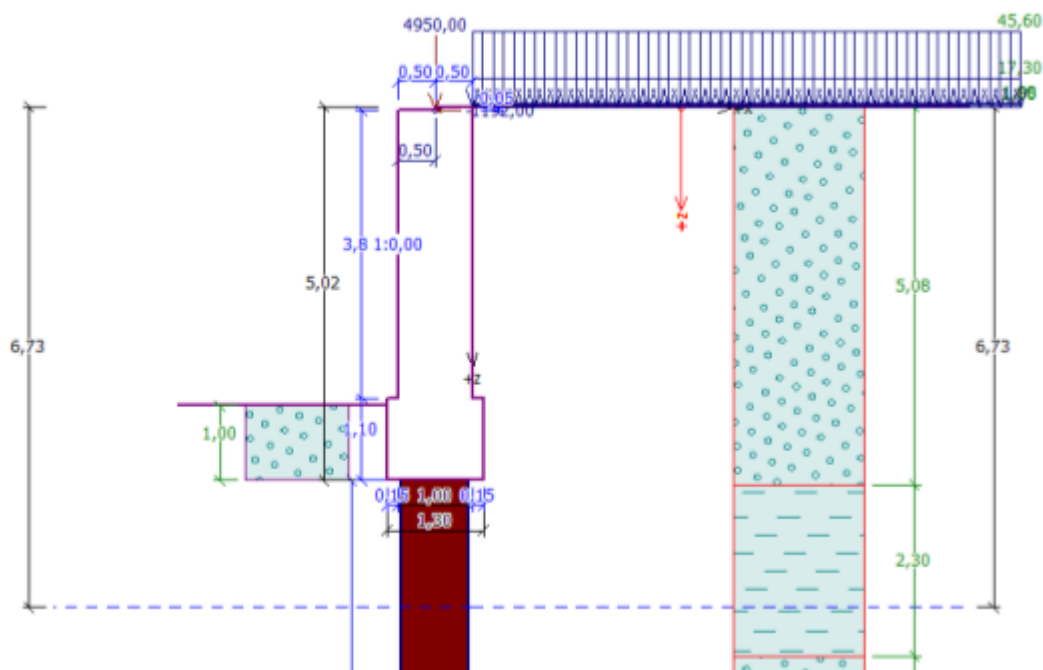
Objemová tíha  $\gamma = 25,00$   
kN/m<sup>3</sup>

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

Beton : C 30/37  
Válcová pevnost v tlaku  
Pevnost v tahu

Ocel podélná : B500  
Mez kluzu

## Geometrie



### Parametry zemín

Třída G3, ulehlá

Objemová tíha :  $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Napjatost : efektivní

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{\text{ef}} = 35,50^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{\text{ef}} = 0,00 \text{ kPa}$

Třecí úhel kce-zemina :  $\delta = 0,00^\circ$

Zemina : nesoudržná

Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{\text{sat}} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída F8, konzistence pevná  $S_r < 0,8$

Objemová tíha :  $\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3$

Napjatost : efektivní

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{\text{ef}} = 18,00^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{\text{ef}} = 19,00 \text{ kPa}$

Třecí úhel kce-zemina :  $\delta = 0,00^\circ$

Zemina : soudržná

Poissonovo číslo :  $\nu = 0,40$

Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{\text{sat}} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

Třída F8, konzistence měkká

Objemová tíha :  $\gamma = 17,00 \text{ kN/m}^3$

Napjatost : efektivní

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{\text{ef}} = 15,00^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{\text{ef}} = 5,00 \text{ kPa}$

Třecí úhel kce-zemina :  $\delta = 0,00^\circ$

Zemina : nesoudržná

Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{\text{sat}} = 17,00 \text{ kN/m}^3$

### Zatížení

Název : NK.

Typ zatěžovacího stavu : provozní stav.

#### Síly od mostu

Svislá síla  $F_s = 4950,00 \text{ kN}$

Vodorovná síla  $F_v = -1192,00 \text{ kN}$

### Přítížení

Číslo	Název	Působ.	Vel.1 [kN/m <sup>2</sup> ]
1	LM71	proměnné	17,30
2	Vítr	proměnné	1,88
3	Svršek	stálé	1,00
4	Lože	stálé	45,60

### Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody za a před konstrukcí je v hloubce 6,73 m

### Fáze výpočtu

Návrhová situace : dočasná

Zed' se nemůže přemístit, je počítána na zatížení tlakem v klidu.

### Síly na konstrukci

Název	$F_{hor}$ [kN/m]	Působíště z [m]	$F_{vert}$ [kN/m]	Působíště x [m]	Koef. moment	Koef. norm.síla	Koef. pos.síla
Tíh.- zed'	0,00	-1,95	97,37	0,50	1,000	1,350	1,000
Tlak v klidu	58,49	-1,31	0,00	1,00	1,350	1,000	1,350
Tlak vody	0,00	-3,92	0,00	1,00	1,000	1,000	1,000
LM71	27,17	-1,96	0,00	1,00	1,500	0,000	1,500
Vítr	2,95	-1,96	0,00	1,00	1,500	0,000	1,500
Svršek	1,57	-1,96	0,00	1,00	1,500	0,000	1,500
Lože	71,62	-1,96	0,00	1,00	1,350	1,000	1,350
Reakce mostu	203,76	-3,87	846,15	0,50	-	-	-
Reakce přech.desky	0,00	-3,92	0,00	1,00	-	-	-

Dimenzace dříku opěry - vstupní data:

Spára je navržena ze železobetonu; výpočtová šířka 1m.

Profil vložky = 20,0 mm

Počet vložek = 7

Krytí výztuže = 65,0 mm

Vnitřní síly :  $M = 1174,21 \text{ kNm/m}$ ;  $N = -978,0 \text{ kN/m}$ ;  $V = 426,94 \text{ kN/m}$

Výška průřezu  $h = 1,00 \text{ m}$

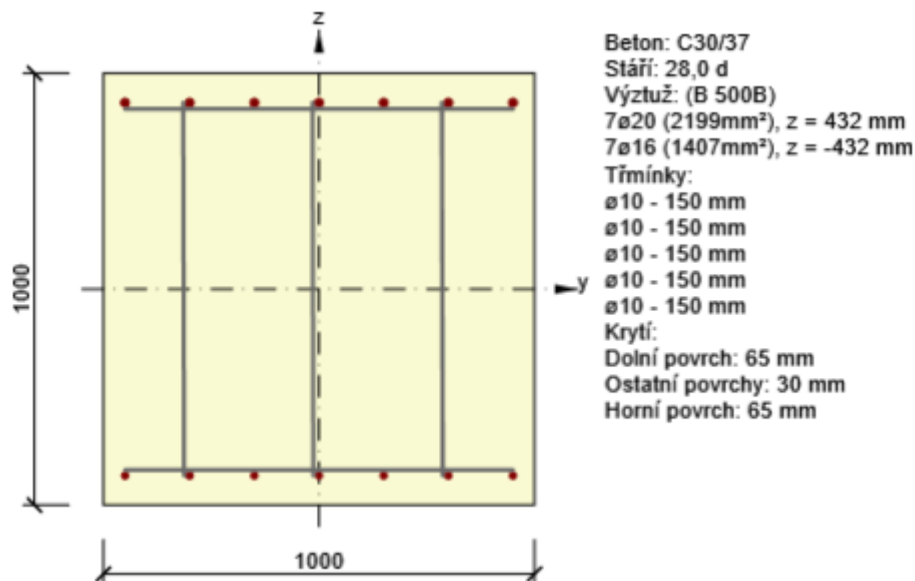
### Zatížitelnost

Byla určena iterační metodou.

$Z_{LM71} = 1,47$

### Posouzení průřezu v IDEA Statica

#### Dimenzační dílec



#### Vnitřní síly

Typ zatížení	Typ kombinace	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
Celkové	Základní MSÚ	-978,0	0,0	427,0	0,0	-1174,0	0,0
Celkové	Charakteristická	-682,0	0,0	0,0	0,0	-837,0	0,0
Celkové	Kvazistálá	-493,0	0,0	0,0	0,0	-358,0	0,0

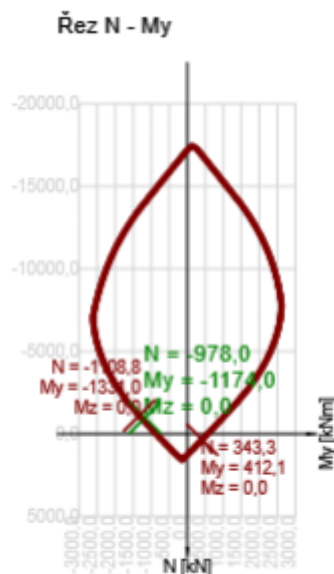
#### Únosnost N-M-M

N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-978,0	-1174,0	0,0	Nu-Mu-Mu	88,2	100,0	OK

#### Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

Typ	F <sub>Ed</sub>	F <sub>Rd1</sub>	F <sub>Rd2</sub>
N [kN]	-978,0	-1108,8	343,3
M <sub>y</sub> [kNm]	-1174,0	-1331,0	412,1
M <sub>z</sub> [kNm]	0,0	0,0	0,0





### Smyk

$V_{Ed}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]	$V_{Rd}$ [kN]	Posudek zóny	Článek	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
427,0	-978,0	526,2	bez redukce	6.2.3(3)	81,1	100,0	OK

### Návrhové hodnoty posouvající síly a únosnosti ve smyku

$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd}$ [kN]
427,0	453,0	4762,7	4428,9	526,2	526,2

### Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení smyku

$n_c$	$a_{sw}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ]	$b_w$ [mm]	$d$ [mm]	$z$ [mm]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$\alpha_{cw}$ [-]
3	1571	2199	1000	932	837	45,0	90,0	1,05
$C_{Rd,c}$ [-]	$k$ [-]	$k_1$ [-]	$\rho_l$ [-]	$\sigma_{cp}$ [MPa]	$\sigma_{wd}$ [MPa]	$v_{min}$ [MPa]	$v$ [-]	$v_1$ [-]
0,12	1,46	0,15	0,00	1,0	324,6	0,3	0,53	0,60

### Interakce

$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$V_{Ed}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	Hodnota V+T [%]	Hodnota V+T+M [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-978,0	-1174,0	0,0	427,0	0,0	74,7	100,0	100,0	100,0	OK

### Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (beton)

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	rce. 6.31 [%]	rce. 6.29 [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
453,0	380,2	4762,7	1407,6	94,3	9,0	9,0	100,0	OK

### Posouzení interakce posouvající síly, kroucení, ohybu a normálové síly

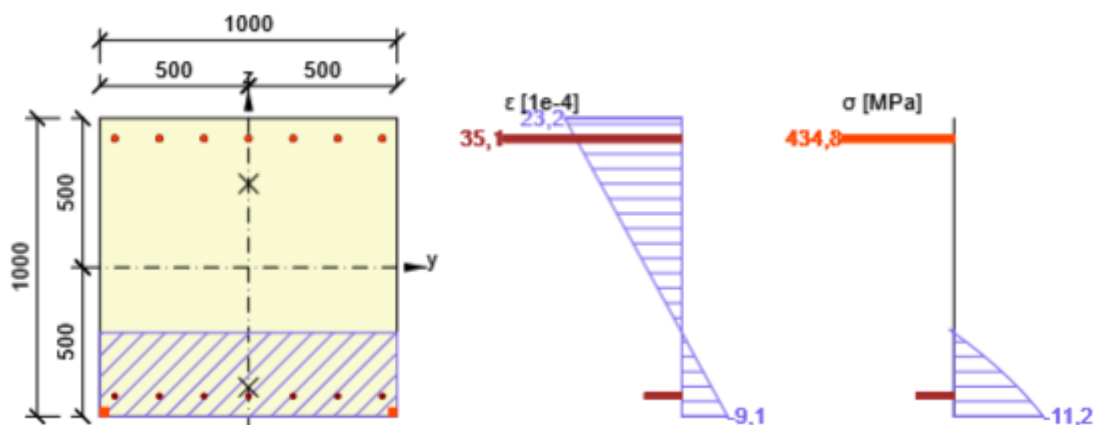
$F_b$	$\Delta F_{td,s}$	$\Delta F_{td,t}$	$\Delta \epsilon_s$	$\Delta \epsilon_t$	Extrém ve vložce	Hodnota	Mez	Posudek
-------	-------------------	-------------------	---------------------	---------------------	------------------	---------	-----	---------

[kN]	[kN]	[kN]	[1e-4]	[1e-4]		[%]	[%]	
732,9	427,0	0,0	14,1	0,0	19	100,0	100,0	OK

#### Podrobné posouzení výztuže

Vložka	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\Delta \varepsilon_{st}$ [1e-4]	$\varepsilon$ [1e-4]	$\varepsilon_{lim}$ [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
19	450	432	14,1	35,1	$\infty$	13,8	434,8	434,8	100,0	OK

Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu



#### Omezení napětí

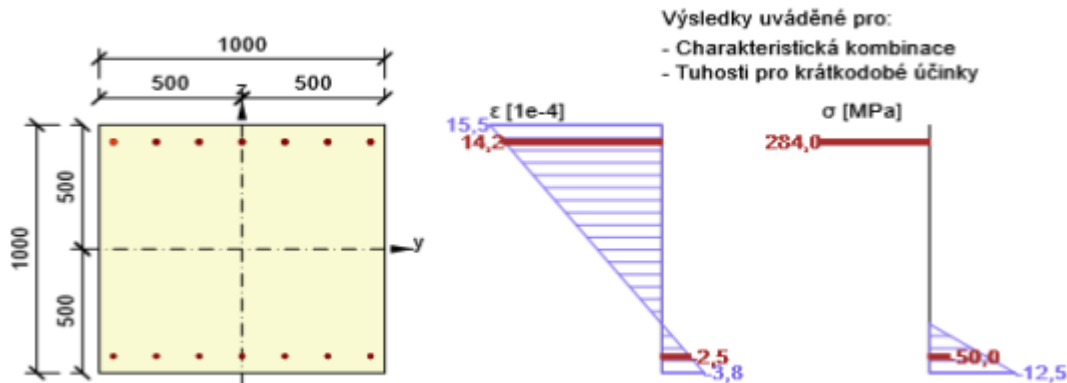
##### Omezení napětí - krátkodobé účinky

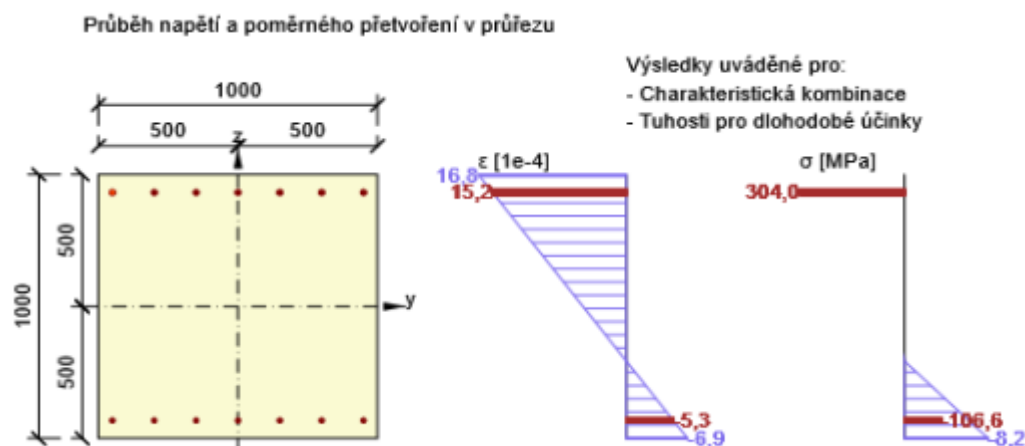
Typ posudku	Část průřezu	Index	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
7.2(5)-Char	Výztužná vložka	9	284,0	400,0	71,0	100,0	OK

##### Omezení napětí - dlouhodobé účinky

Typ posudku	Část průřezu	Index	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
7.2(5)-Char	Výztužná vložka	9	304,0	400,0	76,0	100,0	OK

Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu





### Šířka trhlin

#### Šířka trhlin - krátkodobé účinky

Kombinace	N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	w <sub>k</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
Kvazi	-493,0	-358,0	0,0	0,092	0,200	46,2	100,0	OK

#### Šířka trhlin - dlouhodobé účinky

Kombinace	N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	w <sub>k</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
Kvazi	-493,0	-358,0	0,0	0,105	0,200	52,7	100,0	OK

### Souhrn

Rozhodující typ posudku	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Interakce	-978,0	-1174,0	0,0	427,0	0,0	100,0	OK
Typ posudku	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Únosnost N-M-M	-978,0	-1174,0	0,0			88,2	OK
Smyk	-978,0			427,0	0,0	81,1	OK
Interakce	-978,0	-1174,0	0,0	427,0	0,0	100,0	OK
Omezení napětí	-682,0	-837,0	0,0			76,0	OK
Šířka trhliny	-493,0	-358,0	0,0			52,7	OK

## 5.2 ZAVĚŠENÉ KŘÍDLO

Model křídla pro zjištění vnitřních sil byl vytvořen jako 3D deskostěnový s vetknutím v základové spáře v softwaru AxisVM X4. Křídlo je posouzeno v softwaru Idea statica v místě nejkritičtějšího průřezu (tedy v místě připojení na opěru). Byla uvažována pozice vlaku za mostem. Zemní tlak na dimenzování křídel je uvažován klidový.

### 5.2.1 ZATÍŽENÍ

#### **Zatěžovací stavy**

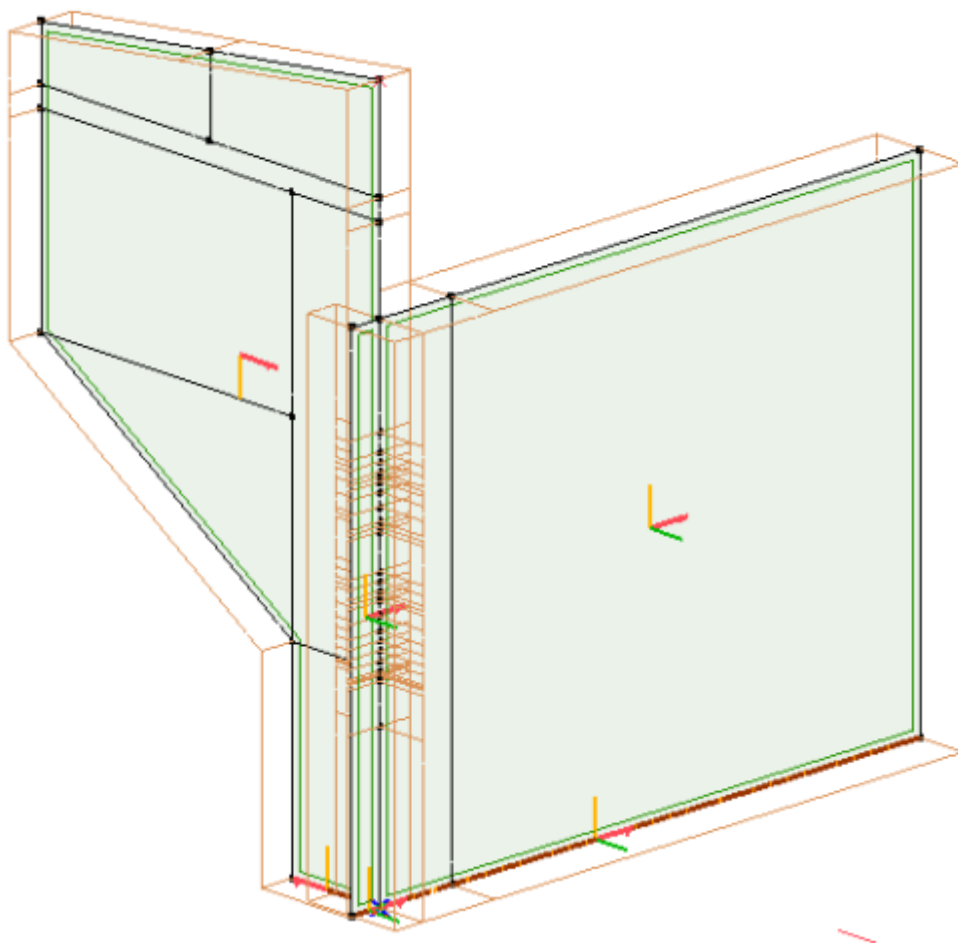
Vlastní tíha  
Zemní tlak – klidový  
Přetížení od železničního svršku  
Přetížení od účinků LM71  
Boční rázy  
Přetížení od větru působícího na vlak

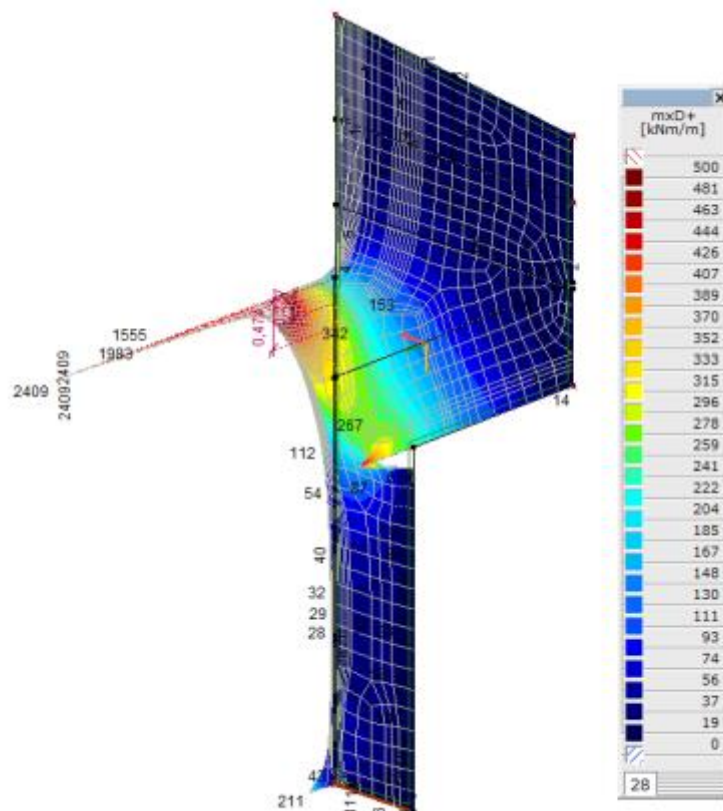
#### **Kombinace zatížení**

Byly prověřeny kombinace zatížení 6.10a a 6.10b. Rozhodující kombinace v posudcích je 6.10b.

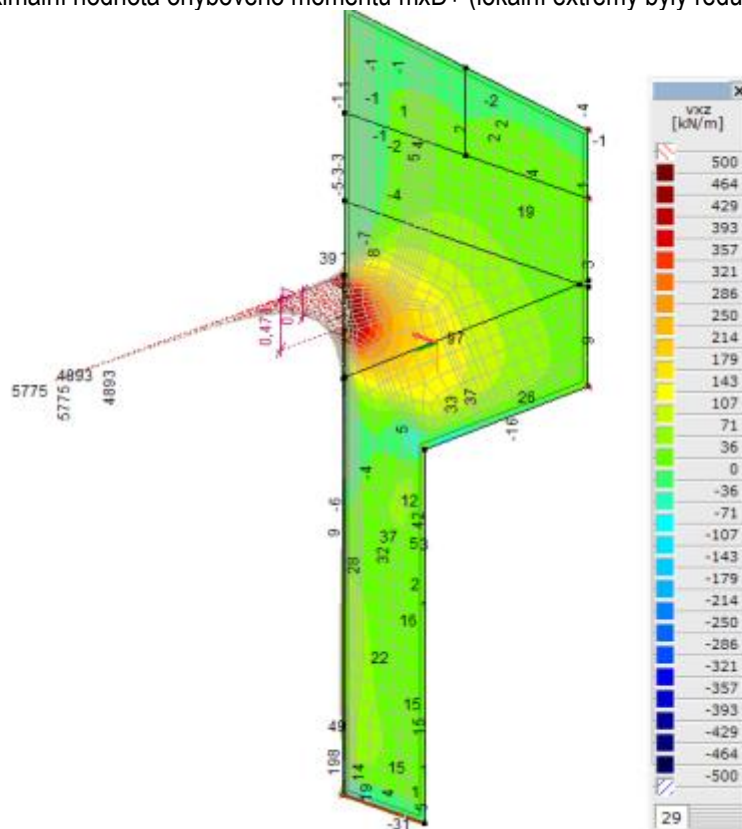
$$\sum_{j \geq 1} \xi Y_{G,j} G_{k,j} + Y_P P + Y_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} Y_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

#### **Model pro výpočet vnitřních sil**

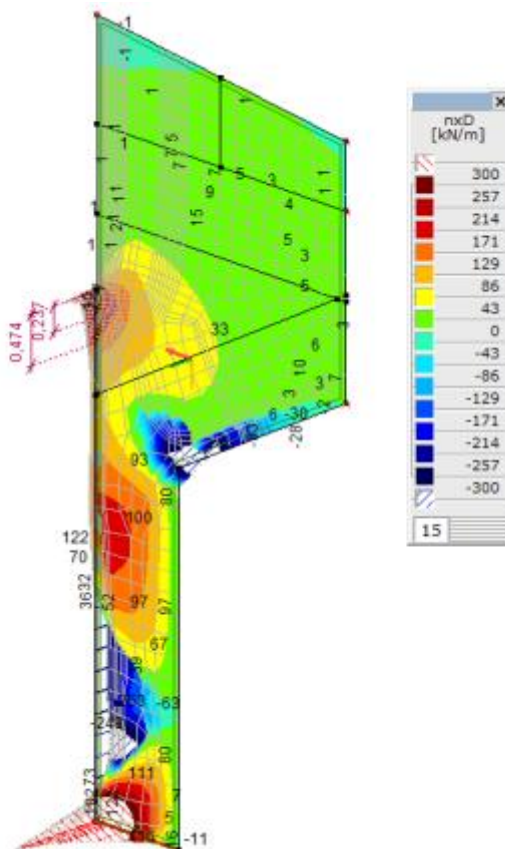




Maximální hodnota ohybového momentu  $mxD+$  (lokální extrémy byly redukovány)

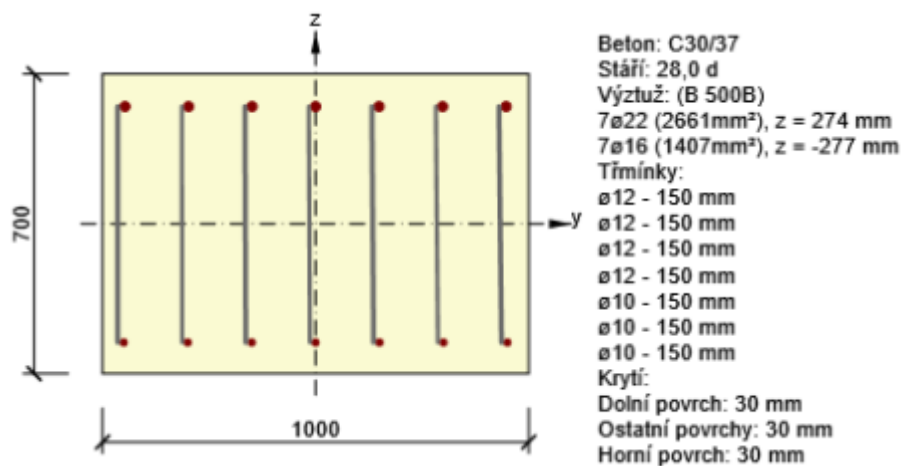


Maximální hodnota posouvající síly v deskostěně  $Vxz$  (lokální extrémy byly redukovány)



Maximální hodnota normálové síly  $nxD+$  (lokální extrémy byly redukovány)

## 5.2.2 POSOUZENÍ KŘÍDLA



### Vnitřní síly

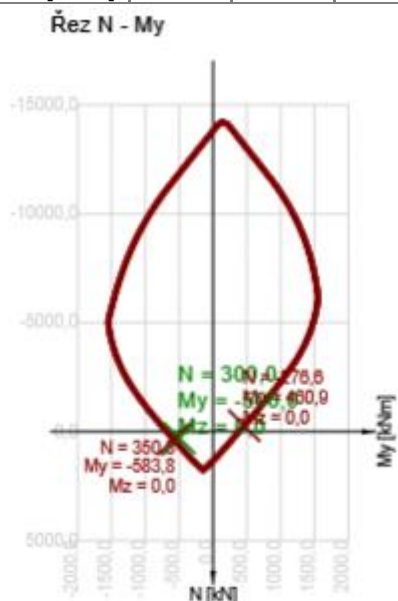
Typ zatížení	Typ kombinace	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
Celkové	Základní MSÚ	300,0	0,0	500,0	0,0	-500,0	0,0
Celkové	Charakteristická	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Celkové	Kvazistálá	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

### Únosnost N-M-M

N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	Typ	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
300,0	-500,0	0,0	Nu-Mu-Mu	85,7	100,0	OK

### Návrhová únosnost při působení ohybového momentu a normálové síly

Typ	F <sub>Ed</sub>	F <sub>Rd1</sub>	F <sub>Rd2</sub>
N [kN]	300,0	350,3	-276,6
M <sub>y</sub> [kNm]	-500,0	-583,8	460,9
M <sub>z</sub> [kNm]	0,0	0,0	0,0



### Smyk

V <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>Ed</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	Posudek zóny	Článek	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
500,0	300,0	691,3	bez redukce	6.2.3(3)	72,3	100,0	OK

### Návrhové hodnoty posouvající síly a únosnosti ve smyku

V <sub>Ed</sub> [kN]	V <sub>Rd,c</sub> [kN]	V <sub>Rd,max</sub> [kN]	V <sub>Rd,r</sub> [kN]	V <sub>Rd,s</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]
500,0	234,2	3094,5	2965,2	691,3	691,3

### Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení smyku

n <sub>c</sub>	a <sub>sw</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	A <sub>sl</sub> [mm <sup>2</sup> ]	b <sub>w</sub> [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α <sub>cw</sub> [-]
4	3016	2661	1000	624	573	45,0	90,0	1,00
C <sub>Rd,c</sub> [-]	k [-]	k <sub>1</sub> [-]	ρ <sub>l</sub> [-]	σ <sub>cp</sub> [MPa]	σ <sub>wd</sub> [MPa]	V <sub>min</sub> [MPa]	v [-]	v <sub>1</sub> [-]
0,12	1,57	0,15	0,00	-0,4	289,3	0,4	0,53	0,60

### Interakce

N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Edy</sub> [kNm]	M <sub>Edz</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Hodnota V+T	Hodnota V+T+M	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
-------------------------	---------------------------	---------------------------	-------------------------	--------------------------	----------------	------------------	----------------	------------	---------

					[%]	[%]			
300,0	-500,0	0,0	500,0	0,0	66,5	100,0	100,0	100,0	OK

#### Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (beton)

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	rce. 6.31 [%]	rce. 6.29 [%]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
234,2	218,4	3094,5	767,8	213,5	16,2	16,2	100,0	OK

#### Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (podélná výztuž)

$A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ]	$F_{sl}$ [kN]	$F_{sl,lim}$ [kN]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
4068	500,0	1768,9	28,3	100,0	OK

#### Posouzení interakce posouvající síly a kroucení (smyková výztuž)

$a_{sw}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$F_{sw}$ [kN]	$F_{sw,lim}$ [kN]	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
754	218,1	327,8	66,5	100,0	OK

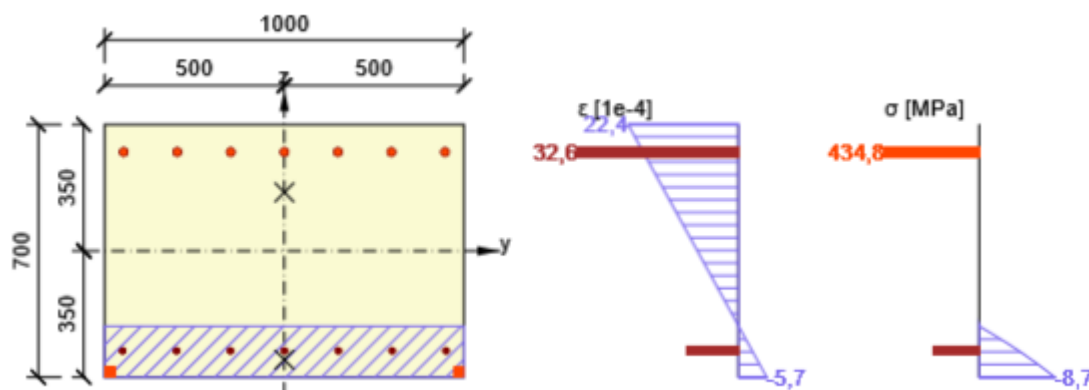
#### Posouzení interakce posouvající síly, kroucení, ohybu a normálové síly

$F_b$ [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \varepsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \varepsilon_t$ [1e-4]	Extrém ve vložce	Hodnota [%]	Mez [%]	Posudek
951,8	500,0	0,0	13,2	0,0	8	100,0	100,0	OK

#### Podrobné posouzení výztuže

Vložka	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\Delta \varepsilon_{st}$ [1e-4]	$\varepsilon$ [1e-4]	$\varepsilon_{lim}$ [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
8	447	274	13,2	32,6	$\infty$	48,1	434,8	434,8	100,0	OK

Průběh napětí a poměrného přetvoření v průřezu



#### Konstrukční zásady

$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Využití <sub>pod</sub> [%]	Využití <sub>smyk</sub> [%]	Rozhodující [%]	Mez [%]	Posudek
300,0	-500,0	0,0	35,3	63,9	63,9	100,0	OK



#### Kontrola konstrukčních zásad pro podélnou výztuž

Typ	Hodnota <sub>vyp</sub>	Hodnota <sub>mez</sub>	Využití [%]	Posudek
Minimální stupeň vyztužení podélnou výztuží (9.2.1.1 (1)) [%]	0,43	0,15	35,3	OK
Maximální stupeň vyztužení podélnou výztuží (9.2.1.1(3)) [%]	0,58	4,00	14,5	OK
Minimální světlá vzdálenost podélné výztuže (8.2 (2)) [mm]	127	26	20,8	OK
Maximální osová vzdálenost podélné výztuže (9.2.3 (4)) [mm]	-	350	0,0	Vypnuto

#### Kontrola konstrukčních zásad pro smykovou výztuž

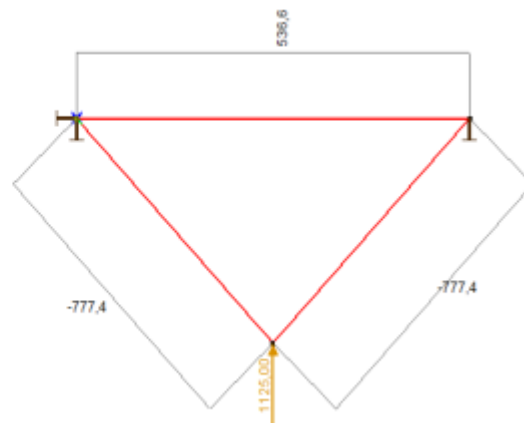
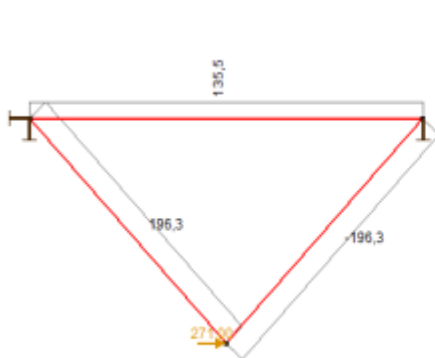
Typ	Hodnota <sub>vyp</sub>	Hodnota <sub>mez</sub>	Využití [%]	Posudek
Minimální stupeň vyztužení smykovou výztuží (9.2.2 (5)) [%]	0,30	0,09	29,1	OK
Maximální vzdálenost třmínků (9.2.2 (6)) [mm]	150	400	37,5	OK
Maximální příčná vzdálenost větví třmínků (9.2.2 (8)) [mm]	299	468	63,9	OK
Minimální vnitřní průměr zaoblení třmínku (8.3 (2)) [-]	0,00	0,00	0,0	Vypnuto

#### Vstupní hodnoty a mezivýsledky posouzení konstrukčních zásad

b <sub>w</sub> [mm]	d [mm]	A <sub>c</sub> [mm <sup>2</sup> ]	b <sub>t</sub> * d [mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [MPa]	f <sub>yd</sub> [MPa]	f <sub>ck</sub> [MPa]	f <sub>ctm</sub> [MPa]	f <sub>cd</sub> [MPa]
1000	624	700000	624000	500,0	434,8	30,0	2,9	18,0

### 5.3 OZUB

Ozub je posouzen pomocí příhradového modelu pomocí softwaru AXIS.



#### Kombinace pro max. svislou sílu

Vzd	=	1125	kN/m	... kladný směr nahoru
Nxd	=	271	kN/m	... kladný směr doprava

#### Rozměry příhradoviny

bp	=	290	mm
hp	=	152	mm

#### Posouzení vodorovného táhla

Nutná plocha výztuže

$$A_{smin} = F_T / f_{yd} * 1000 = 672,1 / 434,8 * 1000 = 1546 \text{ mm}^2/\text{bm}$$

Tomu odpovídá výztužení profily R16/125.

$$ds = 16 \text{ mm}$$

$$as = 125 \text{ mm}$$

$$n = 1000 / a_s = 1000 / 125 = 8,00 \text{ ks/bm}$$

$$A_s = PI() * d_s^2 / 4 * n = PI() * 16^2 / 4 * 8 = 1608 \text{ mm}^2/\text{bm} > A_{smin}$$

#### Posouzení šikmé vzpěry

Nutná plocha betonu (na bm šířky ozubu)

$$b_{c1} = 100 \text{ mm}$$

$$A_{cmin} = (abs(F_1 / \sigma_{RD} * 1000)) = (abs(-973,7 / 13,464 * 1000)) = 72319 \text{ mm}^2/\text{bm}$$

$$\sigma_{RD} = f_{cd} * v * k_1 = 18 * (1 - (30 / 250)) * 0,85 = 13,464 \text{ MPa}$$

$$v = 1 - f_{ck} / 250 = (1 - (30 / 250)) = 0,88$$

$$k_1 = 0,85$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

Nutná tloušťka tlakové diagonály

$$t_{cmin} = A_{cmin}/1000 = 72319/1000 = 72 \text{ mm}$$

Tato šířka je pro uvažovanou šikmou vzpěru v betonu k dispozici, návrh VYHOVUJE.

Kontaktní napětí v betonu při dosednutí na plošku ozubu

$$b_c = 200 \text{ mm} \quad \dots \text{šířka ozubu v kontaktu s úložným prahem}$$

Nutná plocha betonu (na bm šířky ozubu)

$$A_{cmin} = V_{zd}/f_{cd} \cdot 1000 = 1125/18 \cdot 1000 = 62500 \text{ mm}^2/\text{bm}$$

Vzdorující plocha  
betonu

$$A_{cd} = b_c \cdot 1000 = 200 \cdot 1000 = 200000 \text{ mm}^2/\text{bm} > A_{cmin}$$

Návrh VYHOVUJE.

## 5.4 VÝZTUŽ NA SMRŠŤOVÁNÍ

### ***Dřík opěry***

Návrh výztuže:

Navržená vodorovná výztuž ve stěně u povrchů:

$$\emptyset 16 / 150 \text{ mm}; A_{sh} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \frac{h}{a} = \pi \cdot \frac{16^2}{4} \cdot \frac{3250}{150} = 4356 \text{ mm}^2$$

Navržená výztuž u dolního povrchu:

$$\emptyset 16 / 100 \text{ mm}; A_{sh} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \frac{b}{a} = \pi \cdot \frac{16^2}{4} \cdot \frac{1600}{100} = 3217 \text{ mm}^2$$

Přidání vodorovné výztuže:

$$1 \times \emptyset 16 / 100 \text{ mm}; A_{sh} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \frac{b}{a} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{16^2}{4} \cdot \frac{1600}{100} = 3217 \text{ mm}^2$$

Celková výztuž v dříku proti smršťování:

$$A_{sh} = 15146 \text{ mm}^2$$

Pevnost v tahu v čase  $t = 3$  dny:

$$t = 3 \text{ dny}, s = 0,25 \text{ pro cement CEM 32,5 N}, \alpha = 1,00$$

$$\beta_{cct} = \exp \left[ s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right] = \exp \left[ 0,38 \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{3}} \right) \right] = 0,458$$

$$f_{ctm,t} = \beta_{cct}^\alpha \cdot f_{ctm} = 0,458^1 \cdot 2,9 = 1,328 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm,t} = 1,328 \text{ MPa}$$

Napětí ve výztuži při vzniku trhliny:

$$\sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_c}{A_s} = 1,00 \cdot 0,65 \cdot 1,328 \cdot \frac{3250 \cdot 1600}{15146} = 296,4 \text{ MPa} < 500 \text{ MPa}$$

Napětí od vynucených přetvoření při  $\emptyset 16$  mm:

$$\text{Účinná výška } d = 3167 \text{ mm}$$

$$\phi_s = \frac{\phi \cdot 2,9 \cdot 4 \cdot (h - d)}{f_{ct,eff} \cdot k \cdot h_{cr}} = \frac{12 \cdot 2,9 \cdot 4 \cdot (3250 - 3167)}{1,328 \cdot 0,65 \cdot 3250} = 5,5 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,2 \text{ mm}$$

$$\sigma_s = 310 \text{ MPa (interpolaci v tab. 7.2CZ v ČSN EN 1992-1-1, ed.2, Z1)}$$

$$A_s = 15146 \text{ mm}^2 > A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_c}{\sigma_s} = 1 \cdot 0,65 \cdot 1,328 \cdot \frac{3250 \cdot 1600}{310} = 14479 \text{ mm}^2$$

### Úložný práh

#### Návrh výztuže:

Navržená vodorovná výztuž ve stěně u povrchů:

$$\phi 16 / 150 \text{ mm}; A_{sh} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \frac{h}{a} = \pi \cdot \frac{16^2}{4} \cdot \frac{700}{150} = 938 \text{ mm}^2$$

Navržená výztuž u dolního povrchu:

$$\phi 16 / 100 \text{ mm}; A_{sh} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \frac{b}{a} = \pi \cdot \frac{16^2}{4} \cdot \frac{1600}{100} = 3217 \text{ mm}^2$$

Přidání vodorovné výztuže:

$$1 \times \phi 16 / 100 \text{ mm}; A_{sh} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \frac{b}{a} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{16^2}{4} \cdot \frac{1600}{100} = 3217 \text{ mm}^2$$

Celková výztuž v dřívku proti smršťování:

$$A_{sh} = 8310 \text{ mm}^2$$

#### Pevnost v tahu v čase $t = 3$ dny:

$t = 3$  dny,  $s = 0,25$  pro cement CEM 32,5 N,  $\alpha = 1,00$

$$\beta_{cct} = \exp \left[ s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right] = \exp \left[ 0,38 \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{3}} \right) \right] = 0,458$$

$$f_{ctm,t} = \beta_{cct}^\alpha \cdot f_{ctm} = 0,458^1 \cdot 2,9 = 1,328 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm,t} = 1,328 \text{ MPa}$$

#### Napětí ve výztuži při vzniku trhliny:

$$\sigma_s = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_c}{A_s} = 1,00 \cdot 0,65 \cdot 1,328 \cdot \frac{700 \cdot 1600}{8310} = 116,3 \text{ MPa} < 500 \text{ MPa}$$

#### Napětí od vynucených přetvoření při $\phi 16$ mm:

Účinná výška  $d = 617$  mm

$$\phi_s = \frac{\phi \cdot 2,9 \cdot 4 \cdot (h - d)}{f_{ct,eff} \cdot k \cdot h_{cr}} = \frac{12 \cdot 2,9 \cdot 4 \cdot (700 - 617)}{1,328 \cdot 0,65 \cdot 700} = 25,5 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,2 \text{ mm}$$

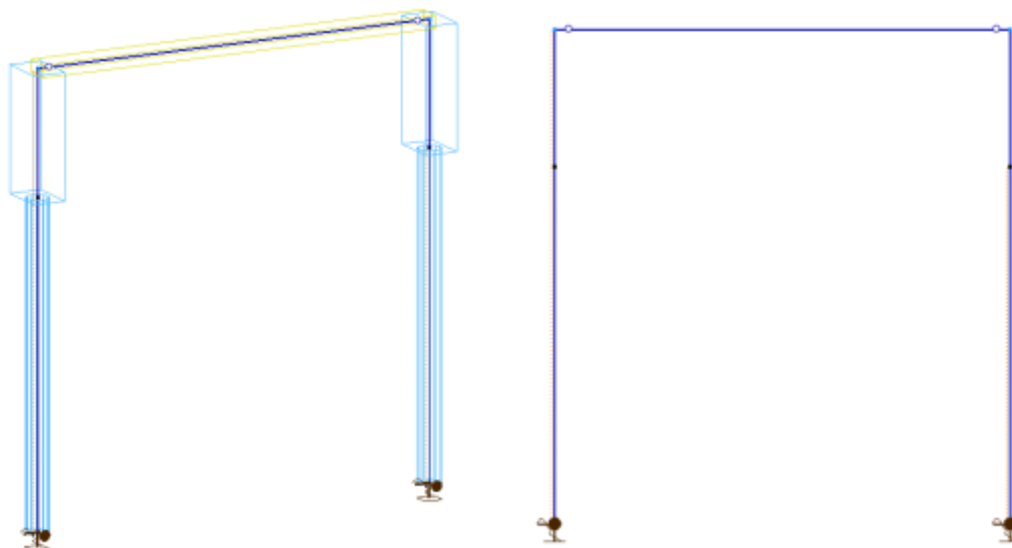
$$\sigma_s = 165,5 \text{ MPa (interpolaci v tab. 7.2CZ v ČSN EN 1992-1-1, ed.2, Z1)}$$

$$A_s = 8310 \text{ mm}^2 > A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_c}{\sigma_s} = 1 \cdot 0,65 \cdot 1,328 \cdot \frac{700 \cdot 1600}{165,5} = 5842 \text{ mm}^2$$

## 5.5 PILOTA

Pilota je počítána pomocí softwaru GEO 5 a AXIS. Únosnost piloty je počítána dle jejího sedání. Výpočet vnitřních sil působících na pilotu byl proveden pomocí citlivostní analýzy, kdy v podporách modelu zvyšujeme či snižujeme tuhost a zjišťujeme posunutí ve vodorovném směru. Tuhost liniových podpěr jsme volili ze zkušeností. Piloty jsou navrženy s proměnným průměrem kvůli lepší realizaci.

### 5.5.1 MODEL V SOFTWARE AXIS



Tuhosti liniových podpěr jsou voleny následovně:

$K1 = 4 \cdot 10^4 \text{ kN/m}^2$  pro opěru  
 $K1 = 4 \cdot 10^4 \text{ kN/m}^2$  pro pilotu

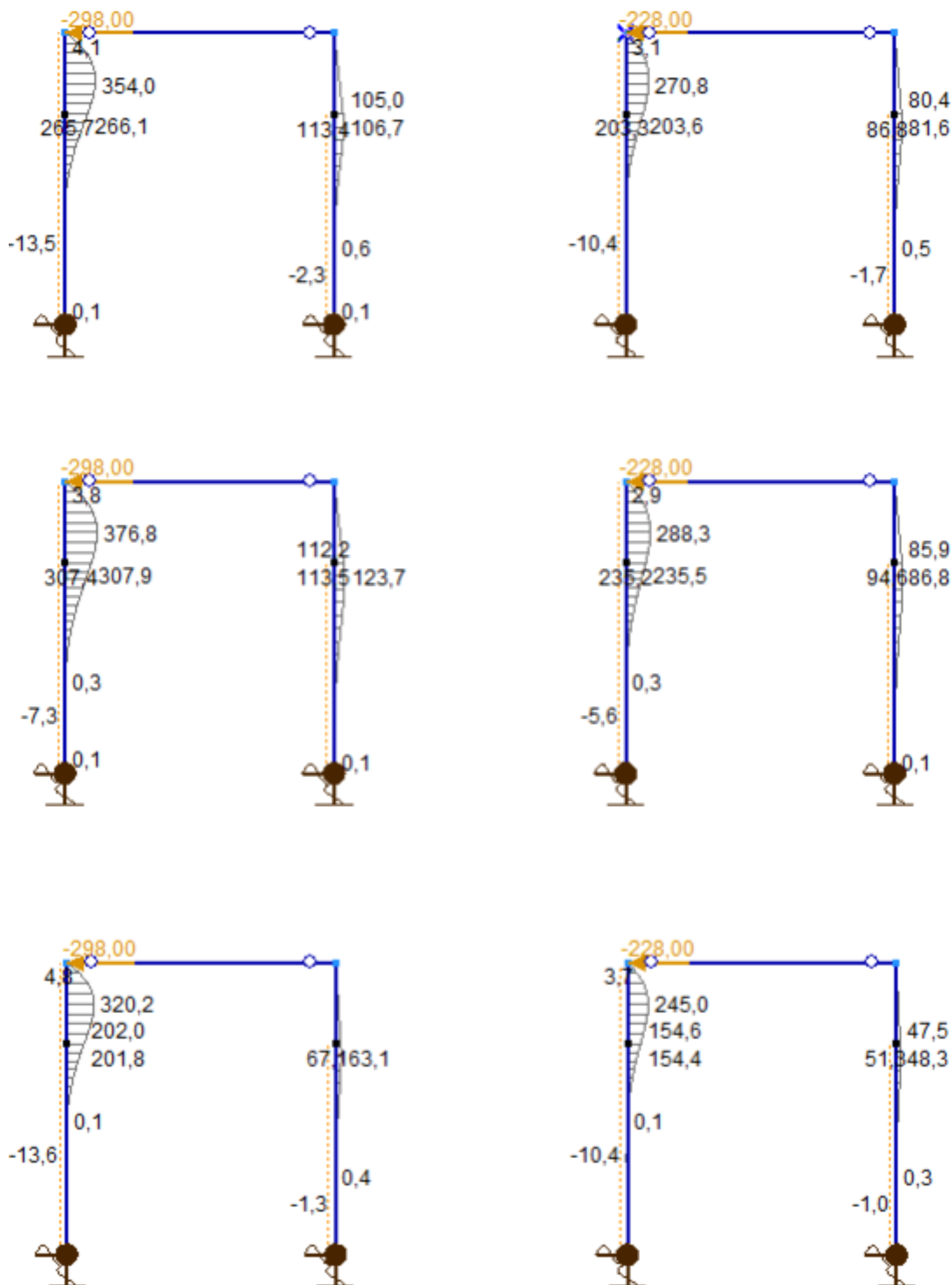
$K2 = 2,5 \cdot 10^4 \text{ kN/m}^2$  pro opěru  
 $K2 = 1,7 \cdot 10^4 \text{ kN/m}^2$  pro pilotu

$K3 = 8 \cdot 10^4 \text{ kN/m}^2$  pro opěru  
 $K3 = 4 \cdot 10^4 \text{ kN/m}^2$  pro pilotu

### Vnitřní síly

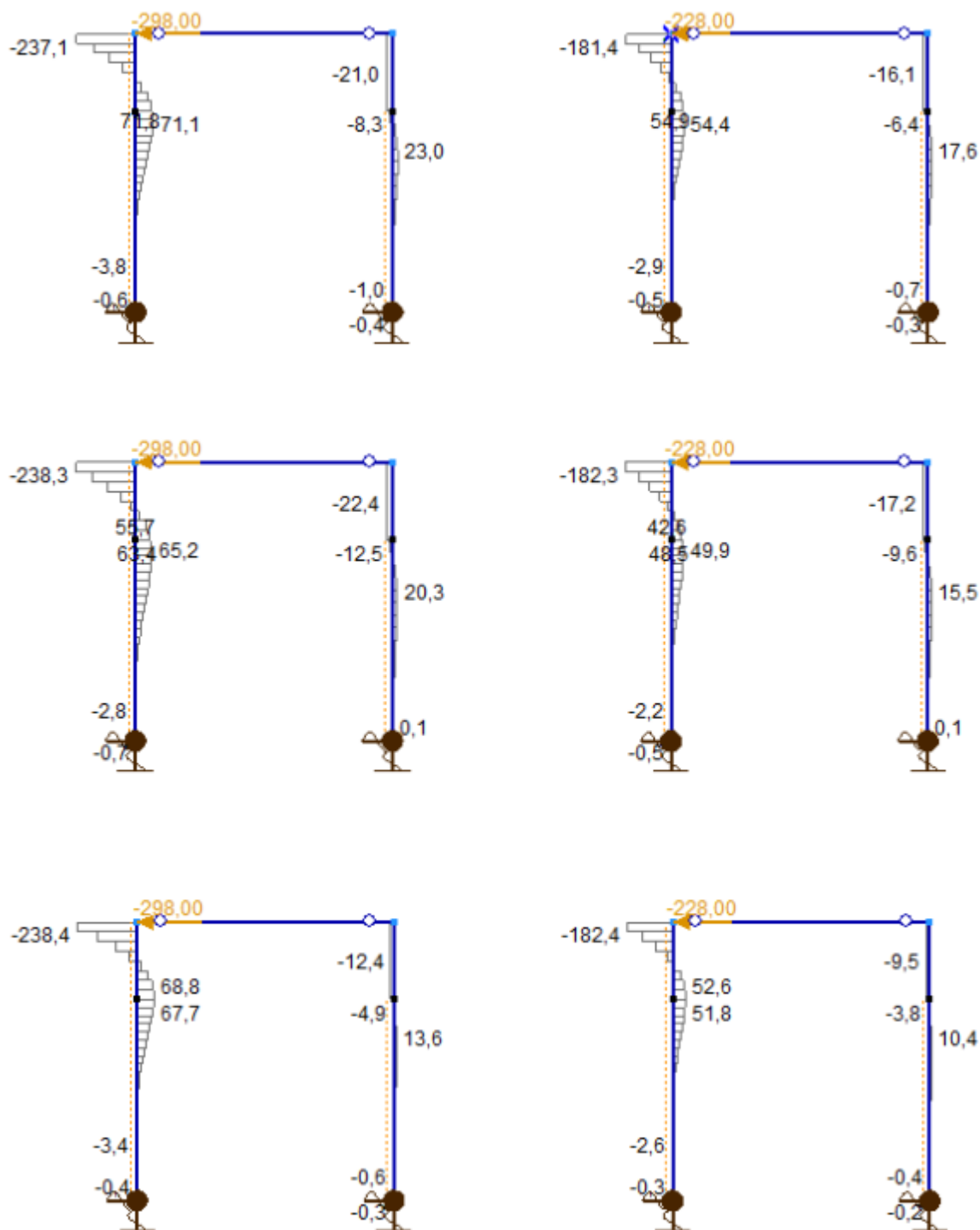
#### Moment

Návrhové kombinace (levý sloupec) a charakteristické kombinace (pravý sloupec)



# Posouvající síla

Návrhové kombinace (levý sloupec) a charakteristické kombinace (pravý sloupec)



Normálová síla je dosazena z výpočtu opěry, v modelu není zadána. Z kombinací byly vybrány celkové extrémní účinky, na které je pilota dále dimenzována.

## 5.5.2 POSOUZENÍ V GEO 5

### Vstupní data

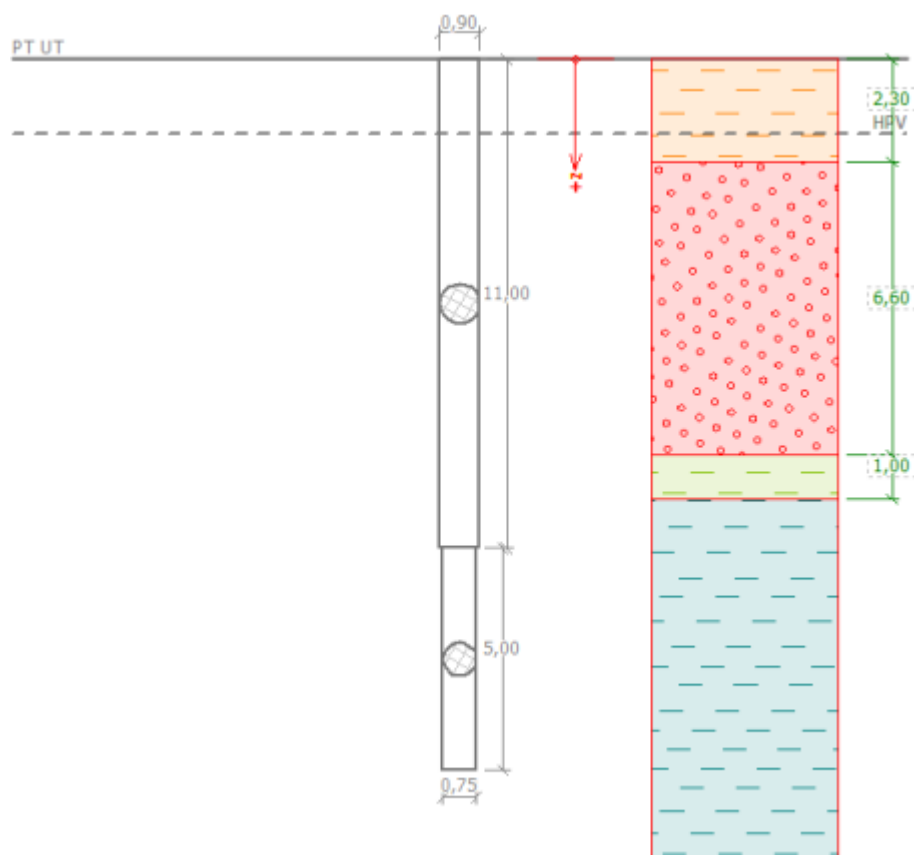
Nastavení  
(zadané pro aktuální úlohu)  
Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-1-1 (EC2)  
Součinitele EN 1992-1-1 : standardní


Piloty

Výpočet pro odvodněné podmínky : ČSN 73 1002  
Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)  
Vodorovná únosnost : pružný poloprostor  
Metodika posouzení : výpočet podle EN1997  
Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

### Geometrie





Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy
1	Třída F8, konzistence pevná $S_r < 0,8$		soudržná
2	Třída G3, středně ulehlá		nesoudržná
3	Třída F8, konzistence měkká		soudržná
4	Třída F8, konzistence tuhá		soudržná

### Parametry zemín

Třída F8, konzistence pevná  $S_r < 0,8$

Objemová tíha :  $\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3$   
Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 18,00^\circ$   
Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 19,00 \text{ kPa}$   
Poissonovo číslo :  $\nu = 0,42$   
Modul přetvárnosti :  $E_{def} = 7,00 \text{ MPa}$   
Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$   
Typ zeminy : soudržná

Třída G3, středně ulehlá

Objemová tíha :  $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$   
Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 35,00^\circ$   
Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$   
Poissonovo číslo :  $\nu = 0,25$   
Modul přetvárnosti :  $E_{def} = 40,00 \text{ MPa}$   
Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$   
Typ zeminy : nesoudržná  
Modul horiz.stlačitelnosti :  $\eta_h = 6,00 \text{ MN/m}^3$

Třída F8, konzistence měkká

Objemová tíha :  $\gamma = 17,00 \text{ kN/m}^3$   
Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 15,00^\circ$   
Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 5,00 \text{ kPa}$   
Poissonovo číslo :  $\nu = 0,40$   
Modul přetvárnosti :  $E_{def} = 1,50 \text{ MPa}$   
Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 17,00 \text{ kN/m}^3$   
Typ zeminy : soudržná

Třída F8, konzistence tuhá

Objemová tíha :	$\gamma$	=	20,50	kN/m <sup>3</sup>
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef}$	=	13,00	°
Soudržnost zeminy :	$c_{ef}$	=	4,00	kPa
Poissonovo číslo :	$\nu$	=	0,42	
Modul přetvárnosti :	$E_{def}$	=	3,00	MPa
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat}$	=	20,50	kN/m <sup>3</sup>
Typ zeminy :	soudržná			

### **Materiál konstrukce**

Objemová tíha  $\gamma = 25,00$  kN/m<sup>3</sup>

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

Beton : C 30/37

Válcová pevnost v tlaku	$f_{ck}$	=	30,00	MPa
Pevnost v tahu	$f_{ctm}$	=	2,90	MPa
Modul pružnosti	$E_{cm}$	=	33000,00	MPa
Modul pružnosti ve smyku	$G$	=	13750,00	MPa

Ocel podélná : B500

Mez kluzu  $f_{yk} = 500,00$  MPa

### **HPV**

Hladina podzemní vody je v hloubce 1,66 m od původního terénu.

### **Celkové nastavení výpočtu**

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro odvozené podmínky

### **Nastavení fáze**

Návrhová situace: trvalá

### **Zatížení**

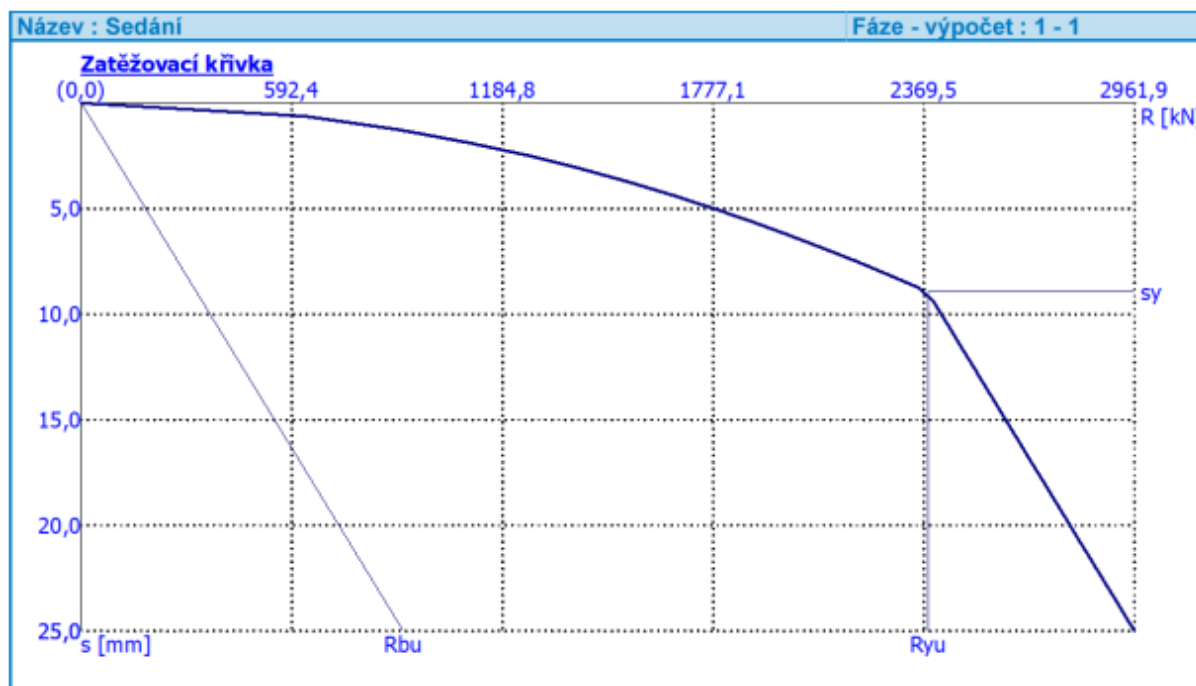
Číslo	Název	Typ	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$H_x$ [kN]
1	Návrhové - Max_N	Návrhové	1690	308	71,1
2	Charakteristická Max_N	Užitné	1298	236	55
3	Charakteristická Max_V	Užitné	1298	236	55

### Výpočet sedání – vstupní parametry

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	$E_s$ [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0	2,3	2,3	1	11	11
2	2,3	8,9	6,6	32,56	91	48
3	8,9	9,9	1	10	11	11
4	9,9	16	6,1	50	97	108

Uvažovat zatížení : užité  
Součinitel vlivu ochrany dřívku  $m_2 = 1,00$   
Limitní sedání piloty  $s_{lim} = 25,0$  mm  
Regresní součinitel  $e = 988,00$   
Regresní součinitel  $f = 1084,00$

### Křivka sedání



### Výsledky zatěžovací křivky

Zatížení na mezi mobilizace pláště.tření

$$R_{yu} = 2380,74 \text{ kN}$$

Velikost sedání odpovídající síle  $R_{yu}$

$$s_y = 9,0 \text{ mm}$$

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :

Únosnost paty

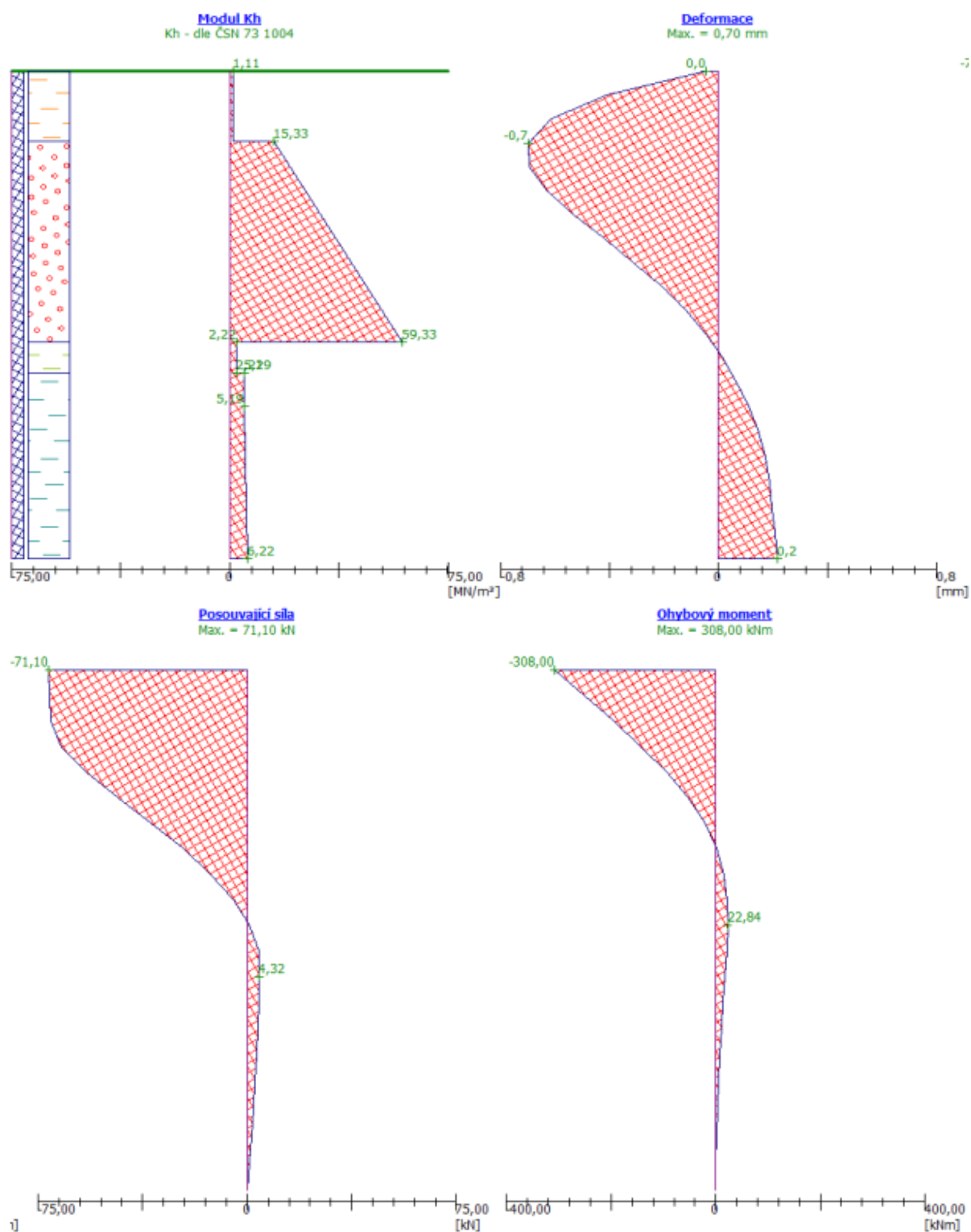
$$R_{bu} = 905,30 \text{ kN}$$

Celková únosnost

$$R_c = 2961,91 \text{ kN}$$

Pro zatížení  $Q = 1298,00$  kN je sednutí piloty 2,7 mm → **Pilota vyhovuje**

### Vodorovná únosnost



### Zatížitelnost

Byla určena iterační metodou.

$$Z_{LM71} > 3,0$$

Maximální vnitřní síly a deformace:

Deformace hlavy piloty = 0,0 mm  
 Max.deformace piloty = 0,7 mm  
 Max.posouvající síla = 71,10 kN  
 Maximální moment = 308,00 kNm

Dimenzace výztuže:

Vyztužení - 16 ks profil 20,0 mm; krytí 160,0 mm  
 Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota

Stupeň vyztužení  $\rho = 1,138 \% > 0,500 \% = \rho_{\min}$

Zatížení :  $N_{Ed} = -1690,00$  kN (tlak) ;  $M_{Ed} = 308,00$  kNm

Únosnost :  $N_{Rd} = -4355,50$  kN;  $M_{Rd} = 793,78$  kNm

**Navržená výztuž piloty VYHOVUJE**

Dimenzace smykové výztuže:

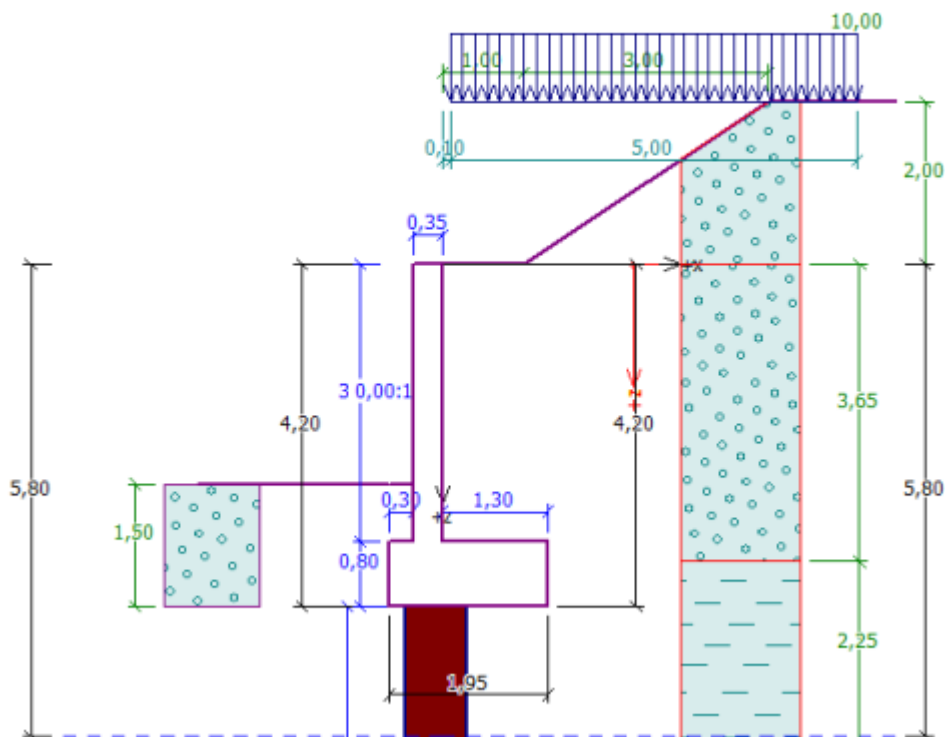
Smyková výztuž - profil 10,0 mm; vzdálenost 150,0 mm

Posouvající síla na mezi únosnosti:  $V_{Rd} = 405,62$  kN  $> 71,10$  kN =  $V_{Ed}$

**Průřez VYHOVUJE.**

## 5.6 ŠIKMÁ KŘÍDLA

Vzhledem k nevyhovujícím geotechnickým podmínkám nutné založit na vrtaných pilotách průměru 750 mm.



**Přetížení**

Hutnění zeminy 10 kN/m<sup>2</sup>

### **Materiál**

Objemová tíha  $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

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

Beton : C 30/37



Válcová pevnost v tlaku  $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu  $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$

Ocel podélná : B500

Mez kluzu  $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

### **Zeminy**

Číslo	Název	Vzorek
1	Třída G3, ulehlá	
2	Třída F8, konzistence pevná $S_r < 0,8$	

Třída G3, ulehlá

Objemová tíha :  $\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Napjatost : efektivní

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 35,50^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$

Třecí úhel kce-zemina :  $\delta = 0,00^\circ$

Zemina : nesoudržná

Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Třída F8, konzistence pevná  $S_r < 0,8$

Objemová tíha :  $\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3$

Napjatost : efektivní

Úhel vnitřního tření :  $\varphi_{ef} = 15,00^\circ$

Soudržnost zeminy :  $c_{ef} = 21,00 \text{ kPa}$

Třecí úhel kce-zemina :  $\delta = 0,00^\circ$

Zemina : soudržná

Poissonovo číslo :  $\nu = 0,42$

Obj.tíha sat.zeminy :  $\gamma_{sat} = 20,50 \text{ kN/m}^3$

### **Hladina podzemní vody**

Hladina podzemní vody za konstrukcí je v hloubce 5,80 m

### Vnitřní síly

Název	$F_{hor}$ [kN/m]	Působíště z [m]	$F_{vert}$ [kN/m]	Působíště x [m]	Koef. zatížení
Tíh.- zed'	0,00	-1,70	29,74	0,17	1,350
Odpor na líci	-1,94	-0,23	0,00	0,00	1,000
Tlak v klidu	56,69	-1,04	0,00	0,35	1,350
Tlak vody	0,00	-3,40	0,00	0,35	1,000
hutnění	14,95	-1,68	0,00	0,35	1,500

### Posouzení pootočení a posunutí

Založení na pilotách

**Zed' na překlopení a posunutí VYHOVUJE**

### Posouzení základové půdy

Založení na pilotách

**Únosnost základové půdy VYHOVUJE**

### Posouzení dříku zdi

Vyztužení a rozměry průřezu

Profil vložky = 16,0 mm

Počet vložek = 5

Krytí výztuže = 30,0 mm

Šířka průřezu = 1,00 m

Výška průřezu = 0,35 m

Stupeň vyztužení

$$\rho = 0,32 \% > 0,15 \% = \rho_{min}$$

Poloha neutrálné osy

$$x = 0,03 \text{ m} < 0,19 \text{ m} = x_{max}$$

Posouvající síla na mezi únosnosti

$$V_{Rd} = 144,52 \text{ kN} > 97,02 \text{ kN} = V_{Ed}$$

Moment na mezi únosnosti

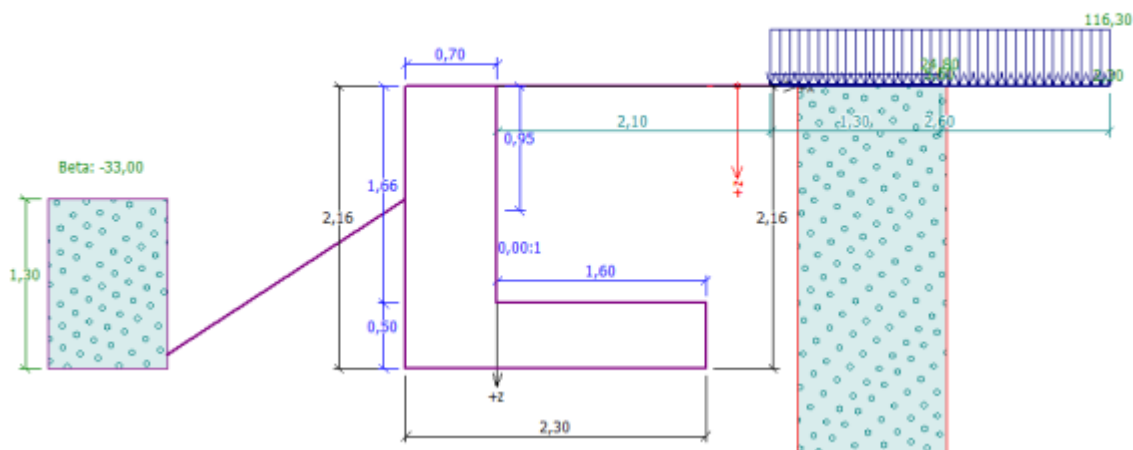
$$M_{Rd} = 131,60 \text{ kNm} > 116,57 \text{ kNm} = M_{Ed}$$

**Průřez VYHOVUJE.**

## 5.7 PŘECHODOVÁ ZÍDKA

Zídka je posouzena v softwaru GEO 5 na překlpení a posunutí v základové spáře na tlak aktivní.  
Nadimenzována je na tlak klidový a založena je na mikropilotách DN 108x16.

### Geometrie



### Material

Objemová tíha  $\gamma = 25,00 \text{ kN/m}^3$

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

Beton : C 30/37

Válcová pevnost v tlaku

$f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$

Pevnost v tahu

$f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$

Ocel podélná : B500

Mez kluzu

$f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

### Zeminy

Třída G3, ulehlá

Objemová tíha :

$\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$

Napjatost :

efektivní

Úhel vnitřního tření :

$\phi_{ef} = 35,50^\circ$

Soudržnost zeminy :

$c_{ef} = 0,00 \text{ kPa}$

Třecí úhel kce-zemina :

$\delta = 0,00^\circ$

Zemina :

nesoudržná

Obj.tíha sat.zeminy :

$\gamma_{sat} = 19,00 \text{ kN/m}^3$

### Zatížení

Číslo	Název	Vel.1 [kN/m <sup>2</sup> ]	Poř.x x [m]	Délka l [m]
1	LM71	116,3	2,1	2,6
2	Svršek	2,3	2,1	2,6
3	BR	24,8	2,1	1,3
4	Vítr	5,6	2,1	1,3



### Síly na konstrukci

Název	$F_{hor}$ [kN/m]	Působíště z [m]	$F_{vert}$ [kN/m]	Působíště x [m]	Koef. napětí
Tíh.- zeď	0,00	-0,79	57,80	0,75	1,350
Odpor na líci	-5,18	-0,43	0,00	0,00	1,000
Tíh.- zemní klín	0,00	-1,23	36,98	1,31	1,350
Aktivní tlak	11,76	-0,72	13,48	2,02	1,350
LM71	23,11	-0,48	16,80	2,12	1,350
Svršek	0,46	-0,48	0,33	2,12	1,350
BR	4,15	-0,49	3,13	2,12	1,350
Vítr	0,94	-0,49	0,71	2,12	1,500

### Posouzení

#### Posouzení na překlpení

Moment vzdorující  $M_{res} = 115,62 \text{ kNm/m}$

Moment klopící  $M_{ovr} = 19,45 \text{ kNm/m}$

**Zed' na překlpení VYHOVUJE**

#### Posouzení na posunutí

Vodor. síla vzdorující  $H_{res} = 91,69 \text{ kN/m}$

Vodor. síla posunující  $H_{act} = 49,52 \text{ kN/m}$

**Zed' na posunutí VYHOVUJE**

**Celkové posouzení - ZED' VYHOVUJE**

#### Posouzení na únosnost půdy

Max. excentricita normálové síly  $e = 0,019$

Maximální dovolená excentricita  $e_{alw} = 0,333$

**Excentricita normálové síly VYHOVUJE**

Návrhová únosnost základové půdy  $R = 150,00 \text{ kPa}$

Součinitel redukce odporu základové půdy  $\gamma_{Rv} = 1,40$

Max. napětí v základové spáře  $\sigma = 78,93 \text{ kPa}$

Únosnost základové půdy  $R_d = 107,14 \text{ kPa}$

**Únosnost základové půdy VYHOVUJE**

**Celkové posouzení - únosnost základové půdy VYHOVUJE**

**Zídka je založena na mikropilotách z důvodu zajištění stability proti vybočení vůči konstrukci mostu.**

Maximální napětí v základové spáře : 87,15 kPa

### Dimenzování

Vyztužení a rozměry průřezu

Profil vložky = 16,0 mm

Počet vložek = 7

Krytí vyztuže = 50,0 mm

Šířka průřezu = 1,00 m

Výška průřezu = 0,70 m

Stupeň vyztužení	$\rho$	=	0,22	%	>	0,15	%	=	$\rho_{\min}$
Poloha neutrálné osy	$x$	=	0,04	m	<	0,40	m	=	$x_{\max}$
Posouvající síla na mezi únosnosti	$V_{Rd}$	=	252,62	kN	>	77,99	kN	=	$V_{Ed}$
Moment na mezi únosnosti	$M_{Rd}$	=	383,50	kNm	>	47,89	kNm	=	$M_{Ed}$

**Průřez VYHOVUJE.**

## 6 ZÁVĚRY VÝPOČTU

Je navržena nosná konstrukce se zabetonovanými nosníky. Spodní stavba se skládá z nově navržených opěr proměnné šířky. Nosná konstrukce mostu je uložena na spodní stavbě na ozubu. Založení konstrukce vzhledem ke geotechnickým podmínkám je navrženo hlubinné na vrtaných pilotách proměnného průřezu. Svahové křídlo je rovněž založeno na pilotách.

Rozhodujícím faktorem pro návrh nosné konstrukce je kmitání konstrukce. Z hlediska zatížitelnosti je pro MSÚ rozhodující posudek ohybové únosnosti desky v příčném směru,  $Z_{LM71} = 1,84$ . Pro MSP je rozhodující posudek průhybu  $Z_{LM71} = 1,87$ .

Pro návrh spodní stavby je z hlediska zatížitelnosti rozhodující opěra.  $Z_{LM71} = 1,47$ .

Dimenze nosné konstrukce byly navrženy dle konstrukčních požadavků na zabetonované nosníky, z výsledků statického výpočtu a také musela být zachována minimální výška kolejového lože na NK. Rozhodujícím faktorem při návrhu z hlediska statického výpočtu rozhodovalo vlastní kmitání konstrukce, tedy dynamické účinky. Tvar a hmotnost musely být optimalizovány tak, aby konstrukce svým vlastním kmitáním nespadala mimo povolené limity. Limitní normové frekvence jsou pro dolní mez 4,8 Hz a pro horní mez 11,6 Hz. Frekvence spočítaná ve 3D modelu byla 5,4 Hz, tedy **4,8 Hz < 5,4 Hz < 11,6 Hz**

## 7 PŘEHLED ZATÍŽITELNOSTI

### A Identifikace mostu

TÚ (číslo, název): 2007 Brno - Židenice (mimo) - Posvitavské vlečky  
DÚ: 02 Brno hl.n. - Odb Brno-Židenice z  
km: evidenční km 0.385

### B Identifikace části mostu

Část mostu: ŽB konstrukce se zabetonovanými nosníky  
Pořadové číslo: 1.  
Pod koleji č.: 1

### C Doplnující údaje části mostu

Kategorie zatížitelnosti: C  
Výpočetní model: 3D deskostěnový model s žebry

Geometrie koleje, uvažovaná v přepočtu části mostu (ve směru staničení)

	na začátku	uprostřed	na konci	
- poloměr oblouku:	R=810 m	R=810 m	R=810 m	(nový stav)
- převýšení koleje:	D=0 mm	D=0 mm	D=0 mm	(nový stav)
- excentricita koleje vůči ose mostu:	0.323 m	0.159 m	0.091 m	(nový stav; pozn.: "+" znamená od

Datum zjištění zpracovaného stavu mostu:	Správa železnic, s.o.:	/	/	
	zpracovatel přepočtu:	<u>14</u>	/	<u>4</u> / <u>2021</u>

Poznámka k části mostu:

## 8 TABULKA ZATÍŽITELNOSTI PRVKŮ

Č.	Prvek (dle MES)	Detail	Namáhání	K <sub>i</sub>	typ	L <sub>p</sub> [m]	Φ <sub>i</sub>	L <sub>Φ</sub> [m]	V <sub>Q,LM71</sub>	V <sub>Q,LM71,E</sub>	Viz. Str.	Z <sub>LM71</sub>	Z <sub>LM71,E</sub>	Poznámka
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Hlavní nosník MSÚ</b>														
1	Nosná konstrukce (99)	dolní vlákna (2)	normálové napětí - ohyb (1)	1.0	M	16.58	1.29	16.58	1.45	-	13	>3		jedná se o namáhání v podélném směru, rel dx=0.5
<b>Hlavní nosník MSÚ</b>														
2	Nosná konstrukce (99)	dolní vlákna (2)	napětí v betonářské výztuži (12)	1.0	S	-	1.29	16.58	1.45	-	16	1.84		jedná se o namáhání v příčném směru konstrukce
<b>Hlavní nosník MSÚ</b>														
2	Nosná konstrukce (99)	stěna (3)	smykové napětí (4)	1.0	Q	16.58	1.29	16.58	1.45	-	15	>3		rel dx=0.0
<b>Hlavní nosník MSP</b>														
3	Nosná konstrukce (99)	-	průhyb (15)	1.0	M	16.58	1.00	16.58	1.00	-	18	1.87		rel dx=0.5
<b>Spodní stavba</b>														
4	Dřik opěry (99)	dřik (18)	napětí v betonářské výztuži (12)	1.0	S	-	1.29	16.58	1.45	-	22	1.47		posouzení v místě připojení k základu
<b>Spodní stavba</b>														
5	Pilota (99)	hlubinné založení (20)	napětí v betonářské výztuži (12)	1.0	S	-	1.29	16.58	1.45	-	37	>3		posouzení v místě připojení k základu

Datum: 04/2021

Zatížitelnost určil: Ing. Denis Ujházy