

Název akce :

Turnov, most M12 přes Libuňku

Investor:

MĚSTO TURNOV  
Antonína Dvořáka 335  
511 01 Turnov



Název části :

STAVEBNÍ ČÁST

Označení části :



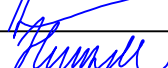
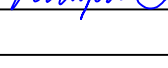
D

Název oddílu :

MOST PŘES LIBUŇKU V UL. U ZASTÁVKY

Označení oddílu :

SO 201 D.1

	Vypracoval	ING.T.HUMPAL		zak. číslo	22-05-030
	Zodp. projektant	ING.J.VANER		datum	09/2022
	Techn. kontrola	ING.T.HUMPAL		stupeň	DUSP/PDPS
	Investor	Město Turnov		měřítko	-
Adresa : V Horkách 101/1 460 07 Liberec 9 tel.: 485 152 532		Příloha :  STATICKÝ VÝPOČET		č. přílohy:  5	paré:

# Statický výpočet

## Obsah:

<b>1.</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>2</b>
1.1.	VŠEOBECNĚ .....	2
1.2.	POPIS KONSTRUKCE.....	2
1.3.	PŘEDPOKLADY VÝPOČTU .....	2
1.3.1.	<i>Obecné předpoklady výpočtu.....</i>	2
1.3.2.	<i>Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce .....</i>	2
<b>2.</b>	<b>GEOMETRIE.....</b>	<b>4</b>
2.1.	TVAR KONSTRUKCE .....	4
2.2.	MODEL NOSNÉ KONSTRUKCE .....	6
<b>3.</b>	<b>ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE .....</b>	<b>8</b>
3.1.	STÁLÉ ZATÍŽENÍ .....	8
3.1.1.	<i>Vlastní tíha nosné konstrukce .....</i>	8
3.1.2.	<i>Ostatní stálá zatížení .....</i>	8
3.2.	NAHODILÁ ZATÍŽENÍ .....	8
3.2.1.	<i>Nahodilé zatížení sněhem .....</i>	8
3.2.2.	<i>Nahodilé zatížení větrem.....</i>	8
3.2.3.	<i>Nahodilé zatížení teplotou .....</i>	8
3.2.4.	<i>Nahodilé zatížení dopravou .....</i>	8
3.2.4.1.	Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů .....	8
3.2.4.2.	Model zatížení 1 (LM1) .....	9
3.2.4.3.	Model zatížení 2 (LM2) .....	9
3.2.4.4.	Model zatížení 3 (LM3) .....	10
3.2.4.5.	Model zatížení 4 (LM4) .....	10
3.2.4.6.	Vozidla pro stanovení zatížitelnosti .....	10
3.2.4.7.	Brzdné a rozjezdové síly .....	11
3.2.4.8.	Odstředivé a jiné příčné síly .....	11
3.2.4.9.	Nahodilá zatížení na únavu .....	11
<b>4.</b>	<b>SESTAVENÉ ZATĚŽOVACÍ STAVY .....</b>	<b>12</b>
<b>5.</b>	<b>VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL.....</b>	<b>15</b>
5.1.	PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL .....	15
5.2.	REKAPITULACE VNITŘNÍCH SIL .....	17
5.3.	SUPERPOZICE ZATĚŽOVACÍCH STAVŮ .....	18
<b>6.</b>	<b>NÁVRH A POSOUZENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE .....</b>	<b>22</b>
6.1.	POSOUZENÍ NA OHYB V MSU .....	22
6.2.	POSOUZENÍ NA SMYK .....	25
6.3.	OMEZENÍ TRHLIN A NAPĚTÍ .....	26
6.4.	POSOUZENÍ PRŮHYBŮ .....	26
6.5.	POSOUZENÍ NA ÚNAVU .....	27
<b>7.</b>	<b>SPODNÍ STAVBA .....</b>	<b>28</b>
7.1.	STĚNA OPĚRY .....	28
7.2.	VRUBOVÝ KLOUB.....	29
7.3.	ZALOŽENÍ.....	30
<b>8.</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>30</b>

# 1. Úvod

## 1.1. Všeobecně

Jedná se o most ev.č.M-12 v Turnově v ulici U Zastávky. Most převádí místní komunikaci přes potok Libuňka v části obce Hamry. Stávající most má malou zatížitelnost a bude kompletně nahrazen včetně podezmluté spodní stavby.

## 1.2. Popis konstrukce

Nový most je železobetonový monolitický charakteru rozpěrákové konstrukce o jednom šikmém poli uloženém na vrubových kloubech. Šikmé rozpětí činí 8.88, šikmost levá 68°.

Desková nosná konstrukce tloušťky 50cm je provedena s krajními konzolami s plynulým náběhem do krajních 20cm tloušťky.

Opěry jsou charakteru stěnových kyvných stojek kolmé tloušťky 60cm s vrubovým kloubem v úložném prahu. Šikmá křídla tvoří prodloužená opěra ve směru toku.

Založení opěr plošné na pasech kolmé šířky 1.6m.

Mostní svršek je tvořen živičnou vozovkou s monolitickými římsami opatřenými zábradlím.

## 1.3. Předpoklady výpočtu

### 1.3.1. Obecné předpoklady výpočtu

Betonáž desky nosné konstrukce bude prováděna na skruži jako celek bez vytváření pracovních spar.

Model je uvažován jako šikmá deska. Opěry a jejich založení je řešeno samostatně.

Předpokládá se dostatečně velký pasivní odpor základů proti bočnímu zemnímu tlaku výplně za opěrami. Ten ještě posiluje dlažba koryta.

### 1.3.2. Návrhové materiálové charakteristiky nosné konstrukce

**Beton: C 30/37-XD1,XF2 (CZ) – CI 0.40 – D<sub>max</sub>22 – S5**

**Návrhová pevnost betonu v tlaku EN 1992-2 ods. 3.1.6**

$f_{cd}=a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$			EN 1992-2, 3.1.6	
$f_{ck}= 30$	Mpa		EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost betonu
$a_{cc}= 0.85$			EN 1992-2, 3.1.6	souč. zohledňující dlouhodobé účinky uvedená hodnota je doporučena pro mosty
$\gamma_c= 1.5$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_c= 1.2$			EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{cd}=a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c=$	<b>17.0</b>	<b>Mpa</b>		
$f_{cd}=a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c=$	<b>21.25</b>	<b>Mpa</b>		

### Návrhová pevnost betonu v tahu EN 1992-2 ods. 3.1.6

$f_{ctd} = a_{ct} \cdot f_{ctk0.05} / \gamma_c$			EN 1992-2, 3.1.6	
$f_{ctk0.05} =$	2.0	Mpa	EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost betonu
$a_{ct} =$	1.0		EN 1992-2, 3.1.6	souč. zohledňující dlouhodobé účinky uvedená hodnota je doporučena pro mosty
$\gamma_c =$	1.5		EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_c =$	1.2		EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	1.3	Mpa		
$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	1.7	Mpa		

### Ocel: B 500B

### Návrhová pevnost oceli EN 1992-1-1 ods. 3.2.7, obr 3.8

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$			EN 1992-1-1, obr 3.8	
$f_{yk} =$	500	Mpa	EN 1992-1-1, tab 3.1	charakteristická pevnost oceli mez kluzu oceli v ČSN 42 0139 $R_e = f_{yk}$
$\gamma_s =$	1.15		EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro trvalé a dočasné návrhové situace
$\gamma_s =$	1.0		EN 1992-1-1, 2.4.2.4	pro mimořádné návrhové situace
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	434.8	Mpa		
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	500	Mpa		

### Krycí vrstva EN 1992-2 ods. 4.

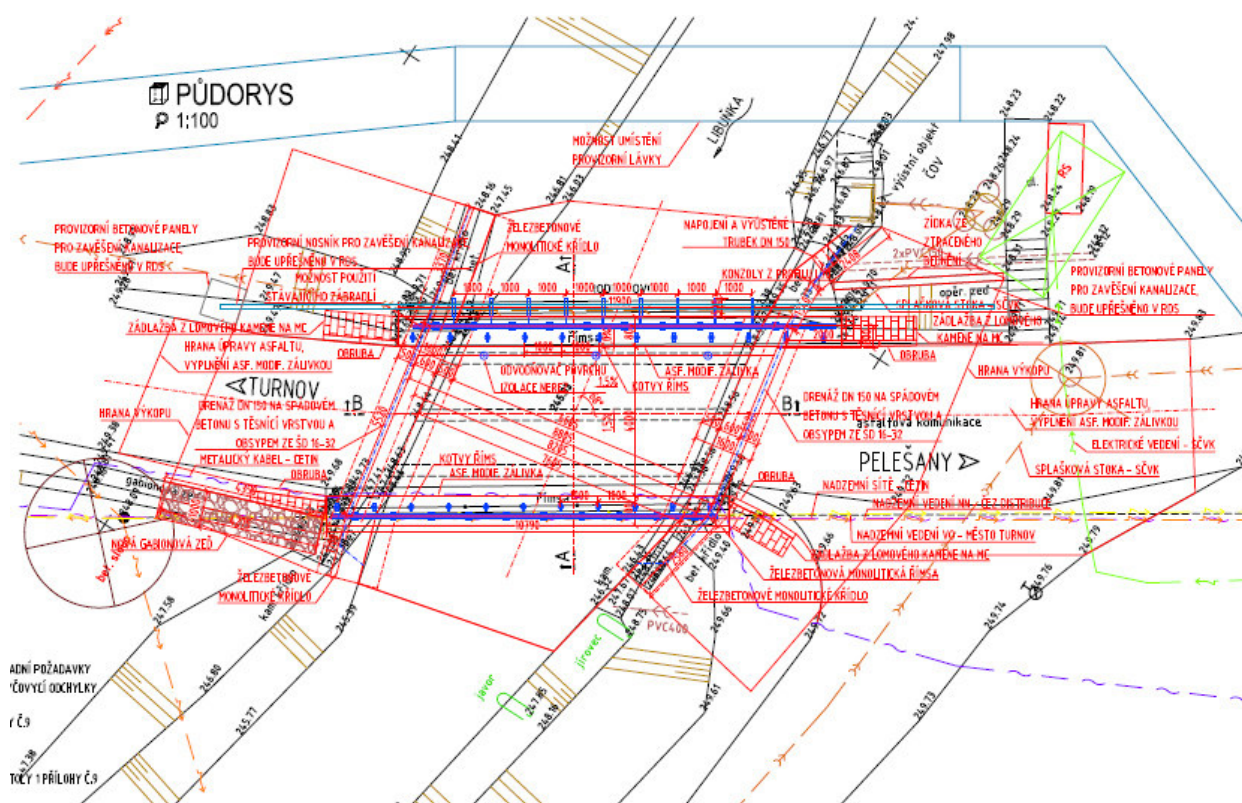
<b>S 4</b>			pozn.	základní třída konstrukce životnost 50 let
+2 třídy	2		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	návrhová životnost 100 let
-1 třídy	-1		EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 3.4N	zajištění zvláštní kontroly kvality výroby betonu
<b>S 5</b>				výsledná třída konstrukce
$c_{min,dur} =$	40	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.4N	minimální krycí vrstva z hlediska vlivu prostředí pro uvažovaný vliv prostředí XD1
$c_{min,b} =$	0	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2, tab 4.2N	minimální krycí vrstev z hlediska soudržnosti, $D_{max} < 32mm \rightarrow \phi_p$ ak $D_{max} > 32mm \rightarrow \phi_p + 5mm$
$\Delta c_{dur,\gamma} =$	0	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2	přídavná bezpečnostní složka
$\Delta c_{dur,st} =$	0	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2	pro korozivzdornou ocel
$\Delta c_{dur,add} =$	0	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.2	pro beton s ochrannými vrstvami
$\Delta c_{dev} =$	10	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.3. pozn.	přídavek pro návrhovou odchylku
$c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10mm\}$				
$c_{min} =$	40	mm		
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} =$	50	mm	EN 1992-1-1, 4.4.1.1	

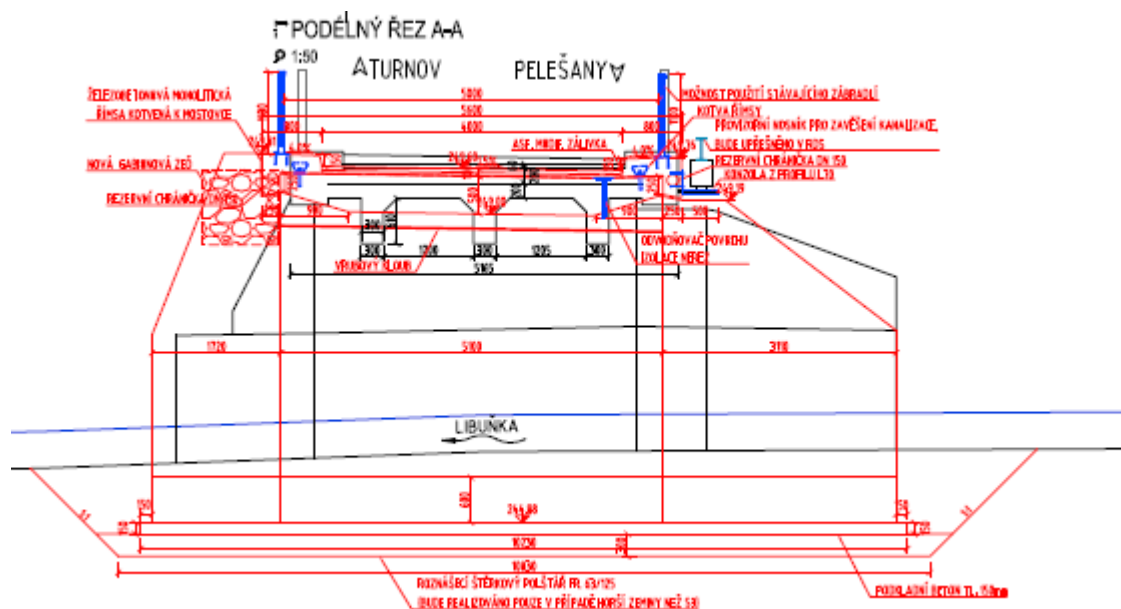
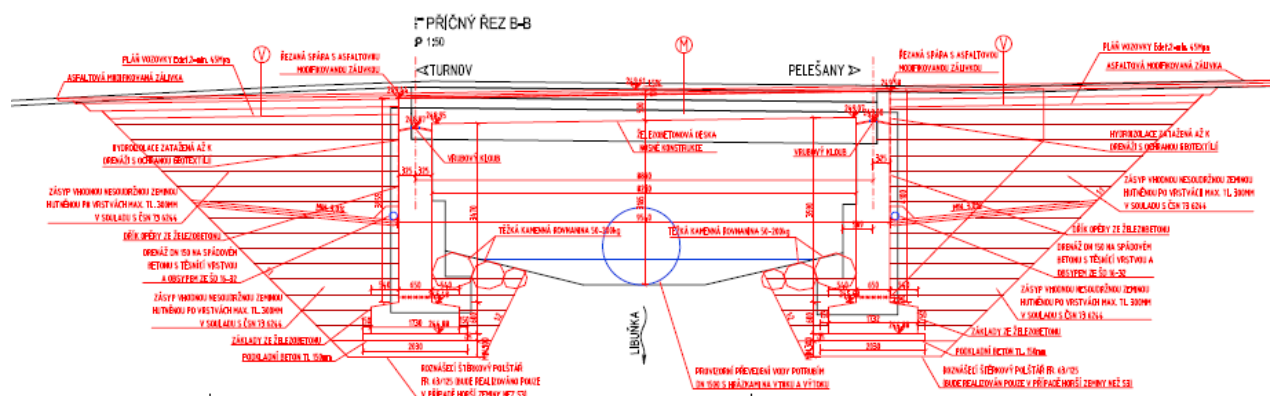
## 2. Geometrie

Tvar a základní rozměry mostu jsou patrné z příložených schémat. Vstupní údaje a údaje o modelu jsou s ohledem na množství dat uvedeny pouze základní, kompletní vstupy jsou archivovány u projektanta. Model nosné konstrukce je zvolen jako šikmá deska s průměrnou tloušťkou krajních konzol.

### 2.1. Tvar konstrukce

Tvar mostní konstrukce je převzatý z rozpracované dokumentace.

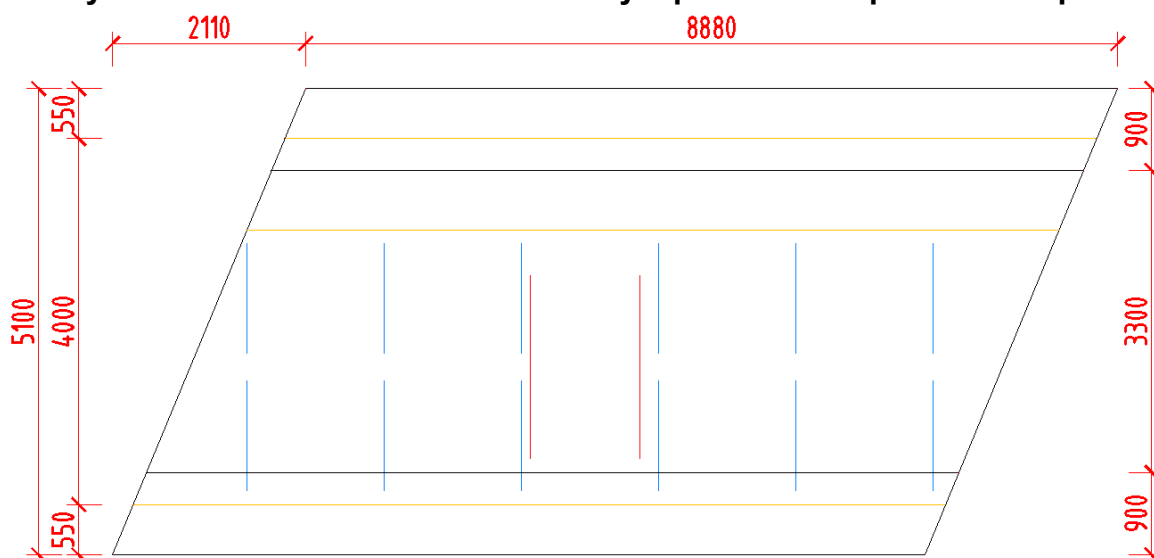




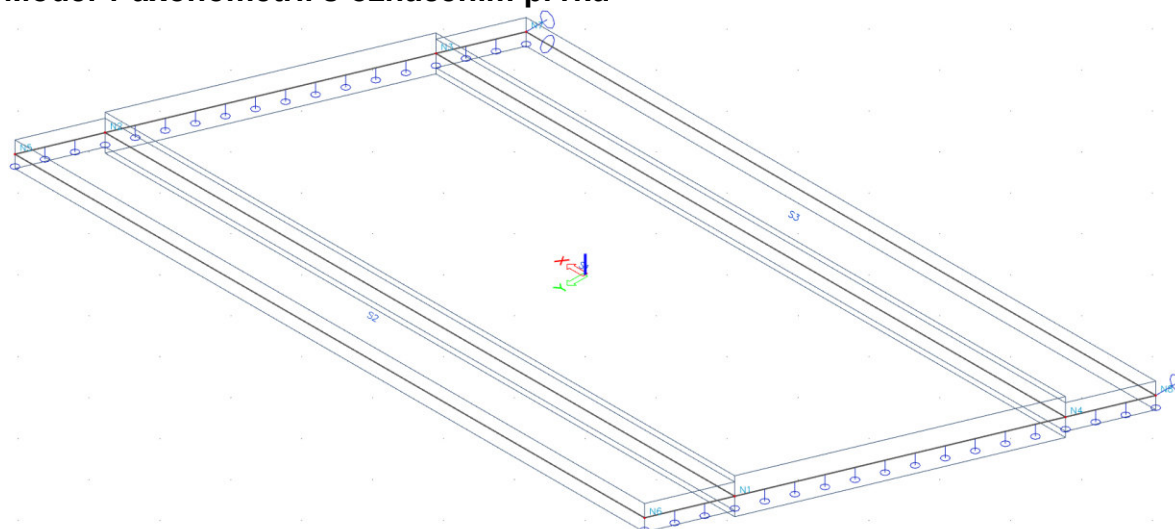
## 2.2. Model nosné konstrukce

Model je uvažován jako šikmá deska s centricky připojenými krajními konzolami průměrné tloušťky. Model je přiložen formou výpisu a schémat z použitého výpočetního programu.

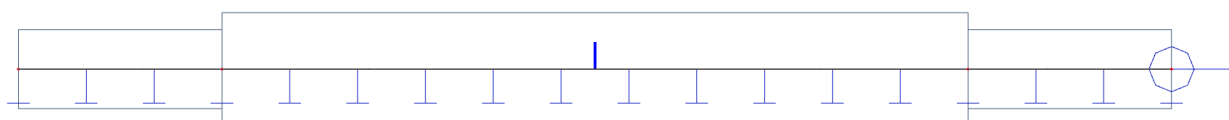
**Půdorysné schéma se základními rozměry s počátečními polohami náprav**



**Model v axonometrii s označením prvků**



**Model v příčném řezu**



## 1. Projekt

Uživatel licence	humpal@vaner.cz
Projekt	Turnov M-12 most přes Libuňku
Část	Nosná konstrukce
Popis	Šikmá deska rozpěráku s konzolami
Autor	Tomáš Humpal
Datum	13. 09. 2022
Konstrukce	Obecná XYZ
Poč. uzlů :	8
Poč. prutů :	0
Poč. ploch :	3
Poč. těles :	0
Poč. průřezů :	0
Poč. zat. stavů :	14
Poč. materiálů :	1
Tíhové zrychlení [m/s <sup>2</sup> ]	9,810
Národní norma	EC - EN

## 2. Materiály

Jméno	Typ	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Hustota v čerstvém stavu [kg/m <sup>3</sup> ]	$E_{mod}$ [MPa]	$\mu$	$\alpha$ [m/mK]	$f_{c,k,28}$ [MPa]	Barva
C30/37	Beton	2500,0	2600,0	3,2800e+04	0.2	0,00	30,00	

## 3. Uzly

Jméno	Souř. X [m]	Souř. Y [m]	Souř. Z [m]
N1	-3,757	1,650	0,000
N2	5,122	1,650	0,000
N3	3,757	-1,650	0,000
N4	-5,122	-1,650	0,000
N5	5,495	2,550	0,000
N6	-3,385	2,550	0,000
N7	3,385	-2,550	0,000
N8	-5,495	-2,550	0,000

## 4. Plochy

Jméno	Vrstva	Typ	Typ prvku	Materiál	Typ tloušťky	Tl. [mm]
S1	Vrstva1	deska (90)	Standard	C30/37	konstantní	500
S2	Vrstva1	deska (90)	Standard	C30/37	konstantní	350
S3	Vrstva1	deska (90)	Standard	C30/37	konstantní	350



### 3. Zatížení konstrukce

#### 3.1. Stálé zatížení

##### 3.1.1. Vlastní tíha nosné konstrukce

Zatížení vlastní tíhou nosné konstrukce je v programu vygenerováno ze zadaných průřezových a materiálových charakteristik z databanky programu aplikací gravitačního zrychlení.

$$q_{deska\ tl.500mm} = 0.5 \cdot 25 = 12.5kN/m^2$$

$$q_{konzola\ prům.tl.350mm} = 0.35 \cdot 25 = 8.75kN/m^2$$

##### 3.1.2. Ostatní stálá zatížení

Zatížení jsou definována následovně.

$$q_{vozovky} = 0.1 \cdot 25 = 2.5kN/m^2$$

$$q_{položená\ část\ římsy} = 0.25 \cdot 25 = 6.25kN/m^2$$

$$q_{převíslá\ část\ římsy} = 0.25 \cdot 0.5 \cdot 25 = 3.125kN/m$$

$$q_{zábradlí} = 1.5kN/m$$

Smršťování nemá na tento typ konstrukce zásadní vliv a je tedy zanedbáno.  
Sedání základů není uvažováno s ohledem na statické schéma prostého pole.

#### 3.2. Nahodilá zatížení

##### 3.2.1. Nahodilé zatížení sněhem

Vzhledem k velikosti a tvaru mostu nemá zatížení sněhem rozhodující vliv na vnitřní síly a není uvažováno.

##### 3.2.2. Nahodilé zatížení větrem

Vzhledem k velikosti a tvaru mostu nemá zatížení větrem rozhodující vliv na vnitřní síly a není uvažováno.

##### 3.2.3. Nahodilé zatížení teplotou

Rovnoměrná i nerovnoměrná teplota nemá na tento typ konstrukce zásadní vliv a je zanedbána.

##### 3.2.4. Nahodilé zatížení dopravou

###### 3.2.4.1. Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů

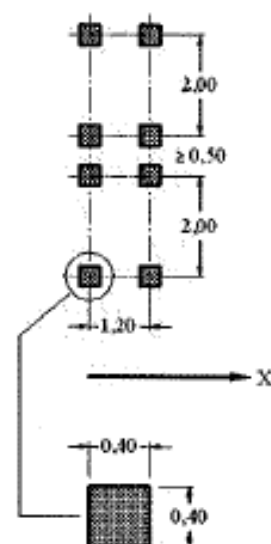
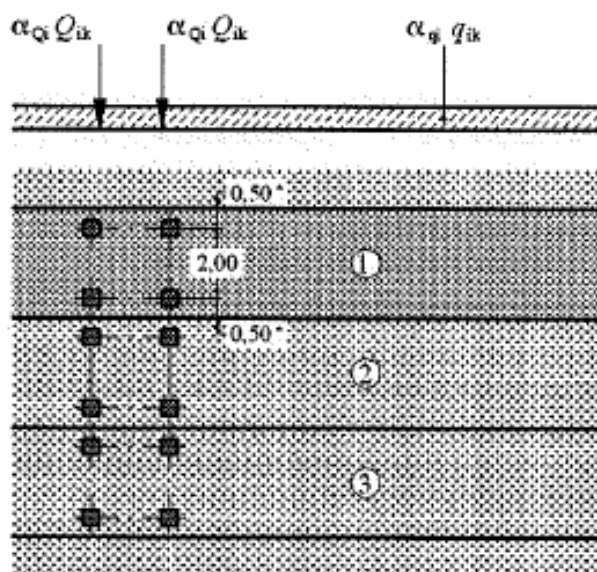
Rozdělení je důležité pro správnou volbu zatěžovacích schémat.

w=	4 m		skutečná šířka vozovky na mostě
w=	3.0 m	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	šířka jednoho zatěžovacího pruhu max. 3.0m
n=	1	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	navržený počet zatěžovacích pruhů
	1 m		šířka zbývajících ploch

### 3.2.4.2. Model zatížení 1 (LM1)

Zatížení LM1 sestává z nápravových tlaků ideální dvounápravy TS a rovnoměrného zatížení UDL.

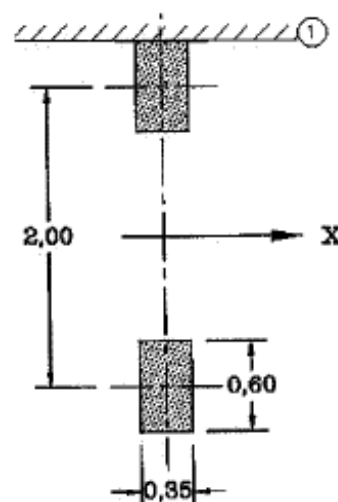
umístění	Soustředěné zatížení				Rovnoměrné zatížení		
	$Q_{ik}$ [kN]	$\alpha_{Qi}$	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i$ [kN]	$\alpha_{Qi} \cdot Q_i / 0.4 \cdot 0.4$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{ik}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\alpha_{qi}$	$\alpha_{qi} \cdot q_i$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Pruh č.1	300	0.8	240	1500	9	0.8	7.2
Pruh č.2	200	0.8	160	1000	2.5	1	2.5
Pruh č.3	100	0.8	80	500	2.5	1	2.5
Ostatní					2.5	1	2.5



### 3.2.4.3. Model zatížení 2 (LM2)

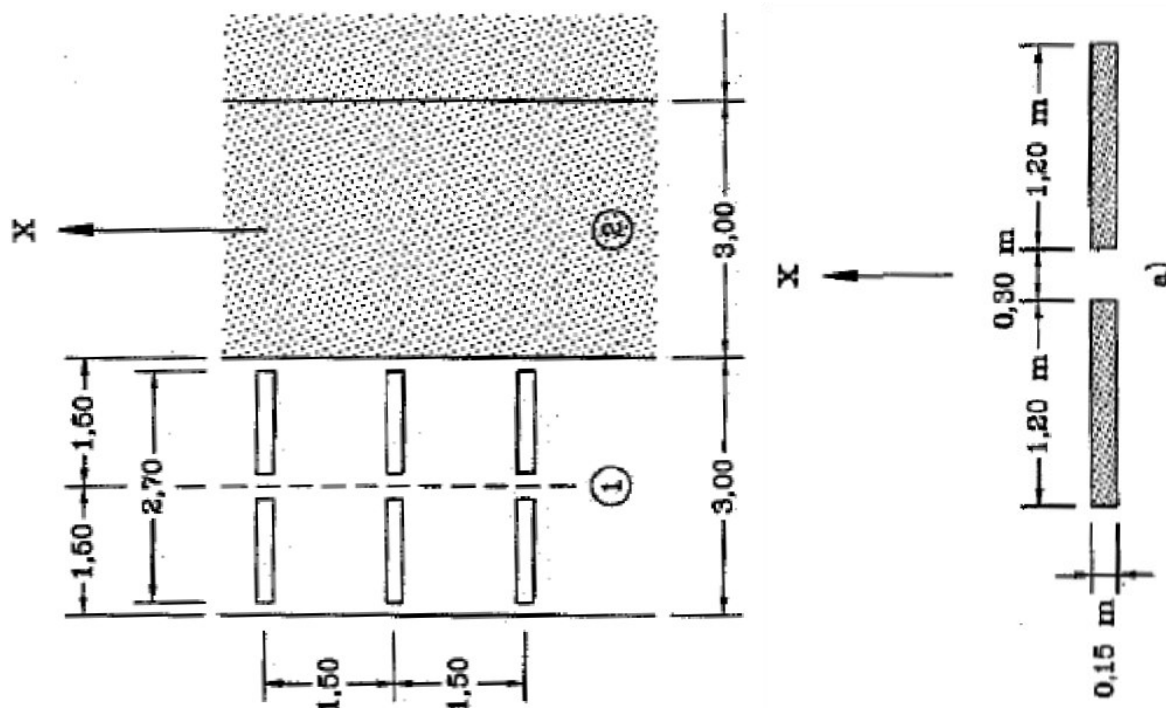
Zatížení ideální nápravou.

umístění	Soustředěné zatížení			
	$Q_{ak}$ [kN]	$\beta_Q = \alpha_{Q1}$	$\beta_{Q1} \cdot Q_{ak}$ [kN]	$\alpha_{Q1} \cdot Q_i / 0.35 \cdot 0.6$ [kN/m <sup>2</sup> ]
	400	0.8	320	1524



### 3.2.4.4. Model zatížení 3 (LM3)

Uvažuji zvláštní vozidlo 1800/200(9náprav 200kN po 1.5m) s rovnoměrným zatížením LM1.



### 3.2.4.5. Model zatížení 4 (LM4)

Zatížení davem lidí není rozhodující, neuvažuji s ním.

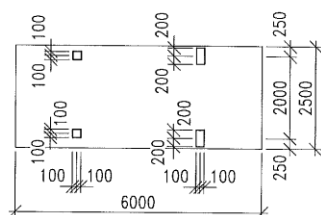
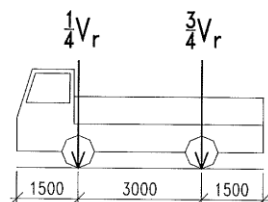
### 3.2.4.6. Vozidla pro stanovení zatížitelnosti

Uvažuji dvou a třínápravové výhradní vozidlo dle ČSN 73 6222 hmotnosti 32t. Výhradní šestinápravové vozidlo koresponduje s návrhovým zatížením LM3.

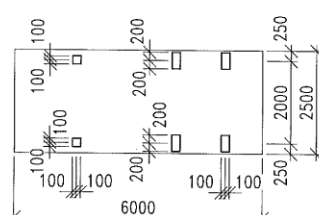
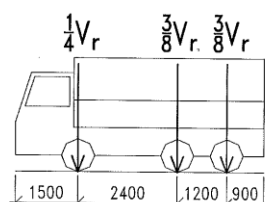
ČSN 73 6222

Rozměry v mm

a) dvounápravové vozidlo  $V_r = \frac{1}{10} V_{rw} < 16t$



b) třínápravové vozidlo  $V_r = \frac{1}{10} V_{rw} \geq 16t$



Obrázek 7.4 – Schéma dvounápravového a třínápravového vozidla pro stanovení výhradní zatížitelnosti  $V_r$

### 3.2.4.7. Brzdné a rozjezdové síly

Brzdné síly nemají s ohledem na rozpěrákový charakter konstrukce zásadní vliv na průběh namáhání po desce, jsou uvažovány až při návrhu spodní stavby a uložení.

$Q_{1k} =$	300	kN	EN 1991-2, str 32	charakteristické hodnoty model zatížení 1
$q_{1k} =$	9	kN/m <sup>2</sup>	EN 1991-2, str 32	charakteristické hodnoty model zatížení 1
$\alpha_{Q1} =$	0.8		EN 1991-2, str 143, NA 2.12	
$\alpha_{q1} =$	0.8		EN 1991-2, str 143, NA 2.12	
$w_1 =$	3	m	EN 1991-2, str 29, tab 4.1	šířka jednoho zatěžovacího pruhu max. 3.0m
$L =$	8.9	m	EN 1991-2, str 36	délka nosné konstrukce nebo uvažované části
$Q_{Ik} = 0.6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0.1 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L =$	307.2	kN	EN 1991-2, str 36	uvažuje se v úrovni povrchu vozovky $180 \cdot \alpha_{Q1} \text{ kN} \leq Q_{Ik} \leq 900 \text{ kN}$

### 3.2.4.8. Odstředivé a jiné příčné síly

Odstředivé síly nejsou v tomto případě rozhodující, neuvažují s nimi.

### 3.2.4.9. Nahodilá zatížení na únavu

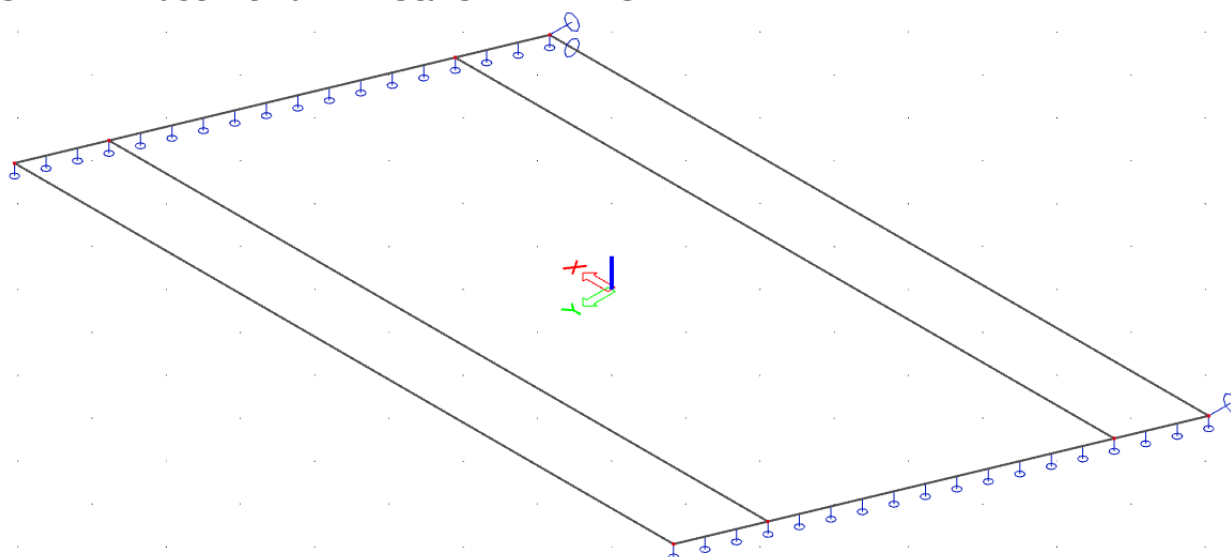
Uvažují zatížení LM1 s redukcí na 70%.

## 4. Sestavené zatěžovací stavy

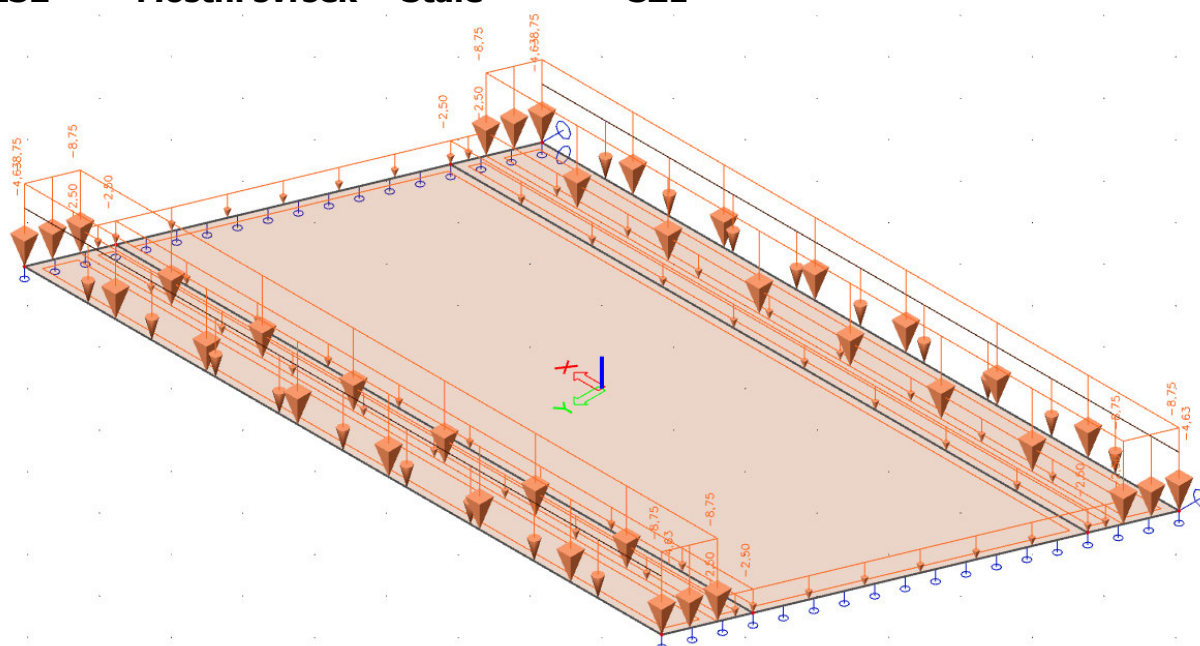
Rekapitulace sestavených zatěžovacích stavů je uvedena formou výpisu z použitého programu. Dále jsou přiložena schémata vybraných zatěžovacích stavů, jedná se o stálá zatížení a počátky simulace pojezdu nahodilých zatížení.

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	Vlastní tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	Mostní svršek	Stálé Standard	SZ1			
ZS3	LM1_0 Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS4	LM1_1 Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS5	LM1_2 Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS6	LM1_3 Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS7	LM2_0 Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS8	LM2_1 Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS9	LM2_2 Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS10	LM2_3 Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS11	LM2_4 Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS12	LM3_0 Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS13	Vr2n_M Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS14	Vr3n_M Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný

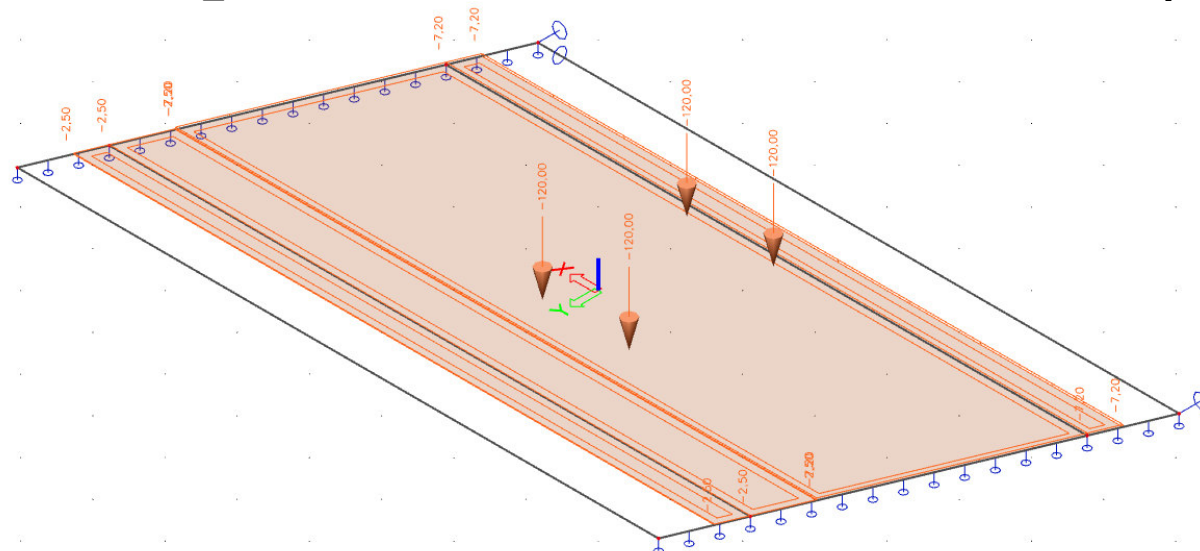
**ZS1 Vlastní tíha Stálé SZ1 -Z**



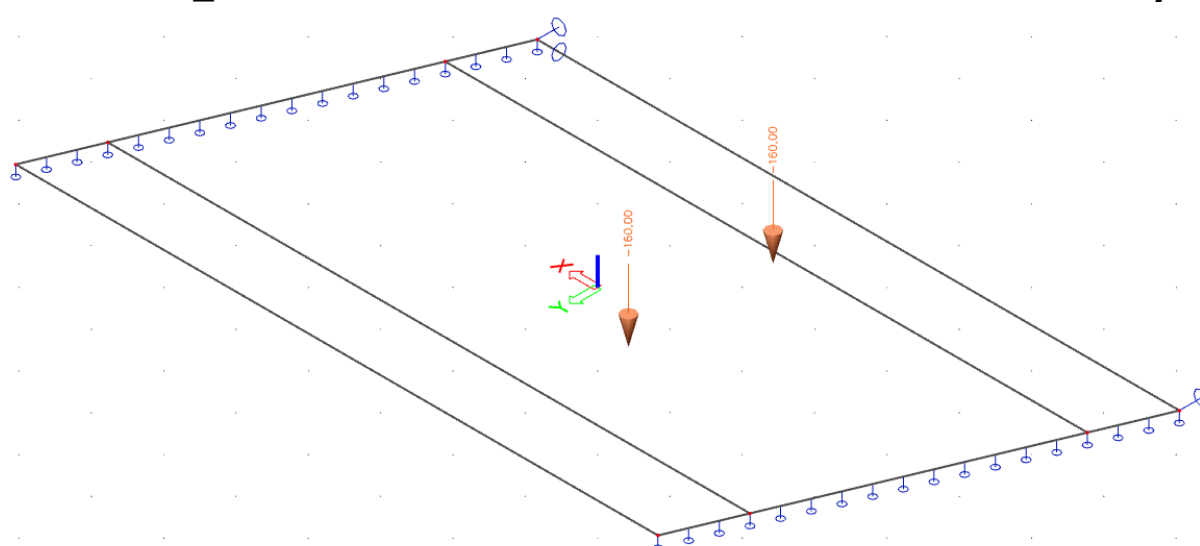
**ZS2      Mostní svršek      Stálé      SZ1**



VS3	LM1_0	Proměnné	SZ2	Krátkodobé	Žádný
-----	-------	----------	-----	------------	-------



<b>ZS7</b>	<b>LM2_0</b>	<b>Proměnné</b>	<b>SZ2</b>	<b>Krátkodobé</b>	<b>Žádný</b>
------------	--------------	-----------------	------------	-------------------	--------------



**ZS12**

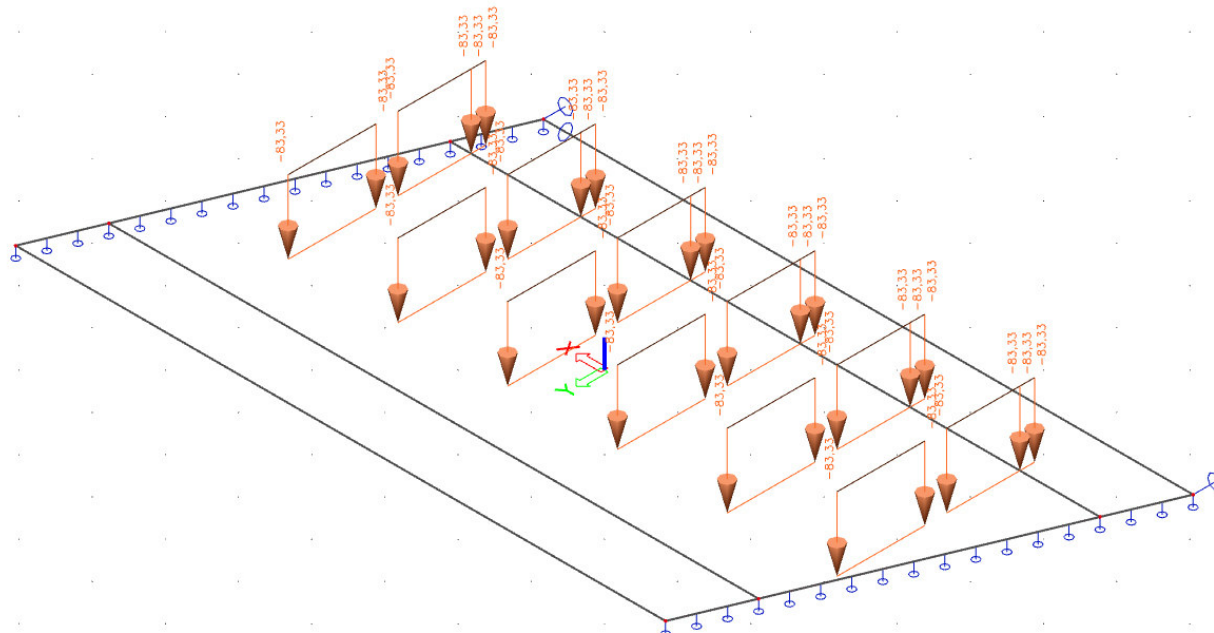
**LM3\_0**

**Proměnné**

**SZ2**

**Krátkodobé**

**Žádný**



**ZS13**

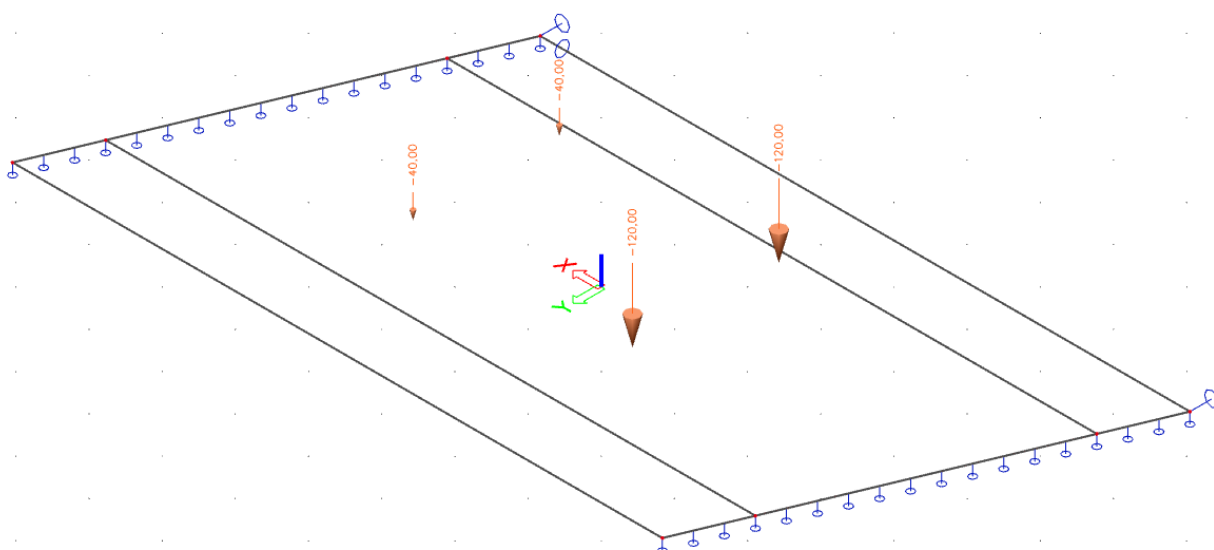
**Vr2n\_M**

**Proměnné**

**SZ2**

**Krátkodobé**

**Žádný**



**ZS14**

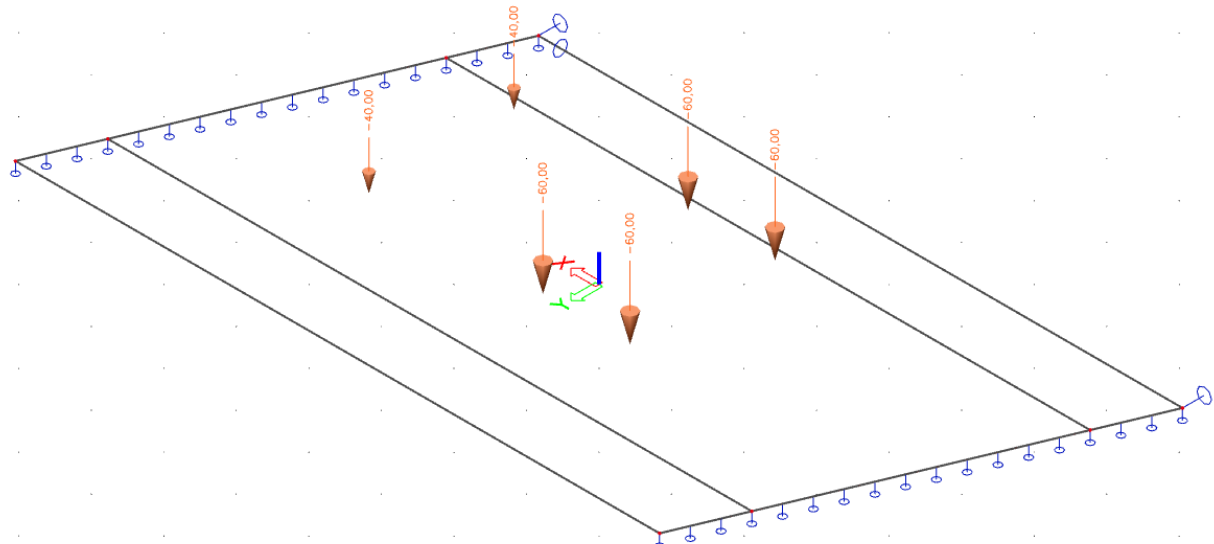
**Vr3n\_M**

**Proměnné**

**SZ2**

**Krátkodobé**

**Žádný**





## 5. Výpočet vnitřních sil

Výpočet je proveden pomocí programu SCIA Engineer pro řešení konstrukcí metodou konečných prvků. Kompletní vstupní i výstupní data jsou archivována u projektanta, s ohledem na množství výstupních dat jsou přiloženy pouze vybrané údaje, grafy a schémata.

### 5.1. Průběh vnitřních sil

Přiloženy jsou pouze průběhy podélných ohybových momentů v rozhodujících zatěžovacích stavech pro maximální namáhání ohybem ve středu rozpětí. Ostatní vnitřní síly a prvky konstrukce jsou zohledněny ve strojové superpozici.

**ZS1**

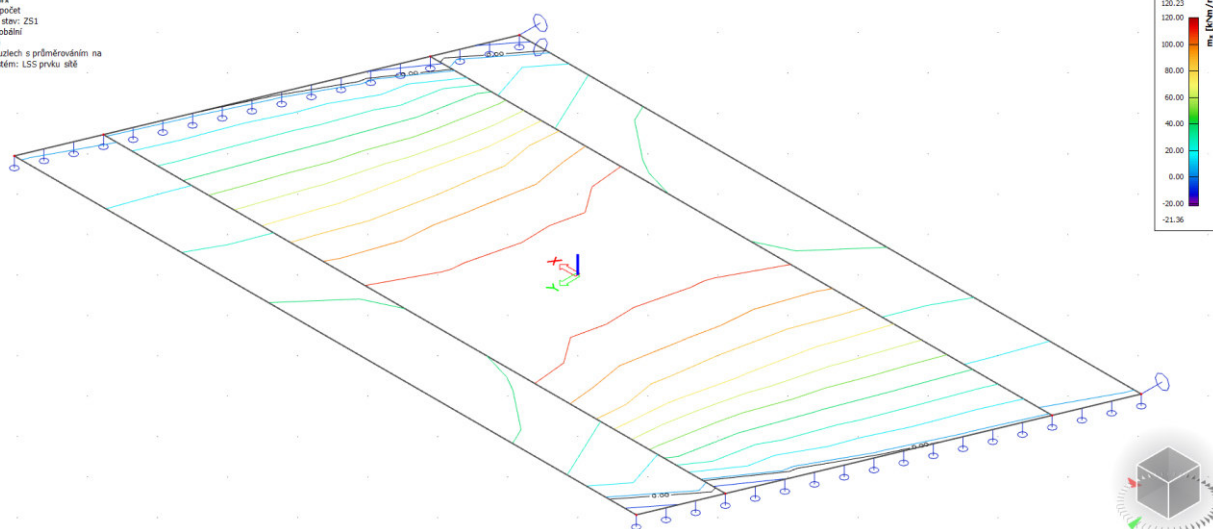
**Vlastní tíha**

**Stálé**

**SZ1**

**-Z**

2D vnitřní síly  
 Hodnoty: m x  
 Lineární výpočet  
 Zatěžovací stav: ZS1  
 Extrém: Globální  
 Výběr: Vše  
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



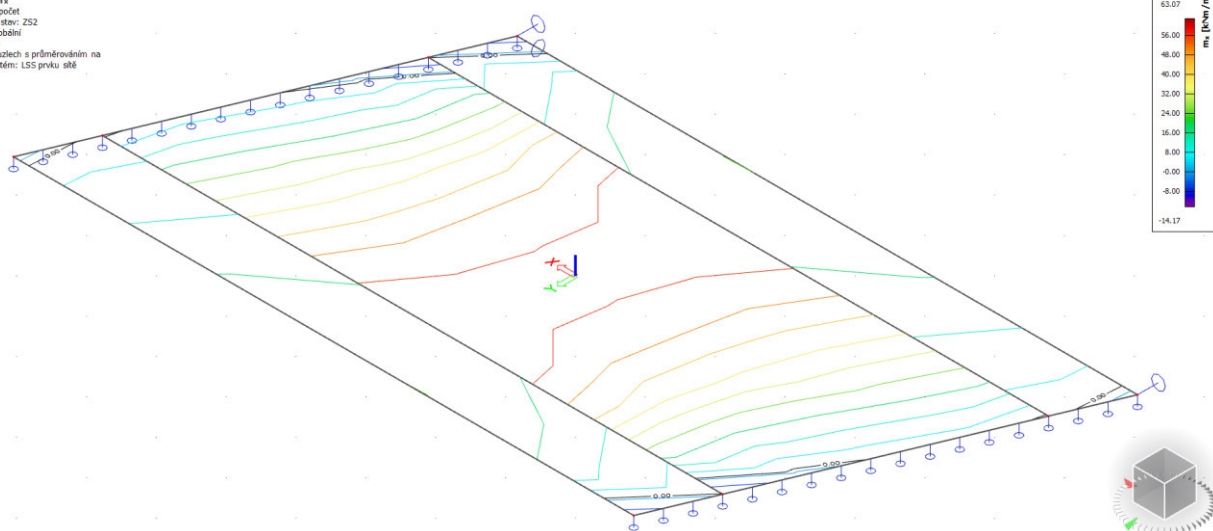
**ZS2**

**Mostní svršek**

**Stálé**

**SZ1**

2D vnitřní síly  
 Hodnoty: m x  
 Lineární výpočet  
 Zatěžovací stav: ZS2  
 Extrém: Globální  
 Výběr: Vše  
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě





**ZS3**

**LM1\_0**

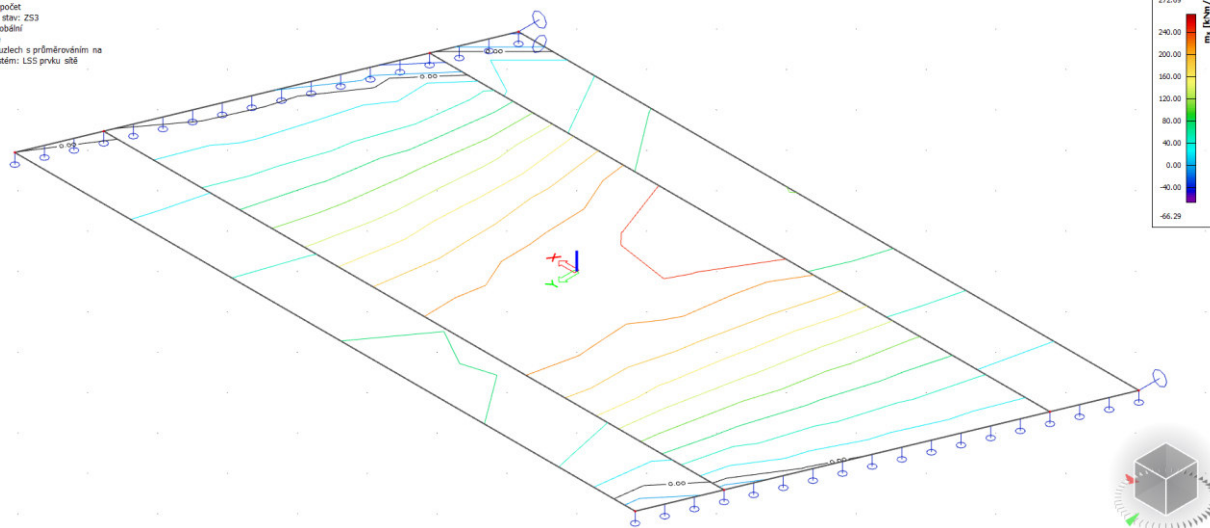
**Proměnné**

**SZ2**

**Krátkodobé**

**Žádný**

2D vnitřní síly  
Hodnoty: m x  
Lineární výpočet  
Zatížovací stav: ZS3  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na  
makro. Systém: LSS prvku sítě



**ZS7**

**LM2\_0**

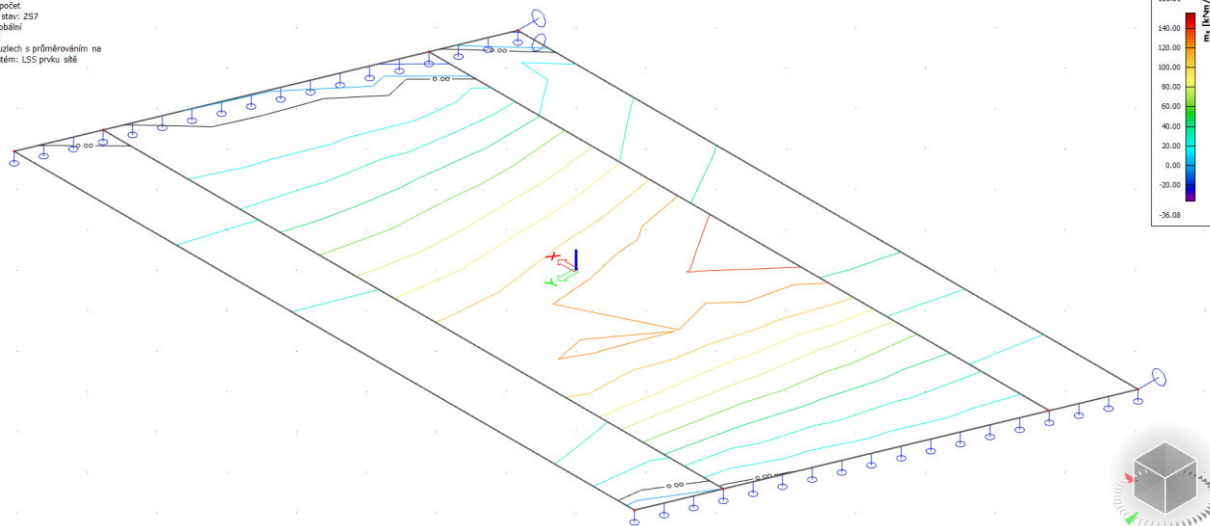
**Proměnné**

**SZ2**

**Krátkodobé**

**Žádný**

2D vnitřní síly  
Hodnoty: m x  
Lineární výpočet  
Zatížovací stav: ZS7  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na  
makro. Systém: LSS prvku sítě



**ZS12**

**LM3\_0**

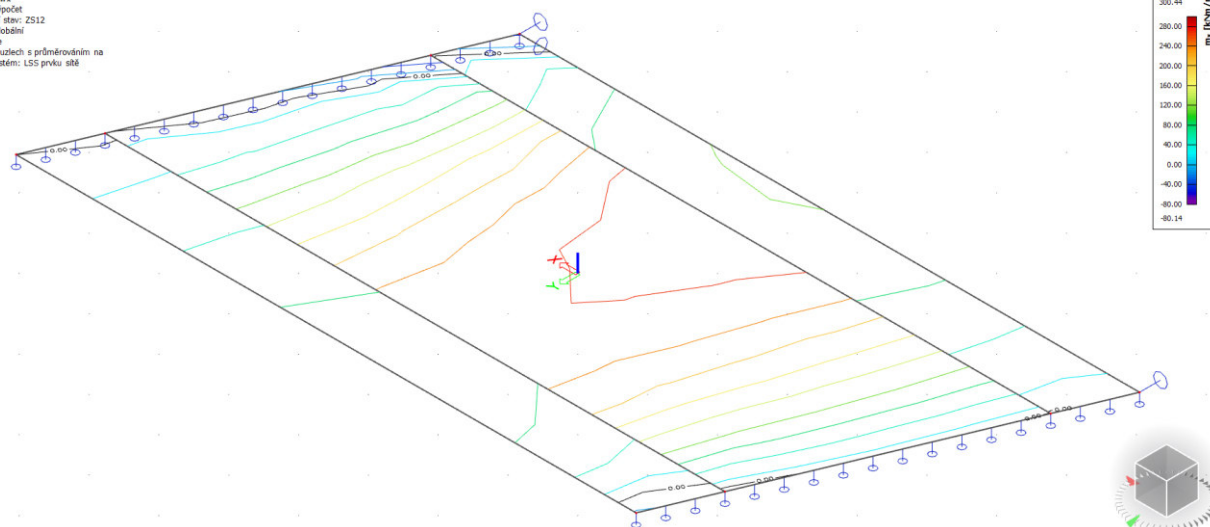
**Proměnné**

**SZ2**

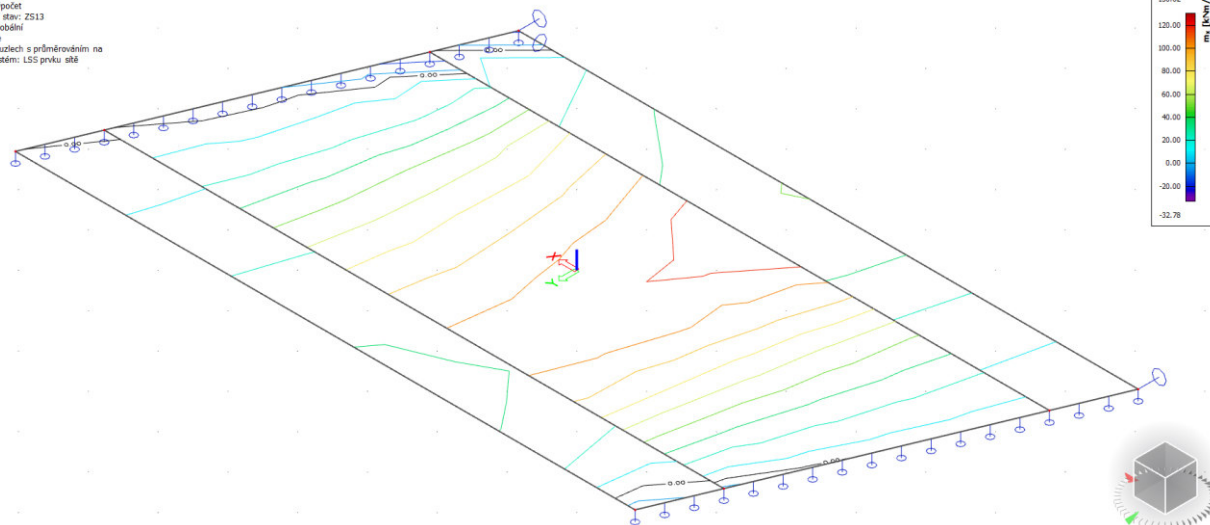
**Krátkodobé**

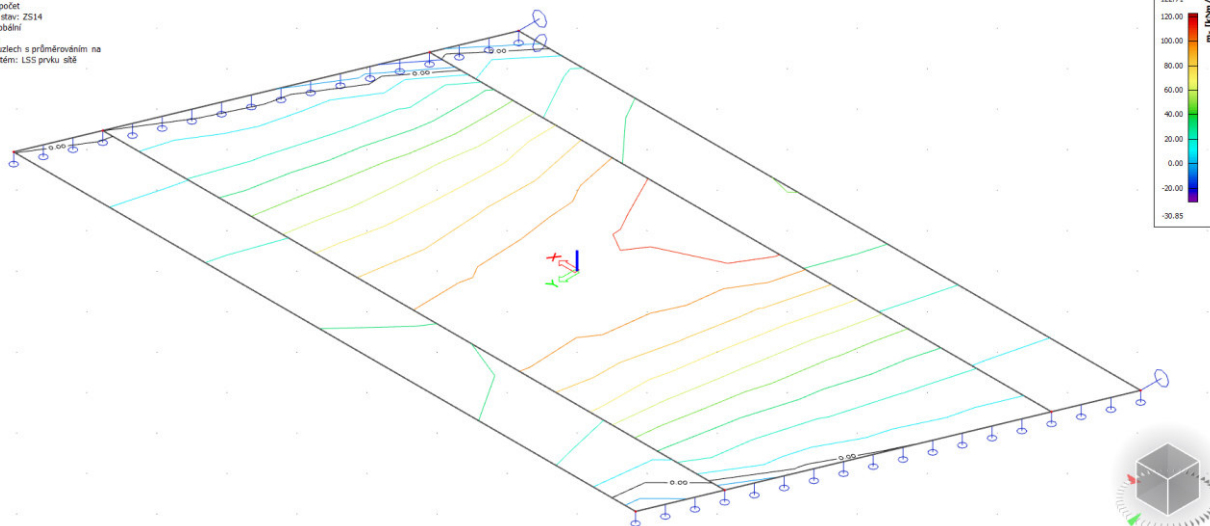
**Žádný**

2D vnitřní síly  
Hodnoty: m x  
Lineární výpočet  
Zatížovací stav: ZS12  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na  
makro. Systém: LSS prvku sítě



**ZS13**
**Vr2n\_M**
**Proměnné**
**SZ2**
**Krátkodobé**
**Žádný**

2D vnitřní síly  
Hodnoty: mN  
Lineární výpočet  
Zatěžovací stav: ZS13  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na  
mátro. Systém: LSS prvku síť

**ZS14**
**Vr3n\_M**
**Proměnné**
**SZ2**
**Krátkodobé**
**Žádný**

2D vnitřní síly  
Hodnoty: mN  
Lineární výpočet  
Zatěžovací stav: ZS14  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na  
mátro. Systém: LSS prvku síť


## 5.2. Rekapitulace vnitřních sil

Rekapitulace je provedena pouze pro maximální ohybové momenty uprostřed rozpětí tak, aby bylo možné ověřit správnost superpozice. Ostatní vnitřní síly a polohy jsou zohledněny ve strojové superpozici. Průběh podélných momentů po desce v rozhodujících zatěžovacích stavech je přiložen výše. V tabulce jsou uvedeny hodnoty v kNm/m.

zat.stav	dim $M_x$ v poli	$\gamma_f$	dim $M_{xd}$ v poli
G0 vlastní tíha	120.0	1.35	162
G1 mostní svršek	63.0	1.35	85
LM1_0	272.0	1.50	408
LM2_0	155.0	1.50	233
LM3_0	300.0	1.50	450
Vr2n_M	130.0	1.50	195
Vr3n_M	124.0	1.50	186

### 5.3. Superpozice zatěžovacích stavů

Superpozice je provedena strojovým výpočtem pro všechny vnitřní síly v konstrukci se zohledněním součinitelů zatížení. Zahrnutý je vliv vlastní tíhy nosné konstrukce, ostatního stálého zatížení a nahodilého zatížení.

#### 2D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

#### Základní veličiny

Jméno	Sít'	Pozice [m]	Stav	$m_x$ [kNm/m]	$m_{xy}$ [kNm/m]	$v_x$ [kN/m]	$n_x$ [kN/m]	$n_{xy}$ [kN/m]
				$m_y$ [kNm/m]		$v_y$ [kN/m]	$n_y$ [kN/m]	
S1	Prvek: 36 Uzel: 3	3,757 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	<b>-168,17</b> -4,39	-92,87	-429,36 <b>637,46</b>	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 32 Uzel: 46	-0,189 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	<b>698,10</b> 34,96	-165,97	-227,34 23,74	<b>0,00</b> <b>0,00</b>	<b>0,00</b>
S3	Prvek: 46 Uzel: 3	3,757 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	-6,54 <b>156,22</b>	-33,16	182,35 473,01	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 34 Uzel: 48	1,784 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	513,82 65,24	<b>-233,77</b>	-411,31 65,07	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 28 Uzel: 4	-5,122 -1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	-1,98 -50,00	<b>34,23</b>	222,58 39,34	0,00 0,00	0,00
S3	Prvek: 46 Uzel: 7	3,385 -2,550 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	-115,66 <b>-103,24</b>	-32,20	<b>-743,13</b> 444,68	0,00 0,00	0,00
S2	Prvek: 45 Uzel: 6	-3,385 2,550 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	-66,48 -58,53	-17,67	<b>510,24</b> -245,79	0,00 0,00	0,00
S1	Prvek: 1 Uzel: 1	-3,757 1,650 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/2	-88,40 0,97	-56,80	284,69 <b>-336,02</b>	0,00 0,00	0,00

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS12
MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS4

#### 2D vnitřní síly

Hodnoty: m

Lineární výpočet

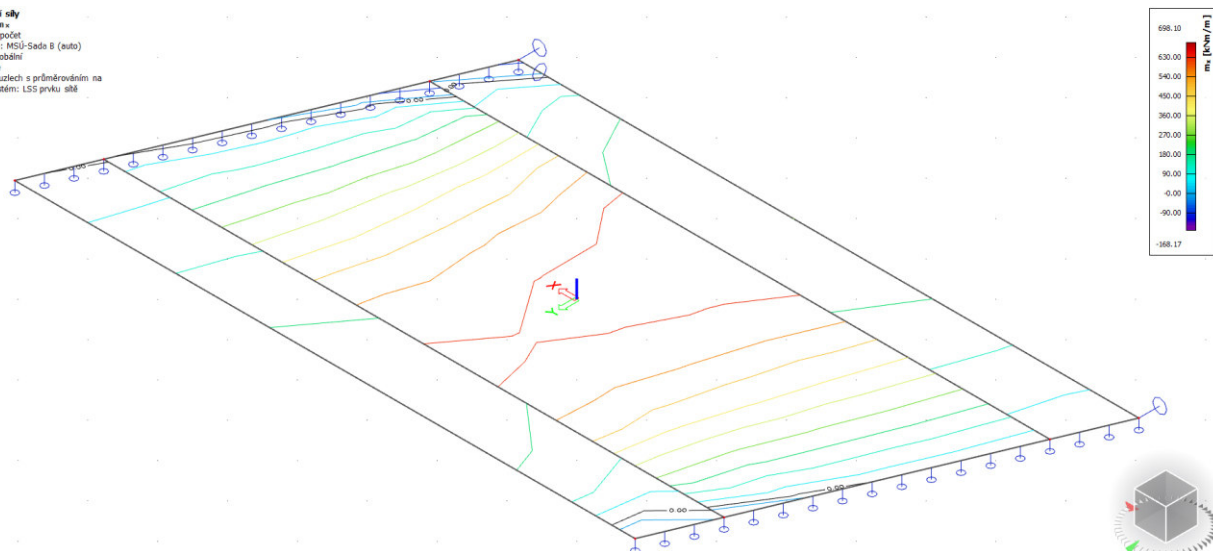
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: Vše

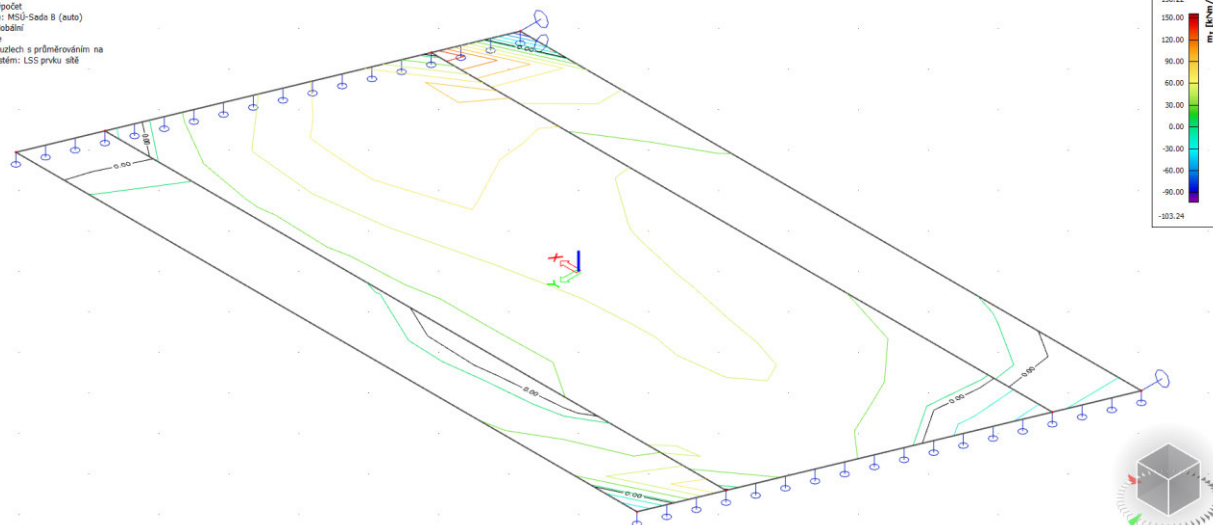
Poloha: V uzlech s průměrováním na

makro. Systém: LSS prvku sítě



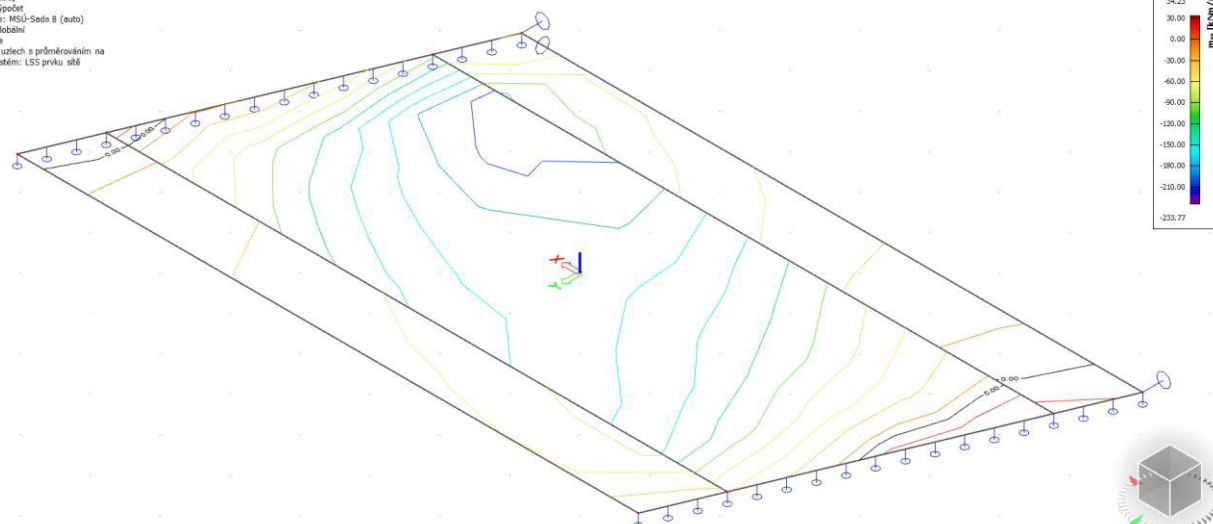
**2D vnitřní síly**

Hodnoty:  $m \cdot v$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



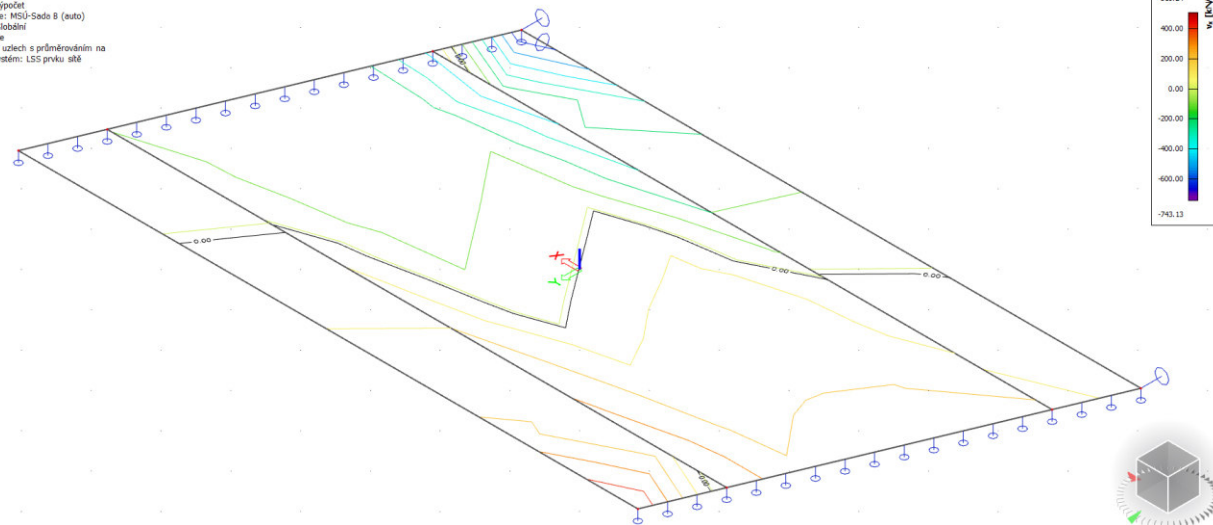
**2D vnitřní síly**

Hodnoty:  $m \cdot v_y$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



**2D vnitřní síly**

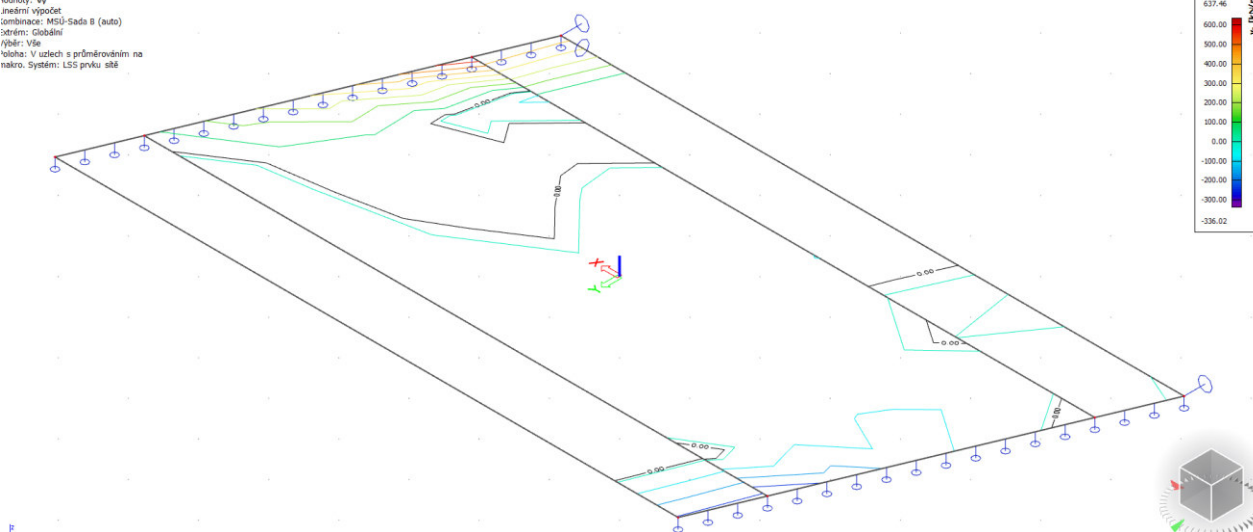
Hodnoty:  $m \cdot v_x$   
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě





## ID vnitřní síly

Isodotový:  $v_y$   
 Značení: výpočet  
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
 Extrém: Globální  
 Výběr: Vše  
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



## 2D přemístění

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Extrém: Globální

Výběr: Vše

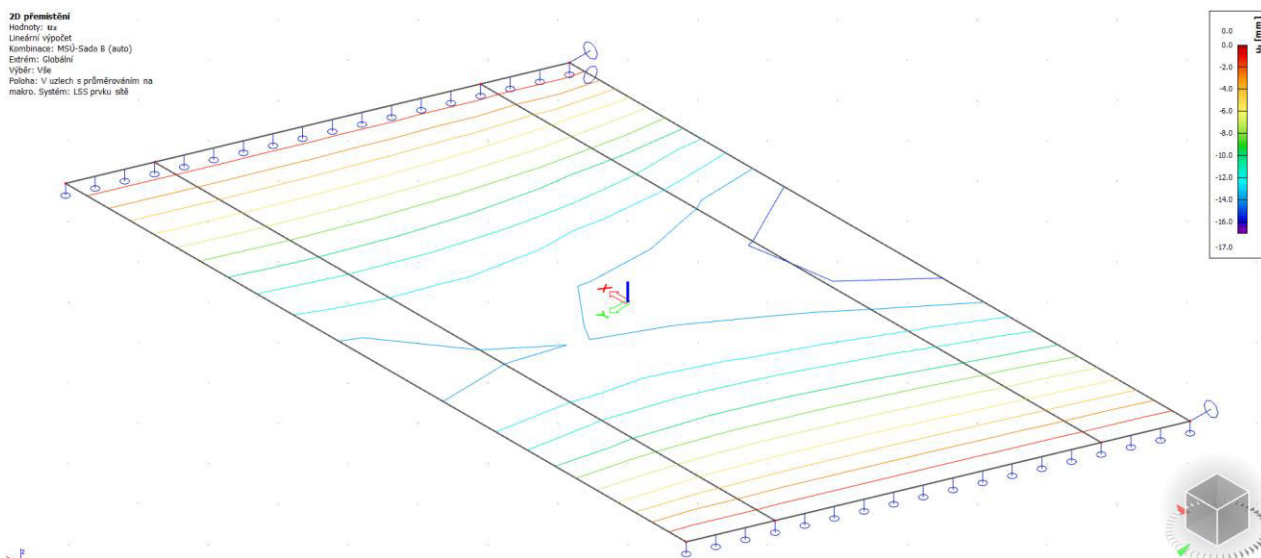
Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě

Jméno	Sít'	Pozice [m]	Stav	$u_x$ [mm]	$u_y$ [mm]	$u_z$ [mm]	$\varphi_x$ [mrad]	$\varphi_y$ [mrad]	$\varphi_z$ [mrad]	$U_{total}$ [mm]
S3	Prvek: 49 Uzel: 65	-0,562 -2,550 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	0,0	0,0	<b>-17,0</b>	1,5	-0,5	0,0	<b>17,0</b>
S3	Prvek: 53 Uzel: 69	-4,508 -2,550 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	-5,4	<b>2,4</b>	5,3	<b>0,0</b>	5,4
S3	Prvek: 46 Uzel: 7	3,385 -2,550 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	0,0	0,0	0,0	<b>-2,5</b>	<b>-6,5</b>	0,0	0,0
S2	Prvek: 45 Uzel: 6	-3,385 2,550 0,000	MSÚ-Sada B (auto)/1	0,0	0,0	<b>0,0</b>	2,3	<b>5,9</b>	0,0	<b>0,0</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS12

## 2D přemístění

Isodotový:  $u_x$   
 Lineární výpočet  
 Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
 Extrém: Globální  
 Výběr: Vše  
 Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku sítě



## 9. Reakce

Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Systém: Globální  
Extrém: Globální  
Výběr: Vše  
**Uzlové reakce**

Jméno	Stav	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	e <sub>x</sub> [mm]	e <sub>y</sub> [mm]	Chyby, upozornění, poznámky
Sn2/N8	MSÚ-Sada B (auto)/1	0,00	0,00	<b>13,37</b>	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	N_RES_OVER01
Sn1/N7	MSÚ-Sada B (auto)/2	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>404,47</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	0,0	0,0	N_RES_OVER01

### Lineární intenzita

Jméno	dx [m]	Stav	R <sub>x</sub> [kN/m]	R <sub>y</sub> [kN/m]	R <sub>z</sub> [kN/m]	M <sub>x</sub> [kNm/m]	M <sub>y</sub> [kNm/m]	M <sub>z</sub> [kNm/m]	Chyby, upozornění, poznámky
Sle2/S2	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	0,00	0,00	<b>24,60</b>	0,00	0,00	0,00	
Sle3/S3	0,974	MSÚ-Sada B (auto)/2	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>830,54</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	N_RES_OVER01

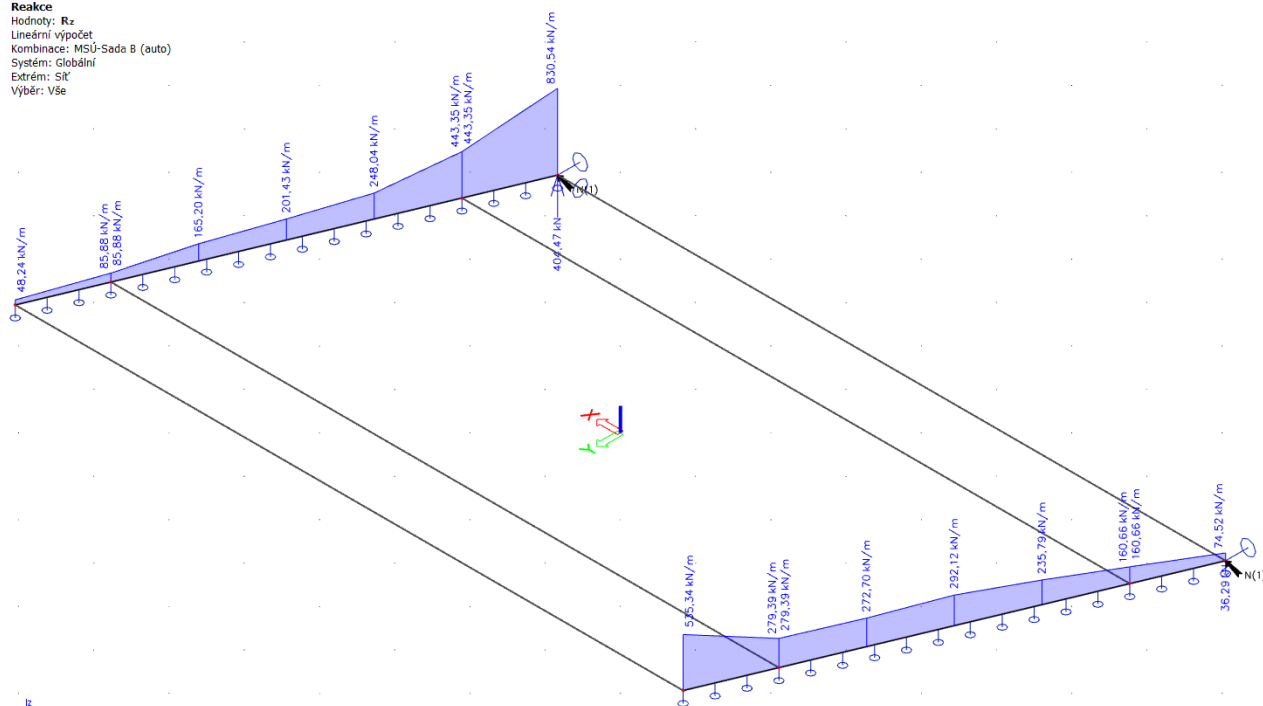
### Reakce na liniových podporách

Jméno	dx [m]	Stav	R <sub>x</sub> [kN]	R <sub>y</sub> [kN]	R <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	e [mm]
Sle2/S2	0,000	MSÚ-Sada B (auto)/3	0,00	0,00	<b>11,98</b>	0,00	0,00	0,00	0,0
Sle1/S1	3,571	MSÚ-Sada B (auto)/2	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>413,82</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	0,0

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto)/1	ZS1 + ZS2 + 1.50*ZS11
MSÚ-Sada B (auto)/2	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS12
MSÚ-Sada B (auto)/3	ZS1 + ZS2 + 1.50*ZS7

#### Reakce

Hodnoty: R<sub>z</sub>  
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)  
Systém: Globální  
Extrém: Slř  
Výběr: Vše



## 6. Návrh a posouzení nosné konstrukce

### 6.1. Posouzení na ohyb v MSU

Posouzení je provedeno na dimenzační momenty, které jsou převzaté ze strojové superpozice a zahrnují vliv kroucení podle vztahu:

$$\dim M_x = \text{sign}(m_{xx}) \cdot [\text{sign}(m_{xx}) + \text{abs}(m_{xy})]$$

$$\dim M_y = \text{sign}(m_{yy}) \cdot [\text{sign}(m_{yy}) + \text{abs}(m_{xy})]$$

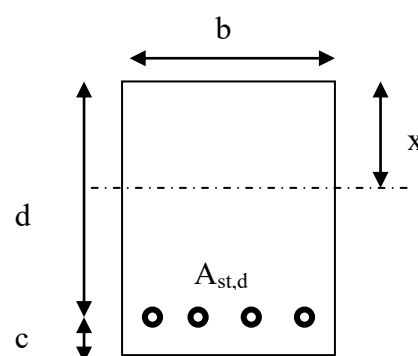
Návrh výztuže v železobetonovém průřezu je proveden v následující tabulce podle teorie mezních stavů:

Návrh plochy výztuže:  $\lambda = 0.8$   $\eta = 1.0$

$$x = \frac{d}{\lambda} \cdot \left( -1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right) < x_{bal} = d \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}}$$

$$A_{st,req} = \frac{b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd} \cdot r} \cdot \left( -1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right)$$

$$A_{x,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d \quad A_{x,min} = 0.0013 \cdot b \cdot d$$



Posouzení únosnosti:

$$x = \frac{A_{st,d} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} \quad M_{Rd} = A_{st,d} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.5 \cdot \lambda \cdot x)$$

#### Dolní podélná výztuž uprostřed rozpětí

Namáhání			Návrh výztuže				
$M_{ed}[\text{MNm}] = 0.863$			$A_{st,d}$	7	$\phi$	32	
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli					
$b[\text{m}] = 1.000$		$f_{ctm}[\text{MPa}] = 2.9$		$f_{yk}[\text{MPa}] = 500$		$\varepsilon_{cu} = 0.0035$	
$h[\text{m}] = 0.500$		$f_{ck}[\text{MPa}] = 30.0$		$f_{yd}[\text{MPa}] = 435$		$\lambda = 0.800$	
$c[\text{m}] = 0.060$		$f_{cd}[\text{MPa}] = 17.0$		$E_s[\text{Mpa}] = 200000$		$\eta = 1.000$	
$d[\text{m}] = 0.440$							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky							
$A_{xmin-f}[\text{m}^2] = 0.000664$			$A_{xmin-\mu}[\text{m}^2] = 0.000572$			mimimální plocha výztuže	
$x_{bal}[\text{m}] = 0.271418$	>		$x[\text{m}] = 0.170711$			omezení výšky tlačené oblasti	
$A_{st,req}[\text{m}^2] = 0.005340$	<		$A_{st,d}[\text{m}^2] = 0.005630$			ověření návrhové plochy výztuže	
$\mu_{min}[\%] = 0.15$	<		$\mu[\%] = 1.28$	<		$\mu_{max}[\%] = 1.60$	
Moment únosnosti							
$x[\text{m}] = 0.179979$			$M_{Rd}[\text{MNm}] = 0.901$	>		$M_{ed}[\text{MNm}] = 0.863$	

**Horní podélná výztuž v tupém rohu**

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.261		$A_{st,d}$	7	$\phi$	18		
Beton-průřez	Materiálové charakteristiky betonu a oceli							
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.500	$f_{ck}[MPa]=$	30.0	$f_{yd}[MPa]=$	435	$\lambda=$	0.800	
$c[m]=$	0.060	$f_{cd}[MPa]=$	17.0	$E_s[MPa]=$	200000	$\eta=$	1.000	
$d[m]=$	0.440							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000664		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000572	mimimální plocha výztuže			
$x_{bal}[m]=$	0.271418	>	$x[m]=$	0.045498	omezení výšky tlačené oblasti			
$A_{st,req}[m^2]=$	0.001423	<	$A_{st,d}[m^2]=$	0.001781	ověření návrhové plochy výztuže			
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.40	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.056946		$M_{Rd}[MNm]=$	0.323	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.261	

**Dolní příčná výztuž v poli i v rohu**

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.299		$A_{st,d}$	7	$\phi$	18		
Beton-průřez	Materiálové charakteristiky betonu a oceli							
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.500	$f_{ck}[MPa]=$	30.0	$f_{yd}[MPa]=$	435	$\lambda=$	0.800	
$c[m]=$	0.060	$f_{cd}[MPa]=$	17.0	$E_s[MPa]=$	200000	$\eta=$	1.000	
$d[m]=$	0.440							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000664		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000572	mimimální plocha výztuže			
$x_{bal}[m]=$	0.271418	>	$x[m]=$	0.052469	omezení výšky tlačené oblasti			
$A_{st,req}[m^2]=$	0.001641	<	$A_{st,d}[m^2]=$	0.001781	ověření návrhové plochy výztuže			
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.40	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.056946		$M_{Rd}[MNm]=$	0.323	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.299	



## Horní příčná výztuž

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.168		$A_{st,d}$	7	$\phi$	14		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	500	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.500	$f_{ck}[MPa]=$	30.0	$f_{yd}[MPa]=$	435	$\lambda=$	0.800	
$c[m]=$	0.060	$f_{cd}[MPa]=$	17.0	$E_s[MPa]=$	200000	$\eta=$	1.000	
$d[m]=$	0.440							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-f}[m^2]=$	0.000664		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000572		mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m]=$	0.271418	>	$x[m]=$	0.028831		omezení výšky tlačené oblasti		
$A_{st,req}[m^2]=$	0.000902	<	$A_{st,d}[m^2]=$	0.001078		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{min}[\%]=$	0.15	<	$\mu[\%]=$	0.24	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.034449		$M_{Rd}[MNm]=$	0.200	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.168	

## 6.2. Posouzení na smyk

Návrh smykové výztuže je proveden na redukovanou výslednou smykovou sílu (neuvažují lokální extrém, ale izolínii v linii líce opěry) ze strojové superpozice:

$$Q_{dim-extrem} = \sqrt{q_x^2 + q_y^2} = \sqrt{637^2 + 429^2} = 768 \text{ kNm/m}$$

Návrh smykové výztuže je proveden dle ČSN EN 1992-1-1 kap.6.2.str.77 podle teorie mezních stavů:

*beton*

$$V_{Rd,c} = [C_{rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}) + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rd,cmin} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$k = 1 + \sqrt{0.2/d} \leq 2.0 \quad \rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c < 0.2 \cdot f_{cd} \quad \text{vliv predpeti}$$

$$C_{Rd,c} = 0.18 / \gamma_c \quad v_{min} = 0.035 \cdot k^{2/3} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad k_1 = 0.15$$

*svislá výztuž*

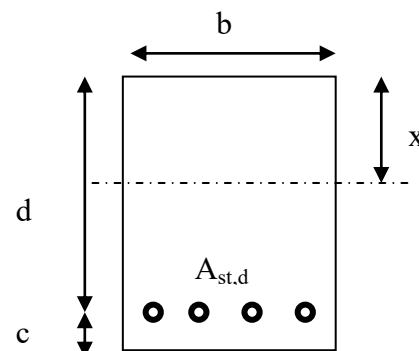
$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta \quad (\theta = 22 - 45^\circ)$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) \quad v_1 = 0.6 \cdot (1 - f_{ck} / 250)$$

*šikmá výztuž*

$$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$$



### Extrém v tupém rohu

Namáhání		Ohybová výztuž							
$V_{ed}[\text{MN}] =$	0.768	7	$\phi$	32			$A_{st,d}[\text{m}^2] =$	0.005630	
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli									
$b[\text{m}] =$	1.000	$f_{ctm}[\text{MPa}] =$	2.9	$f_{yk}[\text{MPa}] =$	500	$\varepsilon_{cu} =$	0.0035	$\theta[^\circ] =$	45.0
$h[\text{m}] =$	0.500	$f_{ck}[\text{MPa}] =$	30.0	$f_{yd}[\text{MPa}] =$	435	$\lambda =$	0.800	$\alpha[^\circ] =$	45.0
$c[\text{m}] =$	0.060	$f_{cd}[\text{MPa}] =$	17.0	$E_s[\text{MPa}] =$	200000	$\eta =$	1.000	$k_{pom} =$	1.67
$d[\text{m}] =$	0.440	$x[\text{m}] =$	0.180	$\sigma_{cp}[\text{MPa}] =$	0	$\alpha_{cw} =$	1.000	$k =$	1.67
Beton									
$V_{Rd,cl}[\text{MN}] =$	0.298	>	$V_{Rd,min}[\text{MN}] =$	0.141	$V_{Rd}[\text{MN}] =$	0.298	nutná smyková výztuž		
Třmínky		3	$\phi$	6	$s[\text{m}] =$	0.33	$A_{sw}[\text{m}^2] =$	0.000085	
$V_{Rd,sl}[\text{MN}] =$	0.041	<	$V_{Rd,max}[\text{MN}] =$	1.652	$V_{Rd}[\text{MN}] =$	0.339	nutné ohyby		
Ohyby		4	$\phi$	14	$s[\text{m}] =$	0.35	$A_{sw}[\text{m}^2] =$	0.000616	
$V_{Rd,sl}[\text{MN}] =$	0.479	<	$V_{Rd,max}[\text{MN}] =$	0.826	$V_{Rd}[\text{MN}] =$	0.818	vyhovuje		

### 6.3. Omezení trhlin a napětí

Výpočet trhlin je proveden podle ČSN EN 1992-1-1 kap.7.3.4. str.112. Výpočet omezení napětí je proveden dle ČSN EN 1992-2 EC2 část 2

$$\sigma_{c, char} = \frac{M_{char}}{A_c \cdot z} \leq k_c \cdot f_{ck} \quad \sigma_{s, char} = \frac{M_{char}}{A_{s1} \cdot z} \leq k_y \cdot f_{yk} \quad z = d - 0.4 \cdot x$$

$$w_k = s_{r, max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad \alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} \quad \rho_{p, eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 \cdot A_p}{A_{c, eff}}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct, eff}}{\rho_{p, eff}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p, eff})}{E_s} \quad s_{r, max} = k_3 \cdot c + \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi}{\rho_{p, eff}}$$

#### Dolní podélná výztuž uprostřed rozpětí v poli

$M_{char}[\text{MNm}] = 0.599$	$A_s[\text{m}^2] = 7$	$\phi = 32$	$A_s[\text{m}^2] = 0.005630$	$\sigma_s[\text{Mpa}] = 289$
$b[\text{m}] = 1.000$	$f_{ct, eff}[\text{Mpa}] = 2.9$	$f_{yk}[\text{Mpa}] = 500$	$x[\text{m}] = 0.179979$	$k_t = 0.600$
$h[\text{m}] = 0.500$	$f_{ck}[\text{Mpa}] = 30.0$	$f_{yd}[\text{Mpa}] = 435$	$\lambda = 0.800$	$k_1 = 0.800$
$c[\text{m}] = 0.060$	$f_{cd}[\text{Mpa}] = 17.0$	$\varepsilon_{cu} = 0.0035$	$\eta = 1.000$	$k_2 = 0.500$
$d[\text{m}] = 0.440$	$E_{cm}[\text{Mpa}] = 36000$	$E_s[\text{Mpa}] = 200000$	$\alpha_e = 5.556$	$k_3 = 3.400$
$h_{c, eff}[\text{m}] = 0.107$	$A_p[\text{m}^2] = 0$	$\phi = 15.5$	$A_p[\text{m}^2] = 0.000000$	$k_4 = 0.425$
$A_{c, eff}[\text{m}^2] = 0.107$	$\xi = 0.500$	$\xi_1 = 1.016$	$\rho_{p, eff} = 0.052775$	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.001$
$s_{r, max}[\text{mm}] = 103$	$w_k[\text{mm}] = 0.13$	$<$	$w_{lim}[\text{mm}] = 0.3$	
$k_c = 0.600$	$k_y = 0.800$			
$\sigma_s[\text{Mpa}] = 289$	$<$	$400$	$\sigma_c[\text{Mpa}] = 11.3047$	$<$

### 6.4. Posouzení průhybů

Průhyby uprostřed rozpětí na kraji konstrukce u pracovní spáry jsou:

$$v_{max} = 17.0 \text{ mm} < v_{lim} = \frac{8880}{300} = 29.6 \text{ mm}$$

## 6.5. Posouzení na únavu

Posudek je proveden na namáhání od zatížení bez součinitele zatížení s únavovým zatížením 70% LM1 se započtením vlivu kroucení z poměru podélných ohybových a krouticích momentů (zvětšení o 25%).

$$M_{equ-min} = (120 + 63) \cdot 1.25 = 228 \text{ kNm/m}$$

$$M_{equ-max} = (120 + 63 + 272 \cdot 272) \cdot 1.25 = 466 \text{ kNm/m}$$

Únava betonu:

$$x = \frac{A_{st,d} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}} \quad \sigma_c = \frac{M}{b \cdot \lambda \cdot x \cdot (d - 0.4x)} \quad \beta_{cc} = \exp \left[ s \cdot \left( 1 - \sqrt{\frac{28}{t}} \right) \right]$$

$$t = \text{čas poč. cyklického zatížení} \quad k_1 = 0.85 (\text{pro } N = 10^6 \text{ cyklů})$$

$$s_{cement\_tř.R} = 0.2 \quad s_{cement\_tř.N} = 0.25 \quad s_{cement\_tř.N} = 0.38$$

$$f_{cd,fat} = k_1 \cdot \beta_{cc} \cdot f_{cd} \cdot \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

$$\text{metoda 1: } \sigma_{cd,max} + 0.43 \cdot \sqrt{1 - \frac{\sigma_{cd,min}}{\sigma_{cd,max}}} \leq 1$$

$$\text{metoda 2: } \frac{\sigma_{c,max}}{f_{cd,fat}} \leq 0.5 + 0.45 \cdot \frac{\sigma_{c,min}}{f_{cd,fat}} \leq 0.9 \text{ pro } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} (\leq 0.8 \text{ pro } f_{ck} > 50 \text{ MPa})$$

Únava betonářské oceli

$$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta \sigma_{s,equ}(N^*) \leq \frac{\Delta \sigma_{RSK}(N^*)}{\gamma_{s,fat}} \quad \sigma_{s,equ} = \frac{M_{equ}}{A_s \cdot (d - 0.4 \cdot x)}$$

$$\gamma_{F,fat} = 1.0 \quad \gamma_{s,fat} = 1.0 \quad \Delta \sigma_{RSK}(N^*) = 162.5 \text{ MPa}$$

### Podhled desky uprostřed rozpětí v podélném směru

$M_{equ,max}[\text{MNm}] = 0.466$	$M_{equ,min}[\text{MNm}] = 0.228$		7	$\phi$	32
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli				$A_{st,d}[\text{m}^2] = 0.005630$	
$b[\text{m}] = 1.000$	$f_{ctm}[\text{MPa}] = 2.9$	$f_{yk}[\text{MPa}] = 500$		$\lambda = 0.800$	
$h[\text{m}] = 0.500$	$f_{ck}[\text{MPa}] = 30.0$	$f_{yd}[\text{MPa}] = 435$		$\eta = 1.000$	
$c[\text{m}] = 0.060$	$f_{cd}[\text{MPa}] = 17.0$				
$d[\text{m}] = 0.440$				$x[\text{m}] = 0.180$	
Beton:	$\sigma_{cd,max}[\text{MPa}] = 8.8$	$\sigma_{cd,min}[\text{MPa}] = 4.3$		$\beta_{cc} = 1.099$	
$s = 0.20$	$t[\text{dni}] = 100$	$k_1 = 0.85$		$f_{cd,fat}[\text{MPa}] = 14.0$	
podmínka 1	0.94	< 1.00		vyhovuje	
podmínka 2	0.63	< 0.64	< 0.8	vyhovuje	
Ocel:	$\sigma_{s,max}[\text{MPa}] = 225$	$\sigma_{s,min}[\text{MPa}] = 110$			
$\gamma_{F,fat} = 1.00$	$\gamma_{s,fat} = 1.00$	$\Delta \sigma_{RSK}[\text{MPa}] = 162.5$			
podmínka:	115	< 163		vyhovuje	

## 7. Spodní stavba

### 7.1. Stěna opěry

Stěna opěry je navržena na pasivní odpor zeminy, který by teoreticky mohl být docílen brzdými silami. Výztuž navržena podle stejných vztahů, jako deska mostovky, na straně bezpečnosti jsou zanedbány normálové síly od reakcí.

Výpočet namáhání je proveden na modelu prostého nosníku na svislo, zatíženém ve vodorovném směru.

$$q_{\text{zemina dolní}} = 20 \cdot 3.5 \cdot tg^2 \left( 45 + \frac{30}{2} \right) = 210 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{\text{stěna}} = \frac{210 \cdot 3.5^2}{9 \cdot \sqrt{3}} = 165 \text{ kNm/m}$$

$$Q_d = \frac{1}{3} \cdot 210 \cdot 3.5 = 245 \text{ kN/m}$$

$$Q_h = \frac{1}{6} \cdot 210 \cdot 3.5 = 122 \text{ kN/m}$$

#### Vnitřní svislá výztuž stěny opěry

##### Ohybová výztuž

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{\text{ed}}[\text{MNm}] = 0.210$			$A_{\text{st.d}}$	7	$\phi$	14		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
$b[\text{m}] = 1.000$		$f_{\text{ctm}}[\text{MPa}] = 2.9$		$f_{\text{yk}}[\text{MPa}] = 500$		$\varepsilon_{\text{cu}} = 0.0035$		
$h[\text{m}] = 0.600$		$f_{\text{ck}}[\text{MPa}] = 30.0$		$f_{\text{yd}}[\text{MPa}] = 435$		$\lambda = 0.800$		
$c[\text{m}] = 0.070$		$f_{\text{cd}}[\text{MPa}] = 17.0$		$E_s[\text{Mpa}] = 200000$		$\eta = 1.000$		
$d[\text{m}] = 0.530$								
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{\text{xmin-f}}[\text{m}^2] = 0.000799$			$A_{\text{xmin-}\mu}[\text{m}^2] = 0.000689$		mimimální plocha výztuže			
$x_{\text{ball}}[\text{m}] = 0.326935$	>		$x[\text{m}] = 0.029805$		omezení výšky tlačené oblasti			
$A_{\text{st.req}}[\text{m}^2] = 0.000932$	<		$A_{\text{st.d}}[\text{m}^2] = 0.001078$		ověření návrhové plochy výztuže			
$\mu_{\text{minx}}[\%] = 0.15$	<		$\mu[\%] = 0.20$	<	$\mu_{\text{max}}[\%] = 1.60$			
Moment únosnosti								
$x[\text{m}] = 0.034449$			$M_{\text{Rd}}[\text{MNm}] = 0.242$	>	$M_{\text{ed}}[\text{MNm}] = 0.210$			

## Smyková výztuž v patě

Namáhání	Ohybová výztuž							
V <sub>ed</sub> [MN]= 0.245	7	φ	14			A <sub>st,d</sub> [m²]=	0.001078	
Materiálové a průřezové charakteristiky betonu a oceli								
b[m]= 1.000	f <sub>ctm</sub> [MPa]= 2.9	f <sub>yk</sub> [MPa]= 500	ε <sub>cu</sub> = 0.0035	θ[°]= 45.0				
h[m]= 0.600	f <sub>ck</sub> [MPa]= 30.0	f <sub>yd</sub> [MPa]= 435	λ= 0.800	α[°]= 45.0				
c[m]= 0.070	f <sub>cd</sub> [MPa]= 17.0	E <sub>s</sub> [Mpa]= 200000	η= 1.000	k <sub>pom</sub> = 1.61				
d[m]= 0.530	x[m]= 0.034	σ <sub>cp</sub> [Mpa]= 0	α <sub>cw</sub> = 1.000	k= 1.61				
Beton								
V <sub>Rd,cl</sub> [MN]= 0.188	>	V <sub>Rd,min</sub> [MN]= 0.164	V <sub>Rd</sub> [MN]= 0.188	nutná smyková výztuž				
Třmínky	3	φ	6	s[m]= 0.33	A <sub>sw</sub> [m²]=	0.000085		
V <sub>Rd,sl</sub> [MN]= 0.058	<	V <sub>Rd,max</sub> [MN]= 2.317	V <sub>Rd</sub> [MN]= 0.245	vyhovuje bez ohybů				
Ohyby	0	φ	14	s[m]= 0.25	A <sub>sw</sub> [m²]=	0.000000		
V <sub>Rd,sl</sub> [MN]= 0.000	<	V <sub>Rd,max</sub> [MN]= 1.158	V <sub>Rd</sub> [MN]= 0.245	vyhovuje				

## Omezení trhlin a napětí

M <sub>char</sub> [MNm]= 0.210	A <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ]= 7	φ 14	A <sub>s</sub> [m <sup>2</sup> ]= 0.001078	σ <sub>s</sub> [Mpa]= 378
b[m]= 1.000	f <sub>ct,eff</sub> [MPa]= 2.9	f <sub>yk</sub> [MPa]= 500	x[m]= 0.034449	k <sub>t</sub> = 0.600
h[m]= 0.600	f <sub>ck</sub> [MPa]= 30.0	f <sub>yd</sub> [MPa]= 435	λ= 0.800	k <sub>1</sub> = 0.800
c[m]= 0.070	f <sub>cd</sub> [MPa]= 17.0	ε <sub>cu</sub> = 0.0035	η= 1.000	k <sub>2</sub> = 0.500
d[m]= 0.530	E <sub>cm</sub> [Mpa]= 36000	E <sub>s</sub> [Mpa]= 200000	α <sub>e</sub> = 5.556	k <sub>3</sub> = 3.400
h <sub>c,eff</sub> [m]= 0.175	A <sub>p</sub> [m <sup>2</sup> ]= 0	φ 15.5	A <sub>p</sub> [m <sup>2</sup> ]= 0.000000	k <sub>4</sub> = 0.425
A <sub>c,eff</sub> [m <sup>2</sup> ]= 0.175	ξ= 0.500	ξ <sub>1</sub> = 0.672	ρ <sub>p,eff</sub> = 0.006158	ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> = 0.000
s <sub>r,max</sub> [mm]= 387	w <sub>k</sub> [mm]= 0.16	<	w <sub>lim</sub> [mm]= 0.3	
k <sub>c</sub> = 0.600	k <sub>y</sub> = 0.800			
σ <sub>s</sub> [Mpa]= 378	< 400		σ <sub>c</sub> [Mpa]= 14.761	< 18

## 7.2. Vrubový kloub

Návrh trnů je proveden na maximální možnou vodorovnou sílu od pasivního odporu zeminy.

$$F_{trnů} = \frac{122}{200000 \cdot 0.8} = 0.0007625 m^2/m$$

Trny vyhovují již v počtu od 4 $\phi$ R16/m.

Posouzení kontaktního napětí je provedeno na maximální svislou reakci.

$$\sigma_{vrubový kloub} = \frac{0.830}{0.15} = 5.53 MPa < \sigma_{c30/37} = 20 MPa$$

### 7.3. Založení

Namáhání v základové spáře je stanoveno z maximální reakce za předpokladu rozepření opěr rozpěrákovou nosnou konstrukcí a rozepření v korytě pasivním odporem zeminy, resp. dlažby, společně s třením v základové spáře.

$$R_{max-celkem} = 616 + 307 + 199 + 162 + 111 + 59 = 1454 \text{ kN na celou opěru}$$

$$\sigma_{max-průměr na opěru} = \frac{1454}{5.5 \cdot 1.6} = 165 \text{ kPa} < R_{d S5} = 175 \text{ kPa}$$

$$R_{max-lokal.extrem} = 830 \text{ kN/m}$$

$$\sigma_{max-lokal.extrem s přesahem do boku} = \frac{830}{2.0 \cdot 1.6} = 259 \text{ kPa} < R_{d S3 SF} = 275 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{max-pod ŠTP polštářem tl.30} = \frac{830}{2.3 \cdot 2.2} = 164 \text{ kPa} < R_{d S5 SF} = 275 \text{ kPa}$$

### 8. Závěr

Deska nosné konstrukce tl.0.50m s krajními konzolami vyhovuje z betonu třídy C30/37 vyztuženého výztuží 10505(R) za předpokladů uvedených výše. Výztuž desky v jednotlivých směrech a profilech bude následující.

- Dolní podélná výztuž desky v poli 7φR32/m
- Dolní příčná výztuž v poli i v rozích 7φR18/m
- Horní podélná výztuž desky v tupých rozích 7φR18/m
- Horní příčná výztuž desky v poli s vytažením do konzol 7φR14/m
- Spony celoplošně 9φR6/m<sup>2</sup>
- Ohyby v rozích 4φR14/m 2 řady po 0.35m

Stěnové opěry výšky 3.5m tl.600mm se symetricky umístěným základem šířky 1.6m vyhovují z betonu C30/37 vyztuženého výztuží 10505(R) za předpokladů uvedených výše. Výztuž spodní stavby bude následující.

- Svislá výztuž stěny u vnitřního povrchů 7φR14/m
- Dolní výztuž základu 7φR14/m
- Spony 9φR6/m<sup>2</sup>

Podélná výztuž desky bude kladena rovnoběžně s osou mostu tedy šikmo na opěry. Příčná výztuž desky bude kladena rovnoběžně s opěrami, přičemž osová rozteč prutů bude dodržena ve směru kolmo na osu mostu.

Založení vyhovuje plošné, v tupém rohu je napětí pod základem rozšířeným do boku 259kPa. Pokud bude základová spára z horší zeminy než S3, bude nutno provést roznášecí ŠTP polštář.

Pro zajištění stability opěr proti vodorovnému posunu v základové spáře je podmínkou provedení dlažby pod mostem, která svým pasivním odporem zabráni posunu bočním zemním tlakem.

Výztuž říms a kotvení bude provedeno v souladu s platnými vzorovými listy.

V Liberci dne 17.10.2022  
Vypracoval Ing.T.Humpal