

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

## MOST NA PŘELOŽCE SILNICE I/57 PŘES MÍSTNÍ POTOK

THE BRIDGE ON THE RELOCATION OF ROAD I/57 OVER A LOCAL BROOK

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

PŘÍLOHA P4 STATICKÝ VÝPOČET

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. JAN FOJTŮ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. RADIM NEČAS, Ph.D.

BRNO 2015

## OBSAH

1.	Materiály...	4
2.	Betonová krycí vrstva	4
3.	Výpočtový model	5
3.1	Prutový model	5
3.2	Deskový model	6
3.3	Spolupůsobící šířky	7
4.	Zatížení	9
4.1	Stálé	10
4.2	Nahodilé – při montáži	10
4.3	Nahodilé - dopravou	11
4.3.1	Model zatížení LM1	11
4.3.2	Model zatížení LM3	13
4.3.3	Chodník	14
4.4	Kombinace účinků zatížení	14
5.	Podélný směr	15
5.1	Průřezové charakteristiky	15
5.2	Varianta betonáže v jednom záběru	16
5.3	Varianta postupné betonáže po polích 1	22
5.4	Varianta postupné betonáže po polích 2	24
5.4.1	Mezní stav použitelnosti – montáž	25
5.4.2	Mezní stav únosnosti - montáž	31
5.5	Mezní stav použitelnosti	37
5.5.1	Omezení normálových napětí	37
5.5.2	Omezení šířky trhlin	40
5.5.3	Omezení přetvoření	40
5.6	Mezní stav únosnosti – ohyb	41
5.6.1	Průřezy v polích	41
5.6.2	Průřezy v podpěrách	43
5.7	Mezní stav únosnosti – smyk a kroucení	46
5.7.1	V podpěrách 2,3,4	47
5.7.2	V podpěrách 5,6	54
5.7.3	Ve třetinách rozpětí polí	60
6.	Příčný směr	65
6.1	V podpěře 6 – řez 1-1	66

6.2	V podpěře 6 – řez 2-2 .....	69
6.3	Ve třetinách rozpětí polí .....	72
7.	Příčnky.....	74
7.1	Příčnky nad podpěrami 2,3,4 .....	77
7.2	Příčnky nad podpěrami 5,6 .....	81
8.	Přílohy.....	85
8.1	Vnitřní síly od stálých zatížení a předpětí .....	85
8.2	Ohybové momenty od nahodilého zatížení – LM1...86	
8.3	Ohybové momenty od nahodilého zatížení – LM3...89	
8.4	Vliv excentricity nahodilého zatížení .....	90
8.5	Schéma postupu výstavby .....	101
8.6	Nahodilé zatížení při montáži .....	102
8.7	Mezní stav únosnosti při montáži – pole 5 .....	103
8.8	Mezní stav únosnosti při montáži – podpěra 6.....	104
8.9	Mezní stav únosnosti – pole 5 .....	105
8.10	Mezní stav únosnosti – podpěra 5 .....	106
8.11	Vnitřní síly – max $T_{Ed}$ .....	107
8.12	Vnitřní síly – max $V_{Ed}$ .....	108

## 1 MATERIÁLY

Beton C30/37  $f_{ck} = 30\text{MPa}$   $f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,90 \frac{30}{1,5} = 18,000\text{MPa}$   
 $f_{ctk,0,05} = 2,0\text{MPa}$   $f_{ctd} = \alpha_{ct} \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \frac{2,0}{1,5} = 1,333\text{MPa}$   
 $f_{ctm} = 2,9\text{MPa}$

Předpínací výztuž Y-1860-S7-15,7-A

$f_{pk} = 1860\text{MPa}$   $f_{p0,1k} = 1600\text{MPa}$   $f_{p0,2k} = 1660\text{MPa}$   
 $f_{pd} = \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_s} = \frac{1600}{1,15} = 1391,304\text{MPa}$

Betonářská výztuž B550 B

$f_{yk} = 550\text{MPa}$   $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{550}{1,15} = 478,261\text{MPa}$

Maximální napínací napětí

$\sigma_{p,max} = \min(0,8f_{pk}; 0,9f_{p0,1k}) = \min(0,8 * 1860; 0,9 * 1600) = \min(1488; 1440)$

$\sigma_{p,max} = 1440\text{MPa}$

## 2 BETONOVÁ KRYCÍ VRSTVA

### - pro předpínací výztuž

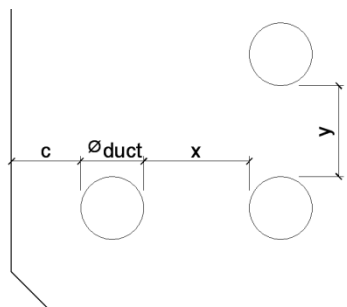
Stupeň vlivu prostředí XF, konstrukční třída S6 100let.

$c \geq c_{nom}$   $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10\text{mm}) =$   
 $= \max(80; 50; 10) = 80\text{mm}$

$\Delta c_{dev} = 10\text{mm}$   $c_{nom} = 80 + 10 = 90\text{mm}$

Navrženo  $c = 90\text{mm}$



$X \geq \varnothing_{duct} = 121\text{mm}$   
 $\geq dg + 5 = 16 + 5 = 21\text{mm}$   
 $\geq 50\text{mm}$

$y \geq \varnothing_{duct} = 121\text{mm}$   
 $\geq dg + 5 = 16 + 5 = 21\text{mm}$   
 $\geq 40\text{mm}$

### - pro betonářskou výztuž

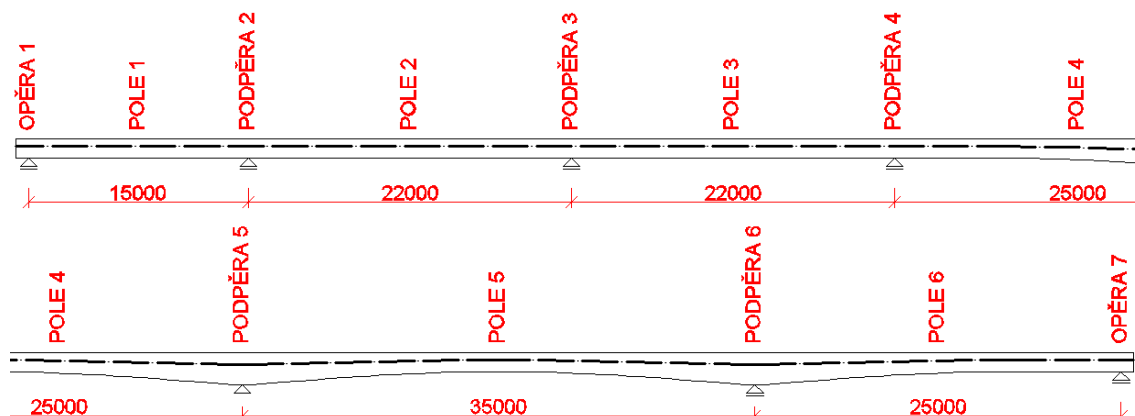
$c_{min} = \max(32; 50; 10) = 50\text{mm}$

$\Delta c_{dev} = 10\text{mm}$   $c_{nom} = 50 + 10 = 60\text{mm}$

Navrženo  $c = 60\text{mm}$

### 3 VÝPOČTOVÝ MODEL

Pojmenování jednotlivých řezů

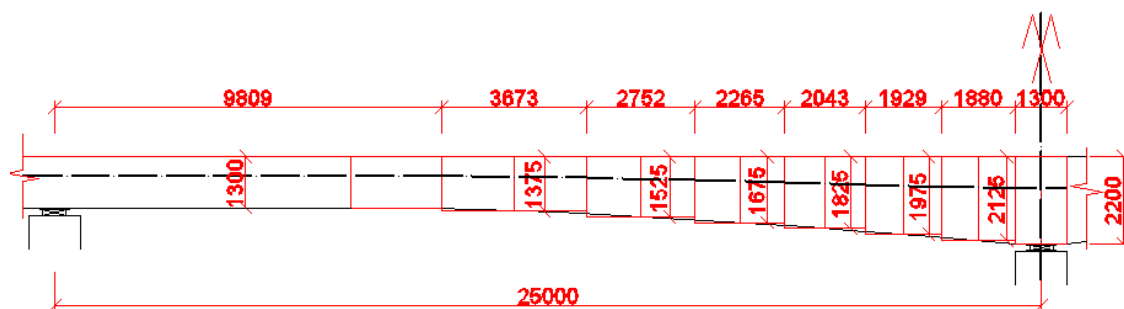


#### 3.1 Prutový model

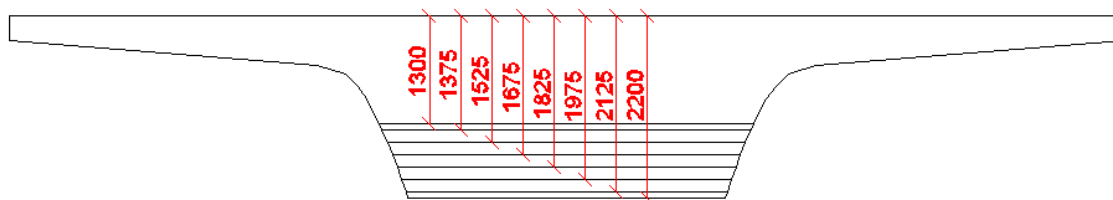
**MODEL KONSTRUKCE  
SKUTEČNÝ PRŮŘEZ**



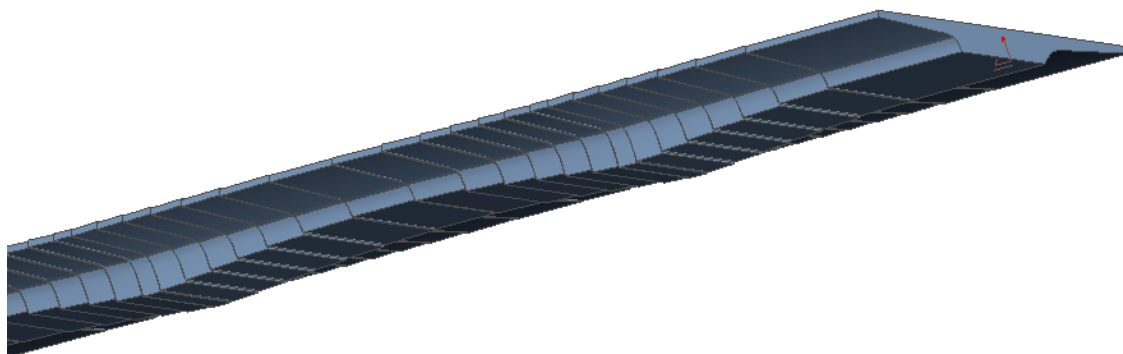
Modelování náběhů konstrukce nad podpěrami 5 a 6. Zobrazeno pole 4.



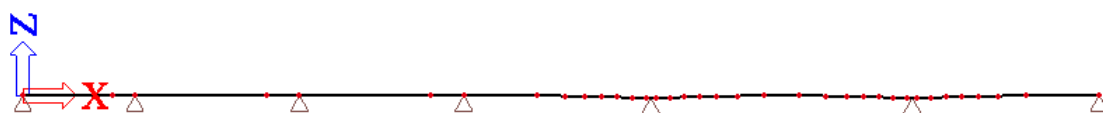
Jednotlivé průřezy



Axonometrický pohled na spodní hranu prutového modelu (pole 5 a 6).



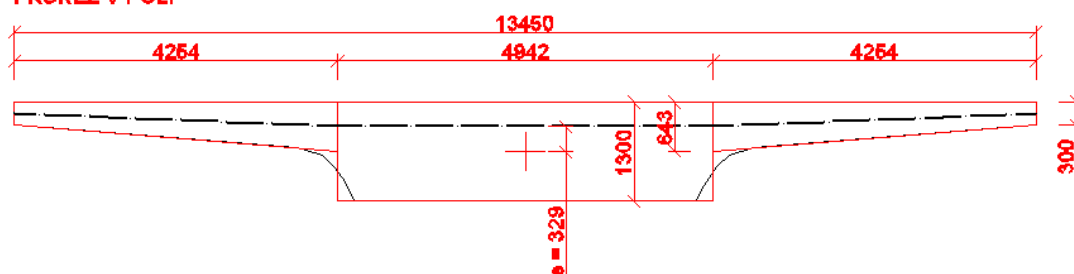
Statické schéma



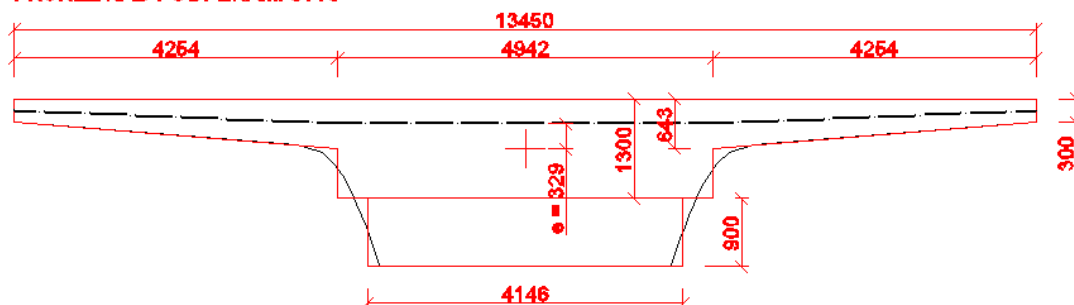
### 3.2 Deskový model

Náběhy jsou po délce rozděleny stejně jako u prutového modelu. Proměnný průřez je zohledněn lokální změnou tloušťky desky pomocí podoblastí desky.

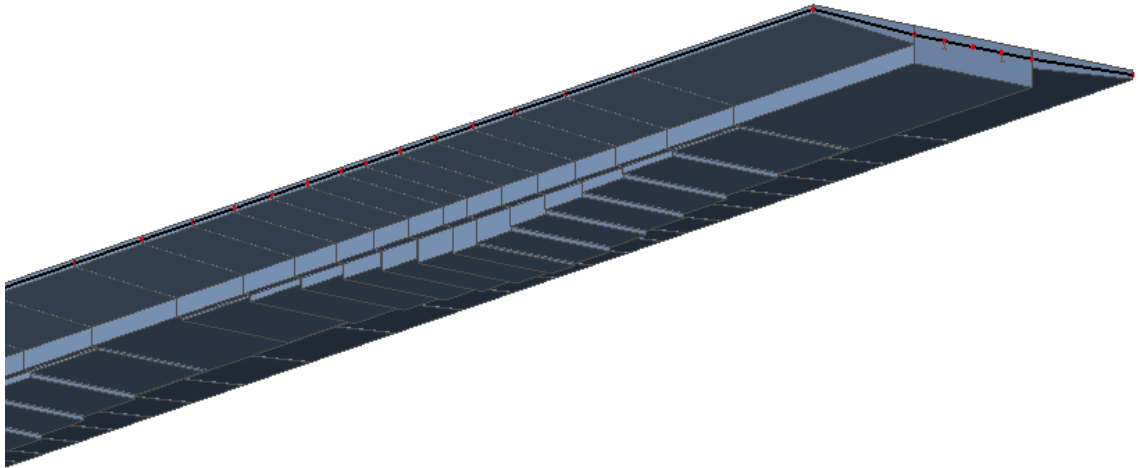
**PRŮŘEZ V POLI**



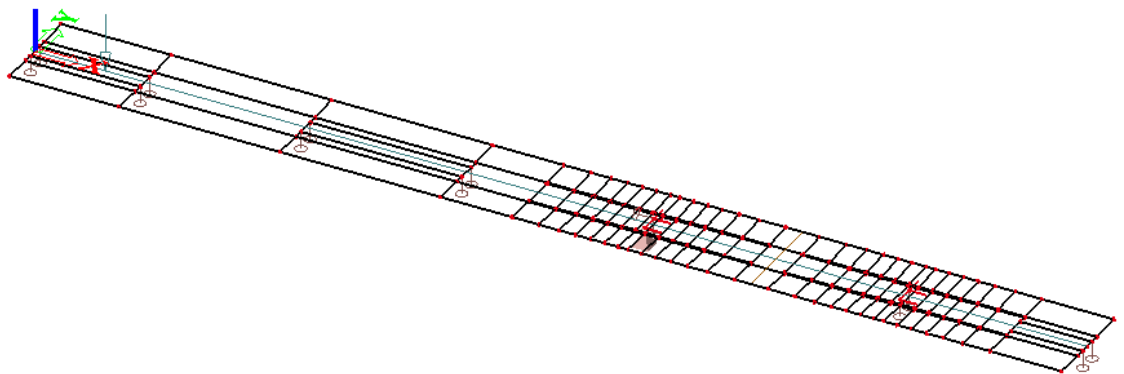
**PRŮŘEZ NAD PODPĚRAMI 5 A 6**



Axonometrický pohled na spodní hranu prutového modelu (pole 5 a 6).



Statické schéma



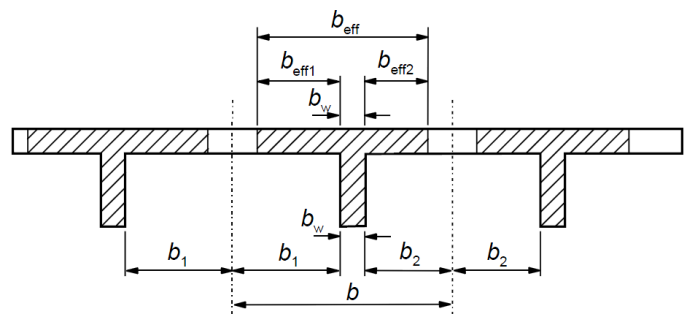
### 3.3 Spolupůsobící šířka desky

Vzdálenosti nulových momentů  $l_0$  jsou uvažovány ze skutečného průběhu ohybových momentů od stálého zatížení.

$$b_{\text{eff}} = \sum b_{\text{eff},i} + b_w \leq b$$

$$b_{\text{eff},i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$$

$$b_{\text{eff},i} \leq b_i$$



Výpočet pro pole 1:

$$b_{\text{eff},1} = 0,2 * 2 + 0,1 * 11,611 = 1,906\text{m} \leq 0,2 * 11,611 = 2,322\text{m}$$

$$b_{\text{eff},1} = 1,906\text{m} \leq b_1 = 3,725\text{m} \quad \rightarrow \quad b_{\text{eff},1} = 1,906\text{m}$$

$$b_{\text{eff},2} = 0,2 * 2 + 0,1 * 11,611 = 1,906\text{m} \leq 0,2 * 11,611 = 2,322\text{m}$$

$$b_{\text{eff},2} = 1,906\text{m} \leq b_2 = 3,725\text{m} \quad \rightarrow \quad b_{\text{eff},2} = 1,906\text{m}$$

$$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + b_w = 1,906 + 1,906 + 6 = 9,81\text{m} \leq 13,45\text{m}$$

$$b_{\text{eff}} = 9,81\text{m}$$

<b>pole</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
$l$ [m]	15	22	22	25	35	25
$l_0$ [m]	11.611	17.444	17.503	17.834	29.029	19.816
$b_1$ [m]	3.725	3.725	3.725	3.725	3.725	3.725
$b_2$ [m]	3.725	3.725	3.725	3.725	3.725	3.725
$b_w$ [m]	6	6	6	6	6	6
$b_{\text{eff}1}$ [m]	1.906	2.489	2.495	2.528	3.648	2.727
$b_{\text{eff}2}$ [m]	1.906	2.489	2.495	2.528	3.648	2.727
<b><math>b_{\text{eff}}</math> [m]</b>	<b>9.81</b>	<b>10.98</b>	<b>10.99</b>	<b>11.06</b>	<b>13.30</b>	<b>11.45</b>

<b>podpěra</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
$l_0$ [m]	4.424	5.111	3.243	8.555	6.322
$b_1$ [m]	3.725	3.725	3.725	3.725	3.725
$b_2$ [m]	3.725	3.725	3.725	3.725	3.725
$b_w$ [m]	6	6	6	6	6
$b_{\text{eff}1}$ [m]	1.187	1.256	1.069	1.601	1.377
$b_{\text{eff}2}$ [m]	1.187	1.256	1.069	1.601	1.377
<b><math>b_{\text{eff}}</math> [m]</b>	<b>8.37</b>	<b>8.51</b>	<b>8.14</b>	<b>9.20</b>	<b>8.75</b>



## 4. ZATÍŽENÍ

### 4.1 Stálé

Pro prutový model

	Plocha $A_c [m^2]$	Objemová tíha $[kN/m^3]$	Charakteristická hodnota zatížení $g_k [kN/m^{-1}]$
Římsa vlevo	0,295	25	<b>7,375</b>
Římsa vpravo	0,503	25	<b>12,575</b>
Vozovka	1,610	24	38,640
sup = $1,4 \cdot 38,64$			<b>54,096</b>
inf = $0,8 \cdot 38,64$			30,912
Svodidla 2*0,5			<b>1,0</b>
Zábradlí			1,0
Protihluková zeď			<b>3,0</b>
<b>Celkem</b>			<b>78,046</b>

Pro deskový model

	Plocha $A_c [m^2]$	Objemová tíha $[kN/m^3]$	Charakteristická hodnota zatížení $g_k [kN/m^{-1}]$
Římsa vlevo	0,295	25	7,375
Římsa vpravo	0,503	25	12,575
Vozovka	1,610	24	38,640
sup = $1,4 \cdot 38,64$			54,096
inf = $0,8 \cdot 38,64$			30,912
Svodidla 2*0,5			1,0
Zábradlí			1,0
Protihluková zeď			3,0
<b>Celkem vlevo</b>			<b>7,875</b>
<b>Celkem vpravo</b>			<b>16,075</b>
<b>Celkem vozovka</b>			<b>54,096</b>

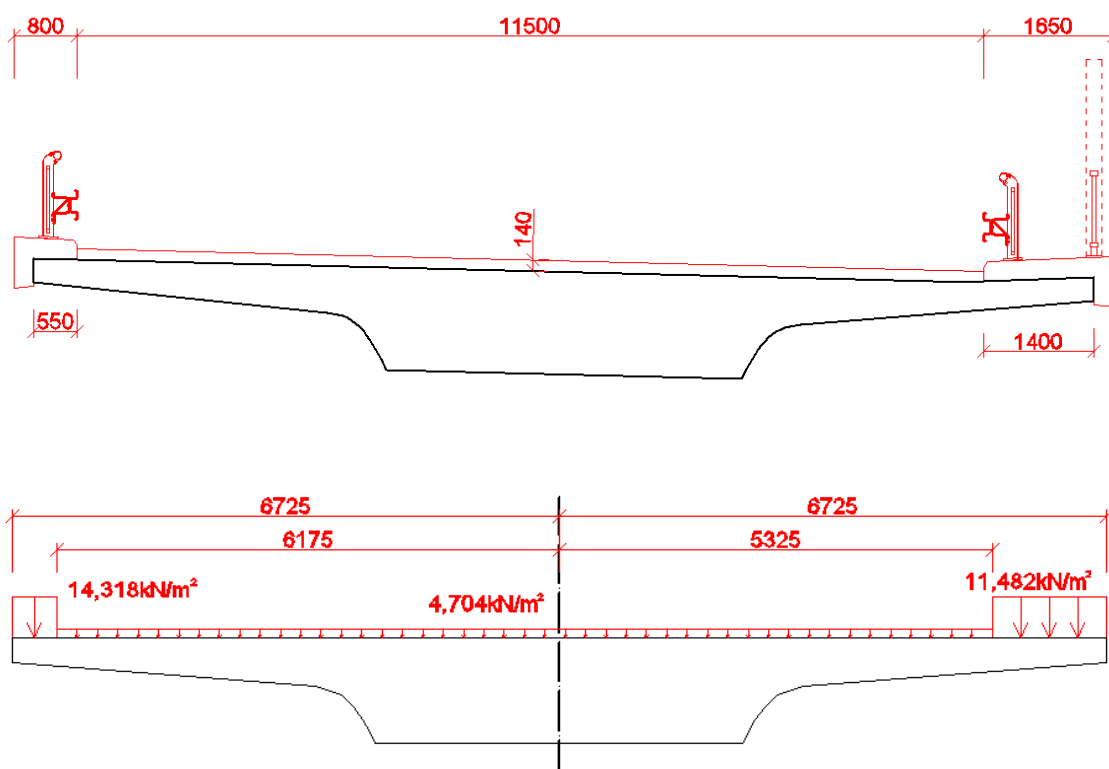
Zatížení uvažuji jako rovnoměrné spojité zatížení po šířce

$$g_{k,l} = 7,875/0,55 = 14,318 \text{ kNm}^{-2}$$

$$g_{k,p} = 16,075/1,4 = 11,482 \text{ kNm}^{-2}$$

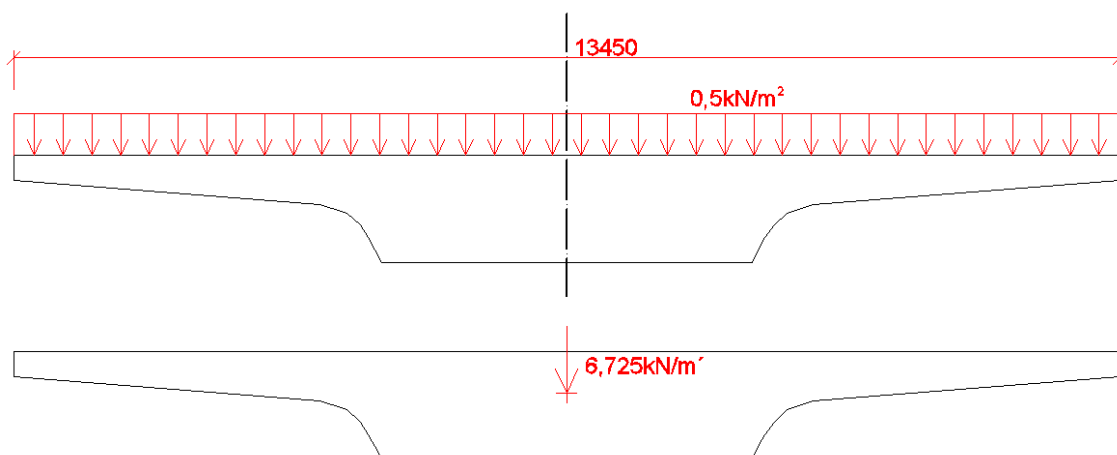
Vozovka v tloušťce 140mm

$$g_{k,v} = 54,096/11,5 = 4,704 \text{ kNm}^{-2}$$



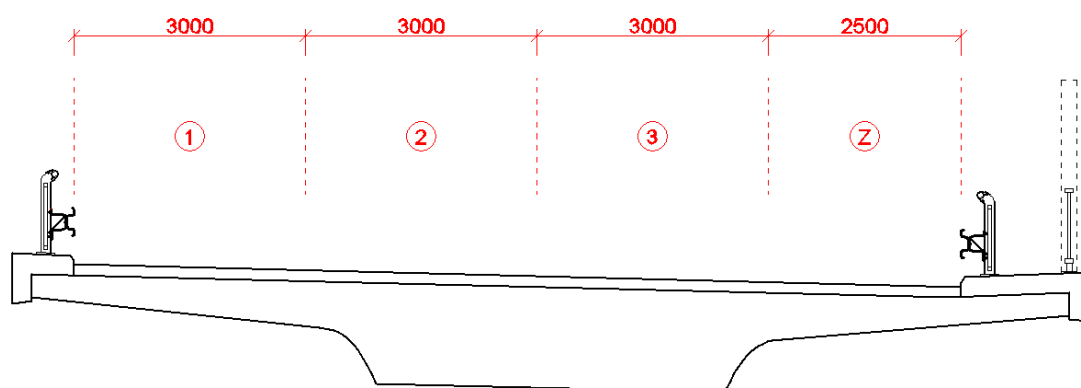
## 4.2 Nahodilé – při montáži

Je uvažováno rovnoměrné zatížení po celé ploše průřezu  $0,5 \text{ kN/m}^2$ , které je uvažováno s ohledem na průběh příčinkových čar na spojitém nosníku, kdy se nedbá odlehčujících účinků.

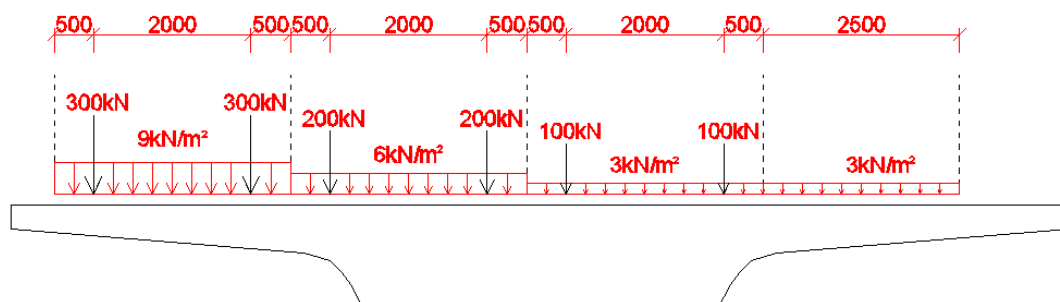


### 4.3 Nahodilé – dopravou

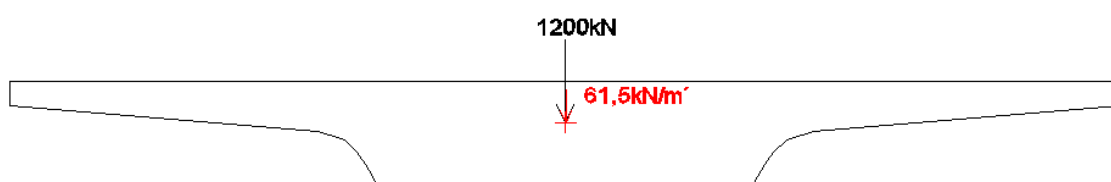
Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů pro ověření celkových účinků



#### 4.3.1 Model zatížení LM1



Pro prutový model

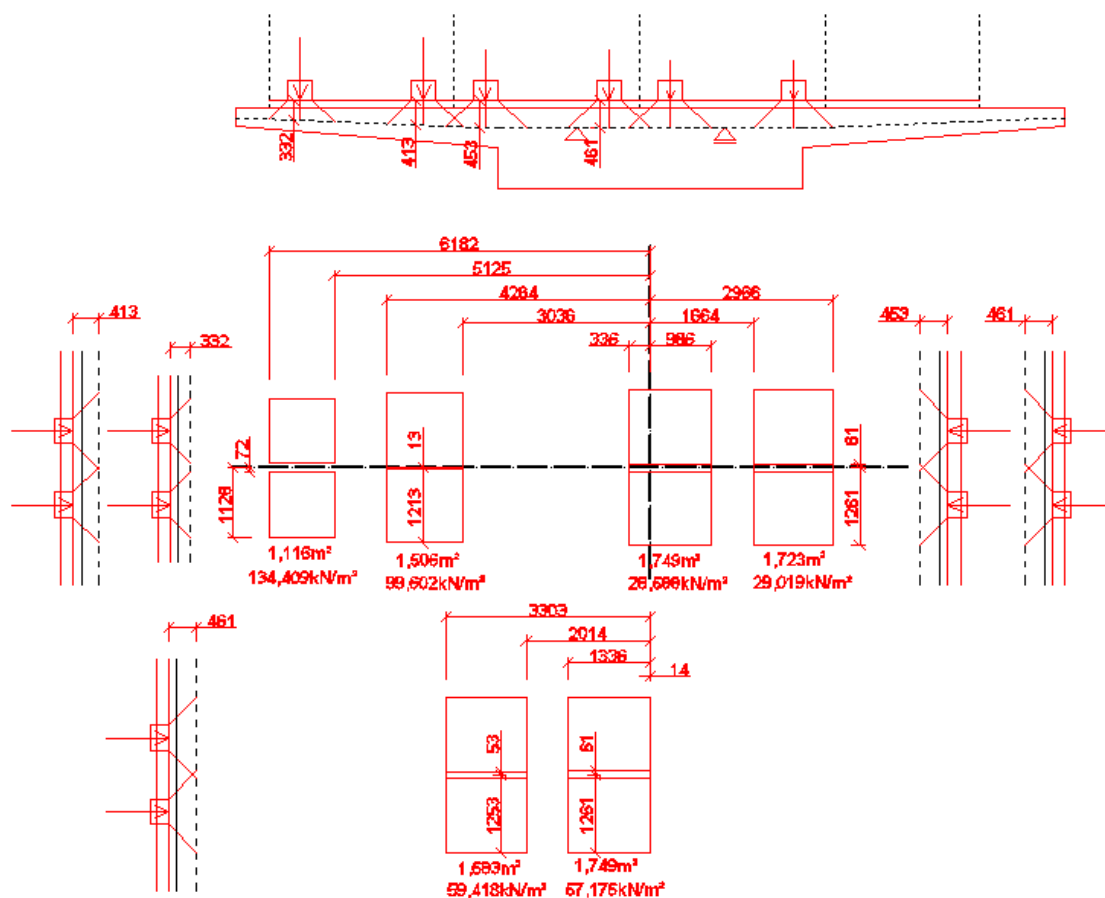


$$Q_k = 2 * 300 + 2 * 200 + 2 * 100 = 1200 \text{ kN}$$

$$g_k = 3 * 9 + 3 * 6 + (3 + 2,5) * 3 = 61,5 \text{ kNm}^{-1}$$

## Pro deskový model

Soustředěná zatížení od tandem systému se roznáší pod úhlem 45° do střednicové roviny desky.



Spojité rovnoměrná zatížení:

$$q_1 = Q_1/A_1 = 150/1,116 = 134,409\text{kNm}^{-2}$$

$$q_2 = Q_1/A_2 = 150/1,506 = 99,602\text{kNm}^{-2}$$

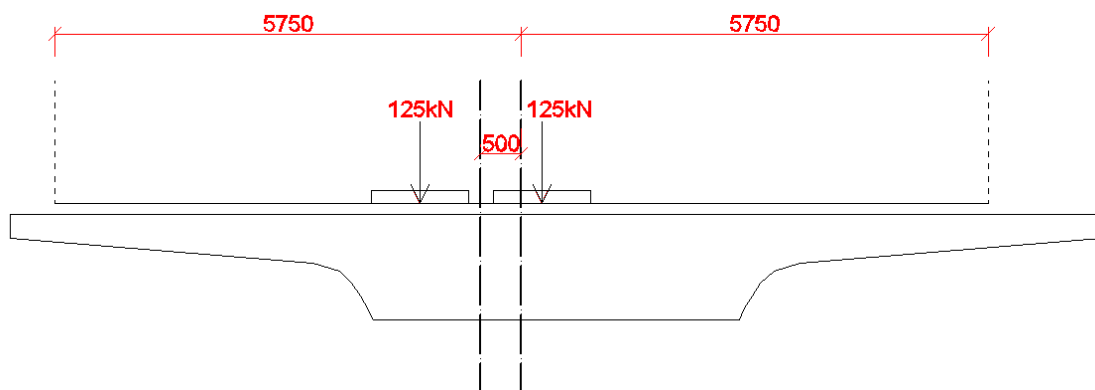
$$q_3 = Q_2/A_3 = 100/1,583 = 59,418\text{kNm}^{-2}$$

$$q_4 = Q_2/A_4 = 100/1,749 = 57,176\text{kNm}^{-2}$$

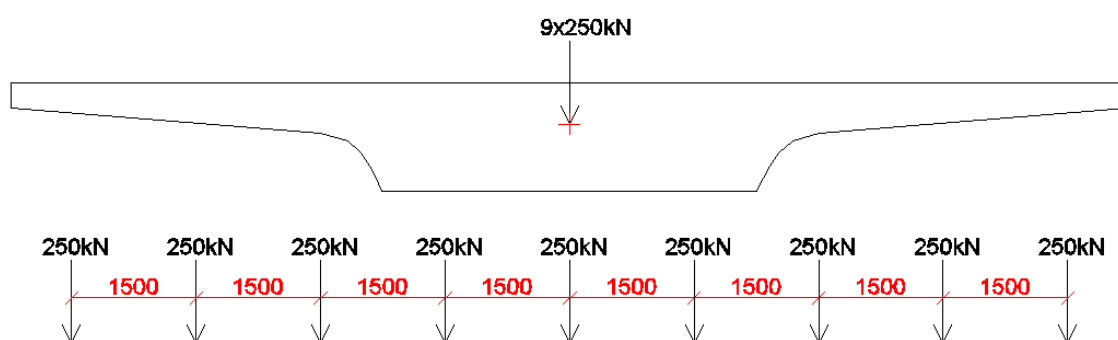
$$q_5 = Q_3/A_5 = 50/1,749 = 28,588\text{kNm}^{-2}$$

$$q_6 = Q_3/A_6 = 50/1,723 = 29,019\text{kNm}^{-2}$$

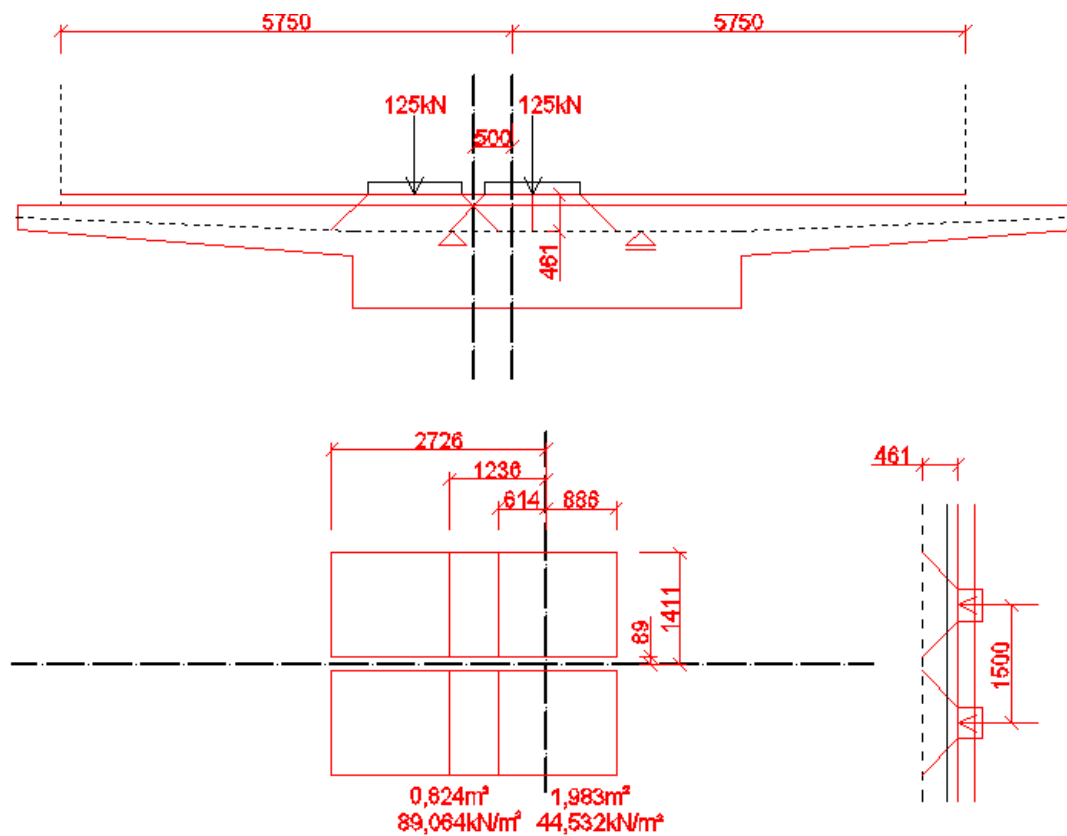
### 4.3.2 Model zatížení LM3



Pro prutový model



Pro deskový model



$$q_1 = Q_1/A_1 = 125/2,807 = 44,532 \text{ kNm}^{-2}$$

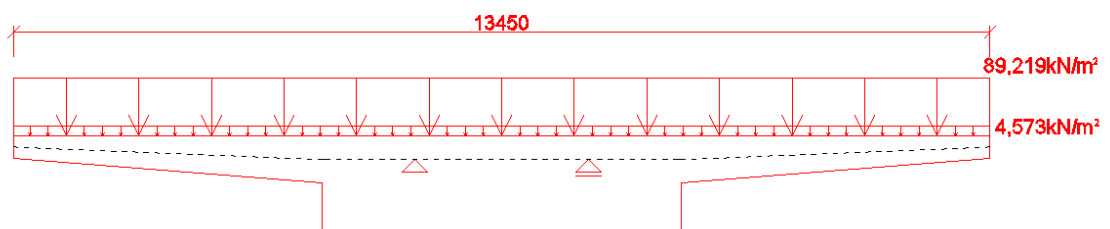
$$q_2 = 2 * q_1 = 2 * 44,532 = 89,063 \text{ kNm}^{-2}$$

#### 4.3.3 Chodník

Je uvažováno spojitě rovnoměrné zatížení o intenzitě  $3,0 \text{ kNm}^{-2}$

Zohlednění excentricity zatížení v prutovém řešení - deskový model je zatížen modelem LM1 rozpočítaným na plochu viz obr. Moment od zatížení s a bez excentricity je dán do poměru. O tento poměr je zvýšeno namáhání od modelu LM1 vypočtené na prutu.

Průběhy vnitřních sil – viz příloha č.8.4



$$q_{TS} = Q_1/b_1 = 1200/13,45 = 89,219 \text{ kNm}^{-1}$$

$$q_{UDL} = q_1/b_1 = 61,5/13,45 = 4,573 \text{ kNm}^{-1}$$

#### 4.4 Kombinace účinků zatížení

- pro mezní stav únosnosti

$$6.10 \quad \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} G_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} G_{k,i}$$

$$6.10a \quad \sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} G_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} G_{k,i}$$

$$6.10b \quad \sum \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} G_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} G_{k,i}$$

- uvažují méně příznivé hodnoty ze vztahů 6.10a ,6.10b

- pro mezní stavy použitelnosti

- charakteristická kombinace  $\sum G_{k,j} + P_k + G_{k,i}$

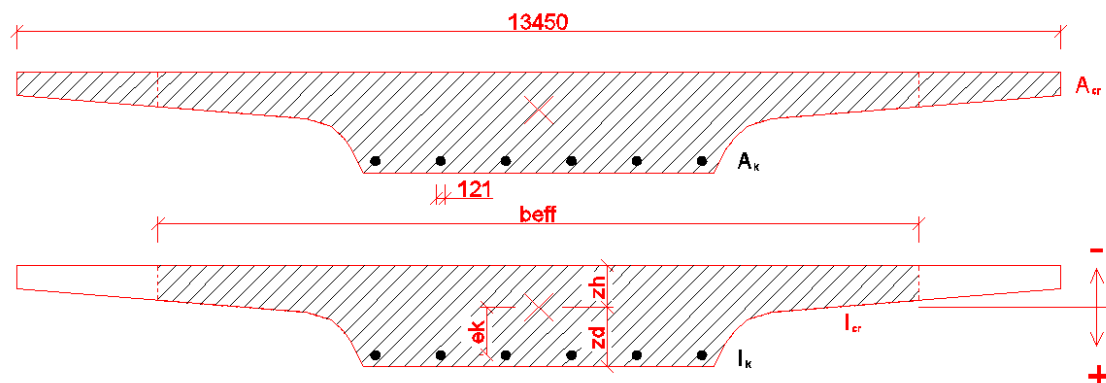
- častá kombinace  $\sum G_{k,j} + P_k + \psi_{0,i} G_{k,i}$

- kvazistálá kombinace  $\sum G_{k,j} + P_k + \psi_{2,i} G_{k,i}$

- POZN.: zatížení dopravou se uvažuje jako jedno nahodilé zatížení

## 5 PODÉLNÝ SMĚR

### 5.1 Průřezové charakteristiky



		opěra 1	pole 1	podpěra 2	pole 2	podpěra 3	pole 3	podpěra 4	pole 4
NEOSLABENÉ PRŮŘEZY	$A$ [m <sup>2</sup> ]	10.438	10.438	10.438	10.438	10.438	10.438	10.438	10.774
	$I_y$ [m <sup>4</sup> ]	1.2054	1.2054	1.1266	1.2622	1.1348	1.2622	1.1130	1.4838
	$z_h$ [m]	0.536	0.536	0.560	0.519	0.558	0.519	0.565	0.546
	$z_d$ [m]	0.764	0.764	0.740	0.781	0.742	0.781	0.735	0.829
	$W_h$ [m <sup>3</sup> ]	2.249	2.249	2.012	2.432	2.034	2.432	1.970	2.718
	$W_d$ [m <sup>3</sup> ]	1.578	1.578	1.522	1.616	1.529	1.616	1.514	1.790
CHARAKTERIS - TIKY KANÁLKŮ	$e_k$ [m]	0.075	0.273	-0.236	0.608	-0.336	0.658	-0.236	0.581
	$\sigma_k$ [m]	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121	0.121
	$A_{k,1}$ [m <sup>2</sup> ]	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
	$I_{k,1}$ [m <sup>4</sup> ]	1.052E-05	1.052E-05	1.052E-05	1.052E-05	1.052E-05	1.052E-05	1.052E-05	1.052E-05
	$n$ [ks]	6	6	6	6	6	6	6	6
	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069
	$I_k$ [m <sup>4</sup> ]	6.313E-05	6.313E-05	6.313E-05	6.313E-05	6.313E-05	6.313E-05	6.313E-05	6.313E-05
	$z_{sg}$ [m]	0.000	-0.002	0.002	-0.004	0.002	-0.004	0.002	-0.004
		opěra 1	pole 1	podpěra 2	pole 2	podpěra 3	pole 3	podpěra 4	pole 4
OSLABENÉ PRŮŘEZY	$A_\alpha$ [m <sup>2</sup> ]	10.369	10.369	10.369	10.369	10.369	10.369	10.369	10.705
	$I_\alpha$ [m <sup>4</sup> ]	1.2053	1.2053	1.1266	1.2621	1.1347	1.2621	1.1129	1.4837
	$z_{h,\alpha}$ [m]	0.536	0.534	0.562	0.515	0.560	0.515	0.567	0.542
	$z_{d,\alpha}$ [m]	0.764	0.766	0.738	0.785	0.740	0.785	0.733	0.833
	$W_{h,\alpha}$ [m <sup>3</sup> ]	2.251	2.256	2.006	2.451	2.025	2.453	1.964	2.736
	$W_{d,\alpha}$ [m <sup>3</sup> ]	1.577	1.574	1.526	1.608	1.534	1.607	1.517	1.782

		podpěra 5		pole 5	podpěra 6		pole 6	opěra 7	
NEOSLABENÉ PRŮŘEZY	A [m <sup>2</sup> ]	14.170		10.438		14.170		10.774	10.438
	I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ]	5.1471		1.3591		5.0470		1.5042	1.2835
	z <sub>y</sub> [m]	0.901		0.492		0.912		0.54	0.513
	z <sub>d</sub> [m]	1.299		0.808		1.288		0.835	0.787
	W <sub>y</sub> [m <sup>3</sup> ]	5.713		2.762		5.534		2.785	2.502
	W <sub>d</sub> [m <sup>3</sup> ]	3.962		1.682		3.918		1.801	1.631
CHARAKTERIS - TIKY KANÁLKŮ	e <sub>k</sub> [m]	-0.617	-0.668	0.658	0.658	-0.617	-0.668	0.677	0.165
	θ <sub>k</sub> [m]	0.106	0.121	0.106	0.121	0.106	0.121	0.121	0.121
	A <sub>k,1</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.009	0.011	0.009	0.011	0.009	0.011	0.011	0.011
	I <sub>k,1</sub> [m <sup>4</sup> ]	6.197E-06	1.052E-05	6.197E-06	1.052E-05	6.197E-06	1.052E-05	1.052E-05	1.052E-05
	n [ks]	5	6	5	6	5	6	6	6
	A <sub>k</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.044	0.069	0.044	0.069	0.044	0.069	0.069	0.069
	I <sub>k</sub> [m <sup>4</sup> ]	3.099E-05	6.313E-05	3.099E-05	6.313E-05	3.099E-05	6.313E-05	6.313E-05	6.313E-05
	z <sub>sg</sub> [m]	0.005		-0.005		0.005		-0.004	-0.001
		podpěra 5	pole 5	podpěra 6	pole 6	opěra 7			
OSLABENÉ PRŮŘEZY	A <sub>α</sub> [m <sup>2</sup> ]	14.057	10.325	14.057	10.705	10.369			
	I <sub>α</sub> [m <sup>4</sup> ]	5.1470	1.3590	5.0469	1.5041	1.2834			
	z <sub>h,α</sub> [m]	0.906	0.487	0.917	0.536	0.512			
	z <sub>d,α</sub> [m]	1.294	0.813	1.283	0.839	0.788			
	W <sub>h,α</sub> [m <sup>3</sup> ]	5.680	2.792	5.502	2.808	2.507			
	W <sub>d,α</sub> [m <sup>3</sup> ]	3.978	1.671	3.934	1.792	1.628			

## 5.2 Varianta betonáže v jednom záběru

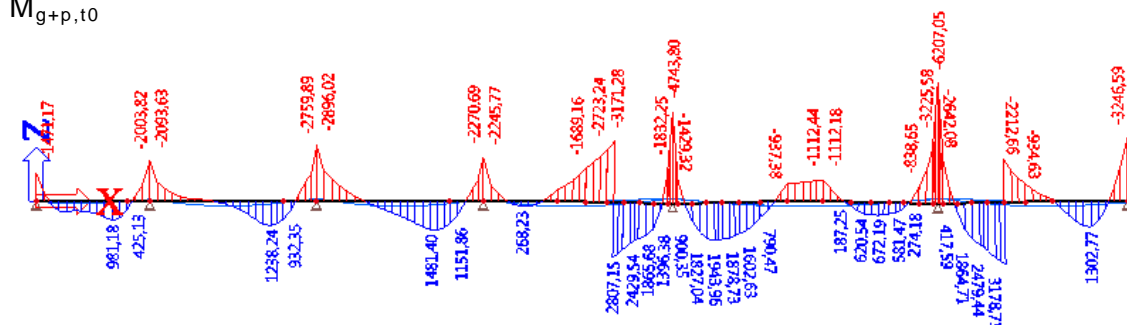
Pro návrh předpětí a optimalizaci vedení kabelů je vypracována varianta betonáže na pevné skruži v jednom záběru.

Časový harmonogram výstavby:

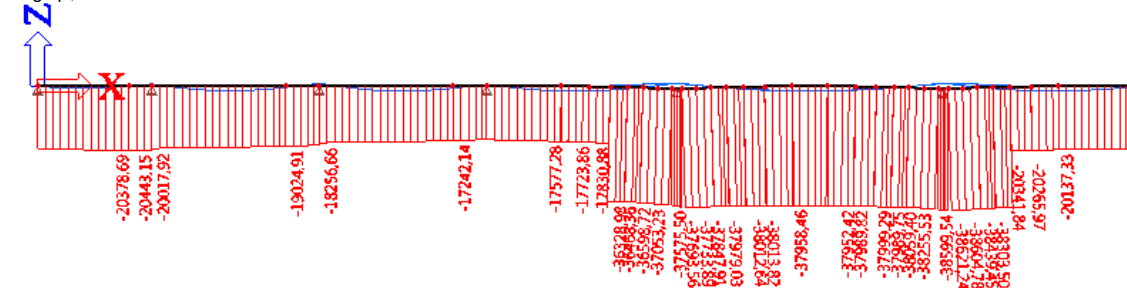
den	0	betonáž
	7	předepnutí všech kabelů + odskružení
	43	vnesení ostatního stálého zatížení
	71	uvedení do provozu – čas $t_0$
	36 500	ukončení životnosti – čas $t_\infty$

Průběhy vnitřních sil od kvazistálé kombinace zatížení:

$M_{g+p,t_0}$



$N_{g+p,t_0}$





The plot displays a complex waveform with the following labeled values:

- Peaks (from left to right): 1376.75, 2624.34, 2705.16, 3481.73, 3605.70, 2907.22, 2783.28, 1461.78, 2773.38, 3321.76, 533.39, 408.87, 311.61, 5305.39, 522.05, 5205.39, 1664.06, 2283.95, 600.90, 3023.93.
- Troughs (from left to right): 966.73, 189.54, 1367.69, 813.27, 107.11, 374.34, 2194.70, 1590.38, 1674.40, 1603.70, 1315.23, 684.37, 59.00, 67.83, 122.13, 1066.40, 271.42, 908.52, 677.60, 99.99, 2741.36, 1550.17, 365.28, 466.90, 6275.17.

## Napětí od nahodilého zatížení – charakteristická kombinace

$$\sigma_{d,qk} = + \frac{M_{qk}}{W_{d,cr}} = \left( \frac{6089,20}{1,574} \right) * 10^{-3} = +3,87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,q\check{c}} = -\frac{M_{qk}}{w_{h,cr}} = \left(-\frac{3918,45}{2,256}\right) * 10^{-3} = -1,74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,q\check{c}} = + \frac{M_{qk}}{W_{d,cr}} = \left( \frac{3918,45}{1,574} \right) * 10^{-3} = +2,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,KV} = -\frac{N_{g+p}}{A_{cr}} - \frac{M_{g+p}}{w_{hcr}} = \left( -\frac{20220,10}{10,369} - \frac{550,57}{2,256} \right) * 10^{-3} = -2,19 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,KV} = -\frac{N_{g+p}}{A_{cr}} + \frac{M_{g+p}}{w_{d,cr}} = \left( -\frac{20220,10}{10,369} + \frac{550,57}{1,574} \right) * 10^{-3} = -1,60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,CH} = \sigma_{h,KV} + \sigma_{h,qk} = -2,19 - 2,70 = -4,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d,CH} = \sigma_{d,KV} + \sigma_{d,qk} = -1,60 + 3,87 = +2,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{h,\check{c}} = \sigma_{h,KV} + \sigma_{h,q\check{c}} = -2,19 - 1,74 = -3,93 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d\check{c}} = \sigma_{d.KV} + \sigma_{d.q\check{c}} = -1,60 + 2,49 = +0,89\text{MPa}$$

	opera 1	pole 1	podpěra 2	pole 2	podpěra 3	pole 3	podpěra 4	pole 4	podpěra 5	pole 5	podpěra 6	pole 6	opera 7
centrické zatížení	$M_{q,k}$	0.00	5470.98	-5262.35	5783.77	-5809.15	7303.04	8332.12	-14173.71	9708.75	-13760.37	9650.62	0.00
	$M_{q,\delta}$	0.00	3520.62	-2975.30	4262.37	-3110.48	4505.33	5076.82	-7618.36	5838.21	-7233.89	5880.45	0.00
	koef	1.000	1.113	1.845	1.107	1.802	1.087	1.011	1.352	1.003	1.333	1.047	1.000
excentr. zatížení	$M_{q,k}$	0.00	6089.20	-5709.05	7509.63	-10468.09	7943.84	8423.77	-19182.36	9708.75	-18342.57	10104.20	0.00
	$M_{q,\delta}$	0.00	3918.45	-5491.27	4718.44	-5605.08	4891.29	5132.67	-10300.02	5838.21	-9642.78	6156.83	0.00
charakter. kombi	$\sigma_{h,qk}$	0.00	-2.70	4.84	-3.06	5.17	-3.24	5.23	-3.08	3.37	-3.48	3.33	-3.60
	$\sigma_{d,qk}$	0.00	3.87	-6.36	4.67	-6.82	4.94	-6.78	4.73	-4.82	5.81	-4.66	5.64
	$\sigma_{h,q\delta}$	0.00	-1.74	2.74	-1.93	2.77	-2.00	2.80	-1.88	1.81	-2.09	1.75	-2.19
častá kombi	$\sigma_{d,q\delta}$	0.00	2.49	-3.50	2.93	-3.65	3.05	-3.62	2.00	-2.59	3.45	-2.45	3.44
	$N_{g+p}$	19983.89	20220.10	20017.92	15473.69	18256.66	17585.26	17008.41	17657.13	37325.88	37955.17	38509.53	20228.24
	$M_{g+p}$	-1471.17	550.57	-2093.63	259.96	-2896.02	736.76	-2245.77	-1060.73	-4743.80	-974.56	-6207.05	-602.45
$t_0$	$\sigma_{h,kv}$	-1.27	-2.19	-0.89	-1.98	-0.33	-2.01	-0.50	-1.25	-1.82	-3.33	-1.61	-1.68
	$\sigma_{d,kv}$	-2.86	-1.60	-3.30	-1.72	-3.65	-1.25	-3.12	-2.21	-3.85	-4.26	-4.32	-2.23
	$\sigma_{h,oh}$	-1.27	-4.09	3.95	-5.05	4.04	-5.24	4.74	-4.34	1.55	-0.00	1.72	-5.27
$t_\infty$	$\sigma_{d,oh}$	-2.06	2.27	-9.67	2.95	-10.47	3.70	-9.90	2.40	-0.66	1.55	-0.90	3.41
	$u_{h,\delta}$	-1.27	-3.93	1.85	-3.91	2.44	-4.00	2.30	-3.14	-0.01	-5.42	0.14	-3.87
	$u_{d,\delta}$	-2.86	0.39	-6.90	1.22	-7.30	1.80	-6.74	0.64	-6.44	-0.77	-6.77	1.08
% ZIRAI													
$t_0$	$N_{g+p}$	18508.26	18869.92	18711.41	18204.32	17139.22	16599.92	15913.02	16486.17	34820.28	35922.01	38883.41	18465.90
	$M_{g+p}$	-1367.70	780.60	-2705.16	709.65	-3605.70	1133.63	-2783.28	-770.57	-7019.59	153.84	-8756.56	-202.93
	$\sigma_{h,kv}$	-1.19	-2.17	-0.46	-2.05	0.12	-2.06	-0.12	-1.25	-1.24	-3.45	-0.56	-1.69
$t_\infty$	$\sigma_{d,kv}$	-2.66	-1.32	-3.58	-1.31	-4.01	-0.90	-3.37	-1.97	-4.24	-3.30	-4.78	-1.88
	$\sigma_{h,oh}$	-1.19	-4.86	4.38	-5.11	5.29	-5.30	5.11	-4.34	2.13	-6.93	2.37	-5.29
	$\sigma_{d,oh}$	-2.66	2.54	-9.94	3.36	-10.83	4.05	-10.15	2.76	-9.06	2.51	-9.44	3.76
$t_\infty$	$\sigma_{h,\delta}$	-1.19	-3.90	2.28	-3.97	2.89	-4.06	2.58	-3.13	0.57	-5.54	0.79	-3.88
	$\sigma_{d,\delta}$	-2.66	1.17	-7.18	1.62	-7.66	2.15	-7.00	0.91	-6.83	0.19	-7.23	1.56

**POSOUZENÍ V JEDNOTLIVÝCH ŘEZECH - ČAS  $t_0$** 

Pro omezení napětí jsou brány hodnoty z charakteristické kombinace zatížení.

Linearita dotvarování je posuzována pro kvazistálou kombinaci zatížení.

	POLE 1	POLE 2
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-4.89 < -18.00$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-5.05 < -18.00$
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $0.89 < 2.90$	$\sigma_c < f_{ctm}$ $1.22 < 2.90$
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-1.60 < -13.50$	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-1.72 < -13.50$
	POLE 3	POLE 4
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-5.24 < -18.00$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-4.34 < -18.00$
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $1.80 < 2.90$	$\sigma_c < f_{ctm}$ $0.64 < 2.90$
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-1.25 < -13.50$	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-2.24 < -13.50$
	POLE 5	POLE 6
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-6.80 < -18.00$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-5.27 < -18.00$
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $-0.77 < 2.90$	$\sigma_c < f_{ctm}$ $1.08 < 2.90$
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-3.33 < -13.50$	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-2.23 < -13.50$
	PODPĚRA 2	PODPĚRA 3
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-9.67 < -18.00$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-10.47 < -18.00$
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $1.85 < 2.90$	$\sigma_c < f_{ctm}$ $2.44 < 2.90$
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-0.89 < -13.50$	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-0.33 < -13.50$
	PODPĚRA 4	PODPĚRA 5
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-9.90 < -18.00$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-8.66 < -18.00$
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $2.30 < 2.90$	$\sigma_c < f_{ctm}$ $-0.01 < 2.90$
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-0.50 < -13.50$	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-1.82 < -13.50$

	PODPĚRA 6
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-8.98 < -18.00$
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $0.14 < 2.90$
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-1.61 < -13.50$

### POSOUZENÍ V JEDNOTLIVÝCH ŘEZECH - ČAS $t_{00}$

Pro omezení napětí jsou brány hodnoty z charakteristické kombinace zatížení.

Linearita dotvarování je posuzována pro kvazistálou kombinaci zatížení.

	POLE 1	POLE 2
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-4.86 < -18.00$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-5.11 < -18.00$
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $1.17 < 2.90$	$\sigma_c < f_{ctm}$ $1.62 < 2.90$
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-1.32 < -13.50$	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-1.31 < -13.50$
	POLE 3	POLE 4
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-5.30 < -18.00$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-4.34 < -18.00$
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $2.15 < 2.90$	$\sigma_c < f_{ctm}$ $0.91 < 2.90$
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-0.90 < -13.50$	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-1.97 < -13.50$
	POLE 5	POLE 6
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-6.93 < -18.00$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-5.29 < -18.00$
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $0.19 < 2.90$	$\sigma_c < f_{ctm}$ $1.56 < 2.90$
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-3.30 < -13.50$	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-1.88 < -13.50$
	PODPĚRA 2	PODPĚRA 3
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-9.94 < -18.00$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-10.83 < -18.00$
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $2.28 < 2.90$	$\sigma_c < f_{ctm}$ $2.89 < 2.90$
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-0.46 < -13.50$	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $0.12 < -13.50$

	PODPĚRA 4	PODPĚRA 5
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -10.15 < -18.00	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -9.06 < -18.00
	$\sigma_c < f_{ctm}$ 2.68 < 2.90	$\sigma_c < f_{ctm}$ 0.57 < 2.90
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -0.12 < -13.50	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -1.24 < -13.50
	PODPĚRA 6	
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -9.44 < -18.00	
	$\sigma_c < f_{ctm}$ 0.79 < 2.90	
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -0.96 < -13.50	

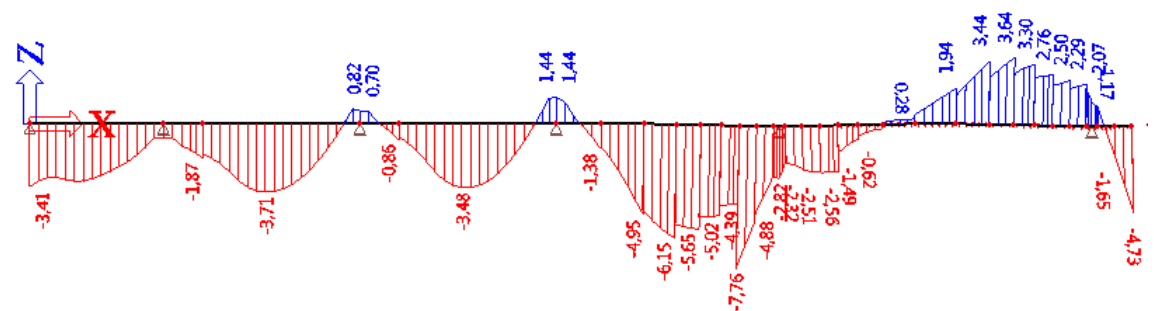
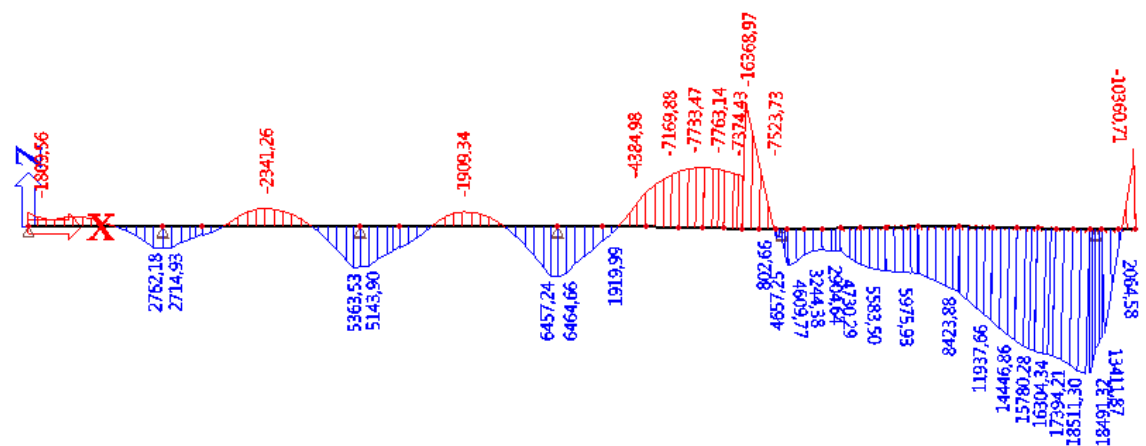
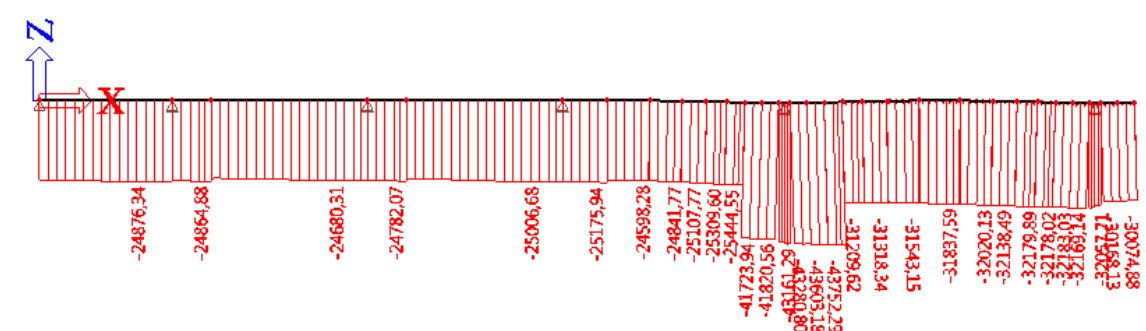
Průběhy vnitřních sil od nahodilého zatížení - viz příloha č.8.2

### 5.3 Varianta postupné betonáže po polích 1

Časový harmonogram výstavby:

den	0	betonáž pole 1 s převislým koncem
	7	odskružení + předeptnutí poloviny kabelů v poli 1
	8	betonáž pole 2
	15	odskružení a předeptnutí druhé poloviny kabelů z pole 1 a poloviny lan v poli 2
	...	

### Průběhy vnitřních sil od kvazistálé kombinace zatížení ve fázi 5:

 $\sigma_{g+p,t5}$  - napětí na spodních vláknech
$$M_{g+p,t5}$$

$$N_{g+p,t5}$$


## Pevnosti betonu v závislosti na čase

$$f_{ck}(t) = f_{cm}(t) - 8$$

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \cdot f_{cm}$$

$$\beta_{cc}(t) = e^{s[1-(28/t)^{1/2}]}$$

$$s = 0.25$$

$$\gamma_M = 1.5$$

$$\alpha_{cc} = 0.9$$

$$f_{cm} = 38 \text{ GPa}$$

$$f_{ctm} = 2.9 \text{ MPa}$$

$t_i$	$\beta_{cc}(t)$	$f_{cm}(t)$	$f_{ck}(t)$	$f_{cd}(t)$	$f_{ctm}(t)$
7	0.779	29.594	21.594	12.957	2.259
14	0.902	34.262	26.262	15.757	2.615
21	0.962	36.558	28.558	17.135	2.790
28	1.000	38.000	30.000	18.000	2.900

		podpěra 5		pole 5		podpěra 6	
NEO SLABENÉ PRŮŘEZY	A [m <sup>2</sup> ]	14.170		11.431		14.170	
	I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ]	5.1471		2.0149		5.0470	
	z <sub>h</sub> [m]	0.901		0.597		0.912	
	z <sub>d</sub> [m]	1.299		0.928		1.288	
	W <sub>h</sub> [m <sup>3</sup> ]	5.713		3.375		5.534	
	W <sub>d</sub> [m <sup>3</sup> ]	3.962		2.171		3.918	
CHARAKTERIS TIKY KANÁLKŮ	e <sub>k</sub> [m]	-0.617	-0.668	0.341	0.341	-0.617	-0.668
	ø <sub>k</sub> [m]	0.106	0.121	0.106	0.121	0.106	0.121
	A <sub>k,1</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.009	0.011	0.009	0.011	0.009	0.011
	I <sub>k,1</sub> [m <sup>4</sup> ]	6.197E-06	1.052E-05	6.197E-06	1.052E-05	6.197E-06	1.052E-05
	n [ks]	5	6	5	6	5	6
	A <sub>k</sub> [m <sup>2</sup> ]	0.044	0.069	0.044	0.069	0.044	0.069
	I <sub>k</sub> [m <sup>4</sup> ]	3.099E-05	6.313E-05	3.099E-05	6.313E-05	3.099E-05	6.313E-05
	z <sub>∞</sub> [m]	0.005		-0.003		0.005	

		podpěra 5	pole 5	podpěra 6
OSLABENÉ PRŮŘEZY	A <sub>or</sub> [m <sup>2</sup> ]	14.057	11.318	14.057
	I <sub>or</sub> [m <sup>4</sup> ]	5.1470	2.0148	5.0469
	z <sub>h,or</sub> [m]	0.906	0.594	0.917
	z <sub>d,or</sub> [m]	1.294	0.931	1.283
	W <sub>h,or</sub> [m <sup>3</sup> ]	5.680	3.391	5.502
	W <sub>d,or</sub> [m <sup>3</sup> ]	3.978	2.165	3.934

## FÁZE 5

	stáří betonu 7 dní		
	podpěra 5	pole 5	podpěra 6
N <sub>g+p</sub>	42588.52	32099.96	31820.5
M <sub>g+p</sub>	809.82	13738.25	15499.68
σ <sub>h,g+p</sub>	-3.17	-6.89	-5.08
σ <sub>d,g+p</sub>	-2.83	3.51	1.68

	PODPĚRA 5		POLE 5		PODPĚRA 6	
omezení napětí	σ <sub>c</sub>	< 0.6*f <sub>ck</sub> (t)	σ <sub>c</sub>	< 0.6*f <sub>ck</sub> (t)	σ <sub>c</sub>	< 0.6*f <sub>ck</sub> (t)
	-3.17	< -12.96	-6.89	< -12.96	-5.08	< -12.96
	σ <sub>c</sub>	< f <sub>ctm</sub> (t)	σ <sub>c</sub>	< f <sub>ctm</sub> (t)	σ <sub>c</sub>	< f <sub>ctm</sub> (t)
	-2.83	< 2.26	3.51	> 2.26	1.68	< 2.26
dotvarování	σ <sub>c</sub>	< 0.45*f <sub>ck</sub> (t)	σ <sub>c</sub>	< 0.45*f <sub>ck</sub> (t)	σ <sub>c</sub>	< 0.45*f <sub>ck</sub> (t)
	-3.17	< -9.72	-6.89	< -9.72	-5.08	< -9.72

Průřez nevyhoví z hlediska omezení napětí při montáži.

## 5.4 Varianta postupné betonáže po polích 2

Časový harmonogram výstavby:

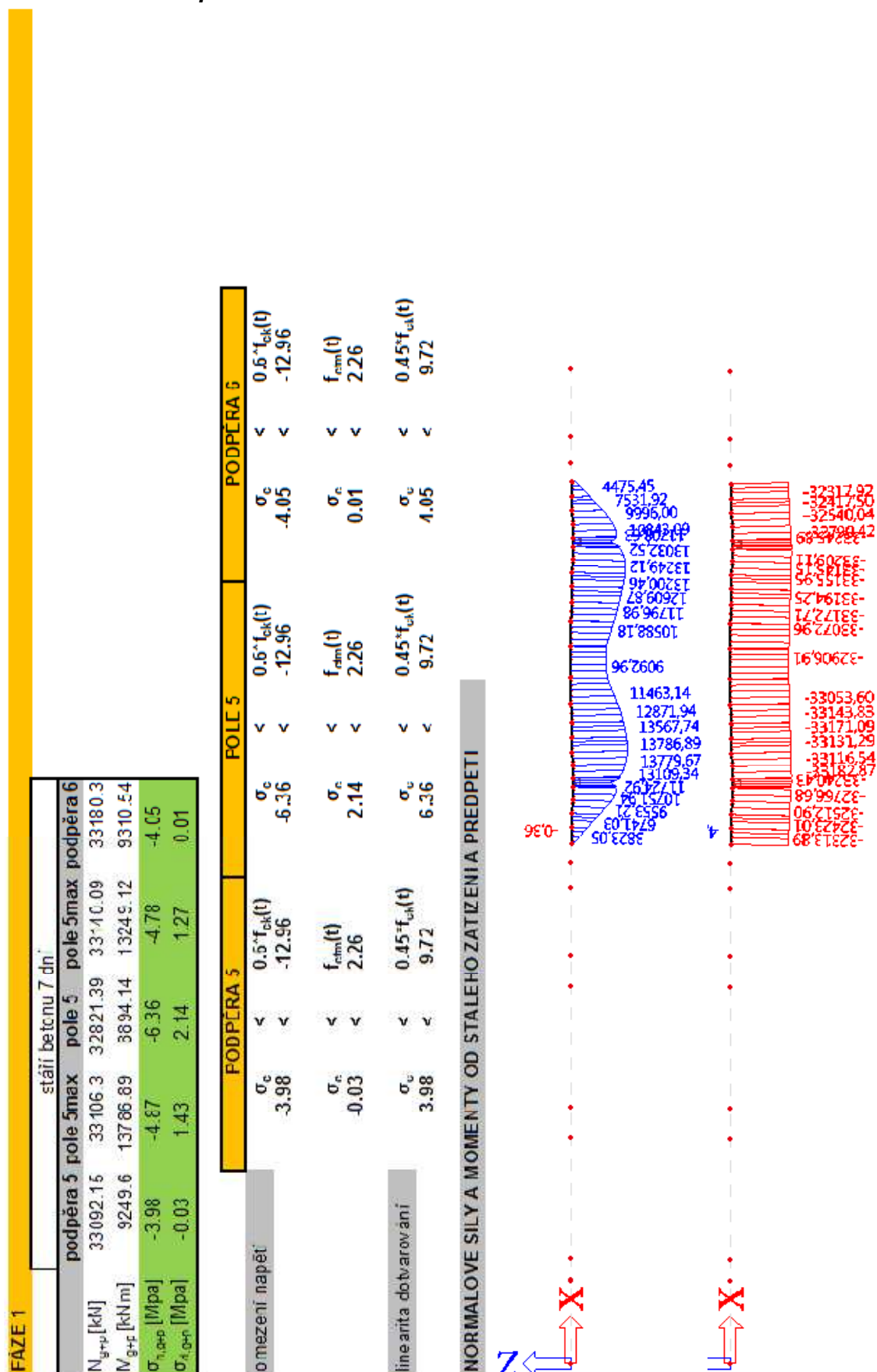
den	0	betonáž pole 5 s převislými konci
	7	odskružení + předepnutí poloviny průběžných kabelů v poli 5 + předepnutí a zainjektování přídatného kabelu
	8	betonáž pole 6
	15	odskružení pole 6 a předepnutí poloviny kabelů v poli 6
	16	betonáž pole 4 s převislým koncem
	23	předepnutí druhé poloviny kabelů v polích 5 a 6 a první poloviny kabelů v poli 4.
	...	...

Schéma postupu výstavby a označení kabelů viz příloha č. 8.5

Přehled kabelů			
označení	předpínání z:	fáze	napínací napětí
7, 8, 9, 10, 11	obou konců	1	1440.00
1a, 2a, 3a	obou konců	1	1440.00
1b, 2b, 3b	konce	2	1390.50
4a, 5a, 6a	obou konců	3	1440.00
1c, 2c, 3c	začátku	4	1440.00
4b, 5b, 6b	začátku	5	1440.00
4c, 5c, 6c	začátku	6	1309.00
1d, 2d, 3d	začátku	6	1383.00



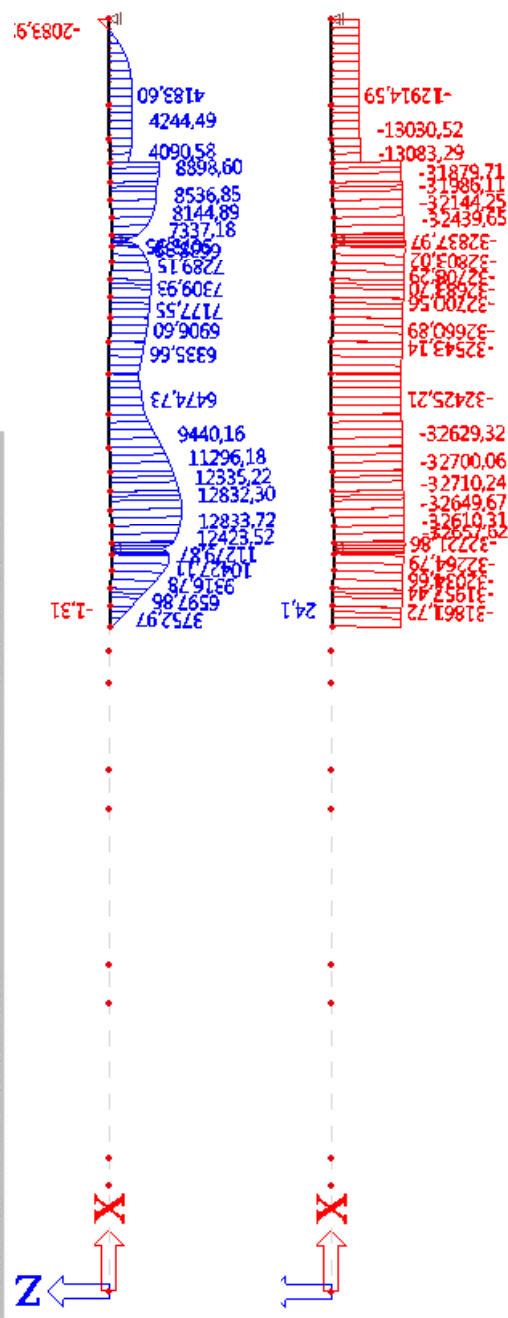
# 5.4.1 Mezní stav použitelnosti – montáž



**FÁZE 2**

	stáří betonu 14 dní		stáří betonu 7 dní	
	podpěra 5	pole 5	podpěra 6	opěra 7
$N_{g+p}$ [kN]	32584.12	32340.63	32785.65	12946
$M_{g+p}$ [kNm]	8924.93	5916.76	2353.86	4221.13
$\sigma_{h,g+p}$ [MPa]	-3.89	-5.25	-2.76	-0.50
$\sigma_{c,g+p}$ [MPa]	-0.07	0.41	-1.73	-2.51

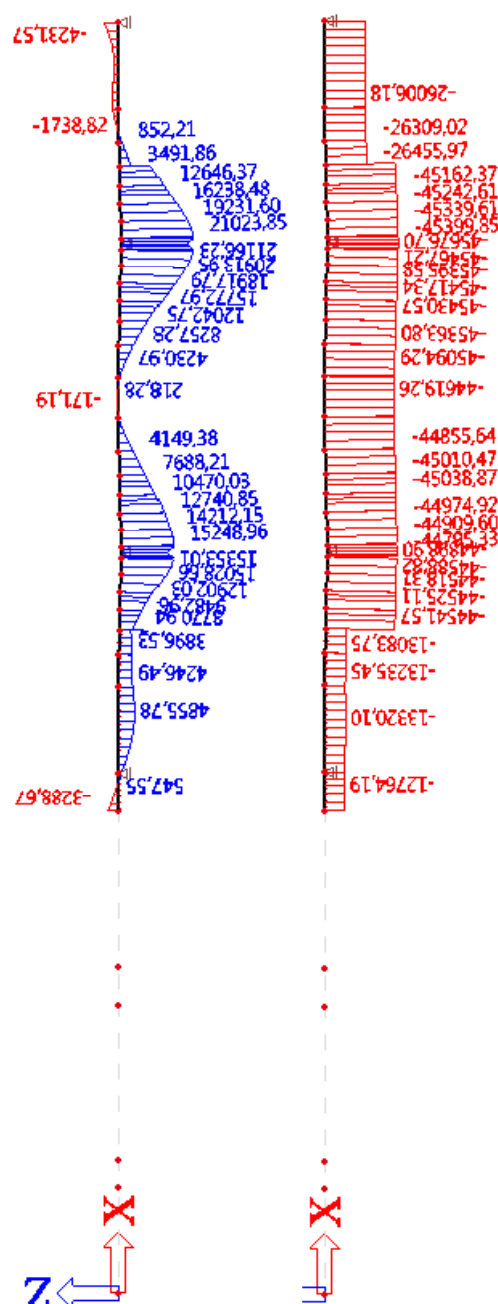
	POLE 6 max		POLE 6		OPĚRA 7	
	$\sigma_c$	$0.5 \cdot f_{ctk}(t)$	$\sigma_c$	$0.6 \cdot f_{ctk}(t)$	$\sigma_c$	$0.6 \cdot f_{ctk}(t)$
omezení napětí	-5.47	-17.96	-2.71	-17.96	-2.51	-17.96
	$\sigma_c$	$f_{cm}(t)$	$\sigma_c$	$f_{cm}(t)$	$\sigma_c$	$f_{cm}(t)$
linearity dotvarování	1.30	2.26	1.15	2.26	-0.50	2.26
	$v_c$	$0.45 \cdot f_{ctk}(t)$	$v_c$	$0.45 \cdot f_{ctk}(t)$	$v_c$	$0.45 \cdot f_{ctk}(t)$
	-5.47	-9.72	-2.71	-9.72	-2.51	-9.72

**NORMÁLOVÉ SILY A MOMENTY OD STÁLÉHO ZATÍŽENIA PŘEDPĚTI**


**FAZE 3**

	stáří betonu 7 dní			stáří betonu 21 dní			stáří betonu 14 dní		
	konec	podpěra 4	pole 4	podpěra 5	pole 5	podpěra 6	pole 6	opěra 7	
$N_{g+p}$ [kN]	12490.66	13026.32	13296.93	44857.48	44465.81	45675.7	26083.41	25751.38	
$M_{g+p}$ [kNm]	-3288.67	620.36	4855.78	-3000.95	-163.54	19001.38	-1738.82	-4231.57	
$\sigma_{s,gr-p}$ [Mpa]	0.14	-1.57	-3.02	-5.48	-4.25	-6.70	-1.82	-0.30	
$\sigma_{s,gr-p}$ [Mpa]	-3.25	-0.85	1.48	0.08	-4.40	1.58	-3.41	-5.08	

	KONEC			PODPĚRA 4			POLE 4		
	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$
omezení napětí	-3.25	-3.25	-3.25	-1.57	-1.57	-1.57	-12.96	-12.96	-12.96
	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$
	0.14	0.14	0.14	-0.85	-0.85	-0.85	2.26	2.26	2.26
	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$
	-3.25	-3.25	-3.25	-1.57	-1.57	-1.57	-9.72	-9.72	-9.72
lineární dčtvarování	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$
	0.14	0.14	0.14	-0.85	-0.85	-0.85	2.26	2.26	2.26
	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$\sigma_c$
	-3.25	-3.25	-3.25	-1.57	-1.57	-1.57	-9.72	-9.72	-9.72

**NORMÁLOVÉ SILY A MOMENTY OD STÁLEHO ZATÍŽENÍ A PŘEPĚTÍ**


**ΓΑΖΕ 4**

	stáří betonu 7 dní			stáří betonu 14 dní			stáří betonu 28 dní			stáří betonu 21 dní	
	konec	podpěra 3	pole 3	podpěra 4	pole 4	pole 4max	podpěra 5	pole 5	podpěra 6	pole 5	opěra 7
$N_{\text{g-p}}$ [kN]	12442.74	12981.9	13241.06	25059.24	24705.03	44277.39	44497.86	44114.2	45327.25	25890.6	25517.12
$M_{\text{g-p}}$ [kNm]	-2131.23	1911.86	4558.51	1703.78	-2540.31	5180.23	16071.85	777.62	16796.16	-1446.6	-4192.97
$\sigma_{\text{h,g-p}}$ [Mpa]	-0.33	-2.20	-3.14	-3.29	-1.38	-5.04	-6.00	-4.55	-6.28	-1.90	-3.19
$\sigma_{\text{a,g-p}}$ [Mpa]	-2.53	-0.01	1.56	-1.29	-3.73	-1.65	0.87	-3.81	1.04	-3.23	-5.04

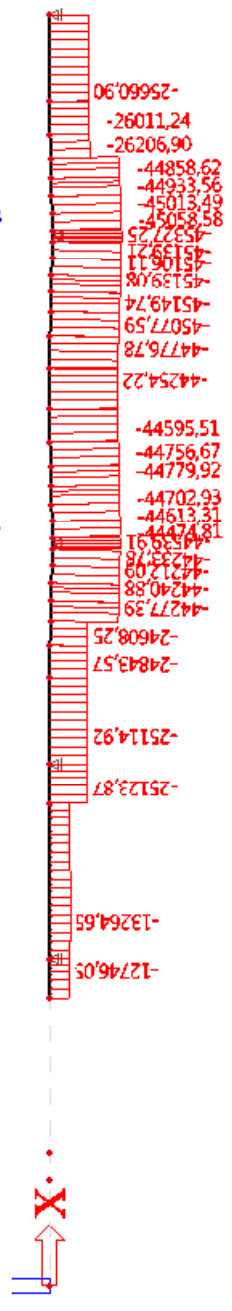
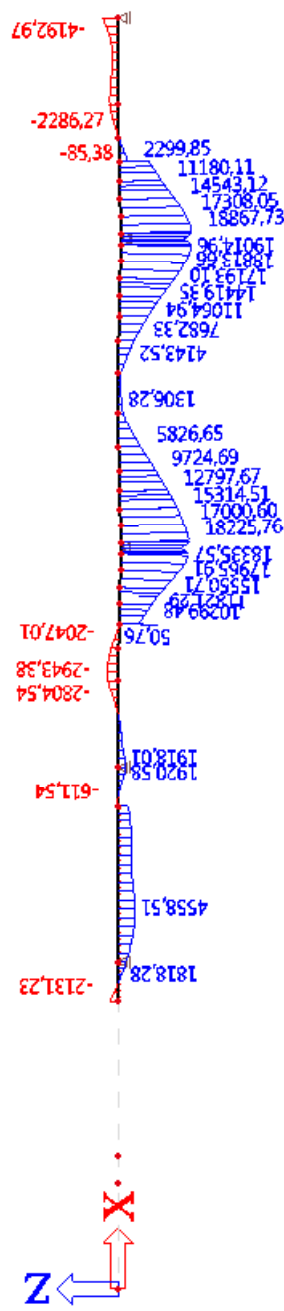
## omezení napětí

	KONEC	PODPERA 3	POLE 3
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}(t)$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}(t)$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}(t)$
	-2.53	-2.20	-3.14
	< -12.96	< -12.96	< -12.96

## line arita dotv ar ov ani

	$\sigma_c$	$0.45^+_{-0.72} \tau_{\text{ck}}(t)$	$\sigma_c$	$0.45^+_{-0.72} \tau_{\text{ck}}(t)$	$\sigma_c$	$0.45^+_{-0.72} \tau_{\text{ck}}(t)$
lineanta dotv ar ovan i	-2.53	<	<	-2.20	-3.14	<

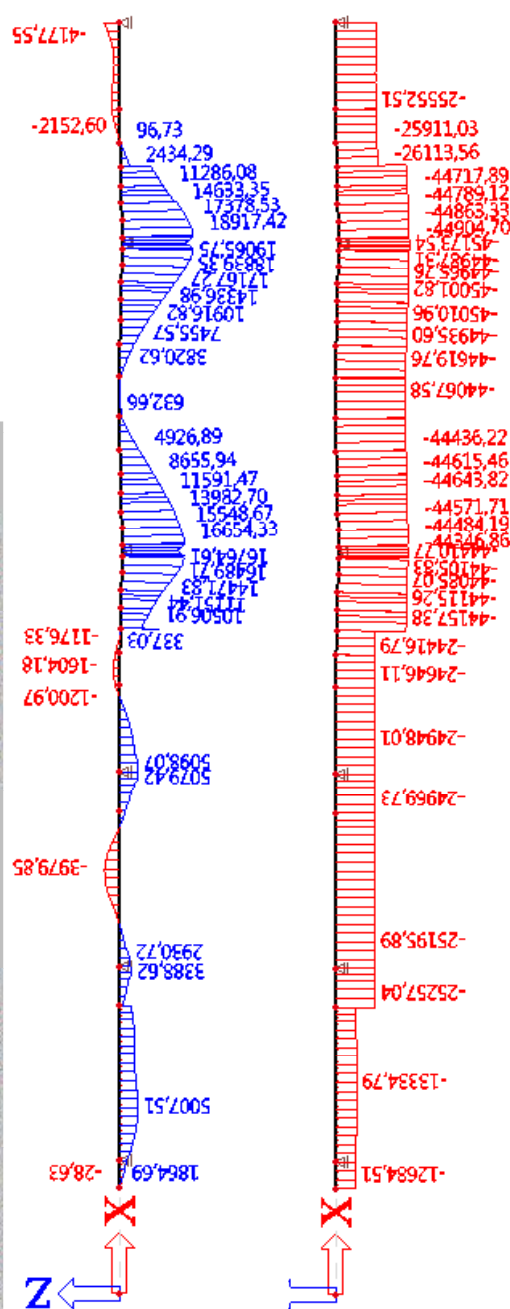
# NORMÁLOVÉ ŠÍLY A MOMENTY OD STÁJHO ZATÍŽENÍ A PŘEDPĚTÍ



FAZE 5	stáří betonu / dni			stáří betonu 14 dni		stáří betonu 21 dni		stáří betonu > 28 dni			stáří betonu 2'8 dni	
	konec	podpěra 2	pole 2	podpěra 3	pole 3	podpěra 4	pole 4	podpěra 5	pole 5	podpěra 6	pole 6	opěra 7
$N_{g+p}$ [kN]	12496.82	12901.36	13190.93	25156.19	24851.17	24796.02	24629.70	44369.25	43922.67	45173.54	35645.39	25423.65
$M_{g+f}$ [kNm]	-28.63	1915.93	5007.51	2945.34	-3951.60	5047.07	-1530.18	14468.78	205.95	16850.75	-2152.60	-4177.55
$\sigma_{s,g+p}$ [Mpa]	-1.19	-2.20	-3.32	-3.88	-0.79	-1.96	-1.74	-6.70	-4.33	-6.28	-2.56	-0.79
$\sigma_{s,g+p}$ [Mpa]	-1.22	0.01	1.34	-0.51	-4.06	0.94	-3.16	0.48	-4.13	1.07	-4.53	-5.02

omezení napětí	KONEC		PODPĚRA 2		POLE 2	
	$\sigma_c$	$0.6 \cdot f_{ck}(t)$	$\sigma_c$	$0.6 \cdot f_{ck}(t)$	$\sigma_c$	$0.6 \cdot f_{ck}(t)$
	-1.22	< -12.96	-2.20	< -12.96	-3.32	< -12.96
linearita dotvarování	$\sigma_c$	$f_{cm}(t)$	$\sigma_c$	$f_{dm}(t)$	$\sigma_c$	$f_{dm}(t)$
	-1.19	< 2.26	0.01	< 2.26	1.84	< 2.26
	$\sigma_c$	$0.45 \cdot f_{ck}(t)$	$\sigma_c$	$0.45 \cdot f_{ck}(t)$	$\sigma_c$	$0.45 \cdot f_{ck}(t)$
	-1.22	< -9.72	-2.20	< -9.72	-3.32	< -9.72

# NORMÁLOVÉ SILY A MOMENTY OD STÁLÉHO ZATÍŽENIA PŘEDPĚTÍ





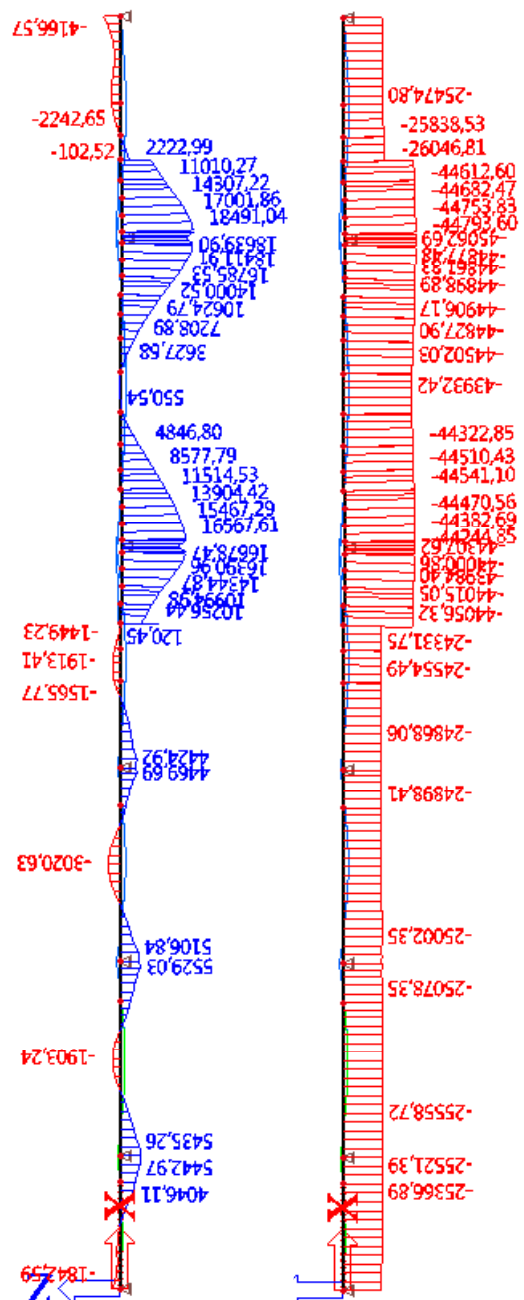
## FÄZE 6

stáří betonu / dny		stáří betonu ~ 4 dny		stáří betonu 28 dny		stáří betonu > 28 dny	
opěra 1	pole 1	podpěra 2	pole 2	podpěra 3	pole 3	podpěra 4	pole 4
24852.38	25346.88	25473.67	25451.11	24874.91	24516.32	24702.15	24462.80
-1842.59	3413.21	5135.25	-1903.24	5106.84	-3020.63	4336.41	-1913.41
-1.58	-3.97	-5.17	-1.68	-4.92	-1.13	-4.59	-1.59
$\sigma_{h,sp}$ [MPa]		1.1'	-3.64	0.93	-4.24	0.48	-3.36
-3.57	-0.26					0.47	-4.18
						-5.68	-4.28
						14387.86	109.29
						44265.76	43787.26
						44265.76	45062.69
						25662.58	25357.11
						-1400.93	-1466.57
						-1.90	-0.78
						3.18	-5.00

## KONFC

omezení napětí	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$0.6^*f_{ck}(t)$	$\sigma_c$	$0.6^*f_{ck}(t)$	$\sigma_c$	$0.6^*f_{ck}(t)$
	-3.57	-3.97	-12.96	-3.97	-12.96	-5.17	-12.96
	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$f_{ctm}(t)$	$\sigma_c$	$f_{ctm}(t)$	$\sigma_c$	$f_{ctm}(t)$
	-1.58	-0.26	2.26	-0.26	2.26	1.11	2.26
lineární deformování	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$0.45^*f_{ck}(t)$	$\sigma_c$	$0.45^*f_{ck}(t)$	$\sigma_c$	$0.45^*f_{ck}(t)$
	-3.57	-3.97	-9.72	-3.97	-9.72	-5.17	-9.72
	$\sigma_c$	$\sigma_c$	$f_{ctm}(t)$	$\sigma_c$	$f_{ctm}(t)$	$\sigma_c$	$f_{ctm}(t)$
	-1.58	-0.26	2.26	-0.26	2.26	1.11	2.26

# NORMÁLOVÉ SILY A MOMENTY OD STÁLÉHO ZATÍŽENÍ A PŘEDPĚTI



### 5.4.2 Mezní stav únosnosti - montáž

#### FÁZE1 - pole 5

ZATÍŽENÍ	N <sub>Ek</sub> [kN]	M <sub>Ek</sub> [kNm]	γ	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed</sub> [kNm]
vlastní tíha	0	30457.16	1.35	0.00	41117.17
předpětí	-32821.49	-21584.5	1.00	-32821.49	-21584.47
nahodilé	0	1029.4	1.5	0.00	1544.10
celkem				-32821.49	21076.80

PRŮŘEZ	
A <sub>cr</sub> [m <sup>2</sup> ]	10.325
h [m]	1.3
b [m]	13.3
d <sub>1,p1</sub> [m]	0.153
d <sub>1,p2</sub> [m]	0.153
d <sub>1,s</sub> [m]	0.09
d <sub>1,st</sub> [m]	0.09
I <sub>cr</sub> [m <sup>4</sup> ]	1.359
z <sub>h,cr</sub> [m]	0.487
z <sub>d,cr</sub> [m]	0.813
W <sub>h,cr</sub> [m <sup>3</sup> ]	2.791
W <sub>d,cr</sub> [m <sup>3</sup> ]	1.672

MATERIÁLY			
OCEL		BETON	
E <sub>p</sub> [Mpa]	195000	E <sub>c</sub> [Mpa]	32000
f <sub>pk</sub> [Mpa]	1860	f <sub>ck</sub> [Mpa]	21.594
f <sub>pk</sub> /γ <sub>s</sub> [Mpa]	1617.3913	α <sub>cc</sub> [Mpa]	0.9
f <sub>p01,k</sub> [Mpa]	1600	γ <sub>c</sub> [-]	1.5
γ <sub>s</sub> [-]	1.15	f <sub>cd</sub> [Mpa]	12.956
f <sub>pd</sub> [Mpa]	1391.3043		
E <sub>s</sub> [Mpa]	200000		
f <sub>yk</sub> [Mpa]	550		
f <sub>yd</sub> [Mpa]	478.261		

Základní napětí

$$\sigma_h = \frac{N_{g+p}}{A_{cr}} - \frac{M_{g+p}}{W_{h,cr}} = \left( -\frac{32821,49}{10,325} - \frac{21076,80}{2,791} \right) * 10^{-3} = -10,73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \frac{N_{g+p}}{A_{cr}} + \frac{M_{g+p}}{W_{d,cr}} = \left( -\frac{32821,49}{10,325} + \frac{21076,80}{1,672} \right) * 10^{-3} = 9,43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_d - \sigma_h}{h} (h - d_{1p}) + \sigma_h = \left( \frac{9,43 + 10,73}{1,3} * (1,3 - 0,153) - 10,73 \right) = 7,06 \text{ MPa}$$

$$A_{p1} = 9900 \text{ mm}^2 \quad 3 \times 22 \text{ lan}$$

$$A_{p2} = 14250 \text{ mm}^2 \quad \text{Přídavný zainjektovaný kabel}$$

$$\sigma_{pt} = \frac{N_{Ed}}{A_{p1} + A_{p2}} = \frac{-32821,49}{(9900 + 14250)0,001} = 1359,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p^0 = \sigma_{pt} - \frac{E_p}{E_{cm}} \sigma_{pc} = 1359,07 - \frac{195}{32} * 7,06 = 1316,063 \text{ MPa}$$

Výška tlačené oblasti

$$\varepsilon_p^0 = \frac{\sigma_p^0}{E_p} = \frac{1316,063}{195 * 10^3} = 6,749 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_{pd} = \frac{f_{pd}}{E_p} = \frac{1391,304}{195 \cdot 10^3} = 7,135\text{‰}$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{478,261}{200 \cdot 10^3} = 2,391\text{‰}$$

$$\varepsilon_{cu} = 3,5\text{‰} \quad \varepsilon_{ud} = 20\text{‰}$$

Uvažuji pracovní diagram předpínací výztuže se stoupající větví.  
Do silové podmínky je započítána betonářská výztuž:

$$A_{st} = 10050\text{mm}^2 \quad 50\varnothing R16 \text{ u horního povrchu}$$

$$A_s = 6564\text{mm}^2 \quad 18\varnothing R16 + 6\varnothing R25 \text{ u dolního povrchu}$$

Profily  $\varnothing R16$  jsou navrženy z konstrukčních důvodů,  $\varnothing R25$  je nutné doplnit

Splněním silové podmínky bylo zjištěno, že  $x=0,263\text{m}$

$$N_{Ed} = N_{Rd}$$

$$N_{Ed} = -F_{cc} + \Delta F_{p1} + \Delta F_{p2} - F_{st} + F_s$$

$$F_{cc} = A_{cc} \cdot f_{cd} = 2,798 \cdot 12,956 \cdot 10^3 = 36246,486\text{kN}$$

$$A_{cc} = 0,8 \cdot x \cdot b = 0,8 \cdot 0,263 \cdot 13,3 = 2,798\text{m}^2$$

$$\Delta\sigma_{p1} = 100\text{MPa}$$

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{p2} = f_{pd} - \sigma_p^0 + \frac{f_{pk} - f_{pd}}{\varepsilon_{ud} - \varepsilon_{pd}} \cdot (\varepsilon_{p2} - (\varepsilon_{pd} - \varepsilon_p^0)) &= 1391,304 - 1316,063 + \\ &+ \frac{1617,391 - 1391,304}{20 - 7,135} \cdot (11,768 - (7,135 - 6,749)) = 275,273\text{MPa} \end{aligned}$$

$$\Delta F_{p1} = \Delta\sigma_{p1} \cdot A_{p1} = 100 \cdot 9900 \cdot 10^{-3} = 990\text{kN}$$

$$\Delta F_{p2} = \Delta\sigma_{p2} \cdot A_{p2} = 275,273 \cdot 14250 \cdot 10^{-3} = 3922,635\text{kN}$$

$$\varepsilon_{p1} = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (h - d_{1,p1})}{x} - \varepsilon_{cu} = \frac{3,5 \cdot (1,3 - 0,153)}{0,263} - 3,5 = 11,768\text{‰}$$

$$\varepsilon_{p2} = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (h - d_{1,p2})}{x} - \varepsilon_{cu} = \frac{3,5 \cdot (1,3 - 0,153)}{0,263} - 3,5 = 11,768\text{‰}$$

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (h - d_{1,s})}{x} - \varepsilon_{cu} = \frac{3,5 \cdot (1,3 - 0,09)}{0,263} - 3,5 = 12,607\text{‰}$$

$$\varepsilon_s > \varepsilon_y \rightarrow \sigma_s = f_{yd}$$

$$F_s = f_{yd} \cdot A_s = 478,261 \cdot 6564 \cdot 10^{-3} = 3139,304\text{kN}$$

$$\varepsilon_{st} = \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (x - d_{1,st}) = \frac{3,5}{0,263} \cdot (0,263 - 0,09) = 2,302\text{‰}$$

$$\varepsilon_{st} < \varepsilon_y \rightarrow \sigma_s = \varepsilon_{st} \cdot E_s = 2,302 \cdot 200 = 460,456\text{MPa}$$

$$F_{st} = \sigma_s \cdot A_{st} = 460,456 \cdot 10050 \cdot 10^{-3} = 4626,943\text{kN}$$

$$z_{cc} = 0,382\text{m}$$

$$z_s = 0,723\text{m}$$

$$z_{p1} = 0,660\text{m}$$

$$z_{st} = 0,397\text{m}$$

$$z_{p2} = 0,660\text{m}$$



$$M_{Rd} = F_{cc}z_{cc} + \Delta F_{p1} * z_{c1} + \Delta F_{p2} * z_{c2} + F_s * z_s + F_{st} * z_{st} = 36246,486 * 0,382 + 990 * 0,66 + 3922,635 * 0,66 + 3139,304 * 0,723 + 4626,943 * 0,397 = 21188,88 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 21188,88 \text{ kNm} > M_{Ed} = 21086,77 \text{ kNm}$$

Průběhy přetvoření viz příloha č. 8.7

### FÁZE 1 - podpěra 5

ZATÍŽENÍ	$N_{Ek}$ [kN]	$M_{Ek}$ [kNm]	$\gamma$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Ed}$ [kNm]
vlastní tíha	0	-11892.96	1.00	0.00	-11892.96
předpětí	-33240.42	21203.89	1.00	-33240.42	21203.89
nahodilé	0	-258.61	0	0.00	0.00
celkem				-33240.42	9310.93

PRŮŘEZ	
A [m <sup>2</sup> ]	14.057
h [m]	2.2
b [m]	8.75
d <sub>1,p1</sub> [m]	0.153
d <sub>1,p2</sub> [m]	0.204
d <sub>1,s</sub> [m]	0.09
d <sub>1,st</sub> [m]	0.09
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ]	5.0469
z <sub>h</sub> [m]	0.917
z <sub>d</sub> [m]	1.283
W <sub>h</sub> [m <sup>3</sup> ]	5.504
W <sub>d</sub> [m <sup>3</sup> ]	3.934

MATERIÁLY			
OCEL		BETON	
E <sub>p</sub> [Mpa]	195000	E <sub>c</sub> [Mpa]	32000
f <sub>pk</sub> [Mpa]	1860	f <sub>ck</sub> [Mpa]	21.594
f <sub>pk</sub> /γ <sub>s</sub> [Mpa]	1617.391	α <sub>cc</sub> [Mpa]	0.9
f <sub>p01,k</sub> [Mpa]	1600	γ <sub>c</sub> [-]	1.5
γ <sub>s</sub> [-]	1.15	f <sub>cd</sub> [Mpa]	12.9564
f <sub>pd</sub> [Mpa]	1391.304		
E <sub>s</sub> [Mpa]	200000		
f <sub>yk</sub> [Mpa]	550		
f <sub>yd</sub> [Mpa]	478.261		

V průřezu působí kladný ohybový moment – jsou tažena spodní vlákna.

Do silové podmínky je započítána betonářská výztuž:

$$A_{st} = 7035 \text{ mm}^2 \quad 35\emptyset R16 \text{ u horního povrchu}$$

$$A_s = 2814 \text{ mm}^2 \quad 14\emptyset R16 \text{ u dolního povrchu}$$

Profily  $\emptyset R16$  jsou navrženy z konstrukčních důvodů

Splněním silové podmínky bylo zjištěno, že  $x=0,344 \text{ m}$

$$N_{Ed} = N_{Rd}$$

$$N_{Ed} = -F_{cc} - F_{st} + F_s$$

$$F_{cc} = A_{cc} * f_{cd} = 2,41 * 12,956 * 10^3 = 31221,681 \text{ kN}$$

$$A_{cc} = 0,8 * x * b = 0,8 * 0,263 * 8,75 = 2,41 \text{ m}^2$$

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu} * (h - d_{1,s})}{x} - \varepsilon_{cu} = \frac{3,5 * (2,2 - 0,09)}{0,344} - 3,5 = 17,952\text{‰}$$

$$\varepsilon_s > \varepsilon_y \rightarrow \sigma_s = f_{yd}$$

$$F_s = f_{yd} * A_s = 478,261 * 2814 * 10^{-3} = 1345,826\text{kN}$$

$$\varepsilon_{st} = \frac{\varepsilon_{cu}}{x} * (x - d_{1,st}) = \frac{3,5}{0,344} * (0,344 - 0,09) = 2,585\text{‰}$$

$$\varepsilon_{st} > \varepsilon_y \rightarrow \sigma_s = f_{yd}$$

$$F_{st} = f_{yd} * A_{st} = 478,261 * 7035 * 10^{-3} = 3364,565\text{kN}$$

$$z_{cc} = 0,779\text{m}$$

$$z_s = 1,193\text{m}$$

$$z_{st} = 0,827\text{m}$$

$$M_{Rd} = F_{cc}z_{cc} + F_s * z_s + F_{st} * z_{st} = 31221,681 * 0,779 + 1345,826 * 1,193 + 3364,565 * 0,827 = 28719,12\text{kNm}$$

$$\mathbf{M_{Rd} = 28719,12kNm > M_{Ed} = 9310,93kNm}$$

Průběhy přetvoření viz příloha č. 8.8

ŘEZ	FÁZE 2			FÁZE 3	
	PODPĚRA 6	POLE 6 I/2	POLE 6 I/3	PODPĚRA 4	POLE 4
<b>N<sub>Ed</sub> [kN]</b>	<b>-33733.18</b>	<b>-32234.37</b>	<b>-12914.59</b>	<b>-12764.23</b>	<b>-13234.43</b>
<b>M<sub>Ed</sub> [kNm]</b>	<b>-5942.50</b>	<b>11243.61</b>	<b>8905.13</b>	<b>-336.93</b>	<b>8564.71</b>
A [m <sup>2</sup> ]	14.057	11.311	10.369	10.369	10.705
h [m]	2.200	1.525	1.300	1.300	1.375
b [m]	8.750	11.450	11.450	8.140	11.060
d <sub>1,p1</sub> [m]	0.153	0.636	0.153	0.253	0.153
d <sub>1,p2</sub> [m]	0.204	1.304	0.000	0.000	0.000
d <sub>1,s</sub> [m]	-	0.090	0.090	0.090	0.090
d <sub>1,st</sub> [m]	-	0.090	0.090	0.090	0.090
A <sub>p1</sub> [mm <sup>2</sup> ]	9900.000	9900.000	9900.000	9900.000	9900.000
A <sub>p2</sub> [mm <sup>2</sup> ]	14250.000	14250.000	0.000	0.000	0.000
A <sub>s</sub> [mm <sup>2</sup> ]	0.000	3618.000	3618.000	0.000	3618.000
A <sub>st</sub> [mm <sup>2</sup> ]	0.000	10050.000	10050.000	0.000	10050.000
σ <sub>h</sub> [Mpa]	-3.479	-6.224	-4.417	-1.059	-4.367
σ <sub>cp</sub> [Mpa]	-3.299	-1.204	2.766	-1.376	2.687
σ <sub>d</sub> [Mpa]	-0.889	2.388	3.724	-1.453	3.570
σ <sub>p</sub> [Mpa]	1396.819	1334.757	1304.504	1289.316	1336.811
σ <sub>p</sub> <sup>0</sup> [Mpa]	1376.714	1342.092	1287.650	1297.703	1320.438
x [m]	0.719	0.256	0.124	0.163	0.131
λx [m]	0.576	0.205	0.099	0.130	0.104
ε <sub>cu</sub> [‰]	3.500	3.500	1.626	2.461	1.582
ε <sub>p0</sub> [‰]	7.060	6.883	6.603	6.655	6.771
ε <sub>p1</sub> [‰]	6.458	8.650	13.397	13.345	13.229
ε <sub>p2</sub> [‰]	6.210	-0.480	0.000	0.000	0.000
ε <sub>s</sub> [‰]	0.000	16.113	14.222	15.806	13.992
ε <sub>st</sub> [‰]	0.000	2.270	0.447	1.102	0.492
Δσ <sub>p1</sub> [Mpa]	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Δσ <sub>p2</sub> [Mpa]	126.763	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔF <sub>p1</sub> [kN]	990.000	990.000	990.000	990.000	990.000
ΔF <sub>p2</sub> [kN]	1806.370	0.000	0.000	0.000	0.000
F <sub>cc</sub> [kN]	36527.682	30392.153	14735.594	13754.230	14966.759
z <sub>cc</sub> [m]	0.935	0.501	0.462	0.502	0.490
z <sub>p1</sub> [m]	0.764	0.286	0.635	0.480	0.680
z <sub>p2</sub> [m]	0.713	-0.382	0.000	0.000	0.000
z <sub>s</sub> [m]	0.000	0.832	0.698	0.643	0.743
z <sub>st</sub> [m]	0.000	0.504	0.422	0.477	0.452
<b>N<sub>Rd</sub> [kN]</b>	<b>-33731.31</b>	<b>-32234.37</b>	<b>-12914.59</b>	<b>-12764.23</b>	<b>-13234.43</b>
<b>M<sub>Rd</sub> [kNm]</b>	<b>-36197.68</b>	<b>19235.62</b>	<b>9028.74</b>	<b>-7376.97</b>	<b>9735.81</b>

ŘEZ	FÁZE 4		FÁZE 5	
	PODPĚRA 3	POLE 3	PODPĚRA 2	POLE 2
<b>N<sub>Ed</sub> [kN]</b>	<b>-12746.00</b>	<b>-13172.39</b>	<b>-12684.55</b>	<b>-13334.79</b>
<b>M<sub>Ed</sub> [kNm]</b>	<b>1911.85</b>	<b>7619.96</b>	<b>1915.88</b>	<b>8299.86</b>
A [m <sup>2</sup> ]	10.369	10.369	10.369	10.369
h [m]	1.300	1.300	1.300	1.300
b [m]	8.510	10.980	8.510	10.980
d <sub>1,p1</sub> [m]	0.153	0.153	0.153	0.153
d <sub>1,p2</sub> [m]	0.000	0.000	0.000	0.000
d <sub>1,s</sub> [m]	0.090	0.090	0.090	0.090
d <sub>1,st</sub> [m]	0.090	0.090	0.090	0.090
A <sub>p1</sub> [mm <sup>2</sup> ]	0.000	9900.000	0.000	9900.000
A <sub>p2</sub> [mm <sup>2</sup> ]	0.000	0.000	0.000	0.000
A <sub>s</sub> [mm <sup>2</sup> ]	2814.000	3618.000	2814.000	3618.000
A <sub>st</sub> [mm <sup>2</sup> ]	7035.000	10050.000	7035.000	10050.000
σ <sub>h</sub> [Mpa]	-2.173	-4.377	-2.169	-4.670
σ <sub>cp</sub> [Mpa]	-0.241	2.548	-0.233	2.873
σ <sub>d</sub> [Mpa]	0.017	3.471	0.026	3.879
σ <sub>p</sub> [Mpa]	0.000	1330.544	0.000	1346.948
σ <sub>p</sub> <sup>0</sup> [Mpa]	0.000	1315.019	0.000	1329.443
x [m]	0.140	0.130	0.139	0.132
λx [m]	0.112	0.104	0.111	0.105
ε <sub>cu</sub> [‰]	3.500	1.700	3.500	1.708
ε <sub>p0</sub> [‰]	0.000	6.744	0.000	6.818
ε <sub>p1</sub> [‰]	25.204	13.256	25.319	13.182
ε <sub>p2</sub> [‰]	0.000	0.000	0.000	0.000
ε <sub>s</sub> [‰]	26.781	14.078	26.901	14.000
ε <sub>st</sub> [‰]	1.248	0.526	1.239	0.539
Δσ <sub>p1</sub> [Mpa]	100.000	100.000	100.000	100.000
Δσ <sub>p2</sub> [Mpa]	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔF <sub>p1</sub> [kN]	0.000	990.000	0.000	990.000
ΔF <sub>p2</sub> [kN]	0.000	0.000	0.000	0.000
F <sub>cc</sub> [kN]	12336.329	14835.075	12287.479	14971.077
z <sub>cc</sub> [m]	0.504	0.463	0.504	0.462
z <sub>p1</sub> [m]	0.587	0.632	0.587	0.632
z <sub>p2</sub> [m]	0.000	0.000	0.000	0.000
z <sub>s</sub> [m]	0.650	0.695	0.650	0.695
z <sub>st</sub> [m]	0.470	0.425	0.470	0.425
<b>N<sub>Rd</sub> [kN]</b>	<b>-12746.00</b>	<b>-13172.27</b>	<b>-12684.55</b>	<b>-13334.79</b>
<b>M<sub>Rd</sub> [kN]</b>	<b>7918.09</b>	<b>9144.29</b>	<b>7890.27</b>	<b>9211.35</b>

## 5.5 Mezní stavy použitelnosti

### 5.5.1 Omezení normálových napětí

	opěra 1	pole 1	podpěra 2	pole 2	podpěra 3	pole 3	podpěra 4	pole 4	podpěra 5	pole 5	podpěra 6	pole 6	opěra 7
centrické zatížení	$M_{ak}$	5470.98	-5262.36	6783.77	-5809.15	7308.04	-6231.54	8332.12	-14173.71	9708.75	-13760.37	9650.62	0.00
	$M_{as}$	0.00	-2940.65	4241.54	-3065.24	4483.47	-3294.92	5071.96	-7522.49	5789.55	-7119.06	5857.26	0.00
	koef	1.000	1.133	1.845	1.107	1.802	1.650	1.011	1.352	1.000	1.333	1.047	1.000
excentr. zatížení	$M_{ak}$	0.00	6198.62	-9709.05	7509.63	-10468.09	7943.84	-10282.04	8423.77	-19162.86	9708.75	-18342.57	10104.20
	$M_{as}$	0.00	3974.90	-5425.50	4695.38	-5523.56	4873.53	-5436.62	5127.75	-10170.41	5789.55	-9489.71	6132.55
charakter. kombi	$\sigma_{ak}$	0.00	-2.75	4.84	-3.06	5.17	-3.24	5.23	-3.08	3.37	-3.48	3.33	-3.60
	$\sigma_{ak}$	0.00	3.94	-6.36	4.67	-6.82	4.94	-6.78	4.73	-4.82	5.81	-4.66	5.64
	$\sigma_{as}$	0.00	-1.76	2.70	-1.92	2.73	-1.99	2.77	-1.87	1.79	-2.07	1.72	-2.18
	$\sigma_{as}$	0.00	2.53	-3.56	2.92	-3.60	3.03	-3.58	2.88	-2.56	3.46	-2.41	3.42
$t_0$	$N_{g+p}$	24186.32	24489.37	24981.41	24912.41	24622.51	24261.06	24482.88	24124.34	4404.152	43593.79	44857.88	25587.49
	$M_{g+p}$	-1786.09	969.08	1714.65	-519.20	1294.17	-1412.85	1446.66	-1551.65	5075.85	2275.80	5620.45	112.24
	$\sigma_{hKV}$	-1.54	-2.79	-3.26	-2.19	-3.01	-1.76	-3.10	-1.69	-4.03	-5.04	-4.21	-2.43
	$\sigma_{dKV}$	-3.47	-1.75	-1.29	-2.73	-1.53	-3.22	-1.41	-3.12	-1.86	-2.86	-1.76	-2.33
	$\sigma_{hCH}$	-1.54	-5.54	1.58	-5.25	2.15	-5.00	2.14	-4.77	-0.65	-8.51	-0.88	-6.03
	$\sigma_{dCH}$	-3.47	2.19	-7.65	1.95	-8.36	1.72	-8.18	1.60	-6.67	2.95	-6.42	3.31
	$\sigma_{h\dot{c}}$	-1.54	-4.55	-0.56	-4.11	-0.29	-3.75	-0.33	-3.56	-2.24	-7.11	-2.49	-4.61
	$\sigma_{d\dot{c}}$	-3.47	0.78	-4.84	0.19	-5.13	-0.19	-4.99	-0.25	-4.41	0.60	-4.17	0.96
		7.3	7.3	7.1	7.6	6.9	7.4	6.9	7.7	7.2	8.1	7.2	7.3
$t_\infty$	$N_{g+p}$	22409.56	22689.67	23214.38	23029.83	22919.10	22456.60	22782.86	22269.43	40891.38	40080.88	41636.21	23712.57
	$M_{g+p}$	-1652.82	319.46	-568.67	-954.24	-571.59	-1201.73	399.56	-2899.98	-1311.84	-53.41	-1391.83	-1184.50
	$\sigma_{hKV}$	-1.43	-2.33	-1.96	-1.83	-1.93	-1.68	-2.40	-1.02	-2.68	-3.86	-2.71	-1.79
	$\sigma_{dKV}$	-3.21	-1.99	-2.61	-2.81	-2.58	-2.91	-1.93	-3.71	-3.24	-3.91	-3.32	-2.88
	$\sigma_{hCH}$	-1.43	-5.03	2.88	-4.90	3.24	-4.92	2.83	-4.10	0.70	-7.34	0.62	-5.39
	$\sigma_{dCH}$	-3.21	1.95	-8.98	1.86	-9.41	2.03	-8.71	1.02	-8.06	1.90	-7.98	2.76
	$\sigma_{h\dot{c}}$	-1.43	-4.03	0.75	-3.75	0.80	-3.66	0.37	-2.89	-0.89	-5.94	-0.98	-3.98
	$\sigma_{d\dot{c}}$	-3.21	0.54	-6.17	0.11	-6.18	0.12	-5.52	-0.83	-5.80	-0.45	-5.73	0.55
		7.3	7.3	7.1	7.6	6.9	7.4	6.9	7.7	7.2	8.1	7.2	7.3

**POSOUZENÍ V JEDNOTLIVÝCH ŘEZECH - ČAS  $t_0$** 

Pro omezení napětí jsou brány hodnoty z charakteristické kombinace zatížení.

Linearita dotvarování je posuzována pro kvazistálou kombinaci zatížení.

	<b>POLE 1</b>	<b>POLE 2</b>
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -5.54 < -18.00	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -5.25 < -18.00
	$\sigma_c < f_{ctm}$ 0.78 < 2.90	$\sigma_c < f_{ctm}$ 0.19 < 2.90
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -1.75 < -13.50	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -2.73 < -13.50
	<b>POLE 3</b>	<b>POLE 4</b>
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -5.00 < -18.00	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -4.77 < -18.00
	$\sigma_c < f_{ctm}$ -0.19 < 2.90	$\sigma_c < f_{ctm}$ -0.25 < 2.90
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -3.22 < -13.50	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -3.12 < -13.50
	<b>POLE 5</b>	<b>POLE 6</b>
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -8.51 < -18.00	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -6.03 < -18.00
	$\sigma_c < f_{ctm}$ 0.60 < 2.90	$\sigma_c < f_{ctm}$ 0.96 < 2.90
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -5.04 < -13.50	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -2.33 < -13.50
	<b>PODPĚRA 2</b>	<b>PODPĚRA 3</b>
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -7.65 < -18.00	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -8.36 < -18.00
	$\sigma_c < f_{ctm}$ -0.56 < 2.90	$\sigma_c < f_{ctm}$ -0.29 < 2.90
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -3.26 < -13.50	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -3.01 < -13.50
	<b>PODPĚRA 4</b>	<b>PODPĚRA 5</b>
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -8.18 < -18.00	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ -6.67 < -18.00
	$\sigma_c < f_{ctm}$ -0.33 < 2.90	$\sigma_c < f_{ctm}$ -2.24 < 2.90
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -3.10 < -13.50	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ -4.03 < -13.50

	PODPĚRA 6	
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$	
	-6.42 < -18.00	
	$\sigma_c < f_{ctm}$	
	-2.49 < 2.90	
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$	
	-4.21 < -13.50	

### POSOUZENÍ V JEDNOTLIVÝCH ŘEZECH - ČAS $t_{00}$

Pro omezení napětí jsou brány hodnoty z charakteristické kombinace zatížení.

Linearita dotvarování je posuzována pro kvazistálou kombinaci zatížení.

	POLE 1		POLE 2	
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$		$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$	
	-5.08 < -18.00		-4.90 < -18.00	
	$\sigma_c < f_{ctm}$		$\sigma_c < f_{ctm}$	
	0.54 < 2.90		0.11 < 2.90	
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$		$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$	
	-1.99 < -13.50		-2.81 < -13.50	
	POLE 3		POLE 4	
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$		$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$	
	-4.92 < -18.00		-4.10 < -18.00	
	$\sigma_c < f_{ctm}$		$\sigma_c < f_{ctm}$	
	0.12 < 2.90		-0.83 < 2.90	
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$		$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$	
	-2.91 < -13.50		-3.71 < -13.50	
	POLE 5		POLE 6	
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$		$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$	
	-7.34 < -18.00		-5.39 < -18.00	
	$\sigma_c < f_{ctm}$		$\sigma_c < f_{ctm}$	
	-0.45 < 2.90		0.55 < 2.90	
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$		$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$	
	-3.91 < -13.50		-2.88 < -13.50	
	PODPĚRA 2		PODPĚRA 3	
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$		$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$	
	-8.98 < -18.00		-9.41 < -18.00	
	$\sigma_c < f_{ctm}$		$\sigma_c < f_{ctm}$	
	0.75 < 2.90		0.80 < 2.90	
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$		$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$	
	-1.96 < -13.50		-1.93 < -13.50	

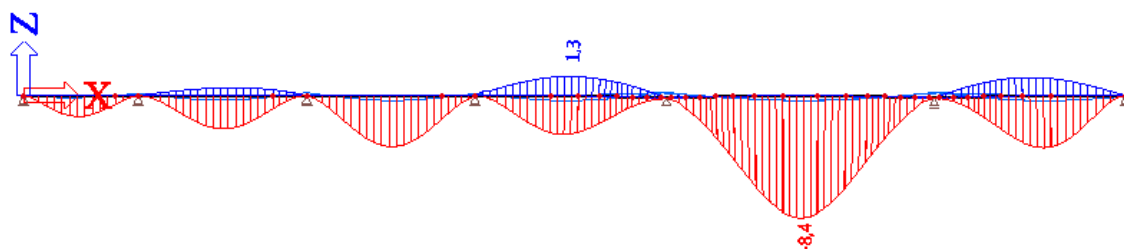
	PODPĚRA 4	PODPĚRA 5
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-8.71 < -18.00$	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-8.06 < -18.00$
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $0.37 < 2.90$	$\sigma_c < f_{ctm}$ $-0.89 < 2.90$
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-2.40 < -13.50$	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-2.68 < -13.50$
	PODPĚRA 6	
omezení napětí	$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck}$ $-7.98 < -18.00$	
	$\sigma_c < f_{ctm}$ $-0.98 < 2.90$	
linearita dotvarování	$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck}$ $-2.71 < -13.50$	

### 5.5.2 Omezení šířky trhlin

Pro třídu prostředí XF - požadavek na šířku trhlin pro častou kombinaci. Z předešlého plyne, že trhliny od časté kombinace zatížení nevzniknou (není překročena pevnost betonu v tahu).

### 5.5.3 Omezení přetvoření

Průhyb od časté kombinace nahodilého zatížení:



$$y_{dov} = \frac{L}{600} = \frac{35000}{600} = 58,3\text{mm}$$

$$y = 8,4\text{mm} < y_{dov} = 58,3\text{mm}$$



## 5.6 Mezní stav únosnosti – ohyb

### 5.6.1 Průřezy v polích

#### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI pole 5

ZATÍŽENÍ	$N_{Ek}$ [kN]	$M_{Ek}$ [kNm]	$\gamma$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Ed}$ [kNm]
vlastní tíha	40080.88	-53.41	1.15	40080.88	4088.25
předpětí			1.00		
	0	9708.75			
nahodilé	poměr	1	1.35	0.00	13106.81
s excentr.		9708.75			
<b>Je uvažována méně příznivá kombinace zatížení - 6.10b</b>					
celkem				40080.88	17195.06

PRŮŘEZ	
$A_{cr}$ [m <sup>2</sup> ]	10.325
$h$ [m]	1.3
$b$ [m]	13.3
$d_{1,p}$ [m]	0.153
$I_{cr}$ [m <sup>4</sup> ]	1.359
$z_{h,cr}$ [m]	0.487
$z_{d,cr}$ [m]	0.813
$W_{h,cr}$ [m <sup>3</sup> ]	2.791
$W_{d,cr}$ [m <sup>3</sup> ]	1.672

MATERIÁLY			
OCEL		BETON	
$E_p$ [Mpa]	195000	$E_c$ [Mpa]	32000
$f_{pk}$ [Mpa]	1860	$f_{ck}$ [Mpa]	30
$f_{pk}/\gamma_s$ [Mpa]	1617.391	$\alpha_{cc}$ [Mpa]	0.9
$f_{p01,k}$ [Mpa]	1600	$\gamma_c$ [-]	1.5
$\gamma_s$ [-]	1.15	$f_{cd}$ [Mpa]	18
$f_{pd}$ [Mpa]	1391.304		

Základní napětí

$$\sigma_h = \frac{N_{g+p}}{A_{cr}} - \frac{M_{g+p}}{W_{h,cr}} = \left( -\frac{40080,88}{10,325} - \frac{17195,06}{2,791} \right) \cdot 10^{-3} = -10,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \frac{N_{g+p}}{A_{cr}} + \frac{M_{g+p}}{W_{d,cr}} = \left( -\frac{40080,88}{10,325} + \frac{17195,06}{1,672} \right) \cdot 10^{-3} = 6,40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_d - \sigma_h}{h} (h - d_{1p}) + \sigma_h = \left( \frac{6,40 + 10,04}{1,3} \cdot (1,3 - 0,153) - 10,04 \right) = 4,47 \text{ MPa}$$

$$A_p = 34050 \text{ mm}^2 \quad 6 \times 22 \text{ lan} + 5 \times 19 \text{ lan}$$

$$\sigma_{pt} = \frac{N_{Ed}}{A_p} = \frac{-40080,88}{(34050)0,001} = 1177,118 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p^0 = \sigma_{pt} - \frac{E_p}{E_{cm}} \sigma_{pc} = 1177,118 - \frac{195}{32} \cdot 6,40 = 1149,886 \text{ MPa}$$

Výška tlačené oblasti

$$\varepsilon_p^0 = \frac{\sigma_p^0}{E_p} = \frac{1149,886}{195 \cdot 10^3} = 5,897\text{‰}$$

$$\varepsilon_{pd} = \frac{f_{pd}}{E_p} = \frac{1391,304}{195 \cdot 10^3} = 7,135\text{‰}$$

$$\varepsilon_{cu} = 3,5\text{‰} \quad \varepsilon_{ud} = 20\text{‰}$$

Uvažuji pracovní diagram předpínací výztuže se stoupající větví.

Splněním silové podmínky bylo zjištěno, že  $x=0,282\text{m}$

$$N_{Ed} = N_{Rd}$$

$$N_{Ed} = -F_{cc} + \Delta F_p$$

$$F_{cc} = A_{cc} * f_{cd} = 2,929 * 18 * 10^3 = 53987,77\text{kN}$$

$$A_{cc} = 0,8 * x * b = 0,8 * 0,282 * 13,3 = 2,999\text{m}^2$$

$$\Delta\sigma_p = f_{pd} - \sigma_p^0 + \frac{f_{pk} - f_{pd}}{\varepsilon_{ud} - \varepsilon_{pd}} * (\varepsilon_p - (\varepsilon_{pd} - \varepsilon_p^0)) = 1391,304 - 1177,118 + \\ + \frac{1617,391 - 1391,304}{20 - 7,135} * (10,741 - (7,135 - 5,897)) = 408,426\text{MPa}$$

$$\Delta F_p = \Delta\sigma_p * A_p = 408,426 * 34050 * 10^{-3} = 13906,890\text{kN}$$

$$\varepsilon_p = \frac{\varepsilon_{cu} * (h - d_{1,p})}{x} - \varepsilon_{cu} = \frac{3,5 * (1,3 - 0,153)}{0,282} - 3,5 = 10,741\text{‰}$$

$$z_{cc} = 0,374\text{m}$$

$$z_p = 0,660\text{m}$$

$$M_{Rd} = F_{cc}z_{cc} + \Delta F_p * z_p = 53987,77 * 0,374 + 13906,890 * 0,660 = 29383,12\text{kNm}$$

$$M_{Rd} = 29383,12\text{kNm} > M_{Ed} = 17195,06\text{kNm}$$

Průběhy přetvoření viz příloha č. 8.9

ŘEZ	POLE 1	POLE 2	POLE 3	POLE 4	POLE 6
<b>N<sub>Ed</sub> [kN]</b>	22689.67	23029.83	22466.60	22269.43	23712.57
<b>M<sub>Ed</sub> [kNm]</b>	9571.61	10764.06	10861.25	9805.98	14421.47
A [m <sup>2</sup> ]	10.369	10.369	10.369	10.705	10.705
h [m]	1.300	1.300	1.300	1.375	1.375
b [m]	9.810	10.980	10.980	11.060	11.450
d <sub>1,p</sub> [m]	0.538	0.203	0.153	0.244	0.258
A <sub>p</sub> [mm <sup>2</sup> ]	19800	19800	19800	19800	19800
σ <sub>h</sub> [Mpa]	-6.445	-6.613	-6.599	-5.662	-7.383
σ <sub>cp</sub> [Mpa]	-0.393	2.743	3.272	1.813	3.824
σ <sub>d</sub> [Mpa]	3.879	4.474	4.589	3.425	6.412
σ <sub>p</sub> [Mpa]	1145.943	1163.123	1134.677	1124.719	1197.605
σ <sub>p</sub> <sup>0</sup> [Mpa]	1143.545	1146.410	1114.737	1113.674	1174.303
x [m]	0.214	0.205	0.205	0.202	0.197
λx [m]	0.171	0.164	0.164	0.162	0.158
ε <sub>cu</sub> [‰]	3.500	0.000	0.000	0.000	0.000
ε <sub>p0</sub> [‰]	5.864	5.879	5.717	5.711	6.022
ε <sub>p</sub> [‰]	8.948	14.121	14.283	14.289	13.978
Δσ <sub>p</sub> [Mpa]	382.675	470.982	502.654	503.718	443.088

$\Delta F_p$ [kN]	7576.971	9325.438	9952.546	9973.607	8773.144
$F_{cc}$ [kN]	30266.641	32355.268	32419.146	32243.037	32485.714
$z_{cc}$ [m]	0.450	0.433	0.433	0.461	0.483
$z_p$ [m]	0.226	0.582	0.632	0.589	0.555
<b><math>N_{Rd}</math> [kN]</b>	<b>22689.67</b>	<b>23029.83</b>	<b>22466.60</b>	<b>22269.43</b>	<b>23712.57</b>
<b><math>M_{Rd}</math> [kN]</b>	<b>15341.39</b>	<b>19441.96</b>	<b>20326.99</b>	<b>20739.14</b>	<b>20565.85</b>

### 5.6.2 Průřezy v podpěrách

#### MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI podpěra 5

ZATÍŽENÍ	$N_{Ek}$ [kN]	$M_{Ek}$ [kNm]	$\gamma$	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Ed}$ [kNm]
vlastní tíha	40891.38	-1311.84	1.15	40891.38	-5261.94
předpětí	0	-13925.76	1.00		
nahodilé	poměr	1.352	1.35	0.00	-25417.30
	s excentr.	-18827.63			
<b>Je uvažována méně příznivá kombinace zatížení 6.10b</b>					
celkem				40891.38	-31131.80

PRŮŘEZ	
$A_{cr}$ [m <sup>2</sup> ]	14.057
$h$ [m]	2.200
$b$ [m]	9.200
$d_{1,p1}$ [m]	0.153
$d_{1,p2}$ [m]	0.204
$d_{1,\phi}$ [m]	0.174
$I_{cr}$ [m <sup>4</sup> ]	5.147
$z_{h,cr}$ [m]	0.906
$z_{d,cr}$ [m]	1.294
$W_{h,cr}$ [m <sup>3</sup> ]	5.681
$W_{d,cr}$ [m <sup>3</sup> ]	3.978

MATERIÁLY			
OCEL		BETON	
$E_p$ [Mpa]	195000	$E_c$ [Mpa]	32000
$f_{pk}$ [Mpa]	1860	$f_{ck}$ [Mpa]	30
$f_{pk}/\gamma_s$ [Mpa]	1617.391	$\alpha_{cc}$ [Mpa]	0.9
$f_{p01,k}$ [Mpa]	1600	$\gamma_c$ [-]	1.5
$\gamma_s$ [-]	1.15	$f_{cd}$ [Mpa]	18
$f_{pd}$ [Mpa]	1391.304		

Základní napětí

$$\sigma_h = \frac{N_{g+p}}{A_{cr}} + \frac{M_{g+p}}{W_{h,cr}} = \left( -\frac{40891,38}{14,057} + \frac{31131,80}{5,681} \right) \cdot 10^{-3} = 2,57 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = \frac{N_{g+p}}{A_{cr}} + \frac{M_{g+p}}{W_{d,cr}} = \left( -\frac{40891,38}{14,057} - \frac{31131,80}{3,978} \right) \cdot 10^{-3} = -10,74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \sigma_h - \frac{\sigma_h - \sigma_d}{h} (d_{1\phi}) = 2,49 - \left( \frac{2,57 + 10,74}{2,2} \cdot (0,174) \right) = 1,52 \text{ MPa}$$

$$A_{p1} = 19800 \text{mm}^2 \quad 6 \times 22 \text{ lan}$$

$$A_{p2} = 14250 \text{mm}^2 \quad 5 \times 19 \text{ lan}$$

$$\sigma_{pt} = \frac{N_{Ed}}{A_{p1} + A_{p2}} = \frac{40891,38}{(19800 + 14250) * 0,001} = 1200,922 \text{MPa}$$

$$\sigma_p^0 = \sigma_{pt} - \frac{E_p}{E_{cm}} \sigma_{pc} = 1200,922 - \frac{195}{32} * 1,52 = 1191,681 \text{MPa}$$

Výška tlačené oblasti

$$\varepsilon_p^0 = \frac{\sigma_p^0}{E_p} = \frac{1191,681}{195 * 10^3} = 6,111\text{‰}$$

$$\varepsilon_{pd} = \frac{f_{pd}}{E_p} = \frac{1391,304}{195 * 10^3} = 7,135\text{‰}$$

$$\varepsilon_{cu} = 3,5\text{‰} \quad \varepsilon_{ud} = 20\text{‰}$$

Uvažuji pracovní diagram předpínací výztuže se stoupající větví.

Splněním silové podmínky bylo zjištěno, že  $x=0,853\text{m}$

$$N_{Ed} = N_{Rd}$$

$$N_{Ed} = -F_{cc} + \Delta F_{p1} + \Delta F_{p2}$$

$$F_{cc} = A_{cc} * f_{cd} = 2,775 * 18 * 10^3 = 49955,23 \text{kN}$$

$$A_{cc} = 2,775 \text{m}^2$$

$$\varepsilon_{p1} = \frac{\varepsilon_{cu} * (h - d_{1,p1})}{x} - \varepsilon_{cu} = \frac{3,5 * (2,2 - 0,153)}{0,853} - 3,5 = 4,889\text{‰}$$

$$\varepsilon_{p2} = \frac{\varepsilon_{cu} * (h - d_{1,p2})}{x} - \varepsilon_{cu} = \frac{3,5 * (2,2 - 0,204)}{0,853} - 3,5 = 4,690\text{‰}$$

$$\begin{aligned} \Delta \sigma_{p1} &= f_{pd} - \sigma_p^0 + \frac{\frac{f_{pk}}{\gamma_s} - f_{pd}}{\varepsilon_{ud} - \varepsilon_{pd}} * (\varepsilon_{p1} - (\varepsilon_{pd} - \varepsilon_p^0)) = 1391,304 - 1191,681 + \\ &+ \frac{1617,391 - 1391,304}{20 - 7,135} * (4,899 - (7,135 - 6,111)) = 267,732 \text{MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \sigma_{p2} &= f_{pd} - \sigma_p^0 + \frac{\frac{f_{pk}}{\gamma_s} - f_{pd}}{\varepsilon_{ud} - \varepsilon_{pd}} * (\varepsilon_{p2} - (\varepsilon_{pd} - \varepsilon_p^0)) = 1391,304 - 1191,681 + \\ &+ \frac{1617,391 - 1391,304}{20 - 7,135} * (4,690 - (7,135 - 6,111)) = 264,054 \text{MPa} \end{aligned}$$

$$\Delta F_{p1} = \Delta \sigma_{p1} * A_{p1} = 267,732 * 19800 * 10^{-3} = 5301,085 \text{kN}$$

$$\Delta F_{p2} = \Delta \sigma_{p2} * A_{p2} = 264,054 * 14250 * 10^{-3} = 3762,770 \text{kN}$$

$$z_{cc} = 0,935 \text{m}$$

$$z_{p1} = 0,753 \text{m}$$

$$z_{p2} = 0,702 \text{m}$$

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= F_{cc} z_{cc} + \Delta F_{p1} * z_{p1} + \Delta F_{p2} * z_{p2} = 49955,23 * 0,935 + 5301,085 * 0,753 \\ &+ 3762,770 * 0,702 = 53341,33 \text{kNm} \end{aligned}$$

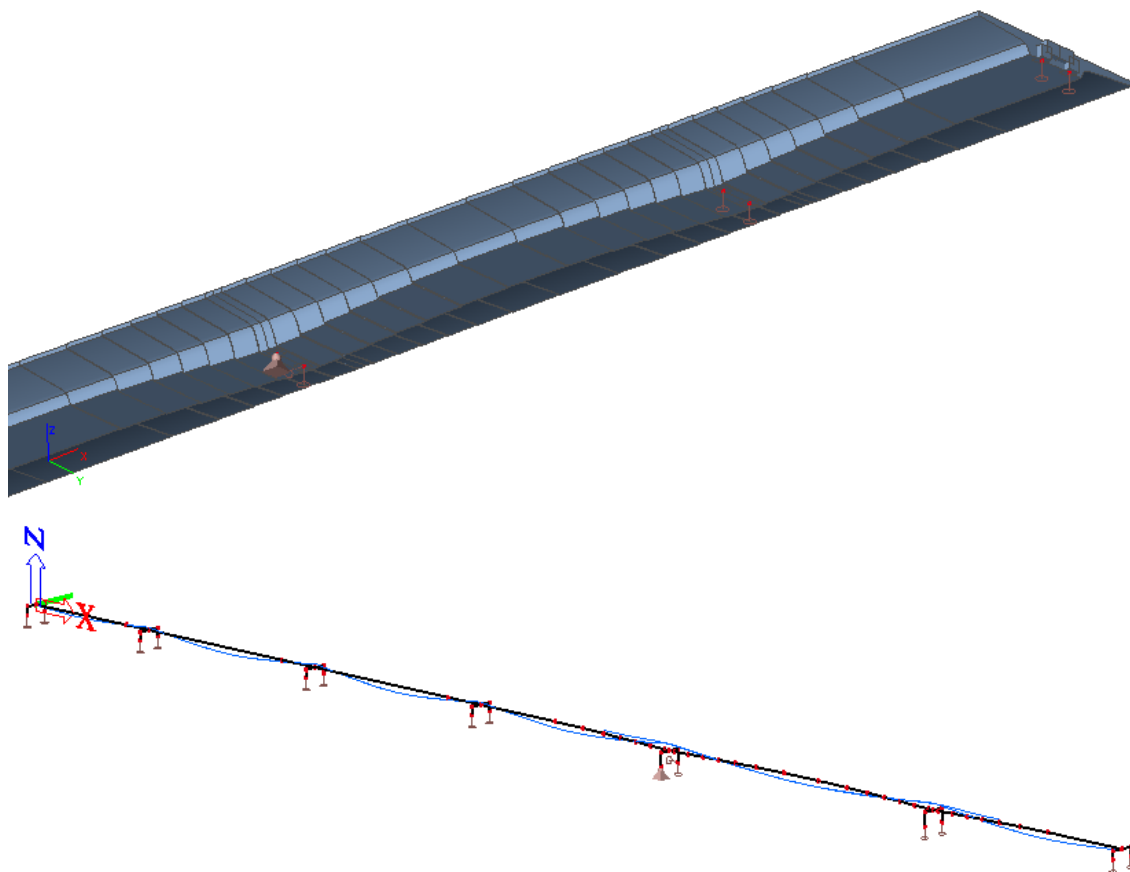
$$M_{Rd} = 53341,33 \text{ kNm} > M_{Ed} = 31131,80 \text{ kNm}$$

Průběhy přetvoření viz příloha č. 8.10

ŘEZ	PODPĚRA 2	PODPĚRA 3	PODPĚRA 4	PODPĚRA 6
$N_{Ed}$ [kN]	23245.63	22919.10	22786.86	41636.21
$M_{Ed}$ [kNm]	-14600.85	-16448.64	-14918.52	-30024.41
$A$ [m <sup>2</sup> ]	10.369	10.369	10.369	14.057
$h$ [m]	1.300	1.300	1.300	2.200
$b$ [m]	8.370	8.510	8.140	8.750
$d_{1,p}$ [m]	0.253	0.153	0.253	0.153
$d_{1,p2}$ [m]	-	-	-	0.204
$A_{p1}$ [mm <sup>2</sup> ]	19800	19800	19800	19800
$A_{p2}$ [mm <sup>2</sup> ]	-	-	-	14250
$\sigma_h$ [Mpa]	5.042	5.907	5.403	2.493
$\sigma_{cp}$ [Mpa]	1.763	3.690	2.012	1.456
$\sigma_d$ [Mpa]	-11.806	-12.937	-12.024	-10.595
$\sigma_p$ [Mpa]	1174.022	1157.530	1150.649	1222.796
$\sigma_p^0$ [Mpa]	1163.279	1135.047	1138.391	1213.923
$x$ [m]	0.426	0.426	0.431	0.854
$\lambda x$ [m]	0.341	0.341	0.344	0.683
$\epsilon_{cu}$ [‰]	3.500	3.500	3.500	3.500
$\epsilon_{p0}$ [‰]	5.966	5.821	5.838	6.225
$\epsilon_{p1}$ [‰]	5.108	5.917	5.010	4.893
$\epsilon_{p2}$ [‰]	-	-	-	4.684
$\Delta\sigma_{p1}$ [Mpa]	297.240	337.151	318.173	247.390
$\Delta\sigma_{p2}$ [Mpa]	-	-	-	243.715
$\Delta F_{p1}$ [kN]	5885.343	6675.585	6299.821	4898.315
$\Delta F_{p2}$ [kN]	-	-	-	3472.934
$F_{cc}$ [kN]	28743.91658	28784.59196	29086.68099	49992.793
$z_{cc}$ [m]	0.548	0.55	0.545	0.935
$z_{p1}$ [m]	0.309	0.407	0.314	0.764
$z_{p2}$ [m]	-	-	-	0.713
$N_{Rd}$ [kN]	22858.57	22109.01	22786.86	41621.54
$M_{Rd}$ [kNm]	-17570.24	-18548.49	-17830.38	-52961.78

## 5.7 Mezní stav únosnosti – smyk a kroucení

Pro potřeby řešení kroucení je prutový model doplněn o tuhá ramena a podpory – viz obrázek:



Konstrukce je zatížena vlatní tíhou, ostatním stálým zatížením a zatížením chodníků s vlivem kroucího momentu.

Schéma zatížení konstrukce modelem LM1 pro vyvození maximálního kroucího momentu:

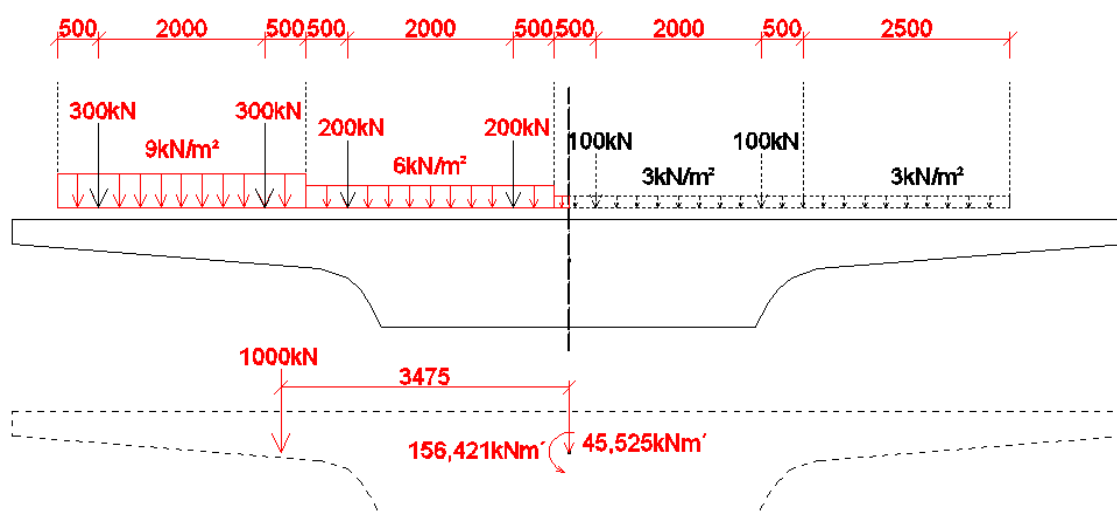
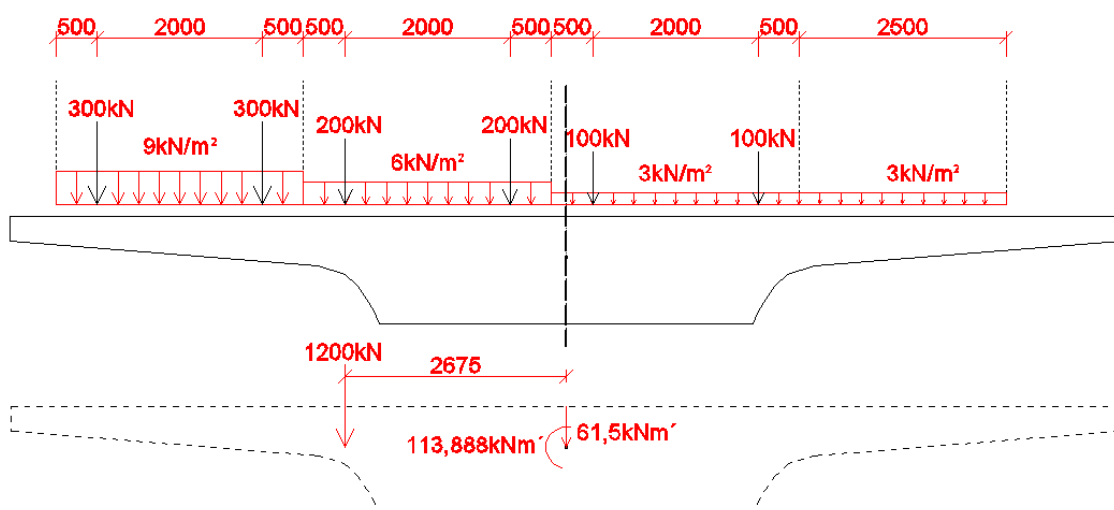


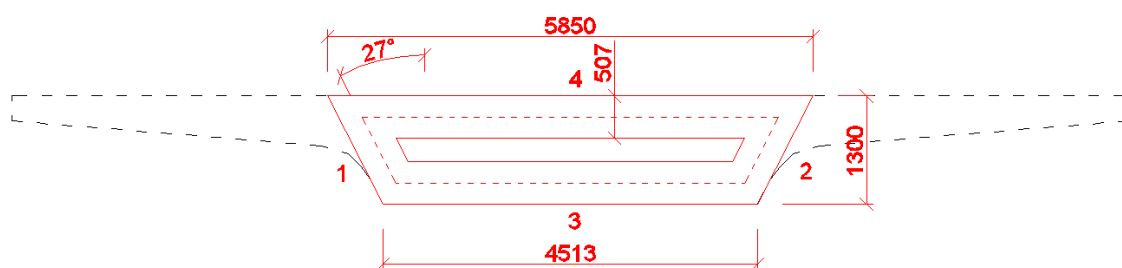
Schéma zatížení konstrukce modelem LM1 pro vyvození maximální posouvající síly.



KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL						
		podpěra 2	podpěra 3	podpěra 4	podpěra 5	podpěra 6
max $T_{Ed}$	$M_x$ [kNm]	6608.02	6542.20	6499.54	8063.49	7070.49
	$V_{Ed}$ [kN]	3607.39	3965.57	3480.93	8479.47	8715.63
	$M_y$ [kNm]	-5430.58	-6129.51	-4221.13	-15012.55	-16508.65
	$N_{Ed}$ [kN]	23214.38	22919.10	22782.86	40891.38	41636.21
max $V_{Ed}$	$M_x$ [kNm]	5371.56	5332.09	5187.63	6469.60	5955.49
	$V_{Ed}$ [kN]	4245.40	4584.66	4379.06	9320.40	9422.74
	$M_y$ [kNm]	-9709.05	-10468.09	-10282.04	-19162.86	-18342.57
	$N_{Ed}$ [kN]	23214.38	22919.10	22782.86	40891.38	41636.21
extrém	$M_y$ [kNm]	-14380.92	-16176.10	-14717.17	-30679.24	-29496.50

### 5.7.1 V podpěrách 2,3,4

Analogický tenkostěnný průřez:



Vnější rozměry:  $A = 6,736\text{m}^2$

$u = 13,287\text{m}$

$$t_{ef} = \frac{A}{u} = \frac{6,736}{13,287} = 0,507\text{m}$$

Rozměry vymezené střednicí  $A_k = 6,736\text{m}^2$   
 $u_k = 13,287\text{m}$   
 $l_1 = 0,892\text{m} \quad l_2 = 0,892\text{m}$   
 $l_3 = 4,204\text{m} \quad l_4 = 5,019\text{m}$

**Podpěra 2:**

$$\sigma_h = \frac{N_{Ed}}{A_{cr}} + \frac{M_{Ed}}{w_{h,cr}} = \left( -\frac{23214,38}{10,369} + \frac{14380,92}{2,006} \right) * 10^{-3} = 4,93\text{MPa}$$

$$\sigma_d = \frac{N_{Ed}}{A_{cr}} + \frac{M_{Ed}}{w_{d,cr}} = \left( -\frac{23214,38}{10,369} - \frac{14380,92}{1,526} \right) * 10^{-3} = -11,67\text{MPa}$$

$$\sigma_h = 4,93\text{MPa} > f_{ctd} = 1,33\text{MPa}$$

Dojde k potrhání průřezu

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,cm} + V_{Rd,cn}$$

$$V_{Rd,cm} = C_{Rd,c} k (100 * \rho_e f_{ck})^{1/3} \bar{b}_w d$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1047}} = 1,437 < 2$$

$$\rho_e = \frac{A_{sl}}{\bar{b}_w d} = \frac{22 * 6 * 150 * 10^{-6}}{4,512 * 1,047} = 4,19 * 10^{-3}$$

$$\bar{b}_w = 4,512\text{m} \quad \text{v nejnepříznivější poloze}$$

$$V_{Rd,cm} = 0,12 * 1,437 * (100 * 4,19 * 10^{-3} * 30)^{1/3} * 4512 * 1047 * 10^{-3} = 1894,359\text{kN}$$

$$V_{Rd,cn} = k_1 \sigma_{cd} \bar{b}_w d$$

$$\sigma_{cd} = -\frac{N_{Ed}}{A_{cr}} = \left( -\frac{23214,38}{10,369} \right) * 10^{-3} = -2,24\text{MPa}$$

$$\sigma_{cd} = -2,24\text{MPa} < 0,2f_{cd} = 0,2 * 18 = 3,60\text{MPa}$$

$$V_{Rd,cn} = 0,15 * 2,24 * 10^3 * 4,512 * 1,047 = 1586,452\text{kN}$$

$$V_{Rd,c} = 1894,359 + 1586,452 = 3480,811\text{kN}$$

$$V_{Rd,c} > V_{Rd,c,min}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cd}) \bar{b}_w d = (0,33 + 0,15 * 2,24) * 4512 * 1047 * 10^{-3} = 3146,569\text{kN}$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 1,437^{3/2} * 30^{1/2} = 0,330$$

$$V_{Rd,c} = 3480,811\text{kN} > V_{Rd,c,min} = 3146,569\text{kN}$$

$$T_{Rd,c} = f_{ctd} * 2 * A_k * t_{ef} = 1,333 * 10^3 * 2 * 3,657 * 0,507 = 4943,890\text{kN}$$



**Interakce kroucení a smyku**

- kombinace pro maximální kroutící moment

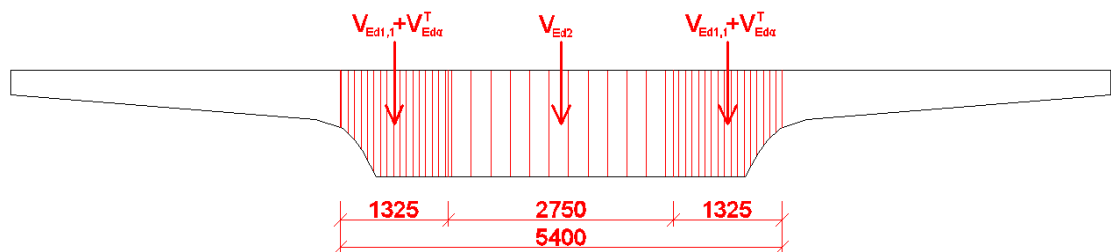
$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = \frac{6608,02}{4943,89} + \frac{3607,39}{3480,81} = 2,37 > 1,00$$

- kombinace pro maximální posouvající sílu

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = \frac{5371,56}{4943,89} + \frac{4245,40}{3480,81} = 2,31 > 1,00$$

Je nutné navrhnout smykovou výztuž

Rozdělení posouvající síly po průřezu:



- kombinace pro maximální kroutící moment

$$V_{Ed2} = \frac{V_{Ed}}{b} b_2 = \frac{3607,39}{5,4} * 2,75 = 1837,10 \text{ kN}$$

$$V_{Ed1,1} = \frac{V_{Ed}}{b} b_1 = \frac{3607,39}{5,4} * 1,325 = 885,15 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}^T = \frac{M_x}{2 * A_k} l_1 = \frac{6608,02}{(2 * 3,657)} * 0,892 = 805,90 \text{ kN}$$

$$V_{Ed\alpha}^T = \frac{V_{Ed}^T}{\cos \alpha} = \frac{805,90}{\cos 27} = 904,48 \text{ kN}$$

$$V_{Ed1} = V_{Ed\alpha}^T + V_{Ed1,1} = 904,48 + 885,15 = 1789,63 \text{ kN}$$

$$V_{Ed2} = 1837,10 \text{ kN}$$

$$H_{Ed,3} = \frac{M_x}{2 * A_k} l_3 = \frac{6608,02}{(2 * 3,657)} * 4,204 = 3798,211 \text{ kN}$$

$$H_{Ed,4} = \frac{M_x}{2 * A_k} l_4 = \frac{6608,02}{(2 * 3,657)} * 5,019 = 4534,544 \text{ kN}$$

- kombinace pro maximální posouvající sílu

$$V_{Ed2} = \frac{V_{Ed}}{b} b_2 = \frac{4245,40}{5,4} * 2,75 = 2162,01 \text{ kN}$$

$$V_{Ed1,1} = \frac{V_{Ed}}{b} b_1 = \frac{4245,40}{5,4} * 1,325 = 1041,70 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}^T = \frac{M_x}{2 * A_k} l_1 = \frac{5371,56}{(2 * 3,657)} * 0,892 = 655,10 \text{ kN}$$

$$V_{Ed\alpha}^T = \frac{V_{Ed}^T}{\cos \alpha} = \frac{655,10}{\cos 27} = 735,24 \text{ kN}$$

$$V_{Ed1} = V_{Ed\alpha}^T + V_{Ed1,1} = 735,24 + 1041,70 = 1776,94 \text{ kN}$$

$$V_{Ed2} = 2162,01 \text{ kN}$$

### Návrh smykové výztuže v oblasti b<sub>1</sub>:

Působí zde kroucení – jsou navrženy uzavřené třmínky **4 stříhy ØR14**

$$A_{sw} = 6,16 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$s_l = 0,2 \text{ m}$$

$$\cotg \theta = 1,732 \quad (30^\circ)$$

$$\tg \theta = 0,577$$

$$V_{Rd,s1} = \frac{A_{sw}}{s} z * \cotg \theta * f_{ywk} = \frac{6,16 * 10^{-4}}{0,2} * 0,857 * 1,732 * 478,261 * 10^3$$

$$= 2186,537 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s1} = 2186,537 \text{ kN} > V_{Ed,1} = 1789,63 \text{ kN}$$

### Návrh smykové výztuže v oblasti b<sub>2</sub>:

Jsou navrženy otevřené třmínky **6 stříhů ØR14**

$$A_{sw} = 9,24 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$s_l = 0,2 \text{ m}$$

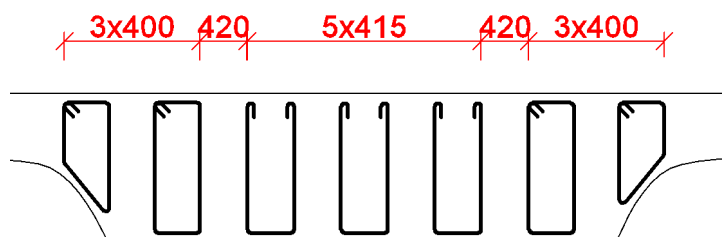
$$\cotg \theta = 1,732 \quad (30^\circ)$$

$$\tg \theta = 0,577$$

$$V_{Rd,s2} = \frac{A_{sw}}{s} z * \cotg \theta * f_{ywk} = \frac{9,24 * 10^{-4}}{0,2} * 0,857 * 1,732 * 478,261 * 10^3$$

$$= 3279,805 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s2} = 3279,81 \text{ kN} > V_{Ed,2} = 2162,01 \text{ kN}$$



**Únosnost tlačené diagonály**

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} * v_1 * f_{cd} * \bar{b}_w * z}{\cot\theta + \tan\theta} =$$

$$\sigma_{cp} = -\frac{N_{Ed}}{A_{cr}} = \left(-\frac{23214,38}{10,369}\right) * 10^{-3} = -2,24 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} < 0; \frac{1}{4} f_{cd} > = < 0; \frac{1}{4} 18 > = < 0; 4,5 >$$

$$\rightarrow \alpha_{cw} = 1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} = 1 + \frac{2,24}{18} = 1,124$$

$$v_1 = v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1,124 * 0,528 * 18 * 10^3 * 4,512 * 0,857}{\cot 30 + \tan 30} = 17892,46 \text{ kN}$$

$$T_{Rd,max} = \frac{2 * \alpha_{cu} * v * f_{cd} * A_k * t_{ef}}{\cot\theta + \tan\theta} = \frac{2 * 0,528 * 1,124 * 18 * 10^3 * 3,657 * 0,507}{1,732 + 0,577} = 17157,35 \text{ kN}$$

**Interakce kroucení a smyku**

- kombinace pro maximální kroutící moment

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{6608,02}{17157,35} + \frac{3607,39}{17892,46} = 0,59 > 1,00$$

- kombinace pro maximální posouvající sílu

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{5371,56}{17157,35} + \frac{4245,40}{17892,46} = 0,55 > 1,00$$

**Vodorovná složka síly od kroutícího momentu**

- při dolním okraji

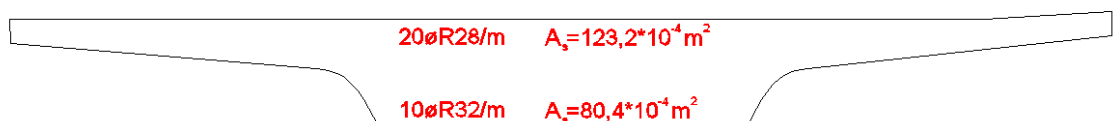
$$H_{Ed,3} = 3798,211 \text{ kN}$$

$$A_{s,reg} = \frac{H_{Ed,3}}{f_{yd}} = \frac{3798,311}{478,261 * 10^3} = 79,42 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

- při horním okraji

$$H_{Ed,4} = 4534,544 \text{ kN}$$

$$A_{s,reg} = \frac{H_{Ed,4}}{f_{yd}} = \frac{4534,544}{478,261 * 10^3} = 94,81 * 10^{-4} \text{ m}^2$$



**Celková vodorovná síla**

$$H_{Ed} = \left( V_{Ed} + \frac{T_{Ed}}{2 * A_k} u_k \right) * \cotg \theta = \left( 3607,39 + \frac{6608,02}{2 * 3,657} 11,006 \right) * 1,732 = 23471,08 \text{ kN}$$

$$A_{s,reg} = \frac{H_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{23471,08}{478,261 * 10^3} = 500,1 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

**Navrženo  $\varnothing R16 \text{ á } 250 \text{ mm} + \varnothing R18 \text{ á } 250 \text{ mm}$  ,  $A_s = 503,0 * 10^{-4} \text{ m}^2$**

**Ověření konstrukčních zásad**

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_l * b_w * \sin \alpha} + \frac{A_{sk}}{s_k * t_{ef}} = \frac{9,24 * 10^{-4}}{0,2 * 4,512 * 1} + \frac{6,16 * 10^{-4}}{0,2 * 0,507} = 19,9 * 10^{-4}$$

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 * \sqrt{30}}{550} = 7,97 * 10^{-4}$$

$$s_{l,max} = 0,75 * d * (1 + \cotg \alpha) = 0,75 * 1,047 * (1 + 0) = 0,785 \text{ m}$$

$$s_{t,max} = 0,75 * d = 0,75 * 1,047 = 0,785 \text{ m} \leq 0,6 \text{ m}$$

$$s_{k,max} = \min \left( \frac{u}{8}; b; 0,75 * d * (1 + \cotg \alpha) \right) = \min \left( \frac{11,006}{8}; 4,512; 0,75 * 1,047 \right) = 0,785 \text{ m}$$

$$\rho_w = 19,9 * 10^{-4} > \rho_{w,min} = 7,97 * 10^{-4}$$

$$s_l = 0,200 \text{ m} < s_{l,max} = 0,785 \text{ m}$$

$$s_t = 0,415 \text{ m} < s_{t,max} = 0,600 \text{ m}$$

$$s_k = 0,200 \text{ m} < s_{k,max} = 0,785 \text{ m}$$

**Podélný smyk**

$$\Delta x = 1,0 \text{ m}$$

$$\Delta M_{Ed} = 2479,630 \text{ kNm}$$

$$b_{eff} = 6,725 \text{ m}$$

$$b_{eff,i} = 3,0 \text{ m}$$

$$\Delta F_{st} = \frac{\Delta M_{Ed}}{z} = \frac{2479,63}{0,857} = 2893,384 \text{ kN}$$

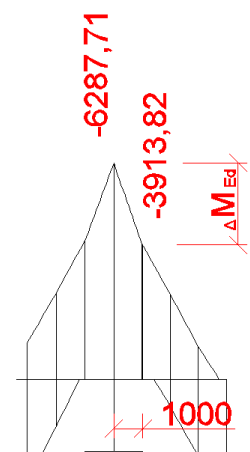
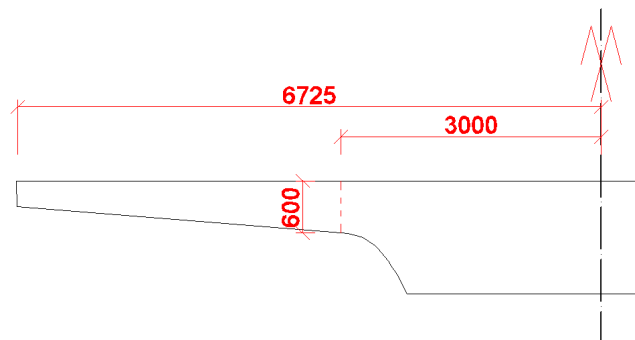
$$h_f = 0,426 \text{ m} \quad \text{za výšku } h_f \text{ je dosazena výška tlačené oblasti při ohybu v podélném směru}$$

$$\Delta F_d = \Delta F_{st} * \frac{b_{eff,i}}{b_{eff}} = 2893,384 * \frac{3,0}{6,725} = 1290,729 \text{ kN}$$

$$v_{Ed}^V = \frac{\Delta F_d}{\Delta x * h_f} = \frac{1290,729}{1 * 0,426} = 3029,880 \text{ kPa}$$

$$v_{Ed}^T = \frac{M_x}{2 * A_k * h_f} = \frac{6608,02}{2 * 3,657 * 0,6} = 976,362 \text{ kPa}$$

$$v_{Ed} = v_{Ed}^V + v_{Ed}^T = 3029,880 + 976,362 = 4006,242 \text{ kPa}$$



$$v_{Ed} = \frac{v_{Ed}}{2} = \frac{4006,242}{2} = 2003,121 \text{ kPa}$$

Na polovinu průřezu

$$v_{Ed} = 2,003 \text{ MPa} > 0,4 * f_{ctd} = 0,4 * 1,333 = 0,533 \text{ MPa}$$

Je nutný návrh výztuže

$$\cotg \theta_f = 1,25 \quad (38,6^\circ)$$

$$\sin \theta_f = 0,624$$

$$\cos \theta_f = 0,782$$

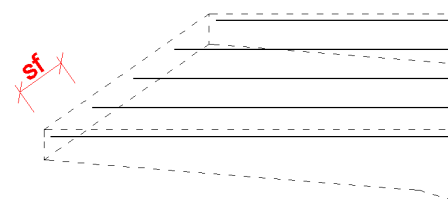
$$\frac{A_{sf}}{s_f} = \frac{v_{Ed} * h_f}{f_{yd} * \cotg \theta} = \frac{2,003 * 0,426}{478,261 * 1,25} = 14,27 * 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

Plocha bude přičtena k ploše výztuže na ohybový moment z příčného směru

Únosnost tlačných diagonál

$$v_{Rd,max} = v * f_{cd} * \sin \theta_f * \cos \theta_f = 0,528 * 18 * 10^3 * 0,624 * 0,782 = 4637,648 \text{ kPa}$$

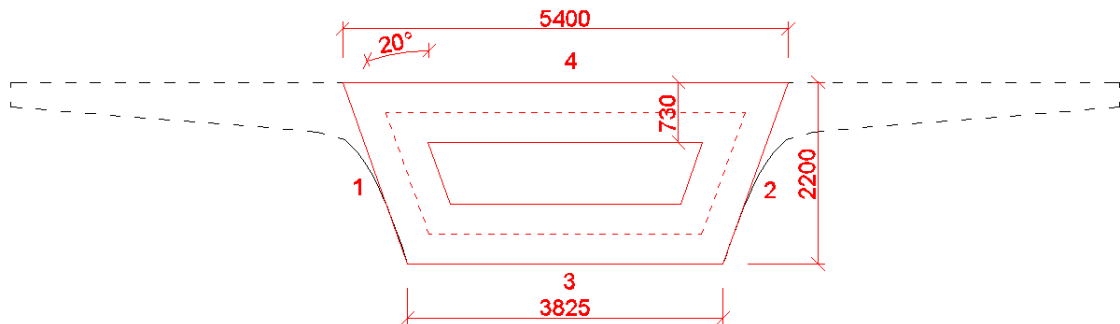
$$v_{Rd,max} = 4637,648 \text{ kPa} > v_{Ed} = 2003,121 \text{ kPa}$$



	podpěra 2	podpěra 3	podpěra 4
$\sigma_h$ [Mpa]	4.93	5.78	5.30
$\sigma_d$ [Mpa]	-11.67	-12.76	-11.90
interakce kroucení a smyku - bez smykové výztuže			
max $T_{Ed}$ [-]	2.37	2.39	2.32
max $V_{Ed}$ [-]	2.31	2.32	2.32
vnitřní síly - kombinace max $T_{Ed}$			
$V_{Ed1}$ [kN]	1789.63	1868.51	1743.75
$V_{Ed2}$ [kN]	1837.10	2019.50	1772.70
$H_{Ed, 3}$ [kN]	3798.21	3760.38	3735.86
$H_{Ed, 4}$ [kN]	4534.54	4489.38	4460.10
vnitřní síly - kombinace max $V_{Ed}$			
$V_{Ed1}$ [kN]	1776.94	1854.78	1784.56
$V_{Ed2}$ [kN]	2162.01	2334.78	2230.08
interakce kroucení a smyku - únosnost tlačené diagonály			
max $T_{Ed}$ [-]	0.59	0.60	0.57
max $V_{Ed}$ [-]	0.55	0.57	0.55
únosnost smykové výztuže			
$V_{Rd,s1}$ [kN]	2186.537		
$V_{Rd,s2}$ [kN]	3279.805		
Pro nejméně příznivý řez - s nejnižší účinnou výškou			
podélný smyk			
$\Delta M_{Ed}$ [kN]	2479.630	2617.850	2373.890
$v_{Ed}$ [kPa]	1563.789	1500.224	1507.509

### 5.7.2 V podpěrách 5,6

Analogický tenkostěnný průřez:



Vnější rozměry:  $A = 10,147\text{m}^2$

$$u = 13,899\text{m}$$

$$t_{\text{ef}} = \frac{A}{u} = \frac{10,147}{13,899} = 0,730\text{m}$$

Rozměry vymezené střednicí  $A_k = 5,640\text{m}^2$

$$u_k = 10,797\text{m}$$

$$l_1 = 1,562\text{m}$$

$$l_2 = 1,562\text{m}$$

$$l_3 = 3,310\text{m}$$

$$l_4 = 4,364\text{m}$$

**Podpěra 5:**

$$\sigma_h = \frac{N_{\text{Ed}}}{A_{\text{cr}}} + \frac{M_{\text{Ed}}}{w_{h,\text{cr}}} = \left( -\frac{40927,00}{14,057} + \frac{30697,24}{5,680} \right) * 10^{-3} = 2,49\text{MPa}$$

$$\sigma_d = \frac{N_{\text{Ed}}}{A_{\text{cr}}} + \frac{M_{\text{Ed}}}{w_{d,\text{cr}}} = \left( -\frac{40927,00}{14,057} - \frac{30697,24}{3,978} \right) * 10^{-3} = -10,62\text{MPa}$$

$$\sigma_h = 2,49\text{MPa} > f_{\text{ctd}} = 1,33\text{MPa}$$

Dojde k potrhání průřezu

$$V_{\text{Rd},c} = V_{\text{Rd},\text{cm}} + V_{\text{Rd},\text{cn}}$$

$$V_{\text{Rd},\text{cm}} = C_{\text{Rd},c} k (100 * \rho_e f_{\text{ck}})^{1/3} b_w d$$

$$C_{\text{Rd},c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{1994}} = 1,317 < 2$$

$$\rho_e = \frac{A_{\text{sl}}}{b_w d} = \frac{(5 * 19 + 22 * 6) * 150 * 10^{-6}}{3,824 * 1,994} = 4,47 * 10^{-3}$$

$$b_w = 3,824\text{m} \quad \text{v nejnepříznivější poloze}$$

$$V_{\text{Rd},\text{cm}} = 0,12 * 1,317 * (100 * 4,47 * 10^{-3} * 30)^{1/3} * 3824 * 1994 * 10^{-3} = 2861,391\text{kN}$$

$$V_{\text{Rd},\text{cn}} = k_1 \sigma_{\text{cd}} b_w d$$

$$\sigma_{cd} = -\frac{N_{Ed}}{A_{cr}} = \left(-\frac{40927,00}{14,057}\right) * 10^{-3} = -2,91 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cd} = -2,91 \text{ MPa} < 0,2f_{cd} = 0,2 * 18 = 3,60 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,cn} = 0,15 * 2,91 * 10^3 * 3,824 * 1,994 = 3330,084 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 2861,391 + 3330,084 = 6191,476 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} > V_{Rd,c,min}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cd}) \bar{b}_w d = (0,293 + 0,15 * 2,91) * 3824 * 1994 * 10^{-3} = 5538,615 \text{ kN}$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 1,317^{3/2} * 30^{1/2} = 0,290$$

$$V_{Rd,c} = 6191,476 \text{ kN} > V_{Rd,c,min} = 5538,615 \text{ kN}$$

$$T_{Rd,c} = f_{ctd} * 2 * A_k * t_{ef} = 1,333 * 10^3 * 2 * 5,640 * 0,730 = 10979,990 \text{ kN}$$

### Interakce kroucení a smyku

- kombinace pro maximální kroutící moment

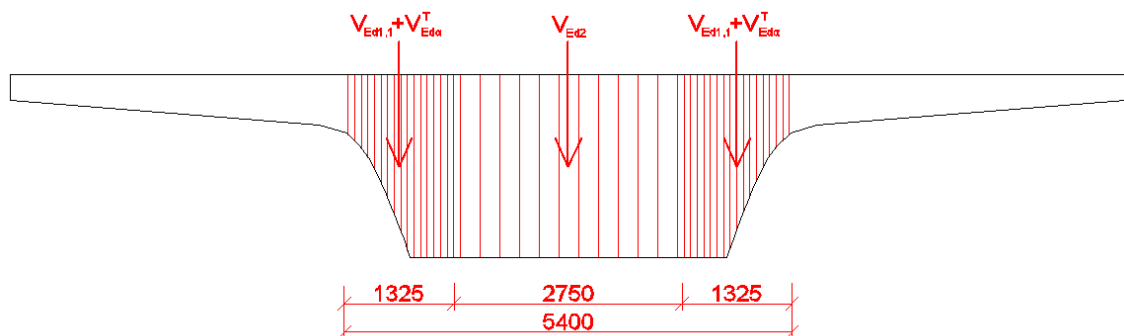
$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = \frac{8063,49}{10979,99} + \frac{8479,47}{6191,48} = 2,10 > 1,00$$

- kombinace pro maximální posouvající sílu

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = \frac{6469,60}{10979,99} + \frac{9320,40}{6191,48} = 1,59 > 1,00$$

Je nutné navrhnout smykovou výztuž

Rozdělení posouvající síly po průřezu:



- kombinace pro maximální kroutící moment

$$V_{Ed2} = \frac{V_{Ed}}{b} b_2 = \frac{8479,47}{5,40} * 2,75 = 4318,25 \text{ kN}$$

$$V_{Ed1,1} = \frac{V_{Ed}}{b} b_1 = \frac{8479,47}{5,40} * 1,325 = 2080,61 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}^T = \frac{M_x}{2 * A_k} l_1 = \frac{8063,49}{(2 * 5,640)} * 1,562 = 1116,59 \text{ kN}$$

$$V_{Ed\alpha}^T = \frac{V_{Ed}^T}{\cos \alpha} = \frac{1116,59}{\cos 20} = 1188,25 \text{ kN}$$

$$V_{Ed1} = V_{Ed\alpha}^T + V_{Ed1,1} = 1188,25 + 2080,61 = 3268,86 \text{ kN}$$

$$V_{Ed2} = 4318,25 \text{ kN}$$

$$H_{Ed,3} = \frac{M_x}{2 * A_k} l_3 = \frac{8063,49}{(2 * 5,640)} * 3,310 = 2366,148 \text{ kN}$$

$$H_{Ed,4} = \frac{M_x}{2 * A_k} l_4 = \frac{8063,49}{(2 * 5,640)} * 4,364 = 3119,598 \text{ kN}$$

- kombinace pro maximální posouvající sílu

$$V_{Ed2} = \frac{V_{Ed}}{b} b_2 = \frac{9320,40}{5,40} * 2,75 = 4746,50 \text{ kN}$$

$$V_{Ed1,1} = \frac{V_{Ed}}{b} b_1 = \frac{9320,40}{5,40} * 1,325 = 2286,95 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}^T = \frac{M_x}{2 * A_k} l_1 = \frac{6469,60}{(2 * 5,640)} * 1,562 = 895,88 \text{ kN}$$

$$V_{Ed\alpha}^T = \frac{V_{Ed}^T}{\cos \alpha} = \frac{895,88}{\cos 20} = 953,37 \text{ kN}$$

$$V_{Ed1} = V_{Ed\alpha}^T + V_{Ed1,1} = 2286,95 + 953,37 = 3240,32 \text{ kN}$$

$$V_{Ed2} = 4746,50 \text{ kN}$$

### Návrh smykové výztuže v oblasti $b_1$ :

Působí zde kroucení – jsou navrženy uzavřené třmínky 4 stříhy  $\varnothing R14$

$$A_{sw} = 6,16 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$s_l = 0,2 \text{ m}$$

$$\cotg \theta = 1,732 \quad (30^\circ)$$

$$\tg \theta = 0,577$$

$$V_{Rd,s1} = \frac{A_{sw}}{s} z * \cotg \theta * f_{ywk} = \frac{6,16 * 10^{-4}}{0,2} * 1,635 * 1,732 * 478,261 * 10^3$$

$$= 4171,514 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,s1} = 4171,51 \text{ kN} > V_{Ed,1} = 3240,32 \text{ kN}$$



**Návrh smykové výztuže v oblasti  $b_2$ :**Jsou navrženy otevřené třmínky **6 střižů  $\varnothing R14$** 

$$A_{sw} = 9,24 * 10^{-4} m^2$$

$$s_l = 0,2m$$

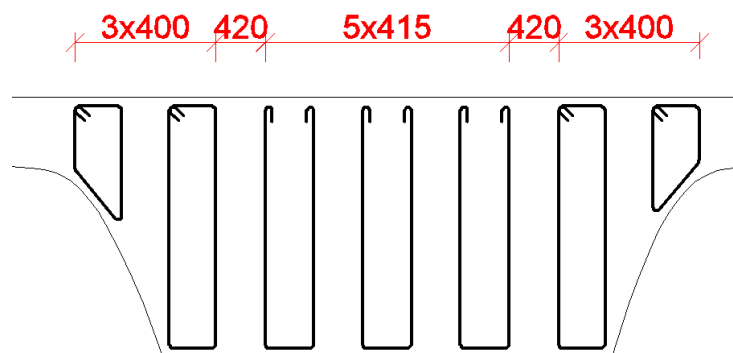
$$\cotg \theta = 1,732 \quad (30^\circ)$$

$$\tg \theta = 0,577$$

$$V_{Rd,s2} = \frac{A_{sw}}{s} z * \cotg \theta * f_{ywk} = \frac{9,24 * 10^{-4}}{0,2} * 1,635 * 1,732 * 478,261 * 10^3$$

$$= 6257,272 kN$$

$$V_{Rd,s2} = 6257,27 kN > V_{Ed,2} = 4171,514 kN$$

**Únosnost tlačené diagonály**

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} * v_1 * f_{cd} * b_w * z}{\cotg \theta + \tg \theta} =$$

$$\sigma_{cp} = -\frac{N_{Ed}}{A_{cr}} = \left( -\frac{40927,00}{14,057} \right) * 10^{-3} = -2,91 MPa$$

$$\sigma_{cp} < 0; \frac{1}{4} f_{cd} > = < 0; \frac{1}{4} 18 > = < 0; 4,5 >$$

$$\rightarrow \alpha_{cw} = 1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} = 1 + \frac{2,91}{18} = 1,162$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1,162 * 0,528 * 18 * 10^3 * 3,824 * 1,635}{\cotg 30 + \tg 30} = 29892,082 kN$$

$$T_{Rd,max} = \frac{2 * \alpha_{cu} * v * f_{cd} * A_k * t_{ef}}{\cotg \theta + \tg \theta} = \frac{2 * 0,528 * 1,162 * 18 * 10^3 * 5,640 * 0,730}{1,732 + 0,577}$$

$$= 39371,66 kN$$

**Interakce kroucení a smyku**

- kombinace pro maximální krouťící moment

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{8063,49}{39371,66} + \frac{8479,47}{29892,082} = 0,94 > 1,00$$

- kombinace pro maximální posouvající sílu

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{6469,60}{39371,66} + \frac{9320,40}{29892,082} = 0,90 > 1,00$$

### Vodorovná složka síly od kroutícího momentu

- při dolním okraji

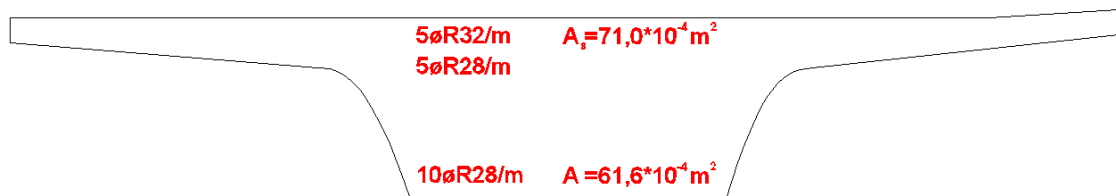
$$H_{Ed,3} = 2366,148 \text{ kN}$$

$$A_{s,reg} = \frac{H_{Ed,3}}{f_{yd}} = \frac{2366,148}{478,261 \cdot 10^3} = 49,47 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

- při horním okraji

$$H_{Ed,4} = 3119,598 \text{ kN}$$

$$A_{s,reg} = \frac{H_{Ed,4}}{f_{yd}} = \frac{3119,598}{478,261 \cdot 10^3} = 65,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$



### Celková vodorovná síla

$$H_{Ed} = \left( V_{Ed} + \frac{T_{Ed}}{2 \cdot A_k} u_k \right) \cdot \cotg \theta = \left( 8479,47 + \frac{8063,49}{2 \cdot 5,640} 10,797 \right) \cdot 1,732 = 28055,21 \text{ kN}$$

$$A_{s,reg} = \frac{H_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{28055,21}{478,261 \cdot 10^3} = 586,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

**Navrženo øR16 á250mm + øR20 á250mm ,  $A_s=589,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$**

Ověření konstrukčních zásad

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_l \cdot b_w \cdot \sin \alpha} + \frac{A_{sk}}{s_k \cdot t_{ef}} = \frac{9,24 \cdot 10^{-4}}{0,2 \cdot 3,824 \cdot 1} + \frac{6,16 \cdot 10^{-4}}{0,2 \cdot 0,730} = 17,99 \cdot 10^{-4}$$

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 \cdot \sqrt{30}}{550} = 7,97 \cdot 10^{-4}$$

$$s_{l,max} = 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha) = 0,75 \cdot 1,994 \cdot (1 + 0) = 1,496 \text{ m}$$

$$s_{t,max} = 0,75 \cdot d = 0,75 \cdot 1,994 = 1,496 \text{ m} \leq 0,6 \text{ m}$$

$$s_{k,max} = \min \left( \frac{u}{8}; b; 0,75 \cdot d \cdot (1 + \cotg \alpha) \right) = \min \left( \frac{10,7976}{8}; 3,824; 0,75 \cdot 1,994 \right) = 1,35 \text{ m}$$

$$\rho_w = 17,99 \cdot 10^{-4} > \rho_{w,min} = 7,97 \cdot 10^{-4}$$

$$s_l = 0,200 \text{ m} < s_{l,max} = 1,496 \text{ m}$$

$$s_t = 0,415\text{m} < s_{t,\max} = 0,600\text{m}$$

$$s_k = 0,200\text{m} < s_{k,\max} = 1,350\text{m}$$

### Podélný smyk

$$\Delta x = 1,0\text{m}$$

$$\Delta M_{Ed} = 5681,79\text{kNm}$$

$$b_{eff} = 6,725\text{m}$$

$$b_{eff,i} = 3,0\text{m}$$

$$\Delta F_{st} = \frac{\Delta M_{Ed}}{z} = \frac{5681,79}{1,635} = 3475,101\text{kN}$$

$$h_f = 0,6\text{m}$$

$$\Delta F_d = \Delta F_{st} * \frac{b_{eff,i}}{b_{eff}} = 3475,101 * \frac{3,0}{6,725} = 1550,231\text{kN}$$

$$v_{Ed}^V = \frac{\Delta F_d}{\Delta x * h_f} = \frac{1550,231}{1 * 0,6} = 2583,718\text{kPa}$$

$$v_{Ed}^T = \frac{M_x}{2 * A_k * h_f} = \frac{8063,49}{2 * 5,640 * 0,6} = 1191,414\text{kPa}$$

$$v_{Ed} = v_{Ed}^V + v_{Ed}^T = 2583,718 + 1191,414 = 3775,132\text{kPa}$$

$$v_{Ed} = \frac{v_{Ed}}{2} = \frac{3775,132}{2} = 1887,566\text{kPa}$$

Na polovinu průřezu

$$v_{Ed} = 1,888\text{MPa} > 0,4 * f_{ctd} = 0,4 * 1,333 = 0,533\text{MPa}$$

Je nutný návrh výztuže

$$\cotg \theta_f = 1,25 \quad (38,6^\circ)$$

$$\sin \theta_f = 0,624$$

$$\cos \theta_f = 0,782$$

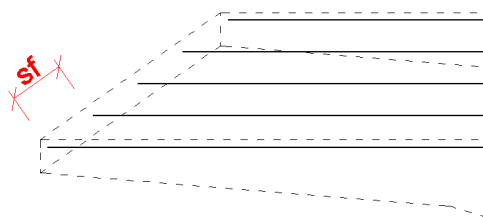
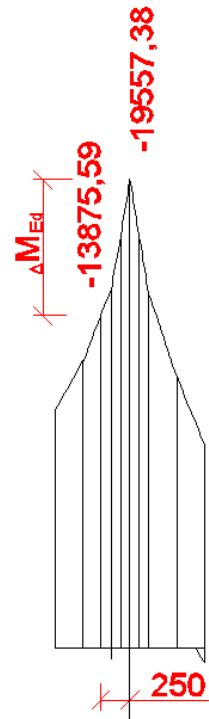
$$\frac{A_{sf}}{s_f} = \frac{v_{Ed} * h_f}{f_{yd} * \cotg \theta} = \frac{1,888 * 0,6}{478,261 * 1,25} = 18,94 * 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

Plocha bude přičtena k ploše výztuže na ohybový moment z příčného směru

Únosnost tlačných diagonál

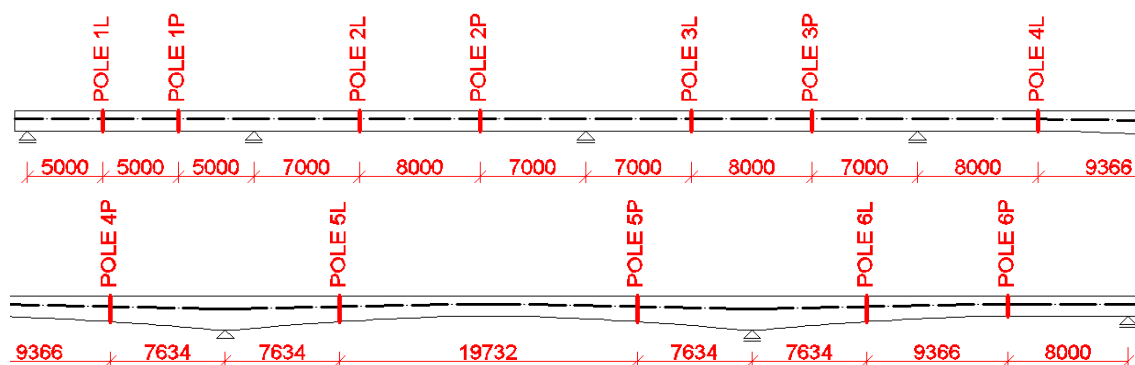
$$v_{Rd,\max} = v * f_{cd} * \sin \theta_f * \cos \theta_f = 0,528 * 18 * 10^3 * 0,624 * 0,782 = 4637,648\text{kPa}$$

$$v_{Rd,\max} = 4637,648\text{kPa} > v_{Ed} = 1888,566$$



	podpěra 5	podpěra 6
$\sigma_h$ [Mpa]	2.49	2.45
$\sigma_d$ [Mpa]	-10.62	-10.41
interakce kroucení a smyku - bez smykové výztuže		
max $T_{Ed}$ [-]	2.10	2.04
max $V_{Ed}$ [-]	1.59	1.54
vnitřní síly - kombinace max $T_{Ed}$		
$V_{Ed1}$ [kN]	3268.86	3180.48
$V_{Ed2}$ [kN]	4318.25	4438.52
$H_{Ed,3}$ [kN]	2366.15	2074.76
$H_{Ed,4}$ [kN]	3119.60	2735.43
vnitřní síly - kombinace max $V_{Ed}$		
$V_{Ed1}$ [kN]	3240.32	3189.68
$V_{Ed2}$ [kN]	4746.50	4798.62
interakce kroucení a smyku - únosnost tlačené diagonály		
max $T_{Ed}$ [-]	0.94	0.90
max $V_{Ed}$ [-]	0.90	0.87
únosnost smykové výztuže		
$V_{Rd,s1}$ [kN]	4171.514	
$V_{Rd,s2}$ [kN]	6257.272	
podélný smyk		
$\Delta M_{Ed}$ [kN]	5681.79	6119.89
$v_{Ed}$ [kPa]	1887.57	1913.82
$A_{sf}/S_f$ [m <sup>2</sup> /m]	1.894E-03	1.921E-03

### 5.7.3 Ve třetinách rozpětí polí



KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL						
		pole 1 L	pole 1 P	pole 2L	pole 3L	pole 4L
max $T_{Ed}$	$M_x$ [kNm]	3720.90	3052.22	4067.57	4002.93	3386.08
	$V_{Ed}$ [kN]	1035.96	1104.04	1027.65	1036.00	263.31
	$M_y$ [kNm]	5274.43	3983.71	5758.42	5449.95	5327.61
	$N_{Ed}$ [kN]	23752.27	25176.61	23254.30	22998.15	22934.80
max $V_{Ed}$	$M_x$ [kNm]	2745.31	1326.33	3457.96	3419.58	3129.63
	$V_{Ed}$ [kN]	1185.05	1640.14	1456.59	1509.46	1338.62
	$M_y$ [kNm]	5251.89	4706.43	7178.19	6752.91	7115.46
	$N_{Ed}$ [kN]	23752.27	25176.61	23254.30	22998.15	22934.80
extrém	$M_y$ [kNm]	6149.31	6176.59	6865.64	6883.10	8321.54

	pole 1 L	pole 1 P	pole 2L	pole 3L	pole 4L
$\sigma_h$ [Mpa]	-5.34	-5.49	-5.60	-5.69	-6.41
$\sigma_d$ [Mpa]	1.76	1.63	2.27	2.35	3.31
interakce kroucení a smyku - bez smykové výztuže					
max $T_{Ed}$ [-]	1.12	1.05	1.16	1.15	0.77
max $V_{Ed}$ [-]	0.98	0.92	1.18	1.19	1.06
vnitřní síly - kombinace max $T_{Ed}$					
$V_{Ed1}$ [kN]	717.38	639.53	763.16	755.99	516.36
$V_{Ed2}$ [kN]	619.81	660.54	614.83	619.83	157.54
$H_{Ed, 3}$ [kN]	2138.73	1754.38	2337.99	2300.84	1946.28
$H_{Ed, 4}$ [kN]	2553.35	2094.49	2791.24	2746.88	2323.59
vnitřní síly - kombinace max $V_{Ed}$					
$V_{Ed1}$ [kN]	613.79	510.97	765.88	771.24	697.24
$V_{Ed2}$ [kN]	709.00	981.28	871.46	903.10	800.88
interakce kroucení a smyku - únosnost tlačené diagonály					
max $T_{Ed}$ [-]	0.29	0.25	0.31	0.31	0.22
max $V_{Ed}$ [-]	0.24	0.19	0.30	0.30	0.28
únosnost smykové výztuže					
$V_{Rd,s1}$ [kN]	871.426	4 stříhy $\varnothing R14$ , á 400mm			
$V_{Rd,s2}$ [kN]	1307.138	6 stříhů $\varnothing R14$ , á 400mm			
Pro nejméně příznivý řez - s nejmenším ramenem vnitřních sil					
výztuž při dolním okraji průřezu					
$H_{Rd, 3}$ [kN]	2348.26	10 $\varnothing R25$			
výztuž při horním okraji průřezu					
$H_{Rd, 4}$ [kN]	2946.09	10 $\varnothing R28$			
celková vodorovná síla					
$\Delta F_{td}$ [kN]	11492.3523	9867.447	12381.51	12227.49	9281.421
síly jsou započítány do MSÚ při ohybu podélná výztuž navržena konstrukčně - $\varnothing R16$ , á 250mm					

podélný smyk					
$\Delta M_{Ed}$ [kN]	542.200	688.54	608.230	605.420	574.63
$v_{Ed}$ [kPa]	2253.410	2688.589	2219.472	2194.223	1906.215
$A_{st}/s_f$ [m <sup>2</sup> /m]	6.52E-04				

KOMBINACE VNITŘNÍCH SIL						
		pole 4 P	pole 5 L	pole 5 P	pole 6 L	pole 6 P
max $T_{Ed}$	$M_x$ [kNm]	5006.54	5769.68	5950.29	4674.40	3343.5
	$V_{Ed}$ [kN]	1839.60	1895.40	1985.96	1954.05	494.37
	$M_y$ [kNm]	2631.08	7477.39	3170.74	6595.13	7817.98
	$N_{Ed}$ [kN]	40571.06	41047.56	40530.85	41110.76	23976.37
max $V_{Ed}$	$M_x$ [kNm]	2155.06	4797.33	2828.94	4123.00	1236.48
	$V_{Ed}$ [kN]	2454.98	2361.06	2682.06	2420.52	1312.77
	$M_y$ [kNm]	2532.17	7351.51	3957.06	6359.44	9483.39
	$N_{Ed}$ [kN]	40571.06	41047.56	40530.85	41110.76	23976.37
extrém	$M_y$ [kNm]	8434.63	11349.48	9212.59	11615.47	10407.49

	pole 4 P	pole 5 L	pole 5 P	pole 6 L	pole 6 P
$\sigma_h$ [Mpa]	-5.29	-5.99	-5.46	-6.06	-7.45
$\sigma_d$ [Mpa]	-0.20	0.87	0.10	0.96	4.56
interakce kroucení a smyku - bez smykové výztuže					
max $T_{Ed}$ [-]	1.12	1.27	1.31	1.08	0.71
max $V_{Ed}$ [-]	1.32	1.82	1.54	1.70	0.72
vnitřní síly - kombinace max $T_{Ed}$					
$V_{Ed1}$ [kN]	1107.98	1227.74	1273.00	1086.21	579.34
$V_{Ed2}$ [kN]	1034.78	1066.16	1117.10	1099.15	278.08
$H_{Ed,3}$ [kN]	2103.747	2424.418	2500.311	1964.182	1404.938
$H_{Ed,4}$ [kN]	2601.067	2997.544	3091.377	2428.509	1737.061
vnitřní síly - kombinace max $V_{Ed}$					
$V_{Ed1}$ [kN]	840.74	1192.57	985.38	1110.54	461.43
$V_{Ed2}$ [kN]	1380.93	1328.10	1508.66	1361.54	738.43
interakce kroucení a smyku - únosnost tlačené diagonály					
max $T_{Ed}$ [-]	0.24	0.27	0.28	0.23	0.14
max $V_{Ed}$ [-]	0.15	0.25	0.19	0.23	0.09
únosnost smykové výztuže					
$V_{Rd,s1}$ [kN]	2085.757	4 stříhy $\varnothing R14$ , á 400mm			
$V_{Rd,s2}$ [kN]	3128.636	6 stříhů $\varnothing R14$ , á 400mm			
Pro nejméně příznivý řez - s nejmenším ramenem vnitřních sil					
výztuž při dolním okraji průřezu					
$H_{Rd,3}$ [kN]	2946.087	10 $\varnothing R28$			

výztuž při horním okraji průřezu					
H <sub>Rd, 4</sub> [kN]	3845.217	10 øR32			
celková vodorovná síla					
ΔF <sub>td</sub> [kN]	13557.52	15235.05	15766.04	13067.72	7782.466
síly jsou započítány do MSÚ při ohybu podélná výztuž navržena konstrukčně - øR16, á 250mm					
podélný smyk					
ΔM <sub>Ed</sub> [kN]	988.5	593.510	598.620	604.99	350.08
v <sub>Ed</sub> [kPa]	2063.423	2005.746	2059.346	1709.67	1313.666
A <sub>sf</sub> /s <sub>f</sub> [m <sup>2</sup> /m]	6.90E-04				

ŘEZ	POLE 1 L	POLE 2 L	POLE 3 L	POLE 4 L	POLE 4 P
$N_{Ed}$ [kN]	11127.44	10816.71	10568.37	12240.11	26806.46
$M_{Ed}$ [kNm]	5928.43	6631.43	5830.34	6350.68	6733.68
$A$ [m <sup>2</sup> ]	10.369	10.369	10.369	10.369	12.069
$h$ [m]	1.300	1.300	1.300	1.300	1.675
$b$ [m]	9.810	10.980	10.980	11.060	11.060
$d_{1,p}$ [m]	0.541	0.374	0.345	0.284	0.742
$d_{1,p2}$ [m]	-	-	-	-	1.388
$A_{p1}$ [mm <sup>2</sup> ]	19800	19800	19800	19800	19800
$A_{p2}$ [mm <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	14250
$\sigma_h$ [Mpa]	-3.71	-3.75	-3.40	-3.77	-3.74
$\sigma_{cp}$ [Mpa]	0.02	1.12	1.01	1.34	-1.47
$\sigma_d$ [Mpa]	2.68	3.08	2.61	2.77	0.33
$\sigma_p$ [Mpa]	1142.414	1171.627	1151.306	1147.254	1185.433
$\sigma_p^0$ [Mpa]	1142.269	1164.825	1145.131	1139.085	1176.456
$x$ [m]	0.145	0.125	0.126	0.136	0.231
$\lambda x$ [m]	0.116	0.100	0.101	0.109	0.185
$\epsilon_{cu}$ [‰]	3.350	2.191	2.147	2.194	3.500
$\epsilon_{p0}$ [‰]	5.858	5.973	5.872	5.841	6.033
$\epsilon_{p1}$ [‰]	14.142	14.027	14.128	14.159	10.651
$\epsilon_{p2}$ [‰]	-	-	-	-	0.853
$\Delta\sigma_{p1}$ [Mpa]	475.122	452.567	472.261	478.306	382.656
$\Delta\sigma_{p2}$ [Mpa]	-	-	-	-	166.309
$\Delta F_{p1}$ [kN]	9407.419	8960.820	9350.758	9470.467	7576.594
$\Delta F_{p2}$ [kN]	-	-	-	-	2369.901
$F_{cc}$ [kN]	20534.859	19777.530	19919.128	21710.577	36752.956
$z_{cc}$ [m]	0.478	0.465	0.465	0.460	0.533
$z_{p1}$ [m]	0.223	0.411	0.440	0.501	0.308
$z_{p2}$ [m]	-	-	-	-	-0.338

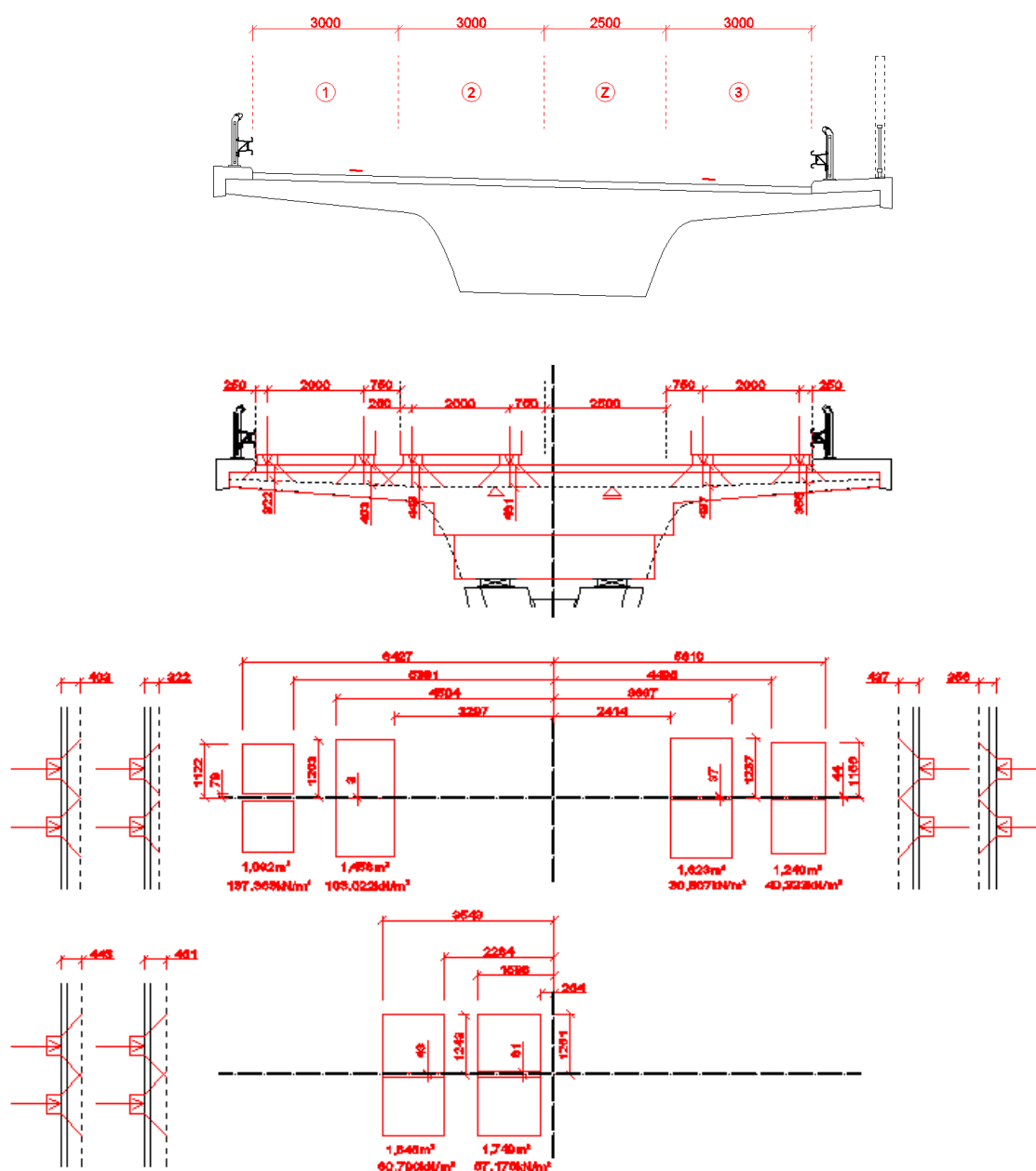
<b>N<sub>Rd</sub> [kN]</b>	11127.44	10816.71	10568.37	12240.11	26806.46
<b>M<sub>Rd</sub> [kNm]</b>	11910.52	12878.77	13368.91	14741.83	21110.61

<b>ŘEZ</b>	<b>POLE 5 L</b>	<b>POLE 5 P</b>	<b>POLE 6 L</b>	<b>POLE 6 P</b>
<b>N<sub>Ed</sub> [kN]</b>	25536.25	25325.42	27806.90	15712.82
<b>M<sub>Ed</sub> [kNm]</b>	10389.47	8627.04	9339.02	9542.59
A [m <sup>2</sup> ]	12.069	12.069	12.069	10.369
h [m]	1.675	1.675	1.675	1.300
b [m]	11.060	11.060	11.450	11.450
d <sub>1,p</sub> [m]	0.934	0.934	0.742	0.176
d <sub>1,p2</sub> [m]	0.908	0.908	1.388	-
A <sub>p1</sub> [mm <sup>2</sup> ]	19800	19800	19800	19800
A <sub>p2</sub> [mm <sup>2</sup> ]	14250	14250	14250	-
σ <sub>h</sub> [Mpa]	-4.46	-4.04	-4.41	-5.759
σ <sub>cp</sub> [Mpa]	-1.58	-1.66	-1.27	3.140
σ <sub>d</sub> [Mpa]	1.82	1.17	1.23	4.533
σ <sub>p</sub> [Mpa]	1197.395	1206.798	1200.429	1186.631
σ <sub>p</sub> <sup>0</sup> [Mpa]	1187.744	1196.703	1192.711	1205.765
x [m]	0.230	0.227	0.228	0.145
λx [m]	0.184	0.182	0.183	0.116
ε <sub>cu</sub> [‰]	3.500	3.500	3.500	2.042
ε <sub>p0</sub> [‰]	6.091	6.137	6.116	6.183
ε <sub>p1</sub> [‰]	7.785	7.913	10.803	13.817
ε <sub>p2</sub> [‰]	8.181	8.314	0.900	-
Δσ <sub>p1</sub> [Mpa]	322.033	316.131	370.543	411.626
Δσ <sub>p2</sub> [Mpa]	328.991	323.169	175.445	-
ΔF <sub>p1</sub> [kN]	6376.246	6259.401	7336.748	8150.204
ΔF <sub>p2</sub> [kN]	4688.128	4605.159	2500.098	-
F <sub>cc</sub> [kN]	36600.624	36189.980	37643.746	23863.024
z <sub>cc</sub> [m]	0.533	0.534	0.534	0.478
z <sub>p1</sub> [m]	0.116	0.116	0.308	0.588
z <sub>p2</sub> [m]	0.142	0.142	-0.338	-
<b>N<sub>Rd</sub> [kN]</b>	25536.25	25325.42	27806.90	15712.82
<b>M<sub>Rd</sub> [kNm]</b>	20916.26	20709.34	21504.25	16201.43



## 6. PŘÍČNÝ SMĚR

Rozmístění zatěžovacích pruhů modelu LM1 pro příčný směr:



Spojité rovnoměrná zatížení:

$$q_1 = Q_1/A_1 = 150/1,092 = 137,363 \text{ kNm}^{-2}$$

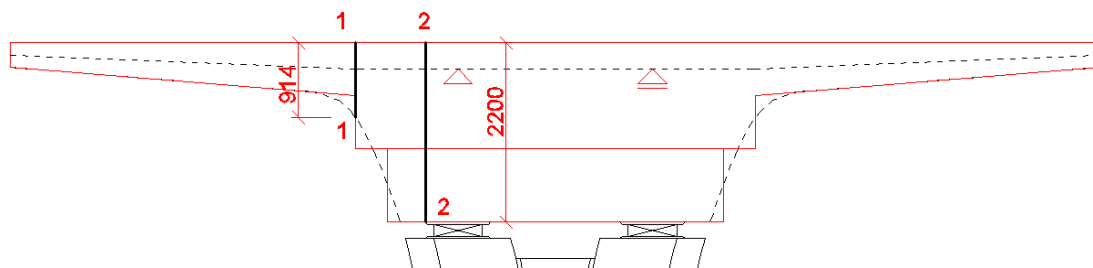
$$q_2 = Q_1/A_2 = 150/1,456 = 103,022 \text{ kNm}^{-2}$$

$$q_3 = Q_2/A_3 = 100/1,645 = 60,790 \text{ kNm}^{-2}$$

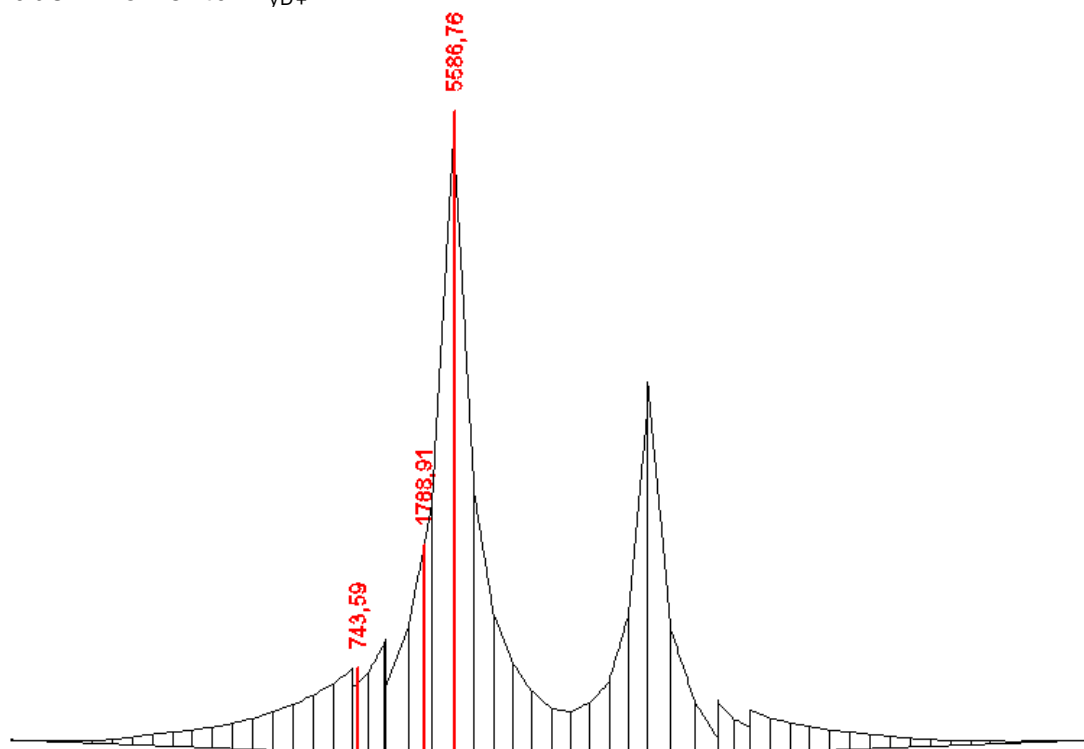
$$q_4 = Q_2/A_4 = 100/1,749 = 57,176 \text{ kNm}^{-2}$$

$$q_5 = Q_3/A_5 = 50/1,623 = 30,807 \text{ kNm}^{-2}$$

$$q_6 = Q_3/A_6 = 50/1,240 = 40,323 \text{ kNm}^{-2}$$



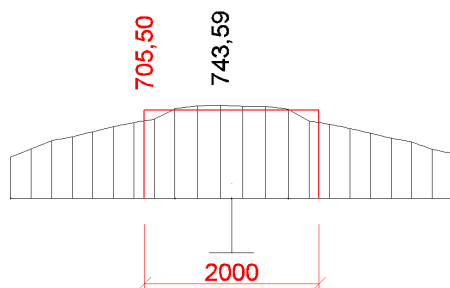
Průběh momentů  $m_{yD+}$  :



## 6.1 V podpěře 6 - řez 1-1

Návrh výztuže a posouzení na ohyb

Zprůměrovaný dimenzační moment  $m_{yD+}$  :



$$\varnothing = 25\text{mm}$$

$$f_{cd} = 18\text{MPa}$$

$$h = 0,914\text{m}$$

$$f_{yd} = 478,261\text{MPa}$$

$$c = 0,06\text{m}$$

$$\varepsilon_{cu} = -3,5\text{‰}$$

$$b = 1,0\text{m}$$

$$d_1 = c + \frac{\emptyset}{2} = 0,06 - \frac{0,025}{2} = 0,0725\text{m}$$

$$d = h - d_1 = 0,914 - 0,0725 = 0,8415\text{m}$$

$$\begin{aligned} A_{s,\text{reg}} &= b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}}}\right) \\ &= 1 * 0,8415 * \frac{18,000}{478,261} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 705,50}{1,0 * 0,8415^2 * 18 * 10^3}}\right) \\ &= 0,001804\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{A_{sf}}{s_f} = 18,94 * 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}} \quad \text{plocha výztuže nutná k přenesení podélného smyku}$$

čtvrtina je přičtena k výztuži u horního povrchu

$$A_{s,1} = A_{s,\text{reg}} + \frac{1}{4} * \frac{A_{sf}}{s_f} = 0,001804 + \frac{0,001894}{4} = 0,002278\text{m}^2$$

**Navrženo  $\emptyset R25$  á  $200\text{mm}$ ,  $A_s = 24,54 * 10^{-4}\text{m}^2$**

$$x = \frac{A_s * f_{yd}}{0,8 * b * f_{cd}} = \frac{24,54 * 10^{-4} * 478,261}{0,8 * 1 * 18} = 0,082\text{m}$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{|\varepsilon_{cu}|}{1} * \frac{d - x}{x} = \frac{|-3,5|}{1} * \frac{0,8415 - 0,082}{0,082} = 32,636\text{‰}$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E} = \frac{478,261}{200} = 2,391\text{‰}$$

$$\varepsilon_{s1} = 32,636\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,391\text{‰} \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$z = d - 0,4x = 0,8415 - 0,4 * 0,082 = 0,809\text{m}$$

$$M_{Rd} = z * f_{yd} * A_s = 0,809 * 478,261 * 10^3 * 24,54 * 10^{-4} = 949,37\text{kNm}$$

$$\mathbf{M_{Rd} = 949,37\text{kNm} > M_{Ed} = 705,50\text{kNm}}$$

Jako rozdělovací výztuž je využita výztuž k přenesení vodorovné síly  **$\emptyset R16$  á  $250\text{mm}$ ,  $A_s = 8,04 * 10^{-4}\text{m}^2/\text{m}$**

$$A_{s,\text{rv,min}} = 0,2 * A_s = 0,2 * 24,54 * 10^{-4} = 4,91 * 10^{-4}\text{m}^2$$

$$A_{s,\text{rv}} = 8,04 * 10^{-4}\text{m}^2 > A_{s,\text{rv,min}} = 4,91 * 10^{-4}\text{m}^2$$

Ověření konstrukčních zásad

$$A_{s,\text{max}} = 0,04 * A_c = 0,04 * 1 * 0,914 = 365,6 * 10^{-4}\text{m}^2$$

$$A_s = 24,54 * 10^{-4}\text{m}^2 < A_{s,\text{max}} = 365,6 * 10^{-4}\text{m}^2$$

$$\begin{aligned} A_{s,\text{min}} &= \max\left(0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d; 0,0013 * b * d\right) = \max\left(0,26 \frac{2,9}{550} * 1 * 0,8415; 0,0013 * 1 * 0,8415\right) = \\ &= \max(11,54 * 10^{-4}; 10,94 * 10^{-4}) = 11,54 * 10^{-4}\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$A_s = 24,54 * 10^{-4}\text{m}^2 > A_{s,\text{min}} = 11,54 * 10^{-4}\text{m}^2$$

hlavní nosná výztuž

$$s_{\max} \leq 2h; 250\text{mm}$$

$$200\text{mm} < 1828; 250\text{mm}$$

rozdělovací výztuž

$$s_{\max} \leq 3h; 400\text{mm}$$

$$250\text{mm} < 2742; 400\text{mm}$$

**Posouzení na smyk**

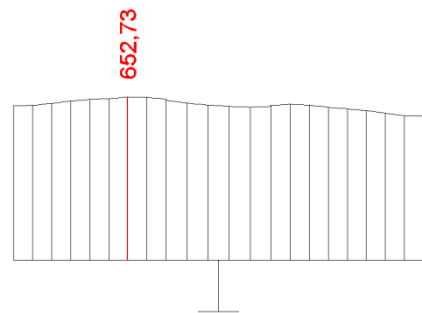
Únosnost průřezu bez smykové výztuže

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_e * f_{ck})^{1/3} b_w * d \quad \text{Průběh hlavní posouvající síly } q_{\max} :$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{841,5}} = 1,488 < 2$$

$$\rho_e = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{24,54 * 10^{-4}}{1,0 * 0,8415} = 2,916 * 10^{-3}$$



$$V_{Rd,c} = 0,12 * 1,488 * (100 * 2,916 * 10^{-3} * 30)^{1/3} * 1000 * 841,5 * 10^{-3} = 309,512\text{kN}$$

$$V_{Rd,c} > V_{Rd,c,\min}$$

$$V_{Rd,c,\min} = v_{\min} b_w d = 0,348 * 1000 * 841,5 * 10^{-3} = 292,668\text{kN}$$

$$v_{\min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 1,488^{3/2} * 30^{1/2} = 0,348$$

$$V_{Rd,c} = 309,512\text{kN} > V_{Rd,c,\min} = 292,668\text{kN}$$

$$V_{Rd,c} = 309,51\text{kN} < V_{Ed} = 652,73\text{kN}$$

Jsou navrženy **jednostřížné spony**  $\varnothing R12$ 

$$A_{sw,1} = 1,13 * 10^{-4}\text{m}^2$$

$$s_l = 0,4\text{m}$$

$$s_t = 0,25\text{m}$$

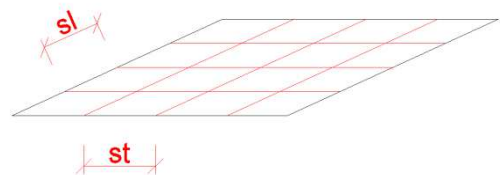
$$\cot\theta = 1,732\text{m} \quad (30^\circ)$$

$$\tan\theta = 0,577\text{m}$$

$$A_{sw} = \frac{1000}{s_t} A_{sw,1} = \frac{1000}{250} 1,13 * 10^{-4} = 4,52 * 10^{-4}\text{m}^2$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s_l} z * \cot\theta * f_{yw} = \frac{4,52 * 10^{-4}}{0,400} * 0,809 * 1,732 * 478,261 * 10^3 = 757,178\text{kN}$$

$$V_{Rd,s} = 757,18\text{kN} > V_{Ed} = 652,73\text{kN}$$



**Únosnost tlačené diagonály**

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cu} * b_w * z * v * f_{cd}}{\cot\theta + \tan\theta} = \frac{1 * 1 * 0,809 * 0,528 * 18 * 10^3}{1,732 + 0,577} = 3328,904 \text{ kN}$$

$$v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 3328,90 \text{ kN} > V_{Ed} = 652,73 \text{ kN}$$

**Kontrola konstrukčních zásad**

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 * \sqrt{30}}{550} = 7,97 * 10^{-4}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_l * b_w * \sin \alpha} = \frac{4,52 * 10^{-4}}{0,4 * 1 * \sin 90} = 11,30 * 10^{-4}$$

$$\rho_w = 11,30 * 10^{-4} > \rho_{w,min} = 7,97 * 10^{-4}$$

$$s_l \leq 0,75d * (1 + \cot\alpha) = 0,75 * 841,5 * (1 + 0) = 631 \text{ mm}$$

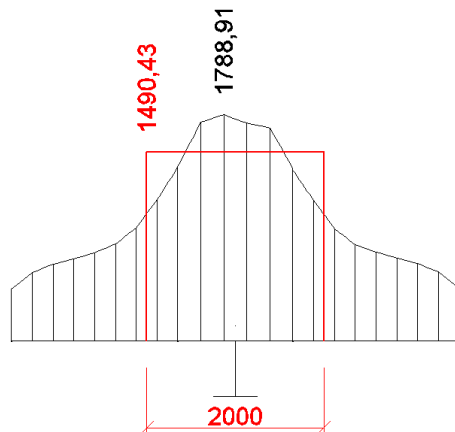
$$s_l = 400 \text{ mm} < s_{l,max} = 631 \text{ mm}$$

$$s_t \leq 1,5d = 1,5 * 841,5 = 1262 \text{ mm}$$

$$s_t = 250 \text{ mm} < s_{t,max} = 1262 \text{ mm}$$

**6.2 V podpěře 6 - řez 2-2****Návrh výztuže a posouzení na ohyb**

Zprůměrovaný dimenzační moment  $m_{yD+}$  :



$$\phi = 25 \text{ mm}$$

$$h = 2,2 \text{ m}$$

$$c = 0,06 \text{ m}$$

$$b = 1,0 \text{ m}$$

$$f_{cd} = 18 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = 478,261 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{cu} = -3,5\text{‰}$$

$$d_1 = c + \frac{\phi}{2} = 0,06 - \frac{0,025}{2} = 0,0725 \text{ m}$$

$$d = h - d_1 = 2,2 - 0,0725 = 2,1275 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s,reg} &= b * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd}}}\right) \\
 &= 1 * 2,1275 * \frac{18,000}{478,261} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 1490,43}{1,0 * 2,1275^2 * 18 * 10^3}}\right) \\
 &= 0,001478 \text{m}^2
 \end{aligned}$$

$$\frac{A_{sf}}{s_f} = 18,94 * 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}} \quad \text{plocha výztuže nutná k přenesení podélného smyku}$$

čtvrtina je přičtena k výztuži u horního povrchu

$$A_{s,1} = A_{s,reg} + \frac{1}{4} * \frac{A_{sf}}{s_f} = 0,001478 + \frac{0,001894}{4} = 0,001952 \text{m}^2$$

**Navrženo  $\varnothing R25$  á200mm,  $A_s = 24,54 * 10^{-4} \text{m}^2$**

$$x = \frac{A_s * f_{yd}}{0,8 * b * f_{cd}} = \frac{24,54 * 10^{-4} * 478,261}{0,8 * 1 * 18} = 0,082 \text{m}$$

$$\varepsilon_{s1} = \frac{|\varepsilon_{cu}|}{1} * \frac{d - x}{x} = \frac{|-3,5|}{1} * \frac{2,1275 - 0,082}{0,082} = 87,861\text{‰}$$

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E} = \frac{478,261}{200} = 2,391\text{‰}$$

$$\varepsilon_{s1} = 87,861\text{‰} > \varepsilon_{yd} = 2,391\text{‰} \rightarrow \sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$z = d - 0,4x = 2,1275 - 0,4 * 0,082 = 2,095 \text{m}$$

$$M_{Rd} = z * f_{yd} * A_s = 2,095 * 478,261 * 10^3 * 24,54 * 10^{-4} = 2458,68 \text{kNm}$$

$$M_{Rd} = 2458,68 \text{kNm} > M_{Ed} = 1490,43 \text{kNm}$$

Jako rozdělovací výztuž je využita výztuž k přenesení vodorovné síly  **$\varnothing R16$  á250mm,  $A_s = 8,04 * 10^{-4} \text{m}^2/\text{m}$**

$$A_{s,rv,min} = 0,2 * A_s = 0,2 * 24,54 * 10^{-4} = 4,91 * 10^{-4} \text{m}^2$$

$$A_{s,rv} = 8,04 * 10^{-4} \text{m}^2 > A_{s,rv,min} = 4,91 * 10^{-4} \text{m}^2$$

Ověření konstrukčních zásad

$$A_{s,max} = 0,04 * A_c = 0,04 * 1 * 2,2 = 880,0 * 10^{-4} \text{m}^2$$

$$A_s = 24,54 * 10^{-4} \text{m}^2 < A_{s,max} = 880,0 * 10^{-4} \text{m}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_{s,min} &= \max\left(0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} * b * d; 0,0013 * b * d\right) = \max\left(0,26 \frac{2,9}{550} * 1 * 2,1275; 0,0013 * 1 * 2,1275\right) = \\
 &= \max(24,17 * 10^{-4}; 23,66 * 10^{-4}) = 24,17 * 10^{-4} \text{m}^2
 \end{aligned}$$

$$A_s = 24,54 * 10^{-4} \text{m}^2 > A_{s,min} = 24,17 * 10^{-4} \text{m}^2$$

hlavní nosná výztuž

$$s_{max} \leq 2h; 250 \text{mm}$$

$$200 \text{mm} < 4400; 250 \text{mm}$$

rozdělovací výztuž

$$s_{\max} \leq 3h; 400\text{mm}$$

$$250\text{mm} < 6600; 400\text{mm}$$

### Posouzení na smyk

Únosnost průřezu bez smykové výztuže

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_e * f_{ck})^{1/3} b_w * d \quad \text{Průběh hlavní posouvající síly } q_{\max} :$$

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{2127,5}} = 1,046 < 2$$

$$\rho_e = \frac{A_{sl}}{b_w d} = \frac{24,54 * 10^{-4}}{1,0 * 2,1275} = 1,153 * 10^{-3}$$

$$V_{Rd,c} = 0,12 * 1,046 * (100 * 1,153 * 10^{-3} * 30)^{1/3} * 1000 * 2127,5 * 10^{-3} = 403,896\text{kN}$$

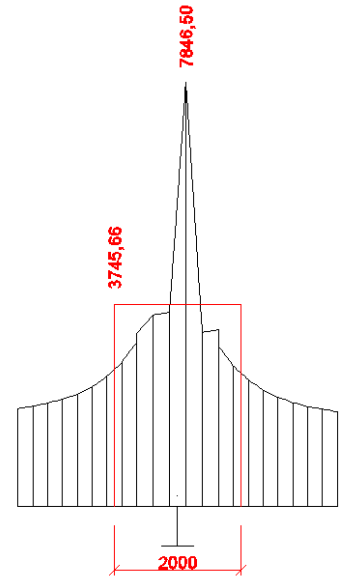
$$V_{Rd,c} > V_{Rd,c,\min}$$

$$V_{Rd,c,\min} = v_{\min} b_w d = 0,348 * 1000 * 2127,5 * 10^{-3} = 436,278\text{kN}$$

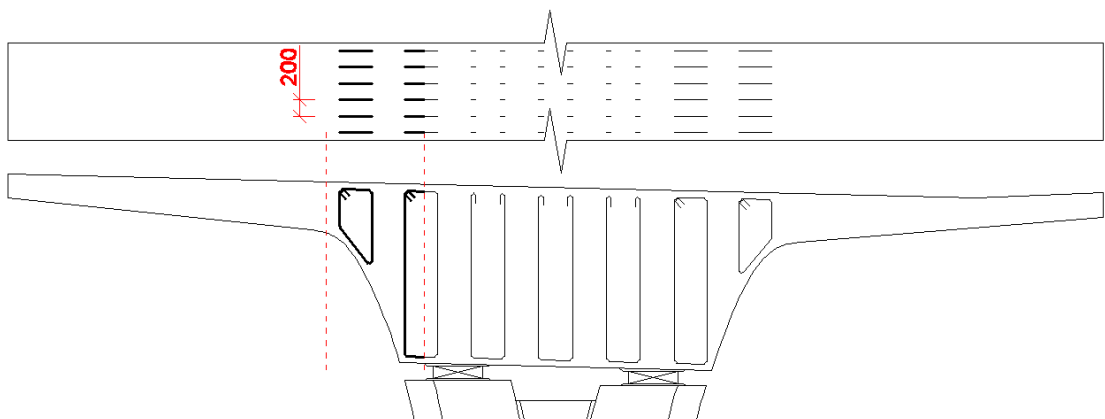
$$v_{\min} = 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} = 0,035 * 1,046^{3/2} * 30^{1/2} = 0,205$$

$$V_{Rd,c} = 403,896\text{kN} > V_{Rd,c,\min} = 436,278\text{kN}$$

$$V_{Rd,c} = 436,28\text{kN} < V_{Ed} = 3745,66\text{kN}$$



Jsou využity třmínky navržené na smyk v podélném směru



Jsou uvažovány 3 střihy øR14

$$A_{sw} = 4,62 * 10^{-4} \text{m}^2$$

$$s_l = 0,2 \text{m}$$

$$\cotg\theta = 1,732 \text{m} \quad (30^\circ)$$

$$\tg\theta = 0,577 \text{m}$$

$$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s_l} z * \cotg\theta * f_{ywk} = \frac{4,52 * 10^{-4}}{0,200} * 2,095 * 1,732 * 478,261 * 10^3 = 4008,671 \text{kN}$$

$$V_{Rd,s} = 4008,67 \text{kN} > V_{Ed} = 3745,66 \text{kN}$$

Únosnost tlačené diagonály

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cu} * b_w * z * v f_{cd}}{\cotg\theta + \tg\theta} = \frac{1 * 1 * 2,095 * 0,528 * 18 * 10^3}{1,732 + 0,577} = 8621,250 \text{kN}$$

$$v = 0,6 \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

$$V_{Rd,max} = 8621,25 \text{kN} > V_{Ed} = 3745,66 \text{kN}$$

Kontrola konstrukčních zásad

$$\rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0,08 * \sqrt{30}}{550} = 7,97 * 10^{-4}$$

$$\rho_w = \frac{A_{sw}}{s_l * b_w * \sin \alpha} = \frac{4,62 * 10^{-4}}{0,2 * 1 * \sin 90} = 23,10 * 10^{-4}$$

$$\rho_w = 23,10 * 10^{-4} > \rho_{w,min} = 7,97 * 10^{-4}$$

$$s_l \leq 0,75d * (1 + \cotg\alpha) = 0,75 * 2127,5 * (1 + 0) = 3191 \text{mm}$$

$$s_l = 200 \text{mm} < s_{l,max} = 3191 \text{mm}$$

### 6.3 Ve třetinách rozpětí polí

	pole 1L	pole 1P	pole 2L	pole 2P	pole 3L	pole 3P	pole 4L
$m_{VD+} [\text{kNm/m}]$	489.41	600.77	542.69	577.04	576.51	546.2	484.84
$v_{max} [\text{kN/m}]$	330.91	644.27	562.65	618.58	618.19	567.35	421.27
h [m]				0.914			
c [m]				0.06			
ø [m]				0.022			
d <sub>i</sub> [m]				0.071			
d [m]				0.843			
b [m]				1			
$\epsilon_{cu} [\text{‰}]$				3.5			
$A_{s,req} [\text{m}^2]$	0.001238	0.001527	0.001376	0.001465	0.001464	0.001385	0.001226
$A_{sf} [\text{m}^2]$	0.000652	0.000652	0.000652	0.000652	0.000652	0.000652	0.000652
$A_s [\text{m}^2]$	0.001401	0.00169	0.001539	0.001628	0.001627	0.001548	0.001389

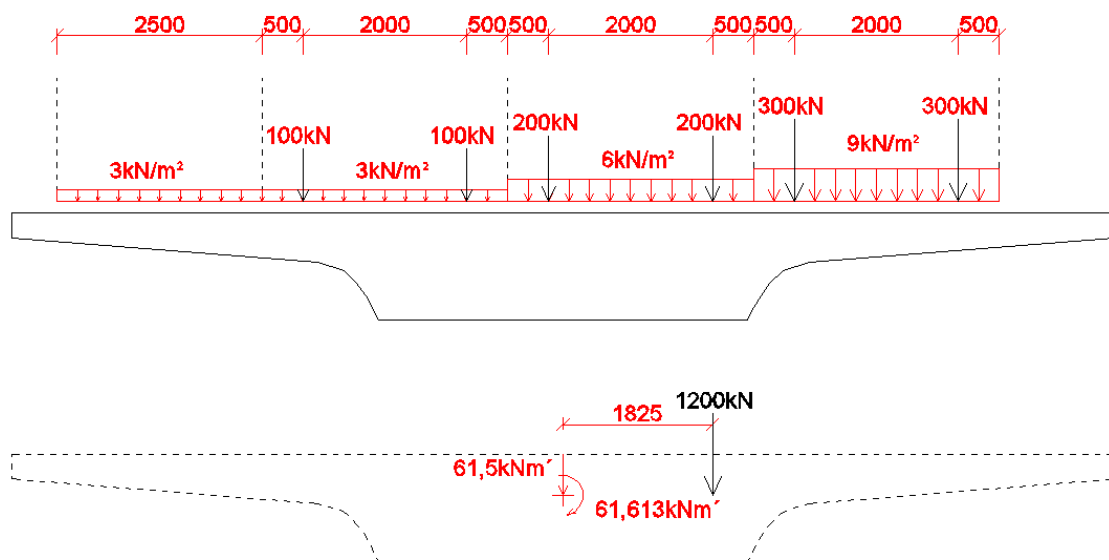


Návrh $\phi R$ á 200mm							
$\phi R$	22	22	22	22	22	22	22
$A_s [m^2]$	0.001901	0.001901	0.001901	0.001901	0.001901	0.001901	0.001901
Posouzení							
$x [m]$	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
$\varepsilon_{s1} [‰]$	43.232	43.232	43.232	43.232	43.232	43.232	43.232
$z [m]$	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818	0.818
$M_{Rd} [kNm]$	743.47	743.47	743.47	743.47	743.47	743.47	743.47
	>	>	>	>	>	>	>
$M_{Ed} [kNm]$	489.41	600.77	542.69	577.04	576.51	546.2	484.84
$V_{Rd,s} [kN]$	789.10	789.10	789.10	789.10	789.10	789.10	789.10
	>	>	>	>	>	>	>
$V_{Ed} [kN]$	330.91	644.27	562.65	618.58	618.19	567.35	421.27

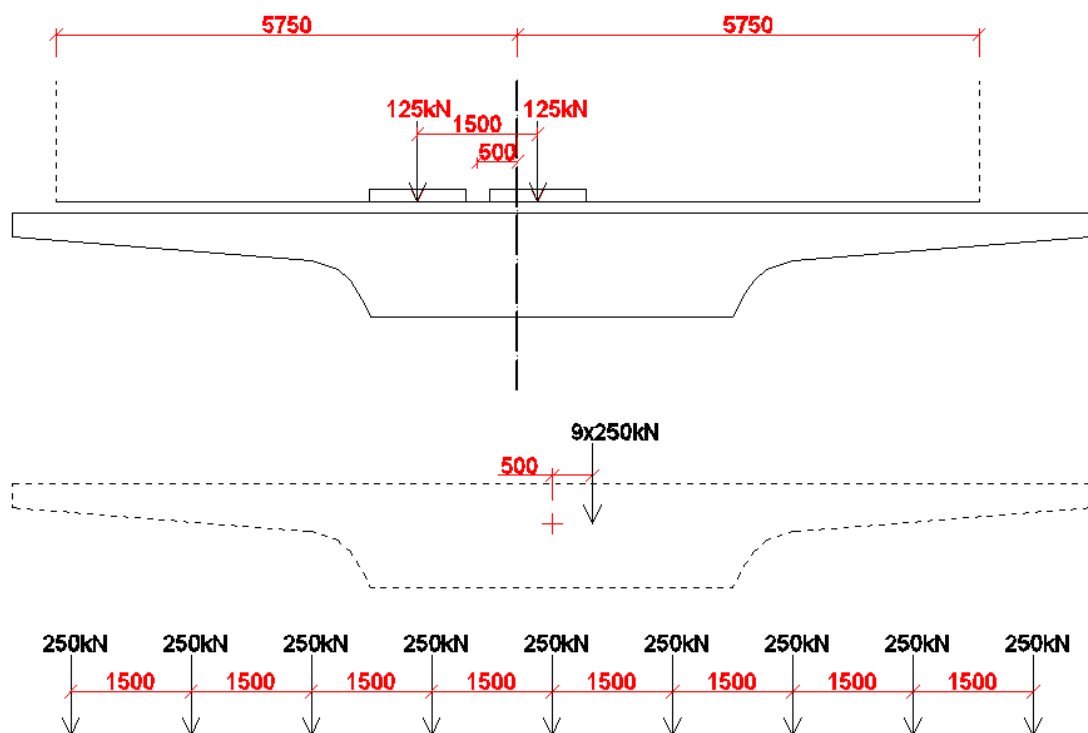
	pole 4P	pole 5L	pole 5P	pole 6L	pole 6P
$m_{yD+} [kNm/m]$	717.22	767.68	774.04	754.68	458.84
$v_{max} [kN/m]$	740.78	779.42	757.38	732.6	302.86
Návrh $\phi R$ á 200mm					
$h [m]$			0.914		
$c [m]$			0.06		
$\phi [m]$			0.025		
$d_1 [m]$			0.0725		
$d [m]$			0.8415		
$b [m]$			1		
$\varepsilon_{cu} [‰]$			3.5		
$A_{s,req} [m^2]$	0.001835	0.001969	0.001986	0.001934	0.001159
$A_{sf} [m^2]$	0.00069	0.00069	0.00069	0.00069	0.00069
$A_s [m^2]$	0.002008	0.002141	0.002158	0.002107	0.001332
Návrh $\phi R$ á 200mm					
$\phi R$	25	25	25	25	25
$A_s [m^2]$	0.002454	0.002454	0.002454	0.002454	0.002454
Posouzení					
$x [m]$	0.082	0.082	0.082	0.082	0.082
$\varepsilon_{s1} [‰]$	32.636	32.636	32.636	32.636	32.636
$z [m]$	0.809	0.809	0.809	0.809	0.809
$M_{Rd} [kNm]$	949.37	949.37	949.37	949.37	949.37
	>	>	>	>	>
$M_{Ed} [kNm]$	717.22	767.68	774.04	754.68	458.84
$V_{Rd,s} [kN]$	789.10	789.10	789.10	789.10	789.10
	>	>	>	>	>
$V_{Ed} [kN]$	740.78	779.42	757.38	732.6	302.86



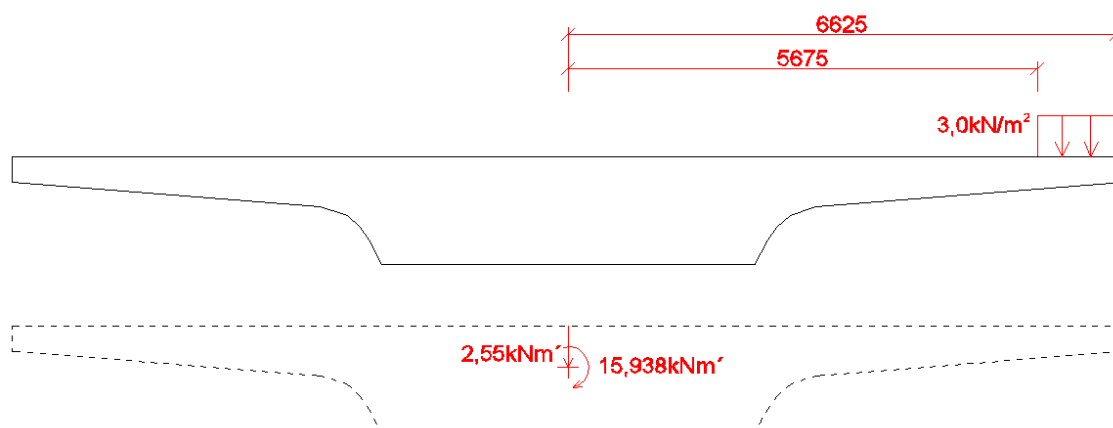
### Postavení modelu zatížení LM1 – pořadí pruhů Z,3,2,1 (LM1P)



### Postavení modelu zatížení LM3



## Zatížení chodníkem

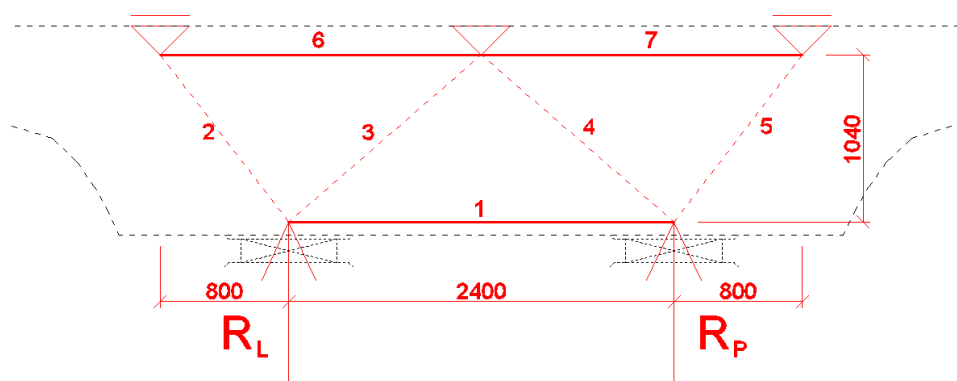


## Hodnoty reakcí

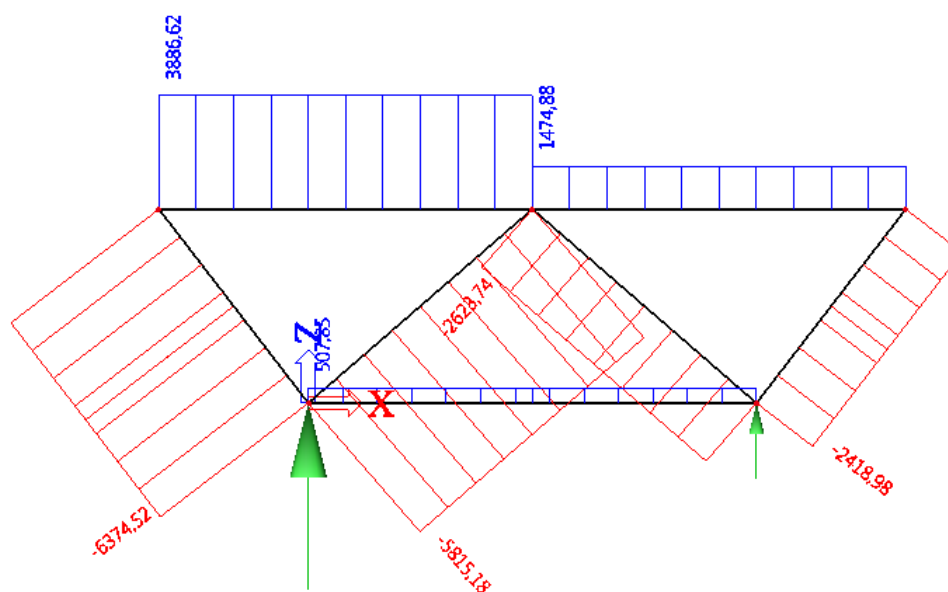
6.10a								
PODPĚRA	1	2	3	4	5	6	7	
<b>LM1 L</b>	R <sub>L</sub>	3401.47	6771.05	7595.21	7046.36	10952.10	11258.05	4187.46
	R <sub>P</sub>	761.88	4091.34	4771.56	4234.11	7955.86	8278.77	1430.09
<b>LM1 P</b>	R <sub>L</sub>	969.80	3986.72	4605.52	4088.09	7555.51	7834.21	1571.61
	R <sub>P</sub>	3166.49	6734.06	7620.90	7080.60	11159.13	11453.99	4008.21
<b>LM3</b>	R <sub>L</sub>	1232.77	4168.58	4807.53	4299.58	7747.49	8025.99	1857.27
	R <sub>P</sub>	1515.83	4756.86	5527.08	5032.01	8784.24	9038.53	2254.31
6.10b								
<b>LM1 L</b>	R <sub>L</sub>	4310.20	7888.81	8861.14	8345.10	12379.89	12628.81	5219.04
	R <sub>P</sub>	214.17	3123.32	3635.71	3106.22	6279.29	6603.05	733.41
<b>LM1 P</b>	R <sub>L</sub>	644.08	3194.18	3711.69	3272.73	6184.86	6366.63	1136.36
	R <sub>P</sub>	3812.64	7463.89	8434.30	7918.96	11991.02	12243.70	4721.74
<b>LM3</b>	R <sub>L</sub>	876.66	3282.95	3825.83	3248.01	6237.05	6470.25	1371.49
	R <sub>P</sub>	2566.54	6010.58	6744.74	6330.00	9718.99	9849.78	3501.35

## 7.1 Příčnice nad podpěrami 2,3,4

Schéma S & T modelu



Vnitřní síly:



PRUT	KOMBINACE	LM1 L	LM1 P	LM3	MAX
1	6.10a	502.57	496.86	419.82	502.57
	6.10b	507.85	493.60	429.57	507.85
2	6.10a	-5419.71	-3160.32	-3360.75	-5419.71
	6.10b	-6374.52	-2485.85	-2614.25	-6374.52
3	6.10a	-5037.82	-3207.33	-3267.09	-5037.82
	6.10b	-5815.18	-2658.82	-2677.70	-5815.18
4	6.10a	-3313.27	-5048.98	-3709.00	-5048.98
	6.10b	-2623.74	-5543.17	-4460.43	-5543.17
5	6.10a	-3282.26	-5442.9	-3908.46	-5442.90
	6.10b	-2418.98	-6060.77	-4823.81	-6060.77
6	6.10a	3304.45	1926.88	2049.09	3304.45
	6.10b	3886.62	1515.65	1593.94	3886.62
7	6.10a	2001.23	3318.59	2383.03	3318.59
	6.10b	1474.88	3695.32	2941.13	3695.32

Pro dimenzování jsou uvažována maxima pro daný prut

Posouzení táhel

- táhla 6 a 7

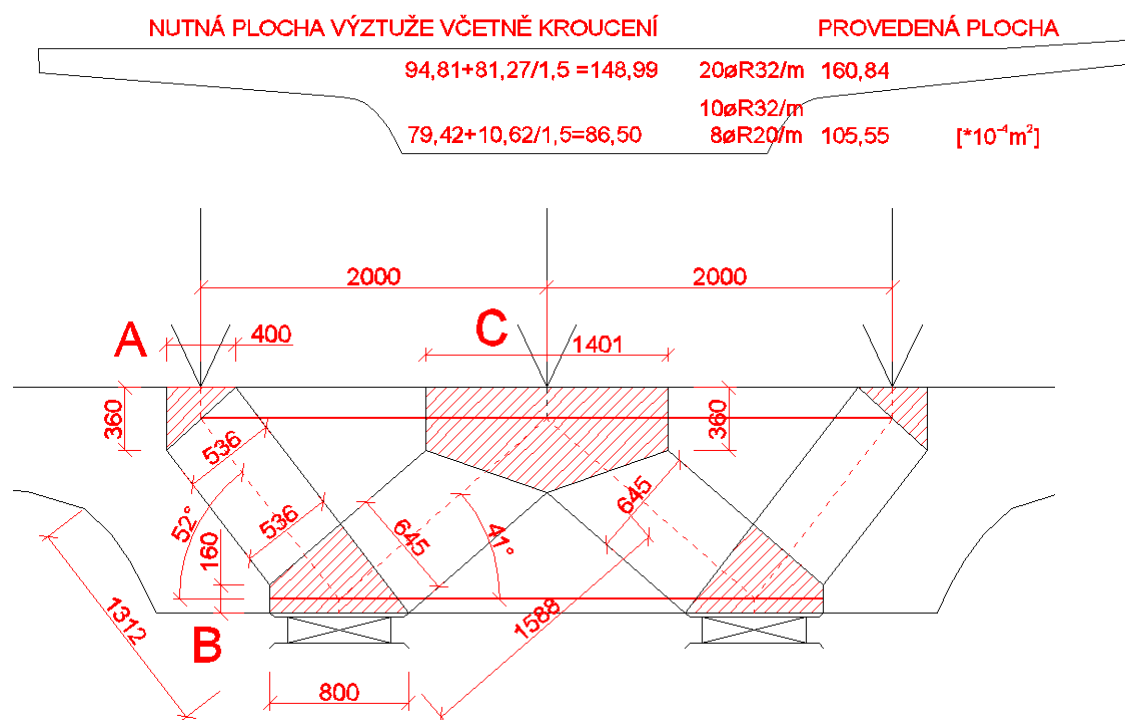
$$N_{Ed} = 3886,62 \text{ kN}$$

$$A_{s,reg} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{3886,62}{478,261 \cdot 10^3} = 0,008127 \text{ m}^2$$

- táhlo 1

$$N_{Ed} = 507,85 \text{ kN}$$

$$A_{s,reg} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{507,85}{478,261 \cdot 10^3} = 0,001062 \text{ m}^2$$



Posouzení vzpěr

- vzpěry 2 a 5

$$N_{Ed} = 6374,52 \text{ kN}$$

$$v' = 1 - \frac{f_{ck}}{250} = 1 - \frac{30}{250} = 0,88$$

$$f_c^{\max} = v' \cdot 0,6 \cdot f_{cd} = 0,88 \cdot 0,6 \cdot 18 = 9,504 \text{ MPa}$$

vzpěra s příčným tahem

$$b = 1,5 \text{ m}$$

$$w_1 = 0,536 \text{ m}$$

$$A_c = w_1 \cdot b = 0,536 \cdot 1,5 = 0,806 \text{ m}^2$$

$$N_{Rd} = f_c^{\max} \cdot A_c = 9,504 \cdot 10^3 \cdot 0,806 = 7655,47 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = 7655,47 \text{ kN} > N_{Ed} = 6374,52 \text{ kN}$$

Příčné síly v diagonálách

$$a = \frac{0,536 + 0,536}{2} = 0,536\text{m}$$

$$H = 1,312\text{m}$$

$$h = \frac{H}{2} = \frac{1,312}{2} = 0,656\text{m}$$

$$T_b = \frac{1}{4} N_{Ed} * \left(1 - 0,7 \frac{a}{h}\right) = \frac{1}{4} * 6374,52 * \left(1 - 0,7 \frac{0,536}{0,656}\right) = 682,151\text{kN}$$

$$T_{b,x} = \sin \alpha T_b = \sin 52 * 682,151 = 537,54\text{kN}$$

$$T_{b,z} = \cos \alpha T_b = \cos 52 * 682,151 = 419,97\text{kN}$$

$$A_{s,x} = \frac{T_{b,x}}{f_{yd}} = \frac{537,54}{478,261 * 10^3} = 0,001120\text{m}^2$$

$$A_{s,z} = \frac{T_{b,z}}{f_{yd}} = \frac{419,97}{478,261 * 10^3} = 0,000880\text{m}^2$$

- vzpěry 3 a 4

$$N_{Ed} = 5815,18\text{kN}$$

$$v' = 1 - \frac{f_{ck}}{250} = 1 - \frac{30}{250} = 0,88$$

$$f_c^{\max} = v' * 0,6 * f_{cd} = 0,88 * 0,6 * 18 = 9,504\text{MPa}$$

vzpěra s příčným tahem

$$b = 1,5\text{m}$$

$$w_1 = 0,645\text{m}$$

$$A_c = w_1 * b = 0,645 * 1,5 = 0,968\text{m}^2$$

$$N_{Rd} = f_c^{\max} * A_c = 9,504 * 10^3 * 0,968 = 9195,12\text{kN}$$

$$N_{Rd} = 9195,12\text{kN} > N_{Ed} = 5815,18\text{kN}$$

Příčné síly v diagonálách

$$a = \frac{0,645 + 0,645}{2} = 0,645\text{m}$$

$$H = 1,588\text{m}$$

$$h = \frac{H}{2} = \frac{1,588}{2} = 0,794\text{m}$$

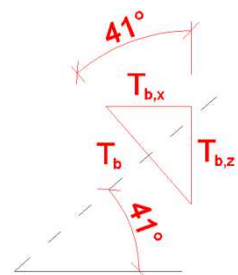
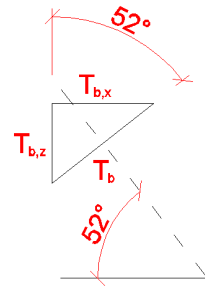
$$T_b = \frac{1}{4} N_{Ed} * \left(1 - 0,7 \frac{a}{h}\right) = \frac{1}{4} * 5815,18 * \left(1 - 0,7 \frac{0,645}{0,794}\right) = 627,109\text{kN}$$

$$T_{b,x} = \sin \alpha T_b = \sin 52 * 627,109 = 411,42\text{kN}$$

$$T_{b,z} = \cos \alpha T_b = \cos 52 * 627,109 = 473,29\text{kN}$$

$$A_{s,x} = \frac{T_{b,x}}{f_{yd}} = \frac{411,42}{478,261 * 10^3} = 0,000860\text{m}^2$$

$$A_{s,z} = \frac{T_{b,z}}{f_{yd}} = \frac{473,29}{478,261 * 10^3} = 0,000990\text{m}^2$$



Posouzení uzlových oblastí

- uzel A (CCT)

$$w_{12} = 0,360\text{m}$$

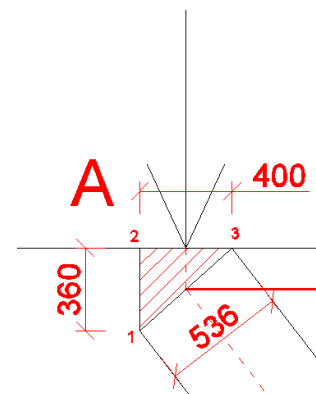
$$A_c = w_{12} * b = 1,5 * 0,36 = 0,240\text{m}^2$$

$$N_{Ed} = 6374,52\text{kN}$$

$$\sigma_{12} = \frac{N_{Ed}}{A_c} = \frac{6374,52 * 10^{-3}}{0,24} = 11,805\text{MPa}$$

$$f_c^{\max} = v' * 0,85 * f_{cd} = 0,88 * 0,85 * 18 = 13,464\text{MPa}$$

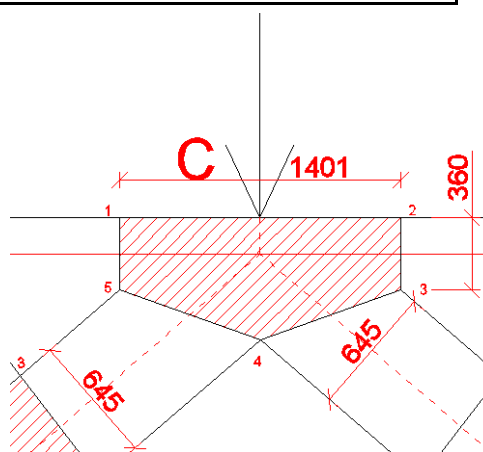
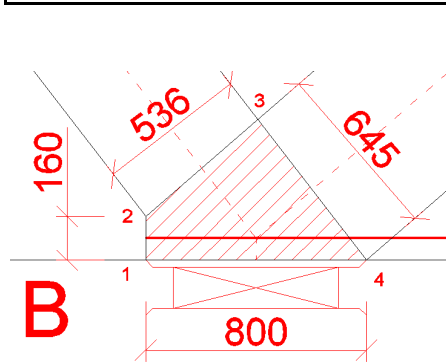
$$f_c^{\max} = 13,464\text{MPa} > \sigma_{12} = 11,805\text{MPa}$$



UZEL A	hrana	$w_{ij}$ [m]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$N_{Ed}$ [kN]	$\sigma_{ij}$ [Mpa]	$f_c^{\max}$ [Mpa]
	1_2	0.360	0.540	6374.52	11.805	>
	2_3	0.400	0.600	5052.60	8.421	>
	3_1	0.536	0.804	3886.62	4.834	>

- uzel B (CCCT)

UZEL B	hrana	$w_{ij}$ [m]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$N_{Ed}$ [kN]	$\sigma_{ij}$ [Mpa]	$f_c^{\max}$ [Mpa]
	1_2	0.160	0.240	507.85	2.116	>
	2_3	0.536	0.804	6374.52	7.929	>
	3_4	0.645	0.968	5815.18	6.011	>
	4_1	0.800	0.664	8861.14	13.345	>



- uzel C (CCCTT)

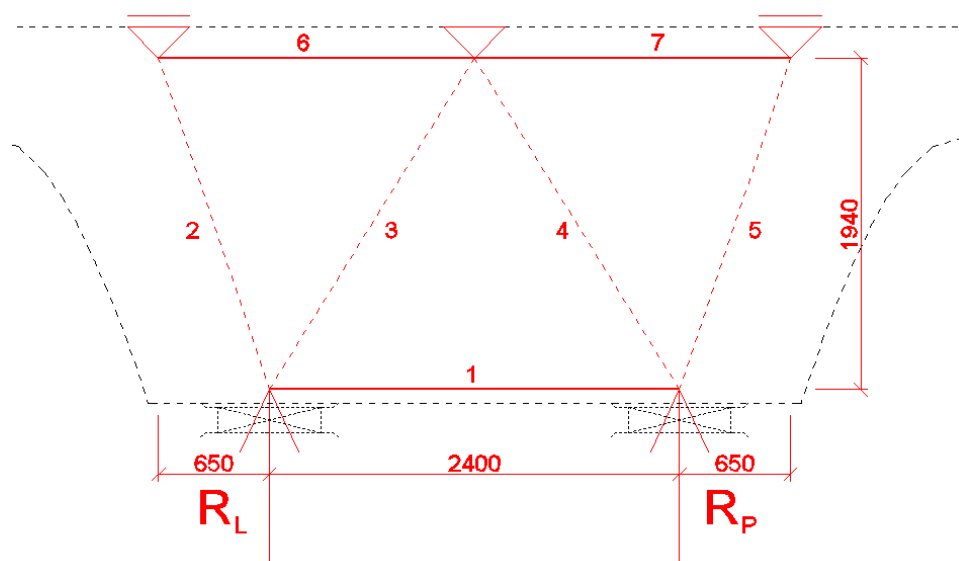
$$f_c^{\max} = v' * 0,75 * f_{cd} = 0,88 * 0,75 * 18 = 11,880\text{MPa}$$

UZEL C	hrana	$w_{ij}$ [m]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$N_{Ed}$ [kN]	$\sigma_{ij}$ [Mpa]	$f_c^{\max}$ [Mpa]
	1_2	1.401	2.102	7417.21	3.529	>
	2_3	0.360	0.540	3886.62	7.197	>
	3_4	0.645	0.968	5543.17	5.729	>
	4_5	0.645	0.968	5815.18	6.011	>
	5_1	0.360	0.540	3695.32	6.843	>



## 7.2 Příčninky nad podpěrami 5,6

Schéma S & T modelu



Vnitřní síly:

PRUT	KOMBINACE	LM1 L	LM1 P	LM3	MAX
1	6.10a	695.94	687.09	607.87	695.94
	6.10b	685.08	662.95	591.35	685.08
2	6.10a	-6931.80	-4599.42	-4818.22	-6931.80
	6.10b	-7881.69	-3622.16	-3783.28	-7881.69
3	6.10a	-5509.20	-4083.80	-4065.35	-5509.20
	6.10b	-6062.22	-3447.72	-3389.92	-6062.22
4	6.10a	-4278.38	-5589.26	-4483.67	-5589.26
	6.10b	-3572.69	-5875.87	-4786.12	-5875.87
5	6.10a	-4893.74	-7075.68	-5510.89	-7075.68
	6.10b	-3759.41	-7642.80	-6095.18	-7642.80
6	6.10a	2202.19	1461.21	1530.72	2202.19
	6.10b	2503.96	1150.74	1201.93	2503.96
7	6.10a	1554.71	2247.90	1750.77	2247.90
	6.10b	1194.34	2428.07	1936.40	2428.07

Pro dimenzování jsou uvažována maxima pro daný prut

Posouzení táhel

- táhla 6 a 7

$$N_{Ed} = 2503,96 \text{ kN}$$

$$A_{s,reg} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{2503,96}{478,261 \cdot 10^3} = 0,005236 \text{ m}^2$$

$$A_{s,reg} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{695,94}{478,261 * 10^3} = 0,001455m^2$$


Příčné síly v diagonálách

$$a = \frac{0,823 + 0,753}{2} = 0,788\text{m}$$

$$H = 2,046\text{m}$$

$$h = \frac{H}{2} = \frac{2,046}{2} = 1,023\text{m}$$

$$T_b = \frac{1}{4} N_{Ed} * \left(1 - 0,7 \frac{a}{h}\right) = \frac{1}{4} * 7881,69 * \left(1 - 0,7 \frac{0,788}{1,023}\right) = 907,974\text{kN}$$

$$T_{b,x} = \sin \alpha T_b = \sin 52 * 907,974 = 858,51\text{kN}$$

$$T_{b,z} = \cos \alpha T_b = \cos 52 * 907,974 = 295,61\text{kN}$$

$$A_{s,x} = \frac{T_{b,x}}{f_{yd}} = \frac{537,54}{478,261 * 10^3} = 0,001795\text{m}^2$$

$$A_{s,z} = \frac{T_{b,z}}{f_{yd}} = \frac{419,97}{478,261 * 10^3} = 0,000618\text{m}^2$$

- vzpěry 3 a 4

$$N_{Ed} = 6062,22\text{kN}$$

$$f_c^{\max} = v' * 0,6 * f_{cd} = 0,88 * 0,6 * 18 = 9,504\text{MPa}$$

$$b = 1,5\text{m}$$

$$w_1 = 0,765\text{m}$$

$$A_c = w_1 * b = 0,765 * 1,5 = 1,148\text{m}^2$$

$$N_{Rd} = f_c^{\max} * A_c = 9,504 * 10^3 * 1,148 = 10905,84\text{kN}$$

$$N_{Rd} = 10905,84\text{kN} > N_{Ed} = 6062,22\text{kN}$$

Příčné síly v diagonálách

$$a = \frac{0,765 + 0,765}{2} = 0,765\text{m}$$

$$H = 2,281\text{m}$$

$$h = \frac{H}{2} = \frac{2,281}{2} = 1,141\text{m}$$

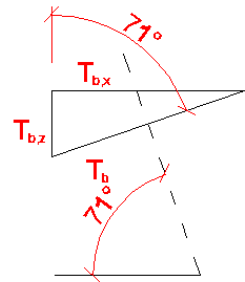
$$T_b = \frac{1}{4} N_{Ed} * \left(1 - 0,7 \frac{a}{h}\right) = \frac{1}{4} * 6062,22 * \left(1 - 0,7 \frac{0,765}{1,141}\right) = 803,955\text{kN}$$

$$T_{b,x} = \sin \alpha T_b = \sin 52 * 803,955 = 681,79\text{kN}$$

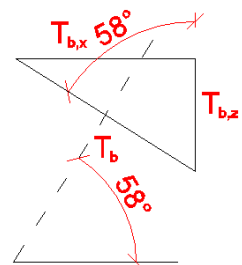
$$T_{b,z} = \cos \alpha T_b = \cos 52 * 803,955 = 426,03\text{kN}$$

$$A_{s,x} = \frac{T_{b,x}}{f_{yd}} = \frac{681,79}{478,261 * 10^3} = 0,001426\text{m}^2$$

$$A_{s,z} = \frac{T_{b,z}}{f_{yd}} = \frac{426,03}{478,261 * 10^3} = 0,000891\text{m}^2$$



vzpěra s příčným tahem



# Posouzení uzlových oblastí

## - uzel A (CCT)

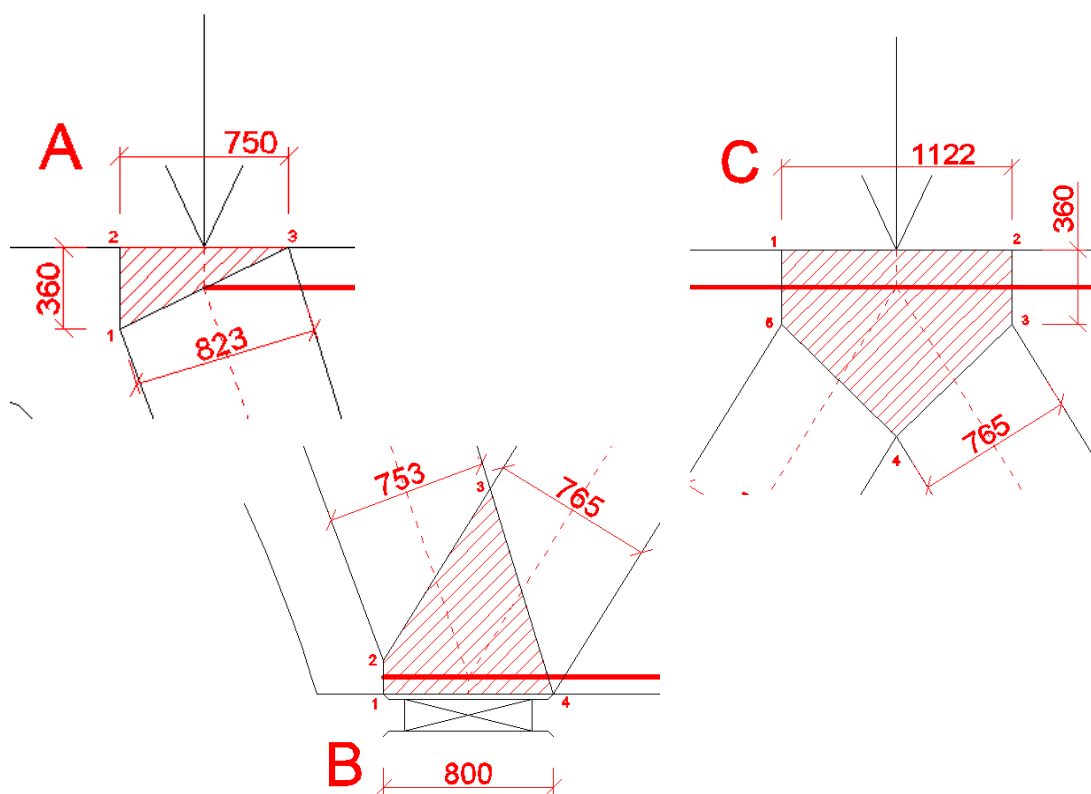
UZEL A	hrana	$w_{ij}$ [m]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$N_{Ed}$ [kN]	$\sigma_{ij}$ [Mpa]	$f_c^{max}$ [Mpa]
	1_2	0.360	0.540	2503.96	4.637	13.464
	2_3	0.750	1.125	7473.37	6.643	
	3_1	0.823	1.235	7881.69	6.385	

## - uzel B (CCCT)

UZEL B	hrana	$w_{ij}$ [m]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$N_{Ed}$ [kN]	$\sigma_{ij}$ [Mpa]	$f_c^{max}$ [Mpa]
	1_2	0.160	0.240	695.94	2.900	13.464
	2_3	0.753	1.130	7881.69	6.978	
	3_4	0.765	1.148	6062.22	5.283	
	4_1	0.800	0.960	12628.21	13.154	

## - uzel C (CCCTT)

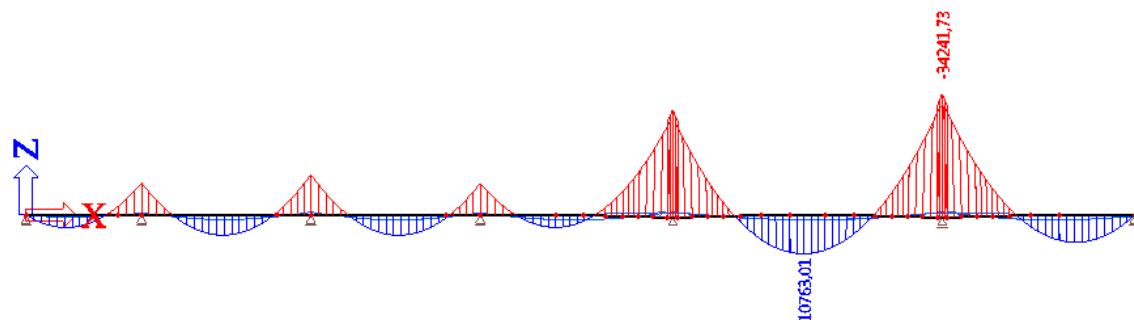
UZEL C	hrana	$w_{ij}$ [m]	$A_c$ [m <sup>2</sup> ]	$N_{Ed}$ [kN]	$\sigma_{ij}$ [Mpa]	$f_c^{max}$ [Mpa]
	1_2	1.122	1.683	8323.86	4.946	11.880
	2_3	0.360	0.540	2503.96	4.637	
	3_4	0.765	1.148	5875.87	5.121	
	4_5	0.765	1.148	6062.22	5.283	
	5_1	0.360	0.540	2428.07	4.496	



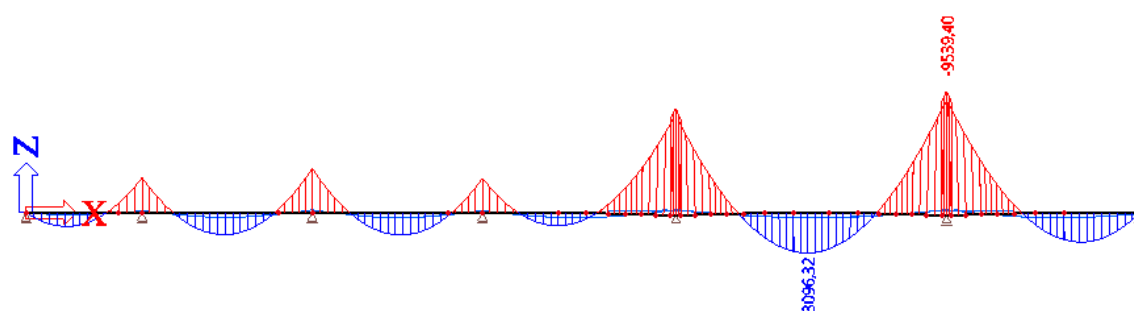
## 8 PŘÍLOHY

### 8.1 Vnitřní síly od stálých zatížení a předpětí

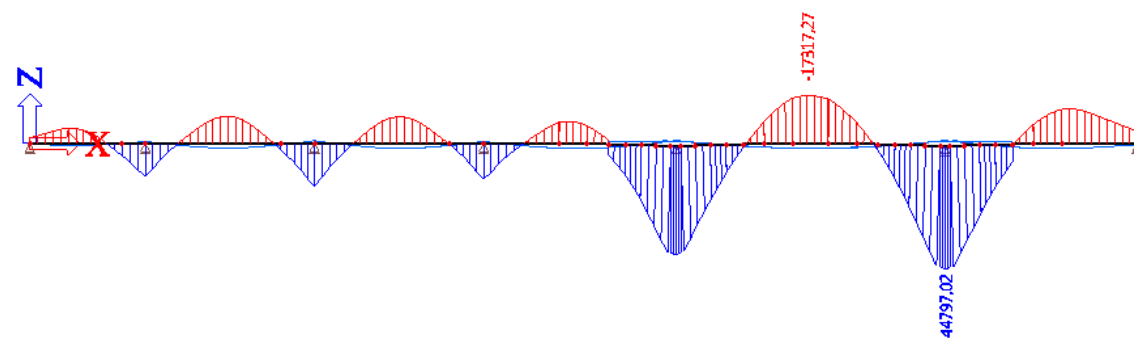
$M_{q0,k}$



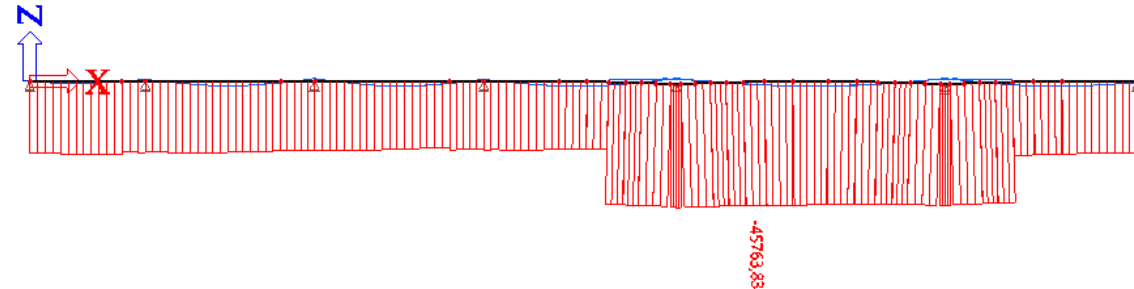
$M_{q1,k}$



$M_{pk}$

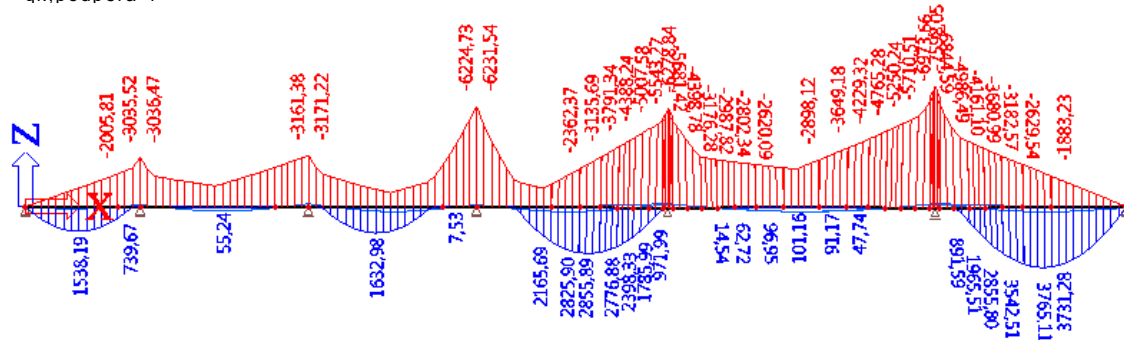


$N_{pk}$

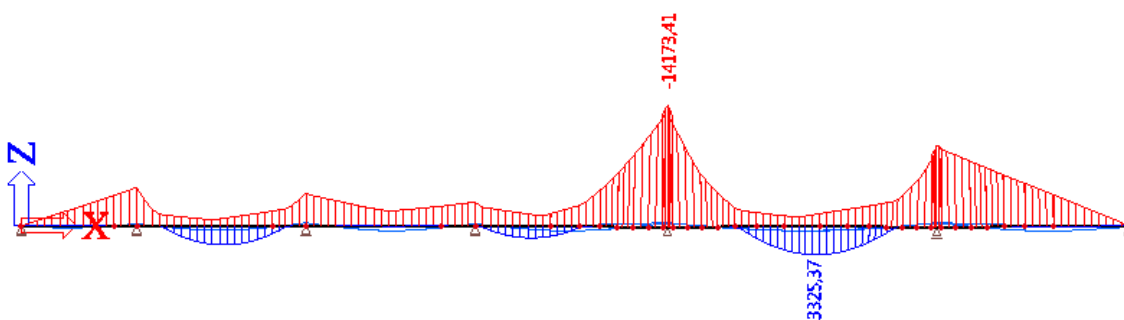




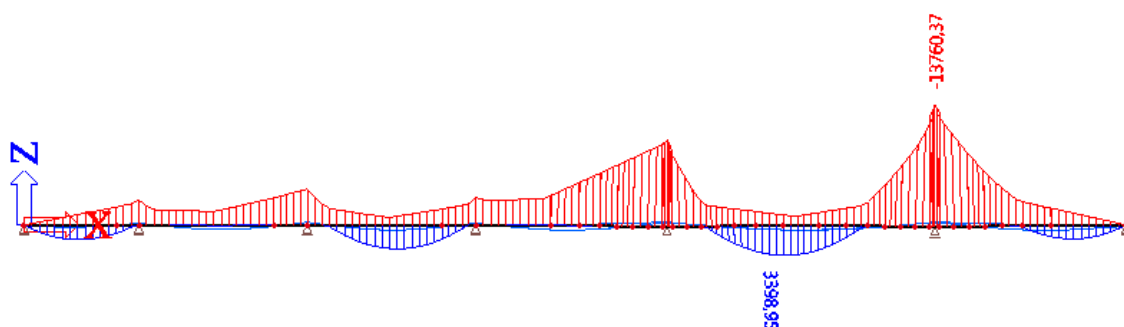
$M_{qk, \text{podpěra 4}}$



$M_{qk, \text{podpěra 5}}$

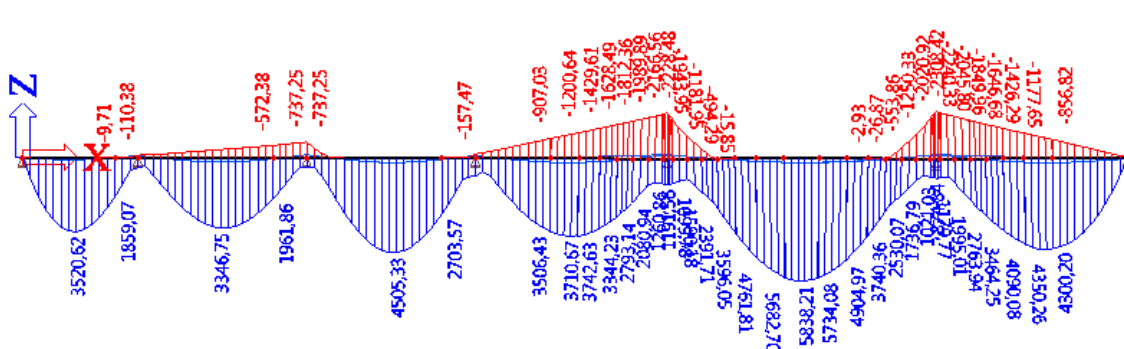


$M_{qk, \text{podpěra 6}}$



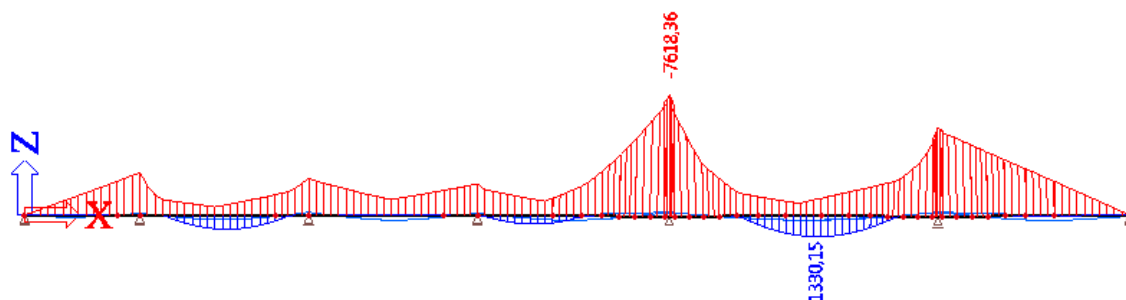
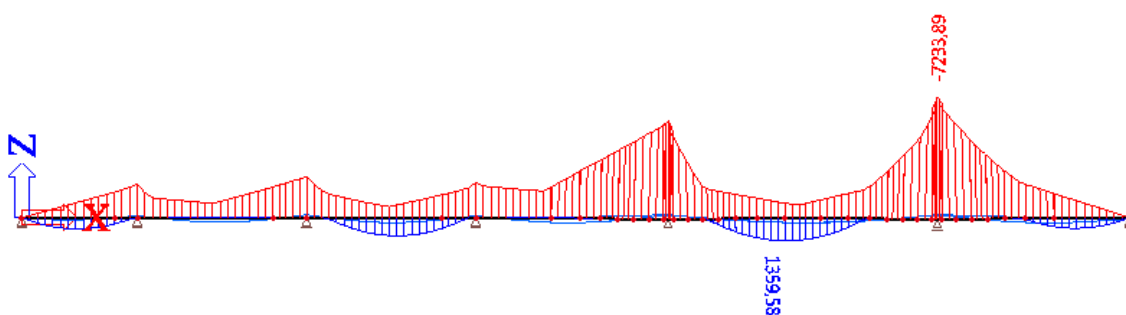
Častá kombinace zatížení

$M_{qč, \text{pole 1,3,5}}$

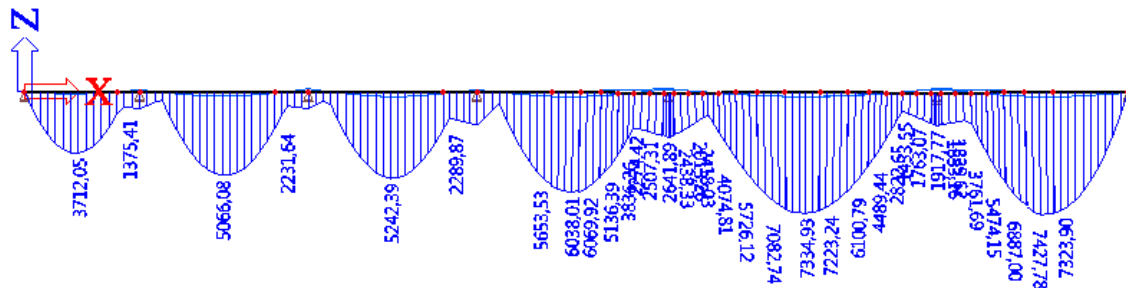
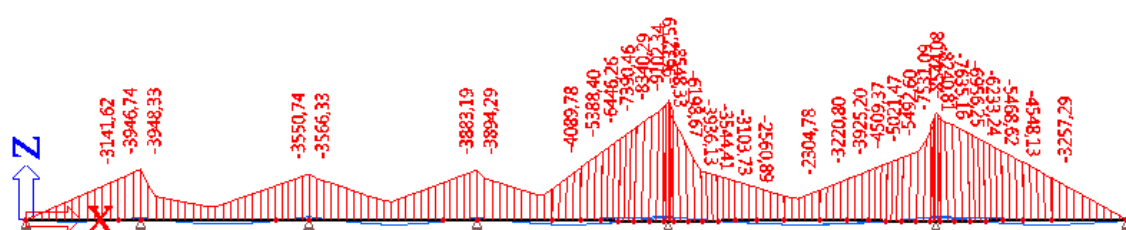


[illegible]



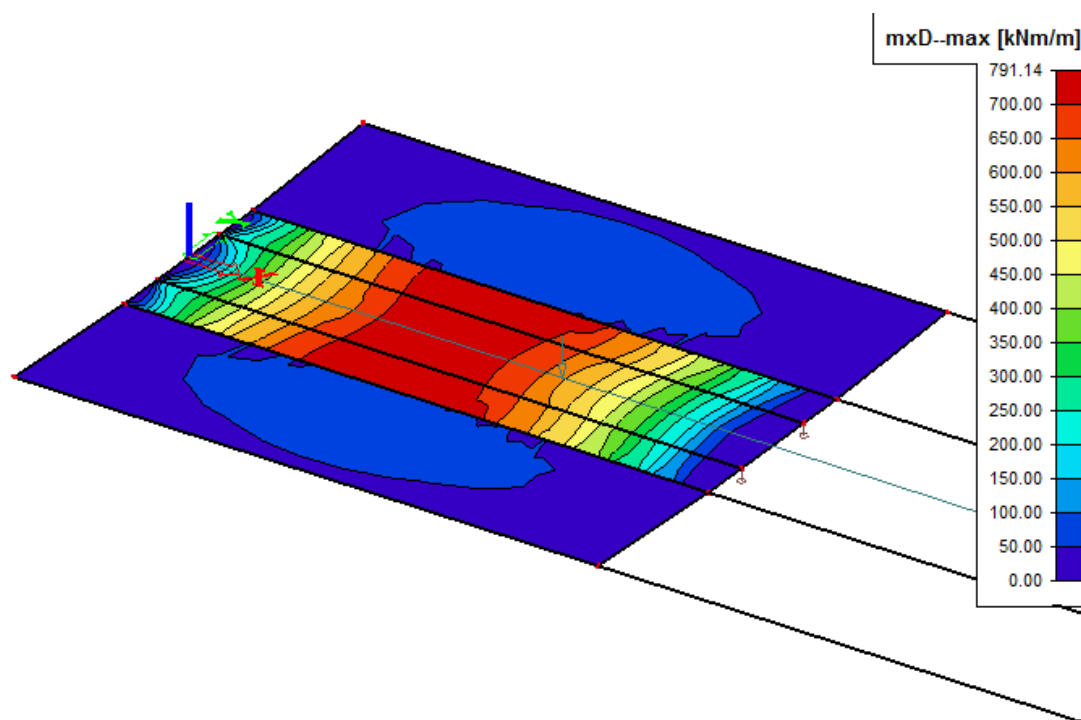
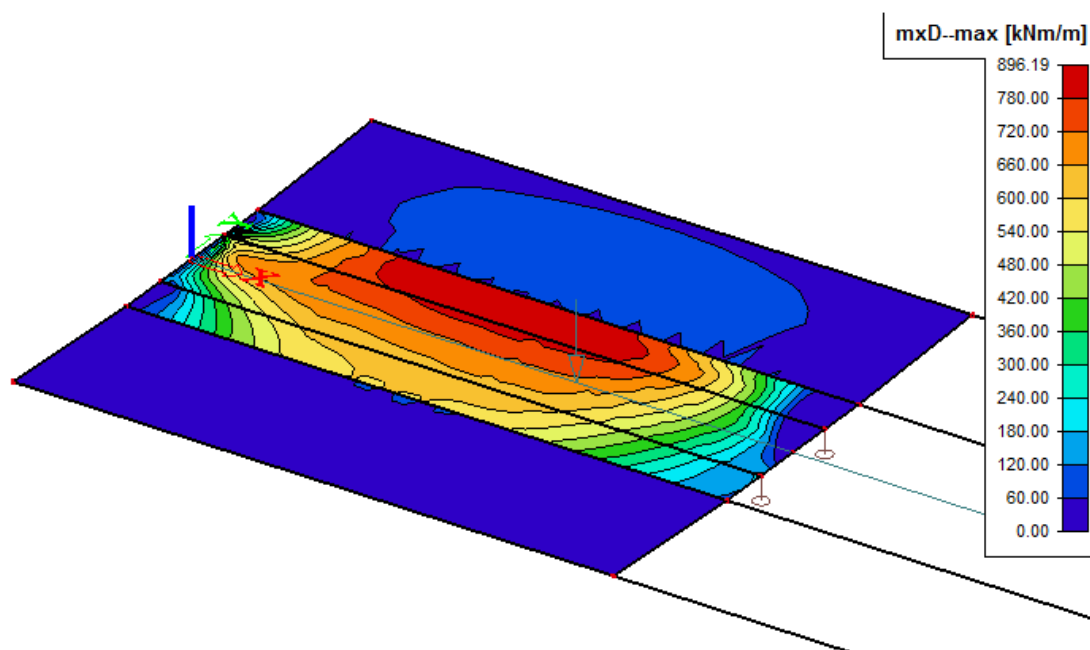
$M_{q\check{c}, \text{podpěra 5}}$ 

 $M_{q\check{c}, \text{podpěra 6}}$ 


### 8.3 Ohybové momenty od nahodilého zatížení – LM3

 $M_{qk, \text{pole}}$ 

 $M_{qk, \text{podpěry}}$ 


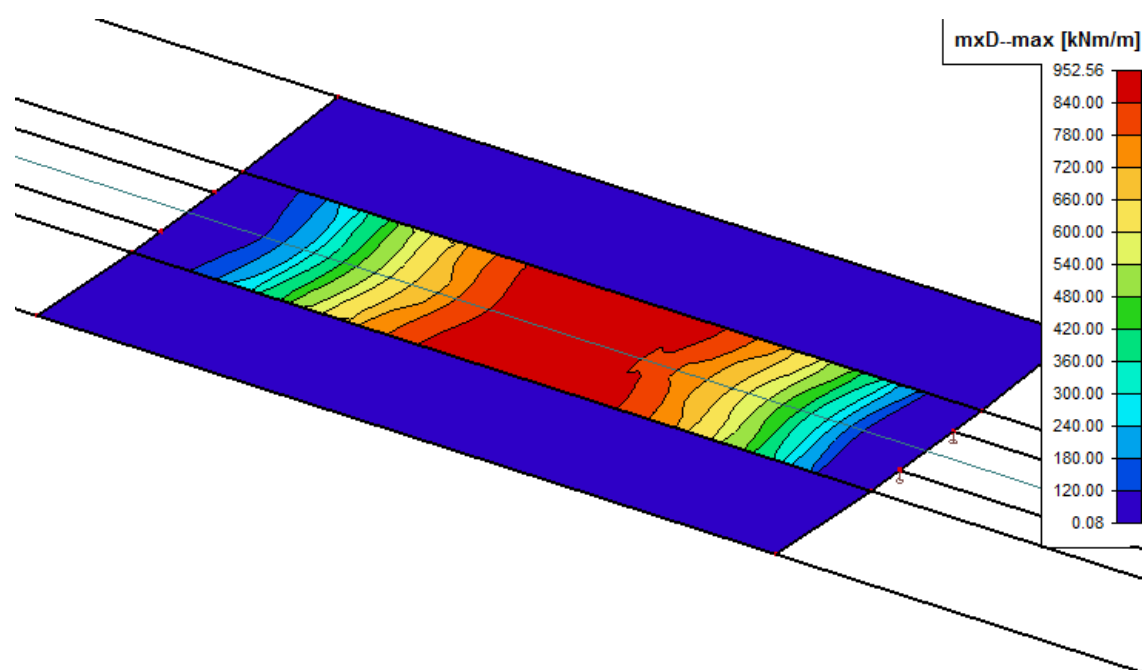
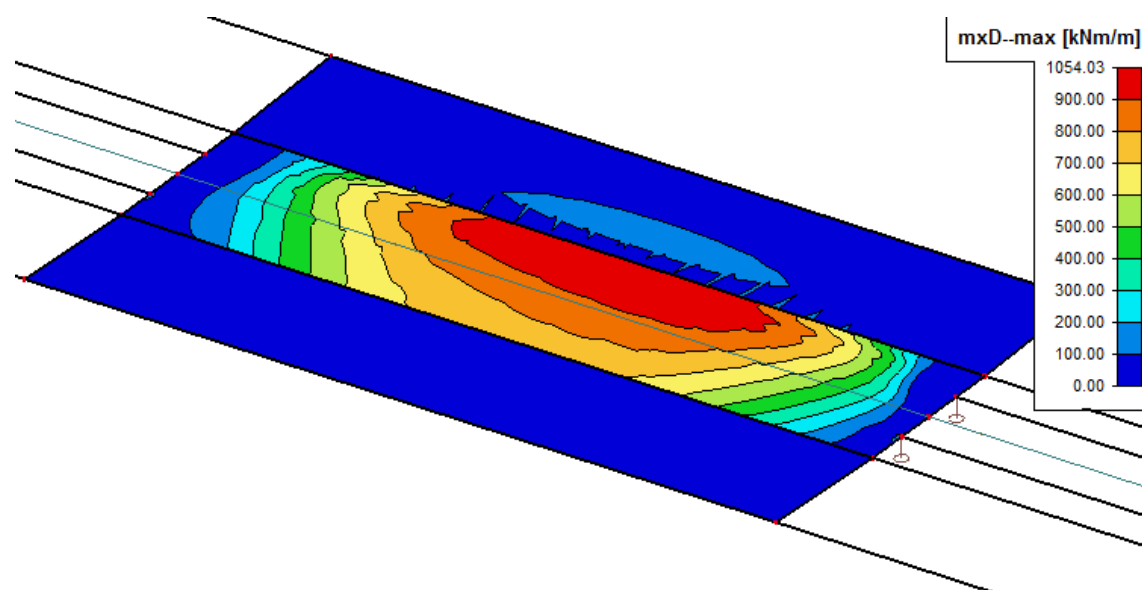
## 8.4 Vliv excentricity nahodilého zatížení

### Pole 1



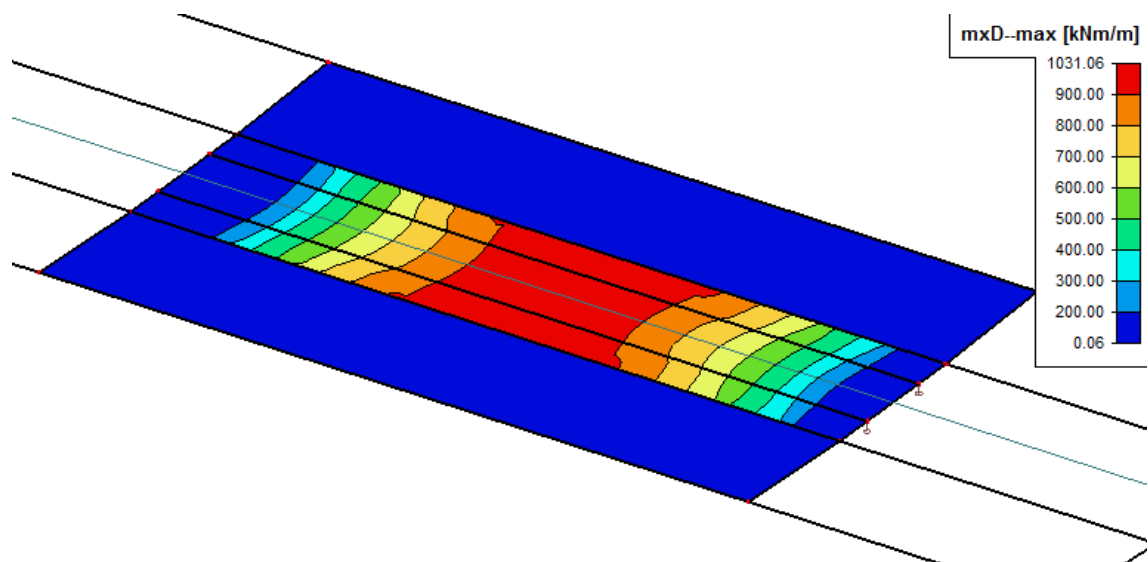
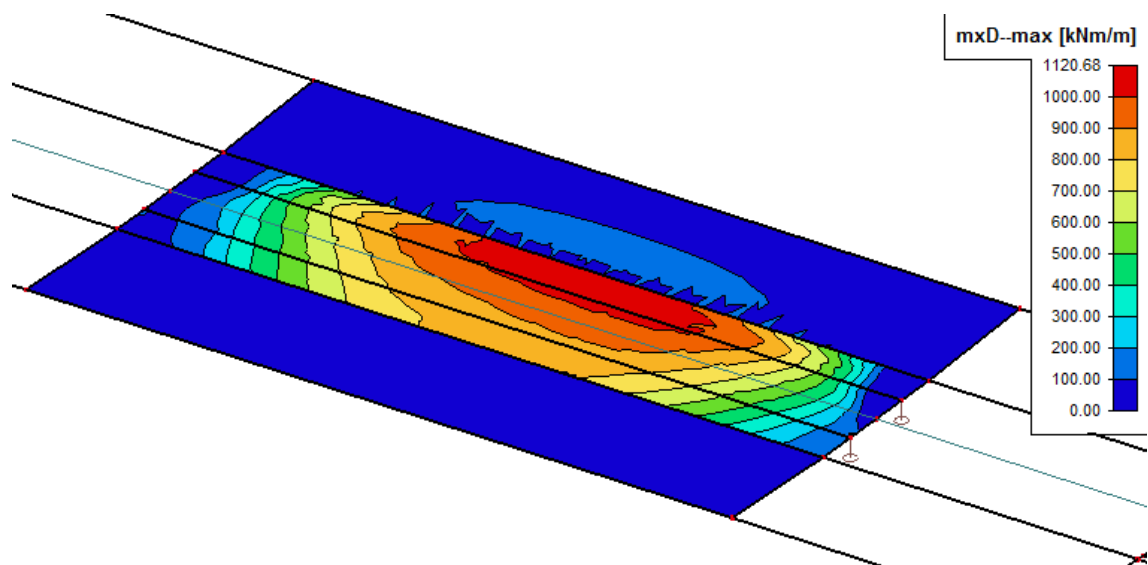
**POMĚR:**  $896,19/791,14=1,133$

# Pole 2



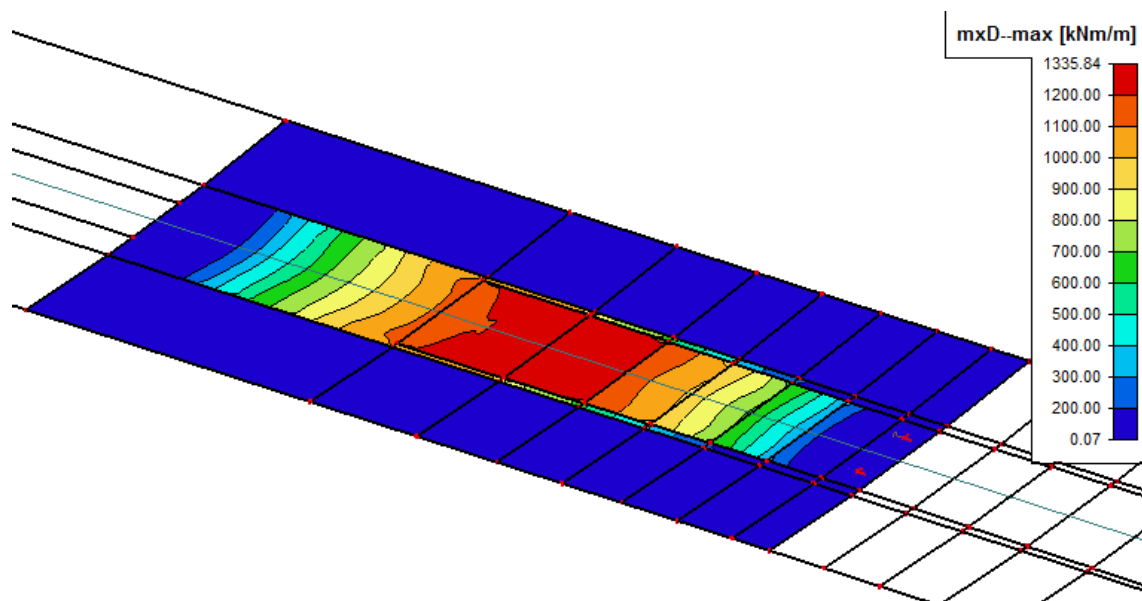
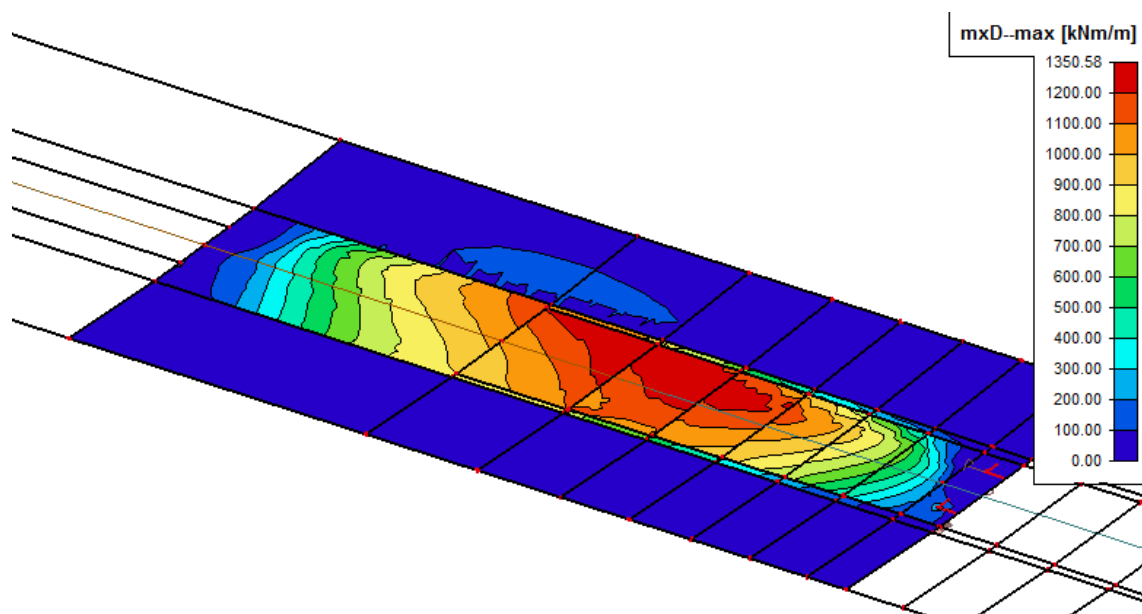
**POMĚR:**  $1054,03/952,56=1,107$

**Pole 3**



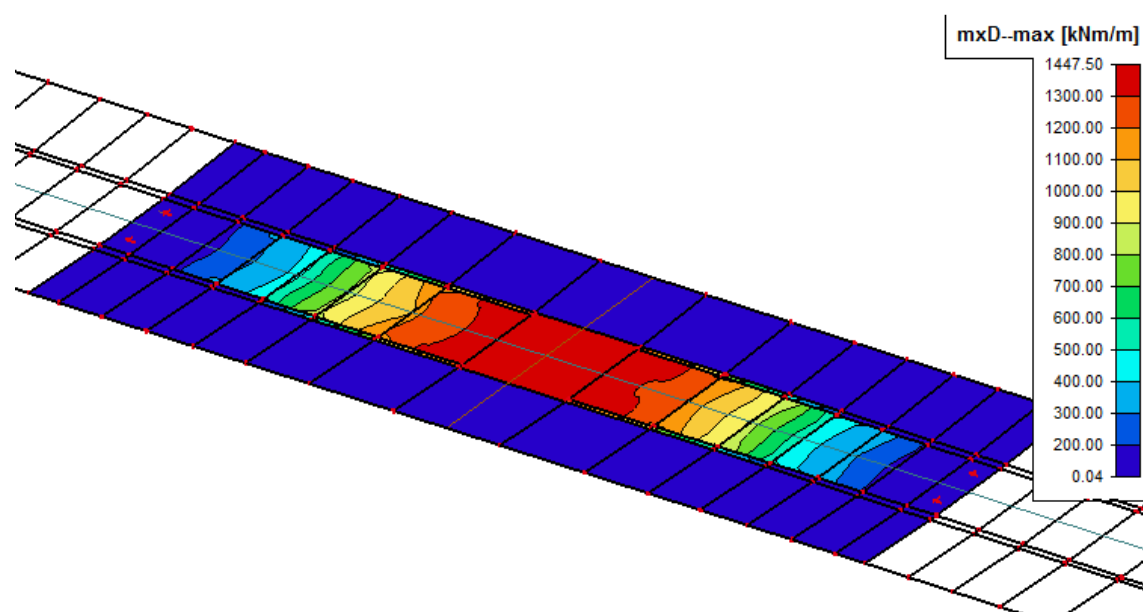
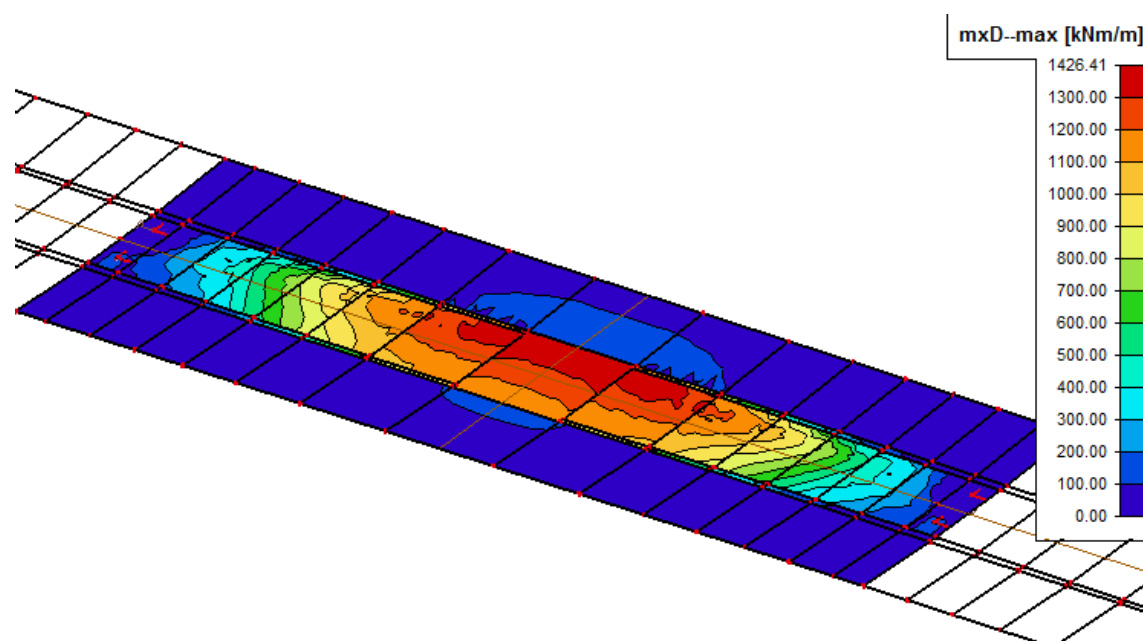
**POMĚR:**  $1120,68/1031,06=1,087$

**Pole 4**



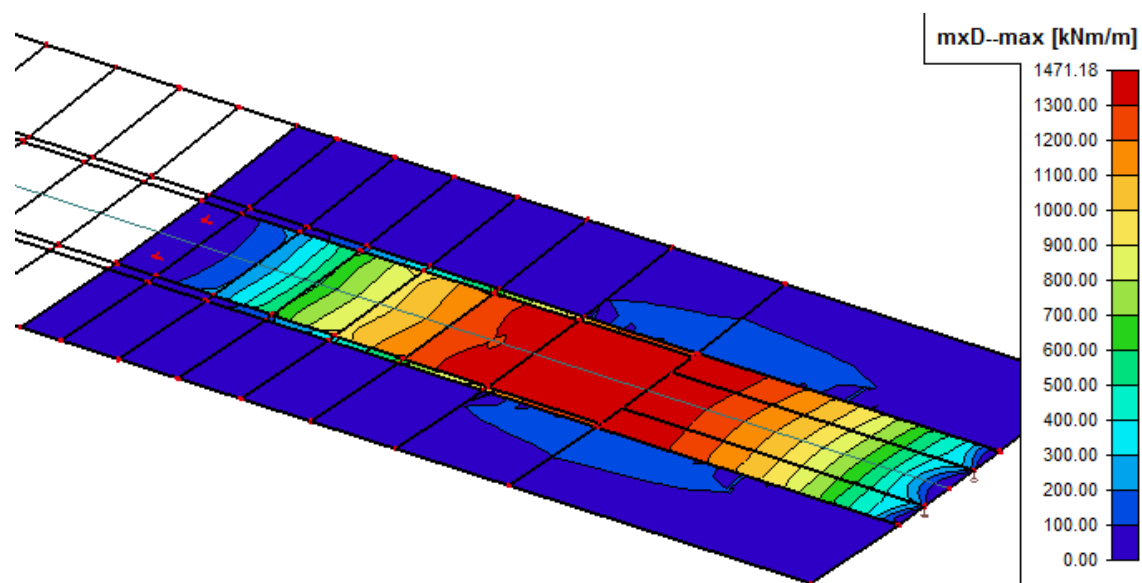
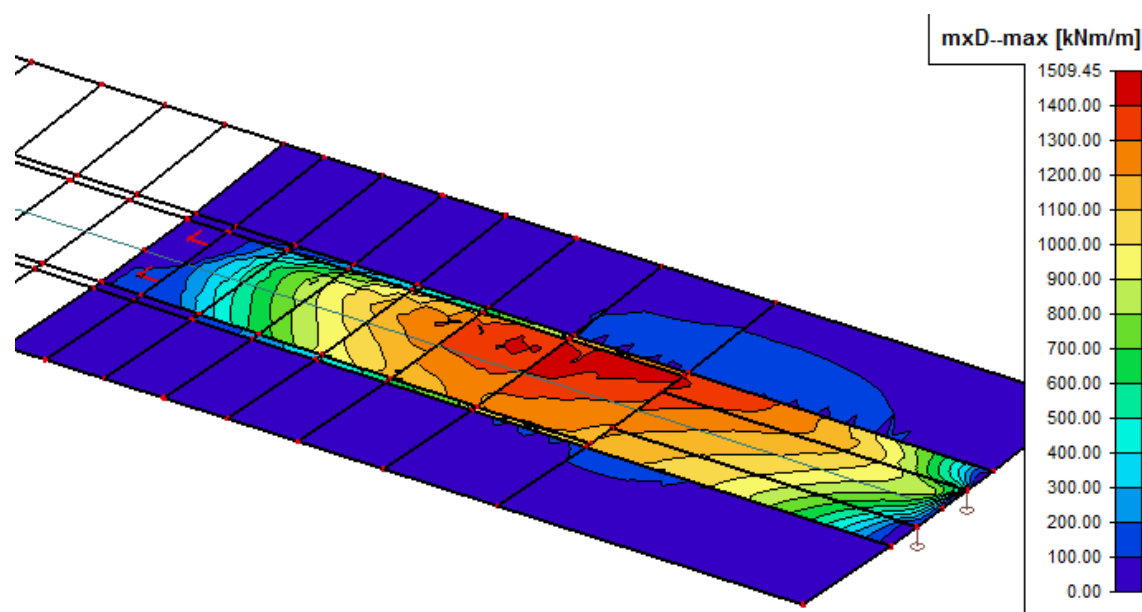
**POMĚR:**  $1350,58/1335,84=1,011$

## Pole 5



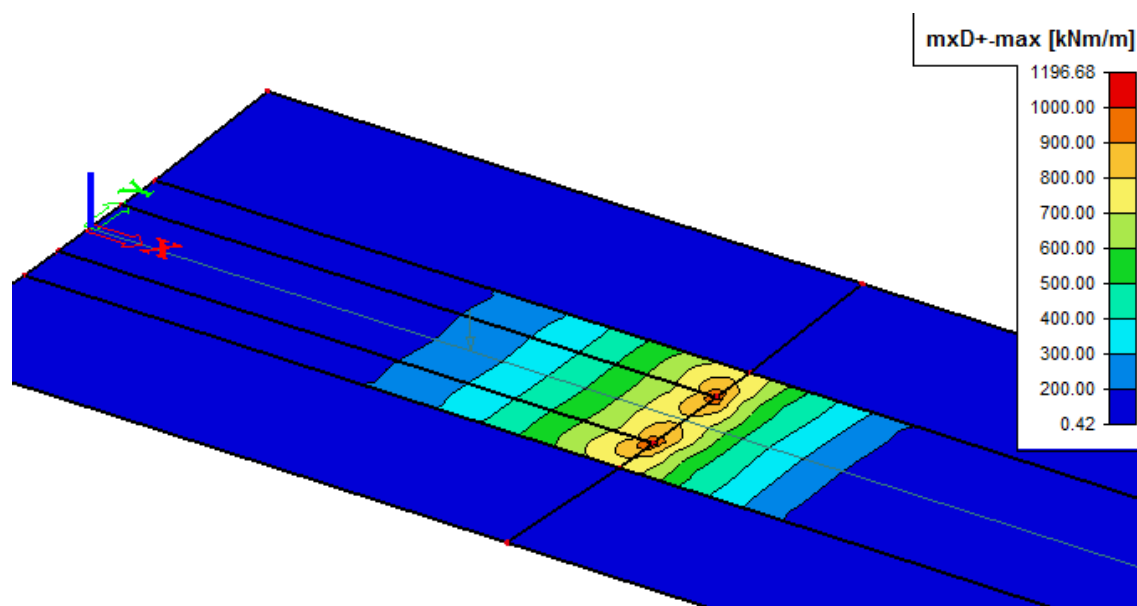
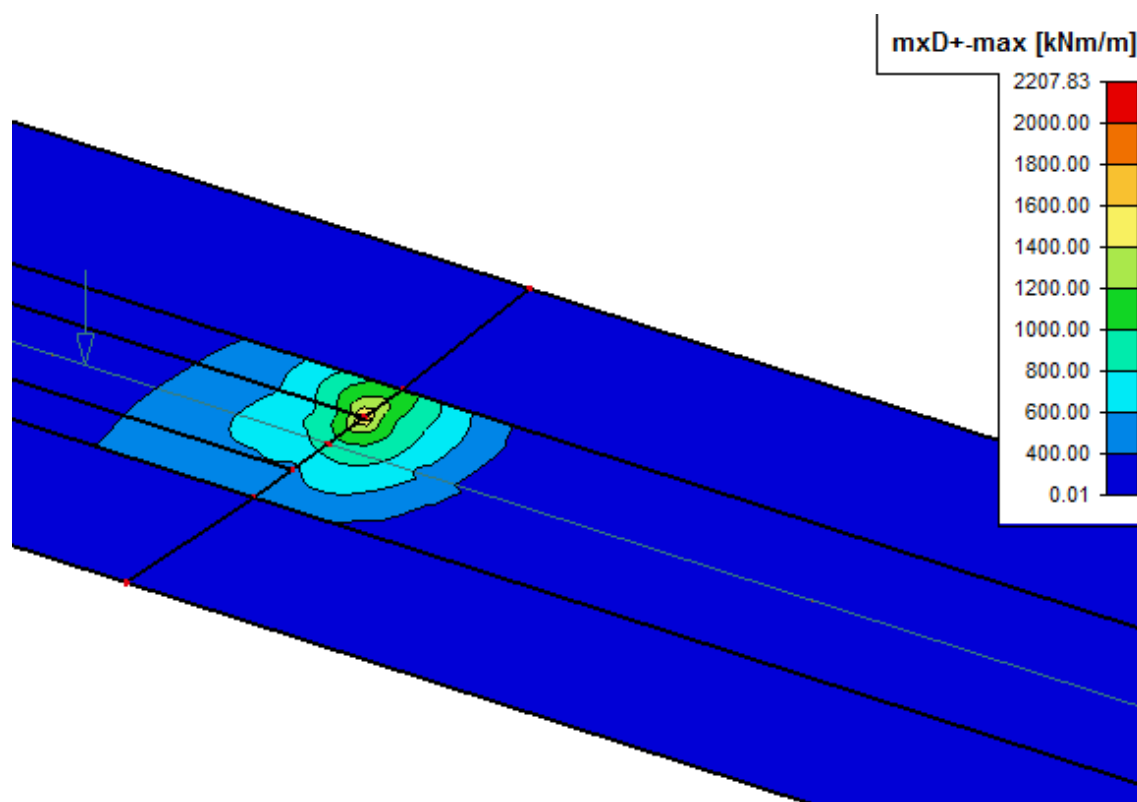
**POMĚR:**  $1426,41/1447,50=0,985$  – Do výpočtu uvažuji 1,00

# Pole 6



**POMĚR:**  $1509,45/1441,18=1,047$

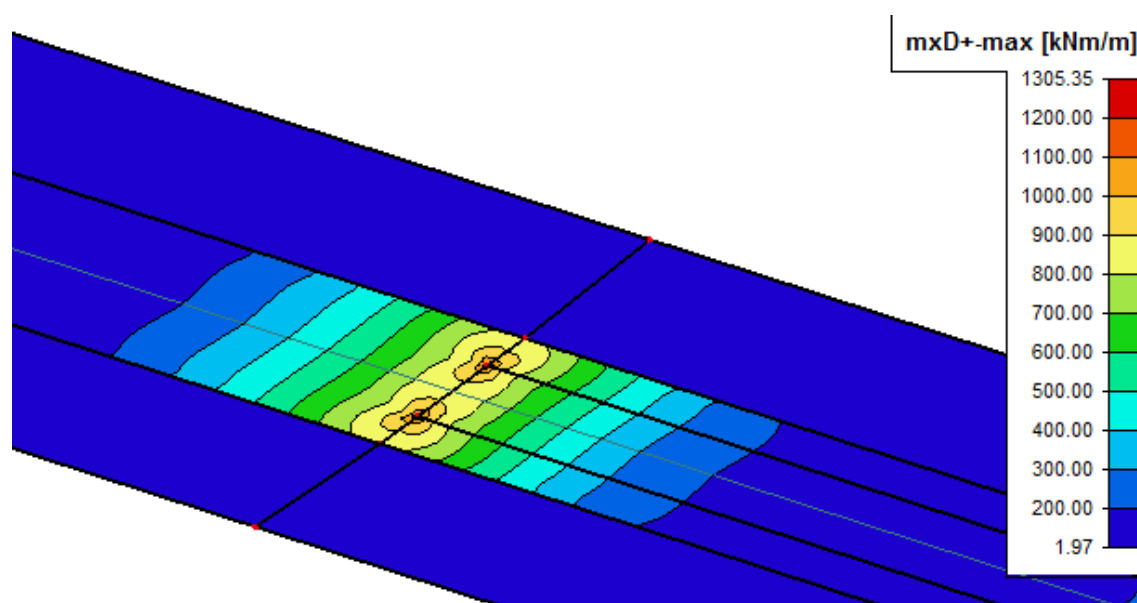
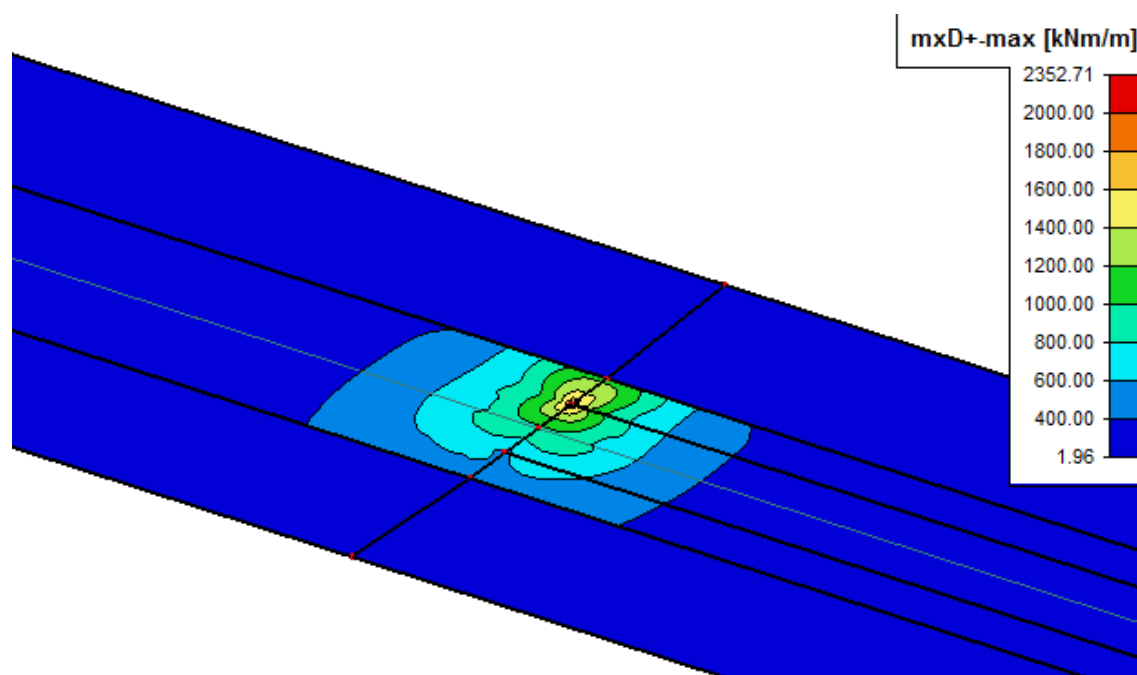
# Podpěra 2



**POMĚR:**  $2207,83/1196,68=1,845$

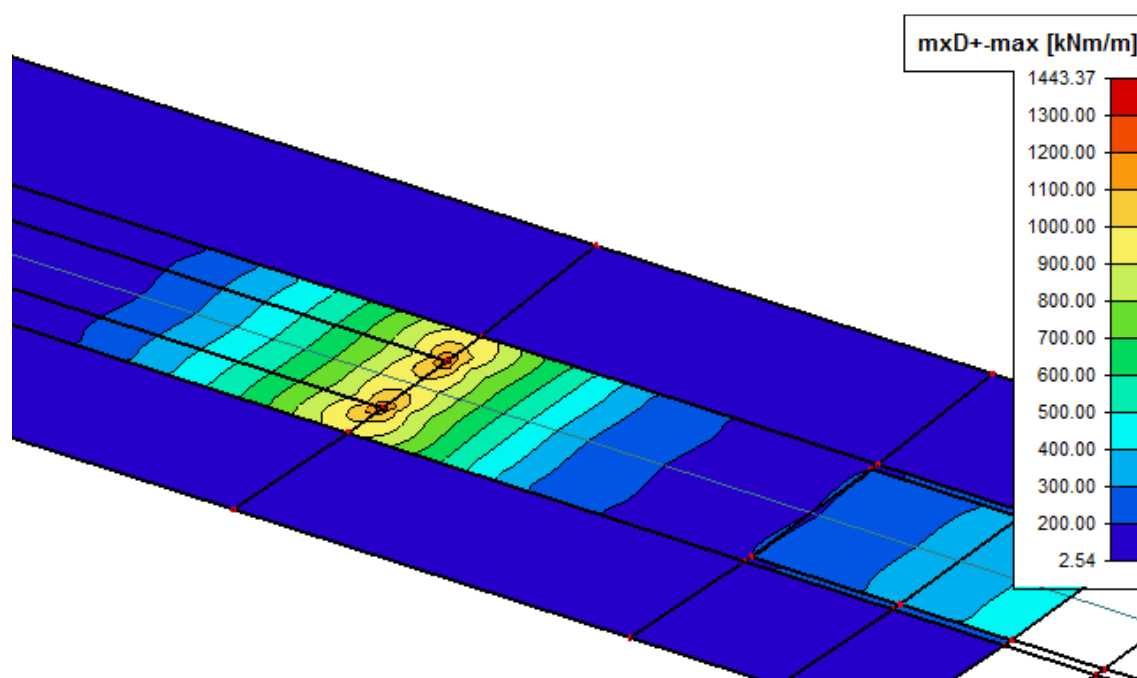
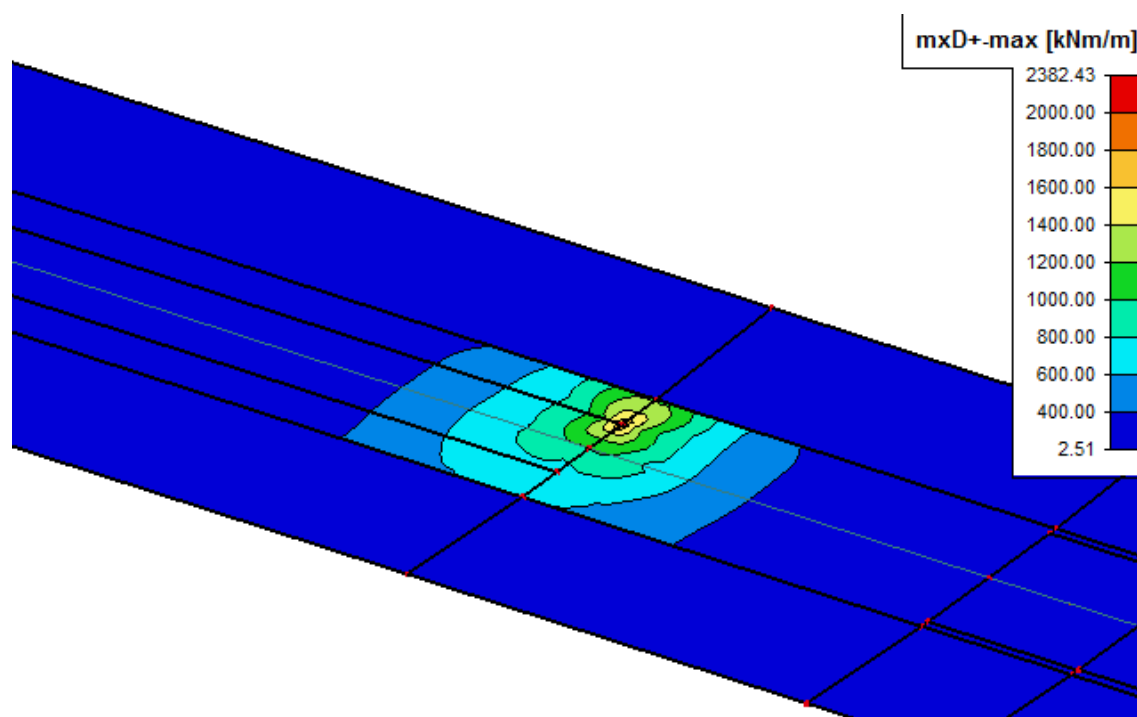


## Podpěra 3



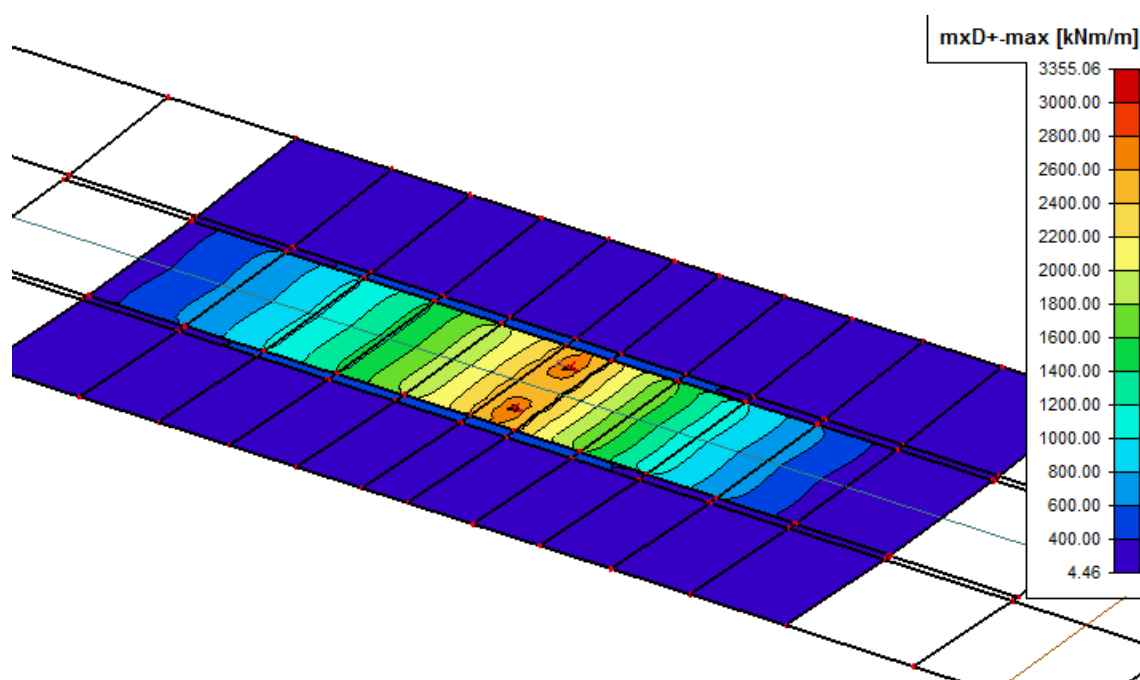
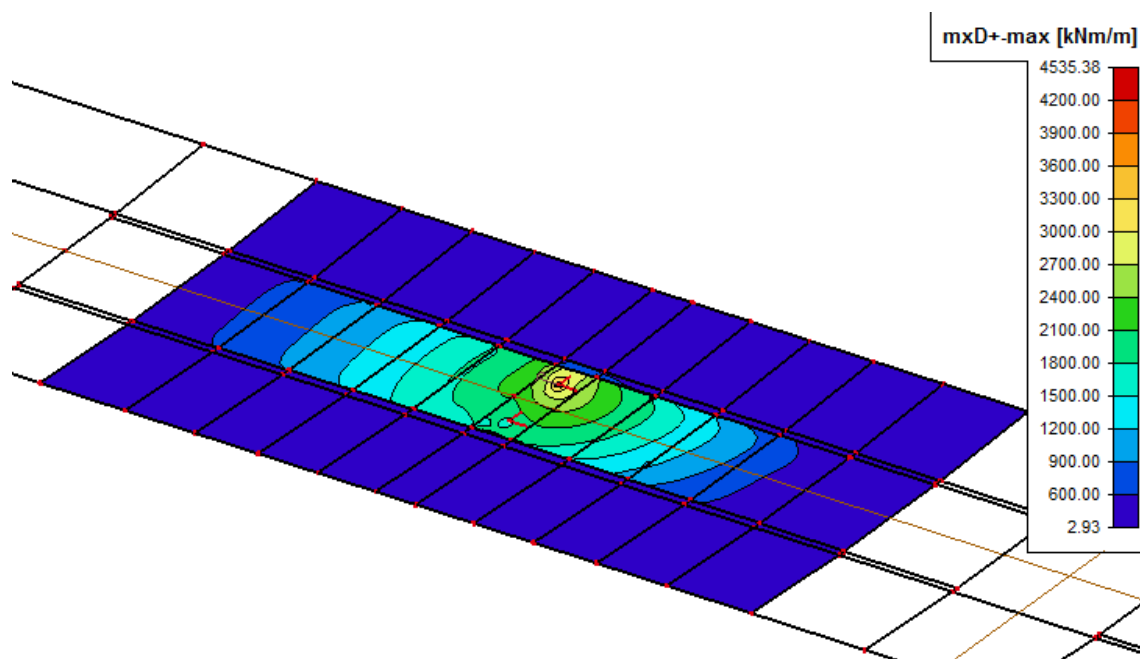
POMĚR:  $2352,71/1305,35=1,802$

## Podpěra 4



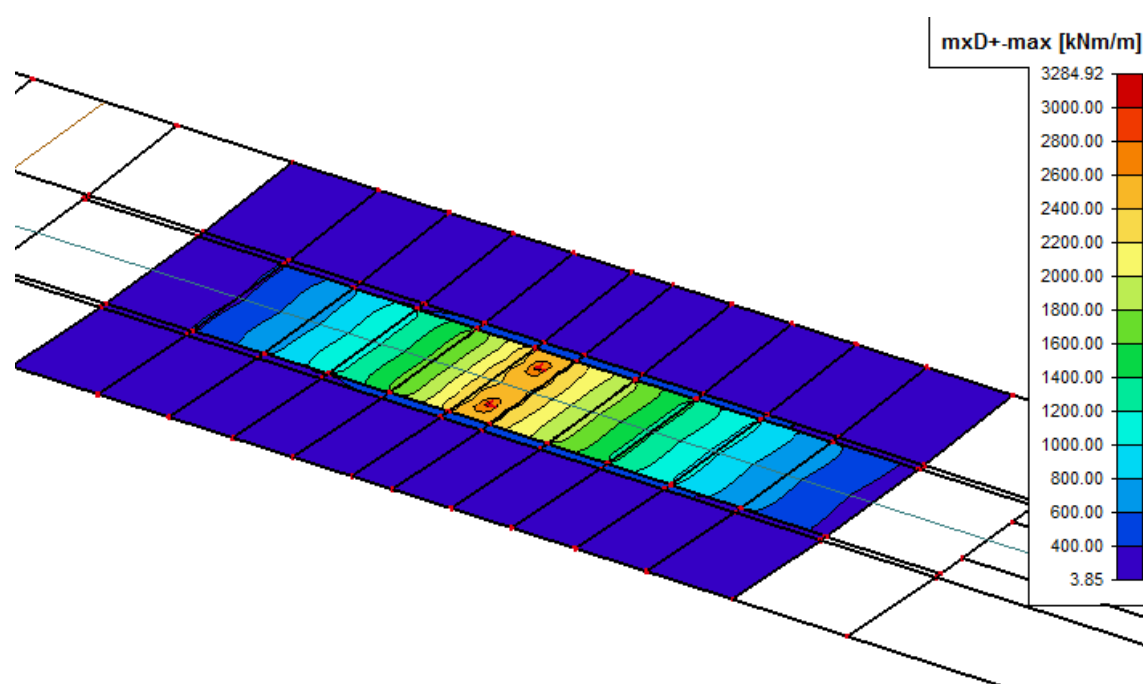
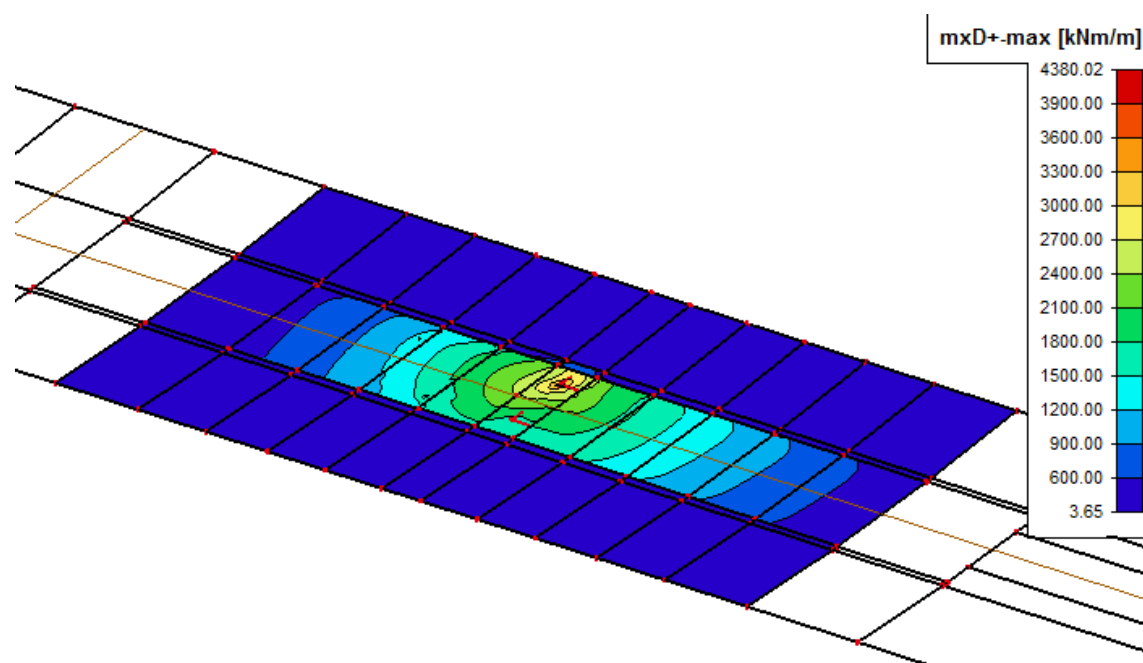
POMĚR:  $2382,43/1443,47=1,650$

## Podpěra 5



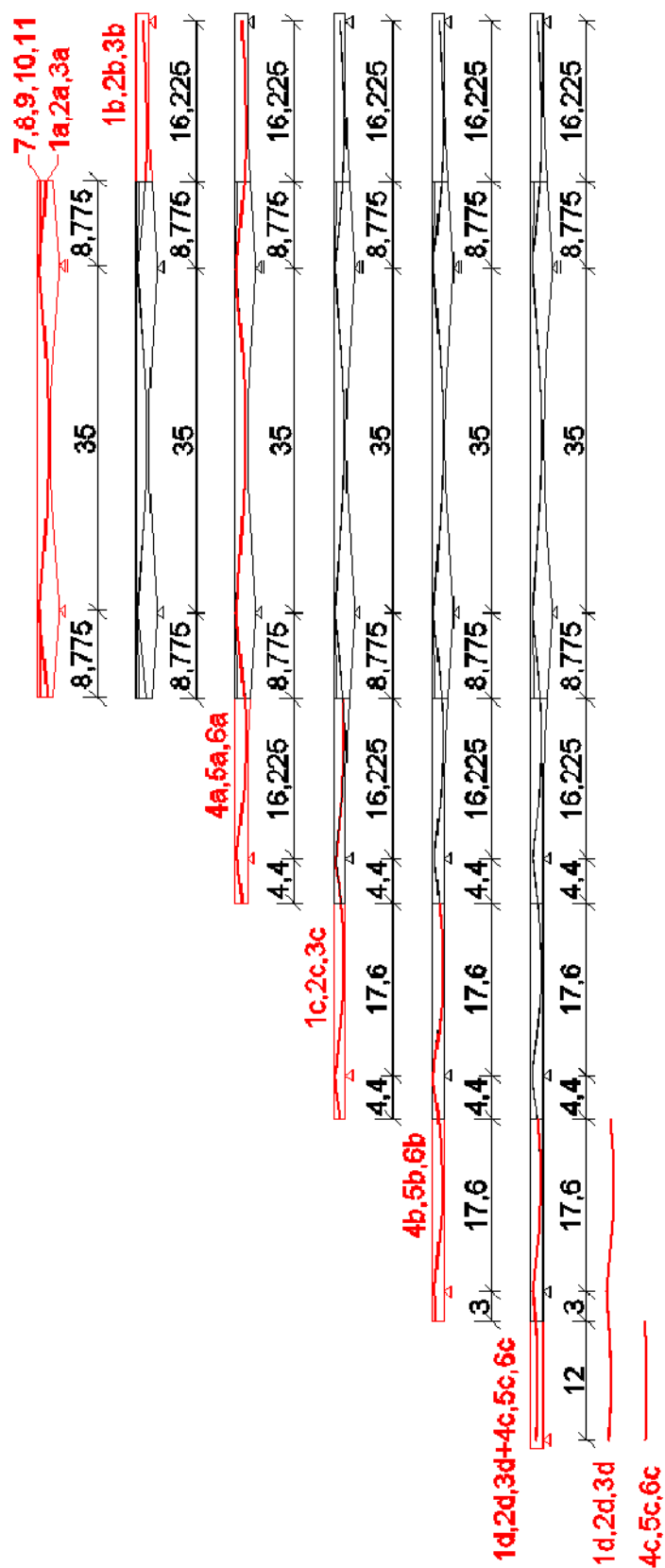
**POMĚR:**  $4535,38/3355,06=1,352$

## Podpěra 6



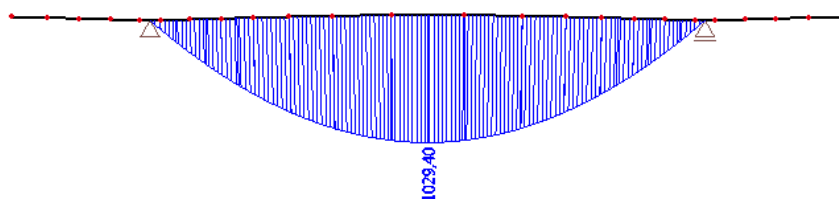
POMĚR:  $4380,02/3284,92=1,333$

## 8.5 Schéma postupu výstavby

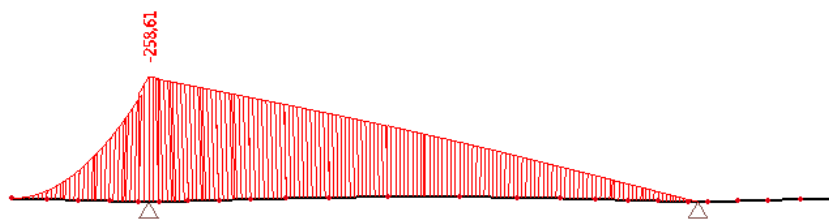


## 8.6 Nahodilé zatížení při montáži

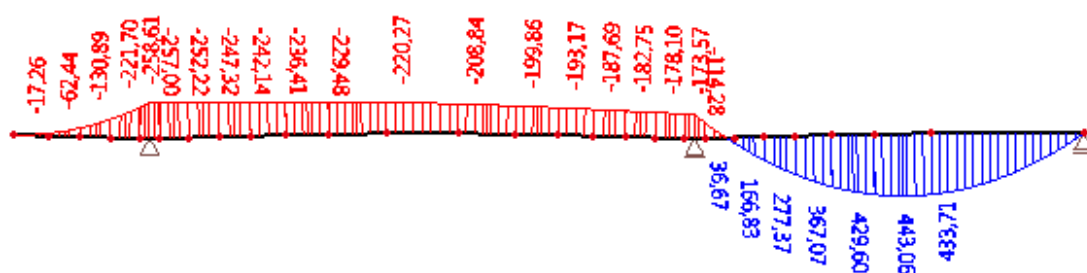
FÁZE 1 – v poli 5



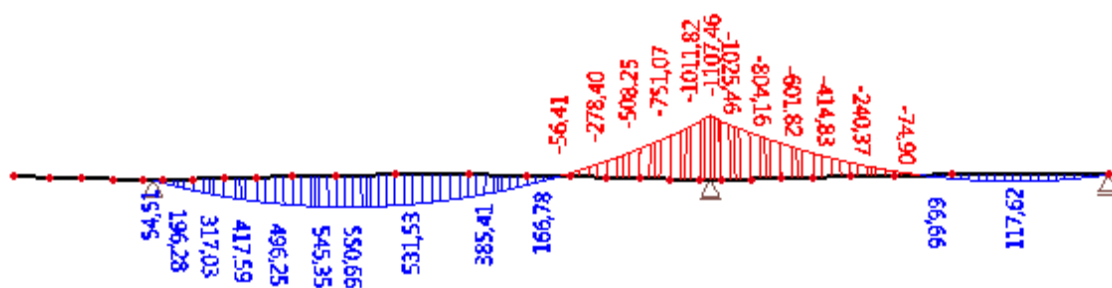
FÁZE 1 – v podpěře 5



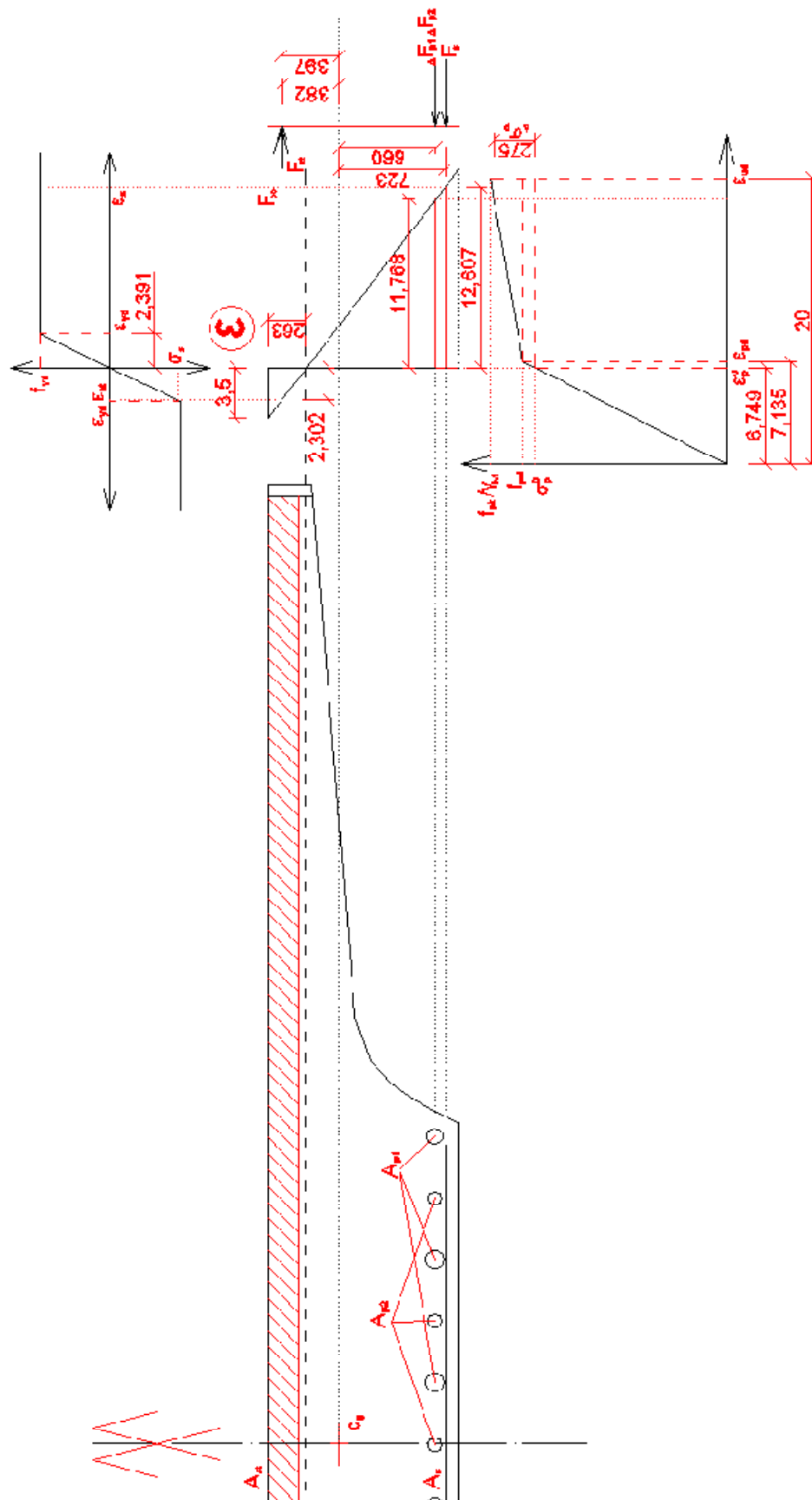
FÁZE 2 – v poli 6



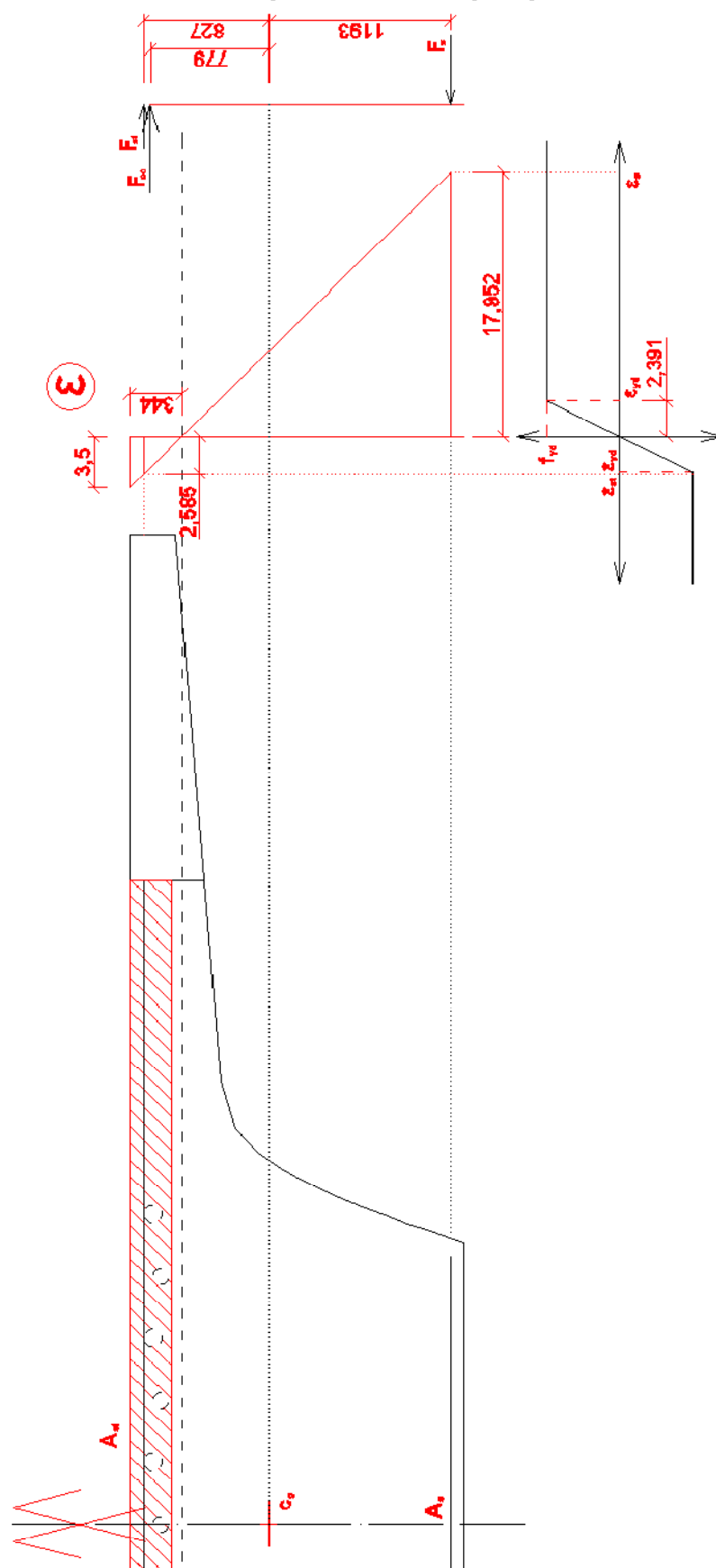
FÁZE 2 – v podpěře 6



## 8.7 Mezní stav únosnosti při montáži – pole 5

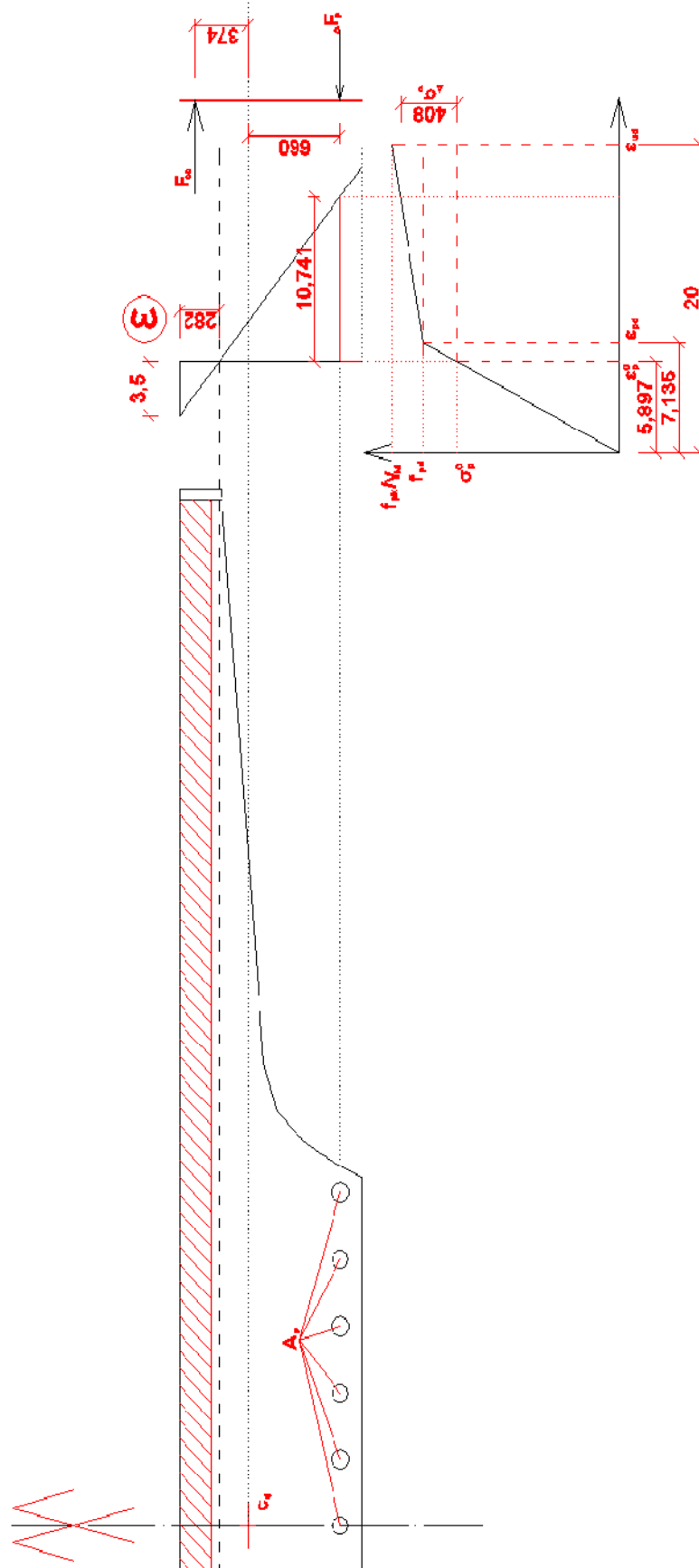


## 8.8 Mezní stav únosnosti při montáži – podpěra 6

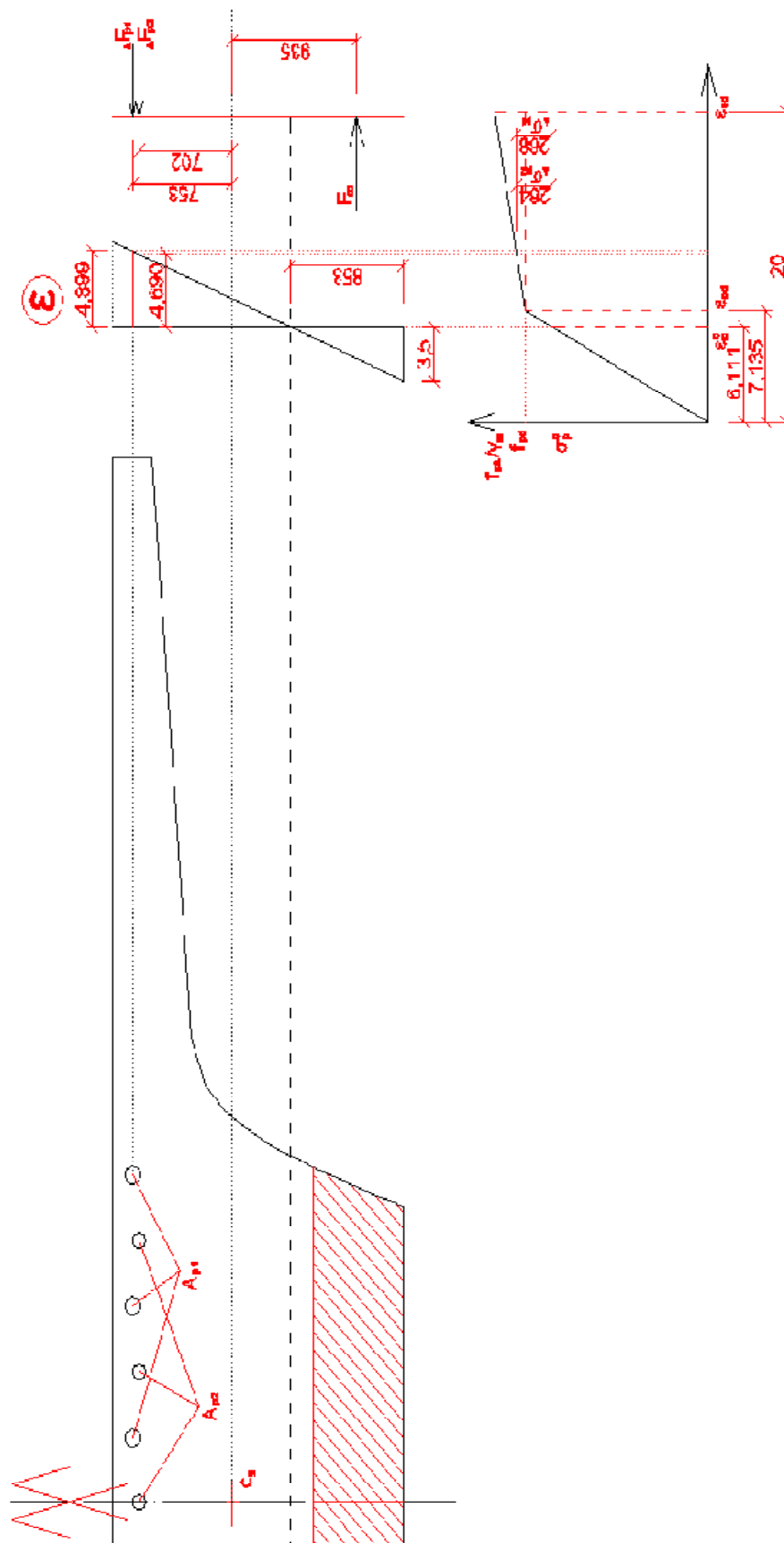




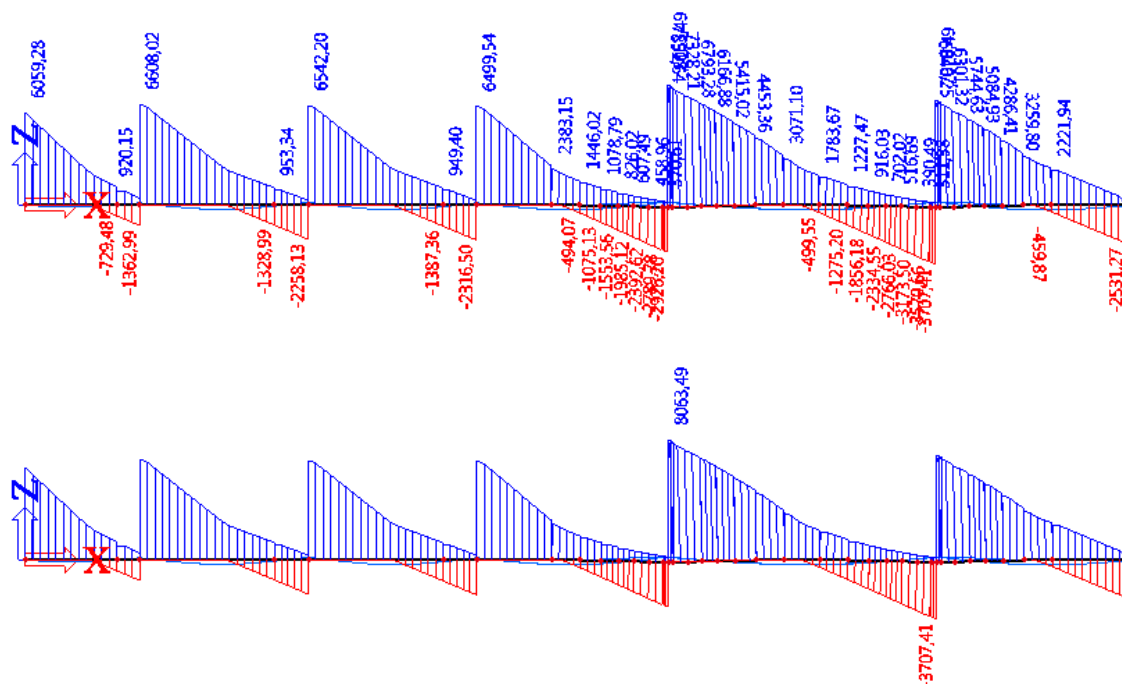
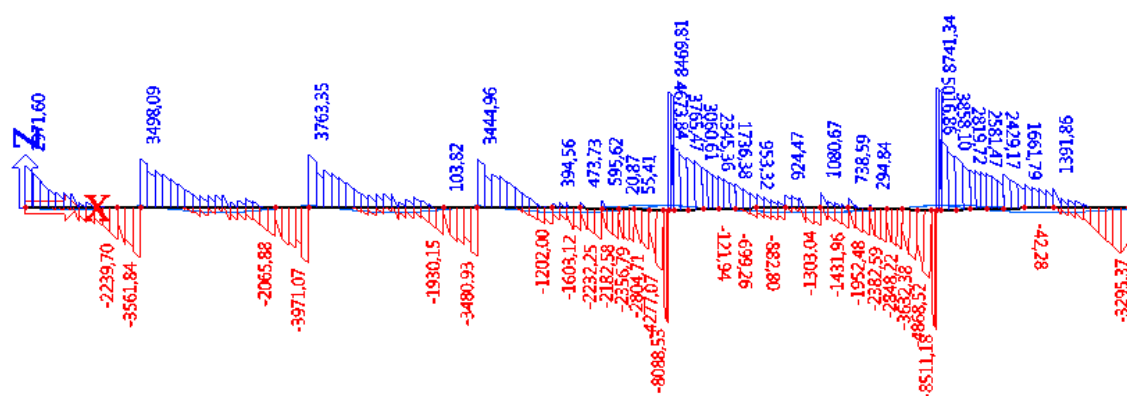
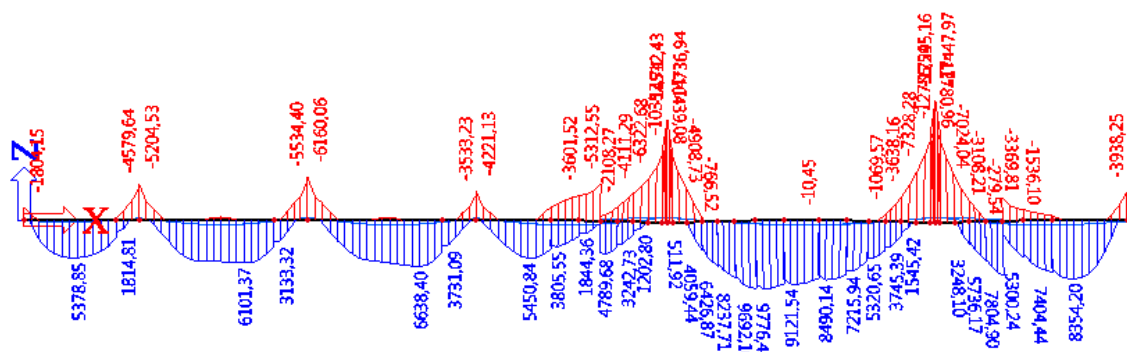
# 8.9 Mezní stav únosnosti – pole 5



# 8.10 Mezní stav únosnosti – podpěra 5



# 8.11 Vnitřní síly – max $T_{Ed}$

 $M_x$ 

 $V_z$ 

 $M_y$ 


## 8.12 Vnitřní síly – max $V_{Ed}$

$M_x$

