


FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: JAKUB ZIGMUND	VEDOUcí PRÁCE: DOC. DR. ING. JAKUB DOLEJŠ	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE: LÁVKA V ČERNOŠICÍCH		MĚŘÍTKO:
		DATUM: červen 2016
NÁZEV PŘÍLOHY: ROZBOR VARIANT		ČÍSLO PŘÍLOHY: 1

# ZADÁNÍ, NÁVRH VARIANT

Účelem rozboru variant je vybrat nejvhodnější technické řešení lávky přes řeku Berouнку mezi obcemi Černošice a Praha – Lipence. Poloha lávky je dána současnou polohou stávajících přístavišť místního přívozu Mokropsy a Kazín. Lávka má v tomto místě převést přes řeku pěší a cyklistickou dopravu a zároveň umožnit přejezd vozidel Integrovaného záchranného systému. Konstrukce má rovněž splňovat požadavky na pohyb osob se sníženou schopností pohybu a orientace.

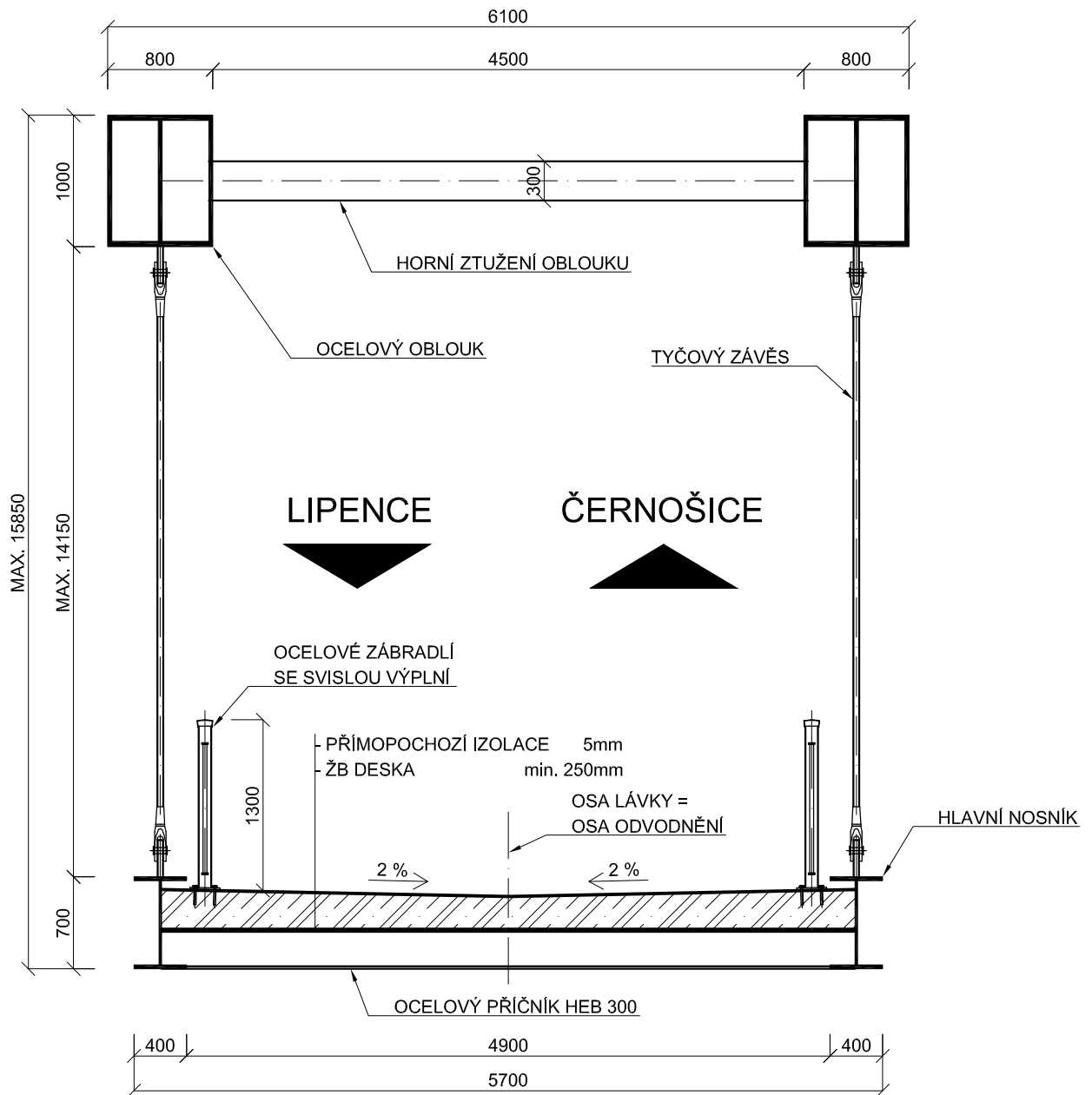
Se splavněním Berouanky se v místě lávky dle správce vodního toku nepočítá a výšku konstrukce tak lze navrhnout výhradně s ohledem na úroveň hladiny stoleté vody  $Q_{100}$ , při jejímž dosažení nesmí být zaplavena ložiska mostu. Vzhledem k požadavku na volný prostor pod lávkou byly všechny varianty navrženy bez mezilehlých podpor. S ohledem na úsporu materiálu bylo ve všech variantách navrženo kolmé křížení s překážkou, z čehož vyplývá, že se bude jednat o lávku s rozpětím 100 metrů.


S ohledem na všechny požadavky byly navrženy tři varianty konstrukčního řešení:

- a) oblouková konstrukce
- b) příhradová konstrukce
- c) zavěšená konstrukce

V následujícím rozboru je každá varianta zobrazena na přehledných výkresech a dále je uveden zjednodušený návrh základních konstrukčních prvků včetně statického posouzení. Na závěr je provedeno krátké zhodnocení každé z variant, na jehož základě je vybrána výsledná varianta pro detailní zpracování.

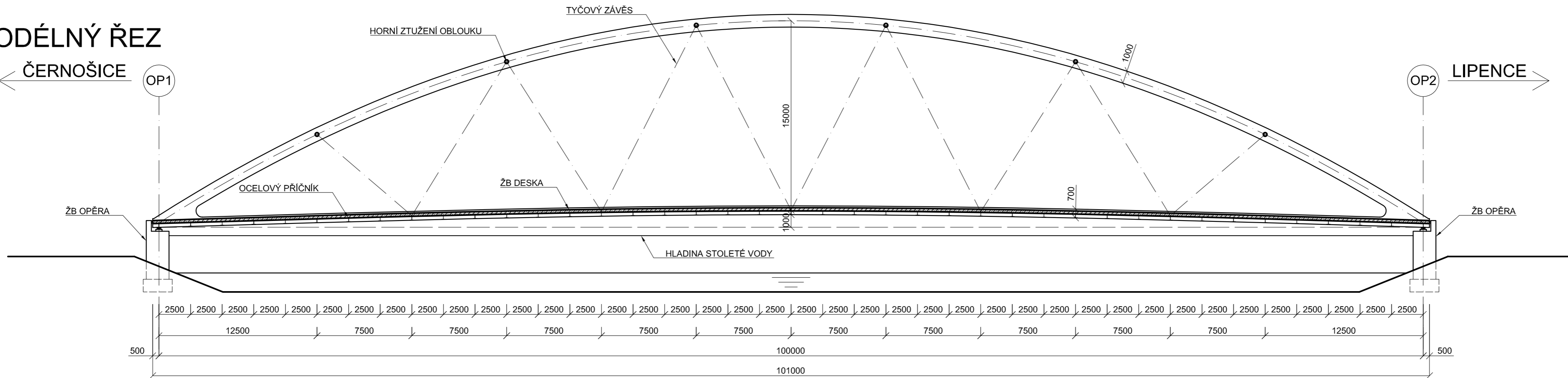
VARIANTA A – OBLOUKOVÁ KONSTRUKCE



FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: JAKUB ZIGMUND	VEDOUcí PRÁCE: DOC. DR. ING. JAKUB DOLEJŠ	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE: LÁVKA V ČERNOŠICÍCH		MĚŘÍTKO: 1:50
NÁZEV PŘÍLOHY: VARIANTA A - OBLOUKOVÁ KONSTRUKCE - PŘÍČNÝ ŘEZ		DATUM: červen 2016
		ČÍSLO PŘÍLOHY: A1

# PODÉLNÝ ŘEZ

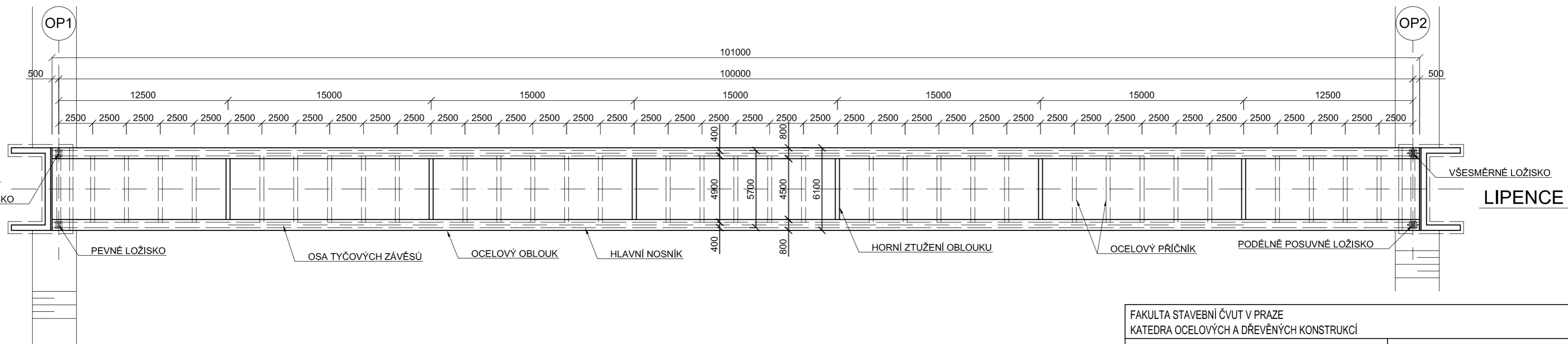
← ČERNOŠICE




OP2 → LIPENCE

# PŮDORYS

← ČERNOŠICE



→ LIPENCE

FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: JAKUB ZIGMUND	VEDOUCÍ PRÁCE: DOC. DR. ING. JAKUB DOLEJŠ	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE: LÁVKA V ČERNOŠICÍCH		MĚŘÍTKO: 1:250
		DATUM: červen 2016
NÁZEV PŘÍLOHY: VARIANTA A - OBLOUKOVÁ KONSTRUKCE - PODÉLNÝ ŘEZ A PŮDORYS		ČÍSLO PŘÍLOHY: A2

# PŘÍLOHA A3 - STATICKÝ VÝPOČET

## POPIS KONSTRUKCE

Jedná se o obloukový most s dolní mostovkou a rozpětím 100 m. Hlavní nosnou konstrukci tvoří dva ocelové oblouky čtvercového průřezu o vzepětí 15 m, které jsou od sebe osově vzdáleny 5,3 m. Hlavní nosníky o stejné osově vzdálenosti, které zároveň působí jako táhla, jsou tvořeny ocelovým I profilem výšky 700 mm. Příčníky s osovou vzdáleností 2,5 m jsou tvořené ocelovými profily HEB300. Na nich je monolitická ŽB deska s dostředným sklonem 2% a minimální tloušťkou 250 mm. Oblouk je vypleten tyčovými závěsy se šikým uspořádáním. Nosná konstrukce je uložena na železobetonových krajních opěrách. Všechny ocelové prvky jsou z oceli S355, vyjma táhel, které jsou z oceli S460. Na desku je použit beton třídy C30/37 s výztuží B500B.

## VÝPOČETNÍ MODEL

Pro účely výpočtu vnitřních sil na konstrukci a následného posouzení jednotlivých prvků byl vytvořen 2D model v programu Scia Engineer 14.

## PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

### **a) hlavní nosník**

$h =$	700 mm
$b =$	400 mm
$t_w =$	20 mm
$t_f =$	30 mm
$A =$	36800 mm <sup>2</sup>
$I_y =$	3,132E+09 mm <sup>4</sup>
$W_{el,y} =$	8948900 mm <sup>3</sup>
$f_{yd} =$	355 MPa

### **b) oblouk**

$h =$	1000 mm
$b =$	800 mm
$t_w =$	30 mm
$t_f =$	40 mm
$A =$	146800 mm <sup>2</sup>
$I_y =$	2,059E+10 mm <sup>4</sup>
$W_{el,y} =$	41189000 mm <sup>3</sup>
$f_{yd} =$	355 MPa

### **c) závěs M48**

$D =$	45 mm
$A =$	1590 mm <sup>2</sup>
$F_k =$	660 kN
$F_{uk} =$	875 kN

## ZATÍŽENÍ

### 1. Stálé

Vlastní tíha prvků zadávaných do modelu je automaticky generována programem, tíha nezadávaných prvků je v tabulce.

	obj. tíha	tl.	pl. zat.	zat.š.	lin. zat.	dl. příč.	síla
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[mm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN]
příčník HEB 300					1,17	4,9	2,87
ŽB deska	25	275	6,875	2,5	17,1875	4,9	42,11
suma							<b>44,98</b>

Dále je uvažováno se zatížením 0,5 kN/m jako tíha zábradlí.

### 2. Proměnné

a) chodci - gr1

pl. zat.	zat.š.	lin. zat.	š. lávky	síla
[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN]
4	2,5	10	4,5	22,50

b) servisní vozidlo - gr2

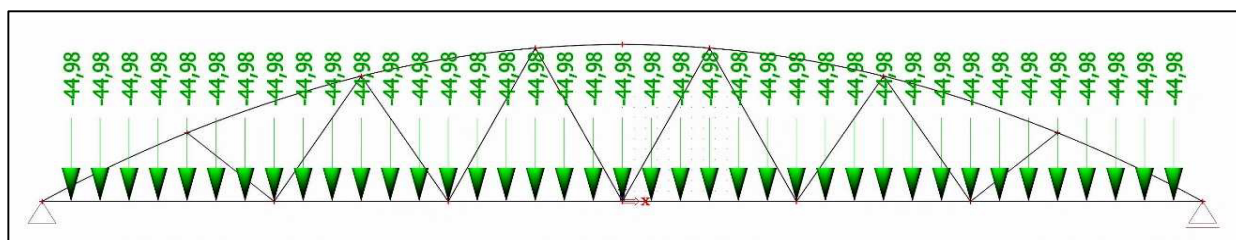
Je uvažováno vozidlo s hmotností 12 t, kde síla od zadní nápravy činí 80 kN a síla od přední nápravy činí 40 kN. Vzdálenost náprav je 3,00 m. Na mostě může v jednu chvíli být nejvýše jedno takové vozidlo

Každé z těchto zatížení je uvažováno vždy samostatně.

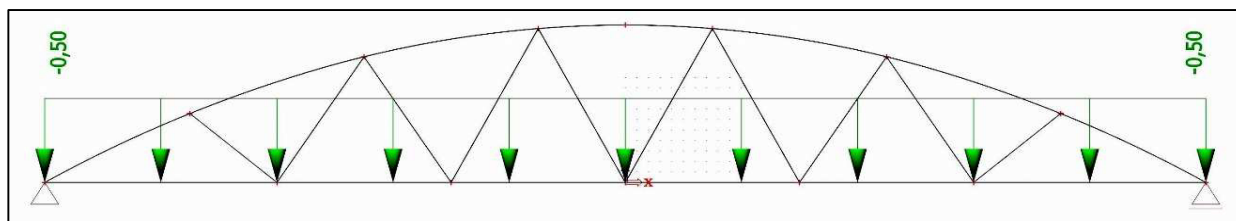
## ZATĚŽOVACÍ STAVY

LC1 - automaticky generovaná vlastní tíha

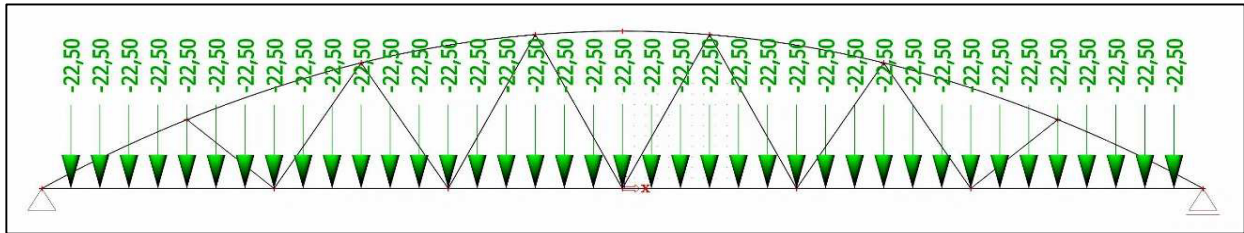
LC2 - vlastní tíha nezadávaných prvků (příčníky, ŽB deska)



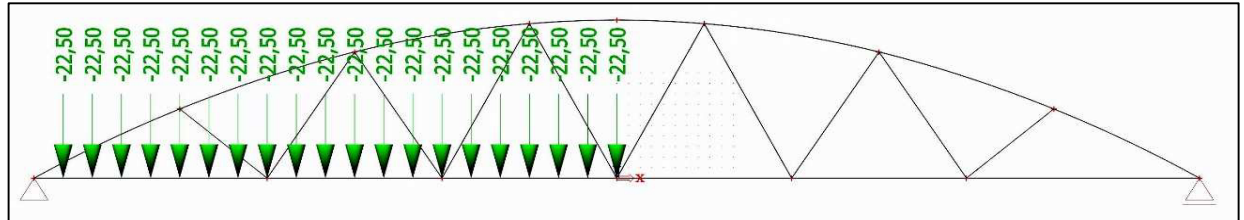
LC3 - zábradlí



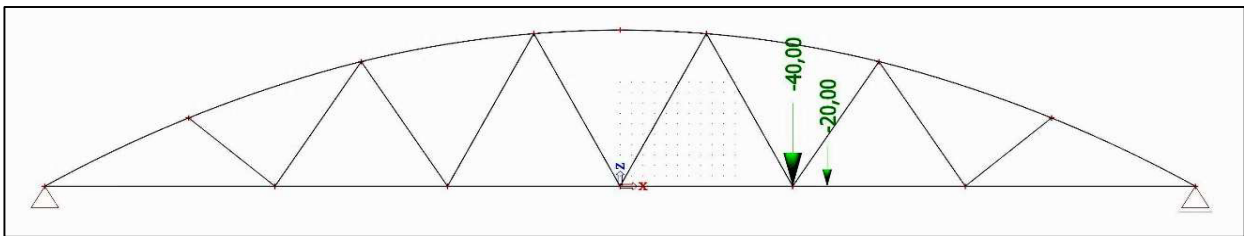
LC4 - zatížení davem na celé lávce



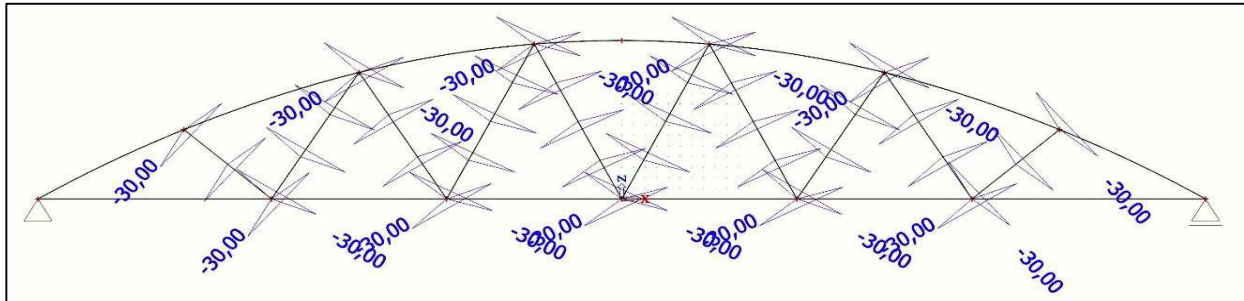
LC5 - zatížení davem na polovině lávky



LC6 až LC15 - zatížení servisním vozidlem v různých polohách



LC16 - předepnutí tyčových závěsů



## KOMBINACE

Kombinace byly generovány automaticky, výpis rozhodujících kombinací níže.

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

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

char.  $\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$

$\gamma_{G,max} = 1,35$

$\gamma_{G,min} = 1,00$

$\xi = 0,85$

$\gamma_{Q,max} = 1,35$

$\gamma_{Q,min} = 0,00$

$\psi_0 (gr1) = 0,40$

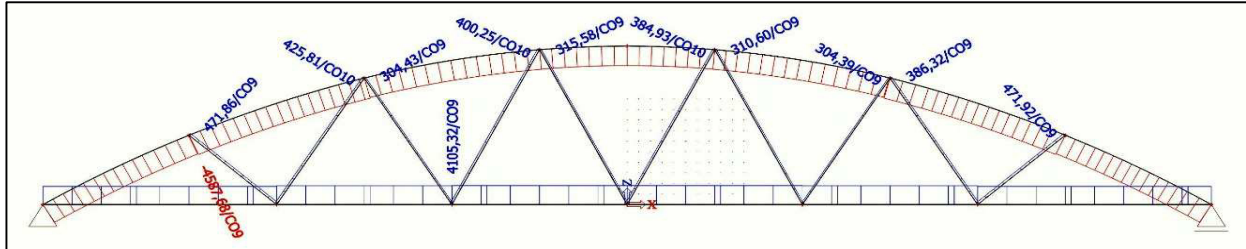
$\psi_0 (gr2) = 0,00$



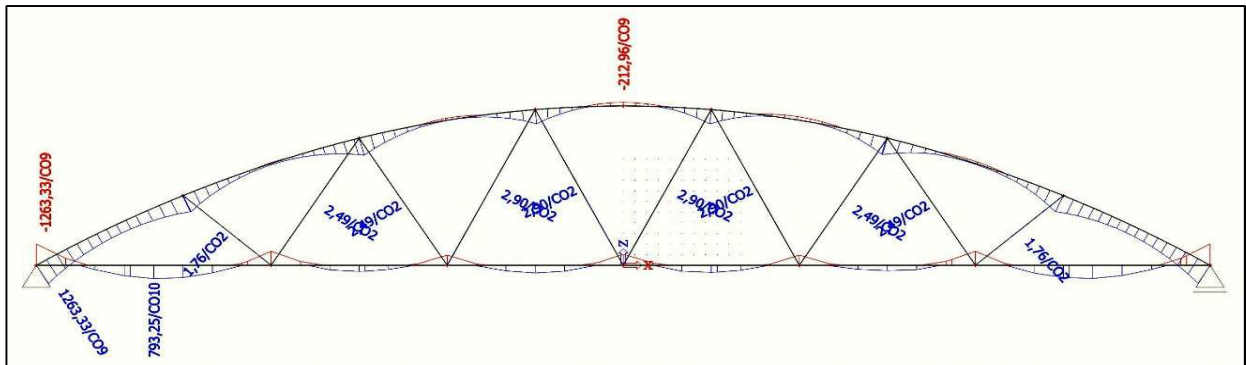
CO9 - 6.10b)  $0,85 \cdot 1,35 \cdot (LC1+LC2+LC3+LC16) + 1,35 \cdot LC4$   
 CO10 - 6.10b)  $0,85 \cdot 1,35 \cdot (LC1+LC2+LC3+LC16) + 1,35 \cdot LC5$   
 CO52 - char.  $1,00 \cdot (LC1+LC2+LC3+LC16) + 1,00 \cdot LC4$

## PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL

Obálka normálových sil na celé konstrukci



Obálka ohybových momentů na oblouku a hlavním nosníku



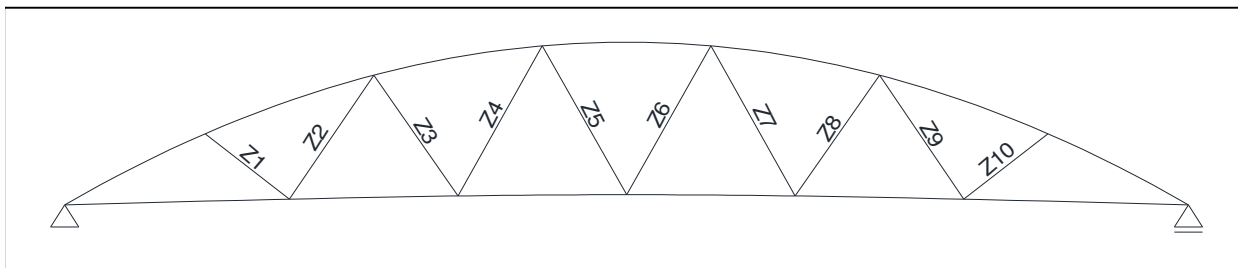
## POSOUZENÍ MSÚ

### 1. Závěsy

$$F_{Rd} = \min \{ F_{uk} / (1,5 \cdot \gamma_R); F_k / \gamma_R \} = \mathbf{583,33 \text{ kN}}$$

$$\gamma_R = 1,0$$

Závěs	$F_{Ed}$ [kN]	Komb.	$F_{Rd}$ [kN]	$F_{Ed}/F_{Rd}$	Posudek
Z1	471,86	CO9	583,33	0,81	vyhoví
Z2	425,81	CO10	583,33	0,73	vyhoví
Z3	304,43	CO9	583,33	0,52	vyhoví
Z4	400,25	CO10	583,33	0,69	vyhoví
Z5	315,58	CO9	583,33	0,54	vyhoví
Z6	384,93	CO10	583,33	0,66	vyhoví
Z7	310,60	CO9	583,33	0,53	vyhoví
Z8	304,39	CO9	583,33	0,52	vyhoví
Z9	386,32	CO9	583,33	0,66	vyhoví
Z10	471,92	CO9	583,33	0,81	vyhoví



## 2. Hlavní nosník

Nosník je posouzen pružně.

$$N_{Ed} = 4105,32 \text{ kN} \quad (\text{CO9})$$

$$M_{y,Ed} = 1263,33 \text{ kNm} \quad (\text{CO9})$$

$$\sigma_{Ed} = N_{Ed}/A + M_{y,Ed}/W_{el,y} = 111,56 + 141,172 = 252,73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{Ed} = 252,73 < f_{yd} = 355 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{HLAVNÍ NOSNÍK VYHOVUJE.}$$

## 3. Oblouk

$$N_{Ed} = 4587,68 \text{ kN} \quad (\text{CO9})$$

$$M_{y,Ed} = 1263,33 \text{ kNm} \quad (\text{CO9})$$

### a) vybočení v rovině

součinitel vzpěrné délky

$$m = 5$$

$$f/l = 15/100 = 0,15$$

$$\beta = 0,45$$

$$L = 105,712 \text{ m}$$

$$L_{cr} = \beta * L = 47,570 \text{ m}$$

$$i_y = 375 \text{ mm}$$

$$\lambda = L_{cr}/i_y = 126,854$$

$$\lambda_1 = 93,9 * (235/f_y)^{0,5} = 76,399$$

$$\lambda_{rel} = \lambda/\lambda_1 = 1,660$$

$$\chi_y = 0,237 \text{ (křivka d)}$$

$$N_{Rk} = A * f_y = 52114 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{el,y} * f_y = 3176,86 \text{ kNm}$$

$$\text{třída průřezu} = 3$$

$$C_{my} = 1,00$$

$$k_{yy} = 1,370 > 1,223 \rightarrow k_{yy} = 1,223$$

interakce M+N

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} = 0,371 + 0,486 = 0,858$$

$$0,858 < 1,00 \rightarrow \text{OBLOUK VYHOVUJE.}$$

## b) vybočení z roviny

součinitel vzpěrné délky

konzervativně uvažován volně stojící oblouk

$$\beta_1 = 0,60$$

$$\beta_2 = 0,72$$

$$\beta = \beta_1 * \beta_2 = 0,43$$

$$L = 105,712 \text{ m}$$

$$L_{cr} = \beta * L = 45,668 \text{ m}$$

$$i_z = 281 \text{ mm}$$

$$\lambda = L_{cr}/i_z = 162,518$$

$$\lambda_1 = 93,9 * (235/f_y)^{0,5} = 76,399$$

$$\lambda_{rel} = \lambda/\lambda_1 = 2,127$$

$$\chi_z = 0,159 \text{ (křivka d)}$$

$$k_{zy} = 0,8 * k_{yy} = 0,978$$

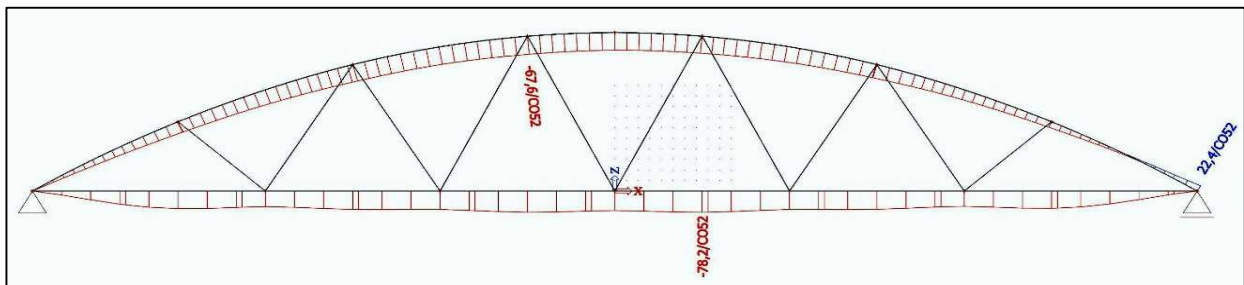
interakce M+N

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M0}}} = 0,554 + 0,389 = 0,943$$

**0,943 < 1,00 -> OBLOUK VYHOVUJE.**

## POSOUZENÍ MSP

Svislý průhyb oblouku a hlavního nosníku

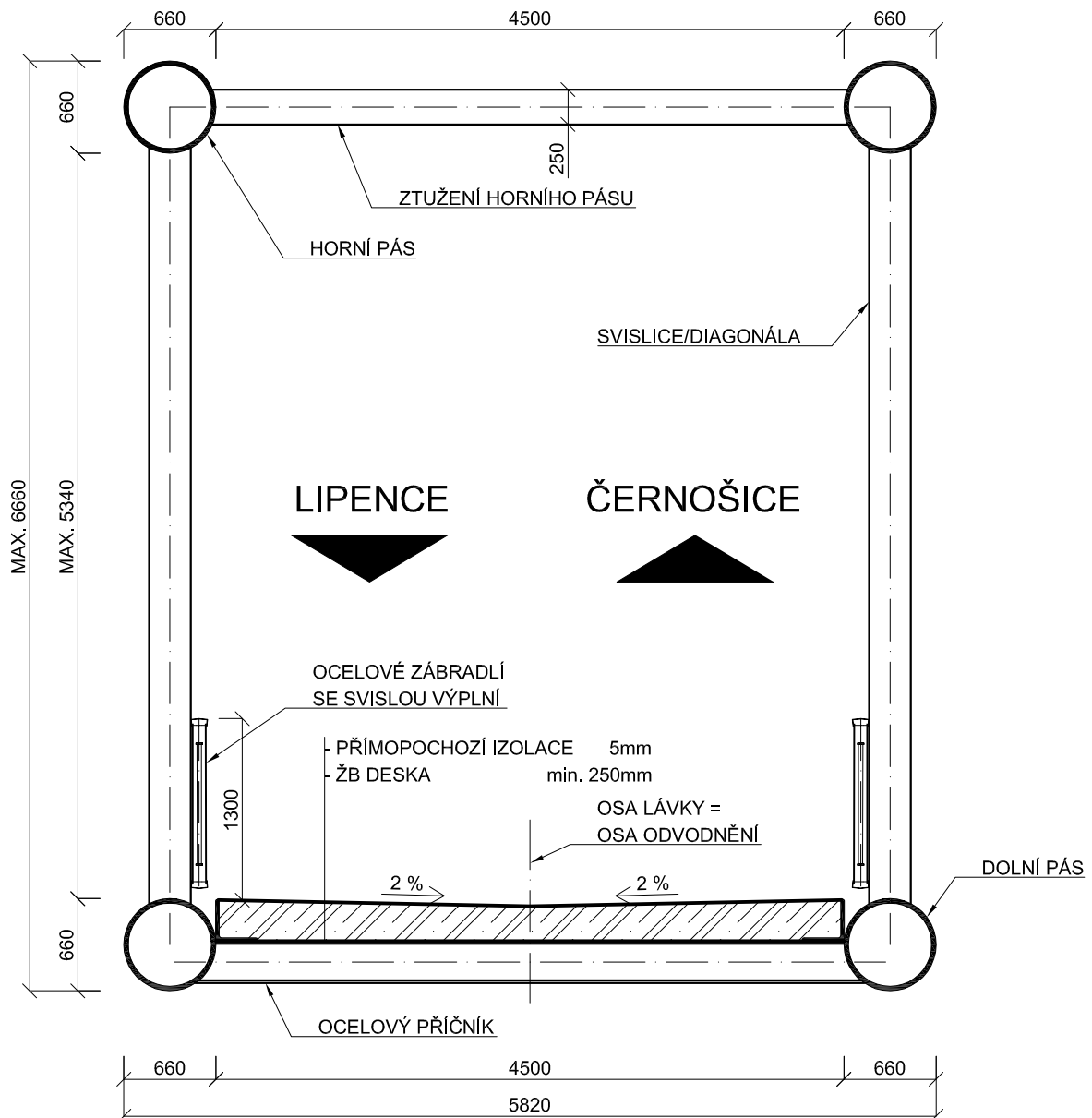


$$\delta = 78,2 \text{ mm}$$

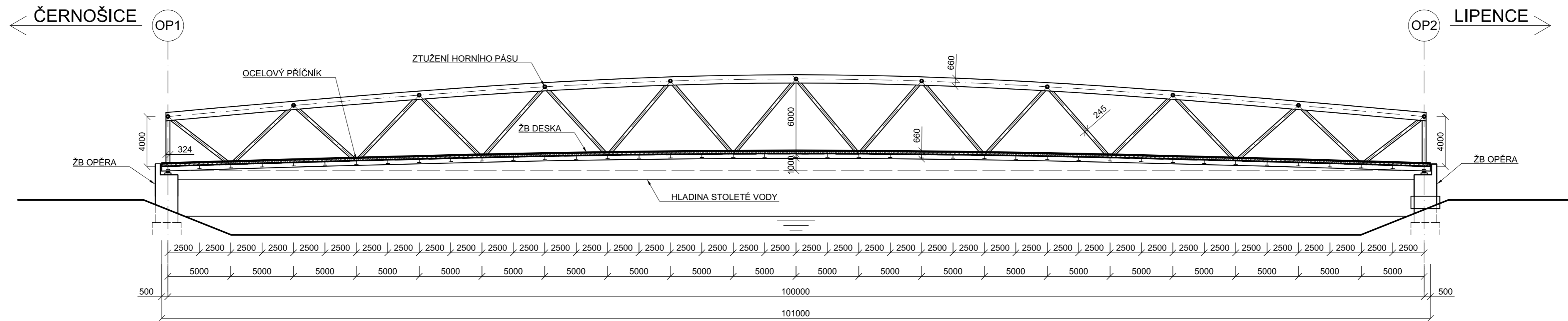
$$\delta_{max} = L/350 = 100000/350 = 285,7 \text{ mm}$$

$$\delta = 78,2 < \delta_{max} = 285,7 \text{ [mm] ... Vyhovuje!}$$

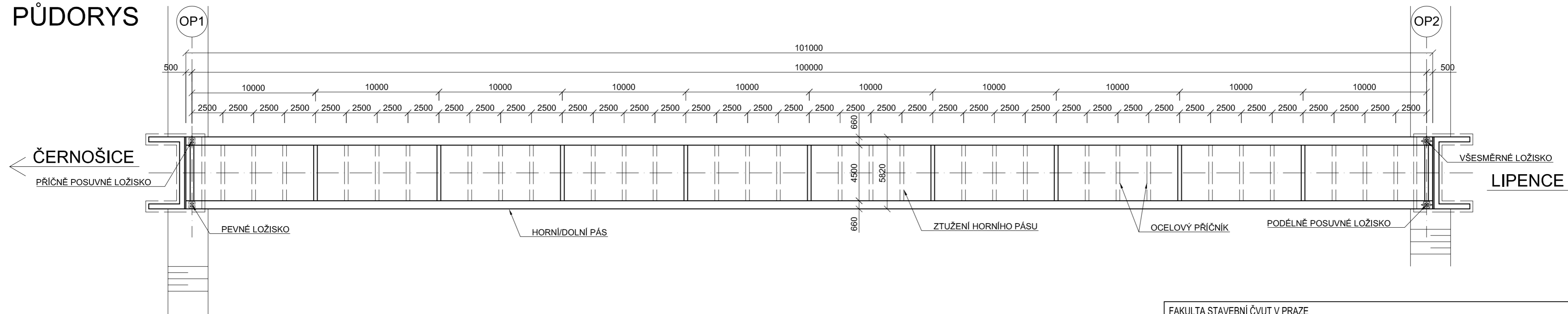
VARIANTA B – PŘÍHRADOVÁ KONSTRUKCE




FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: JAKUB ZIGMUND	VEDOUcí PRÁCE: DOC. DR. ING. JAKUB DOLEJŠ	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE: LÁVKA V ČERNOŠICÍCH		MĚŘÍTKO: 1:50
		DATUM: červen 2016
NÁZEV PŘÍLOHY: VARIANTA B - PŘÍHRADOVÁ KONSTRUKCE - PŘÍČNÝ ŘEZ		ČÍSLO PŘÍLOHY: B1



## PŮDORYS



FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: JAKUB ZIGMUND	VEDOUČÍ PRÁCE: DOC. DR. ING. JAKUB DOLEJŠ	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE: LÁVKA V ČERNOŠICÍCH		MĚŘÍTKO: 1:250
NÁZEV PŘÍLOHY: VARIANTA B - PŘÍHRADOVÁ KONSTRUKCE - PODÉLNÝ ŘEZ A PŮDORYS		DATUM: červen 2016
		ČÍSLO PŘÍLOHY: B2



Dále je uvažováno se zatížením 0,5 kN/m jako tíha zábradlí.

## 2. Proměnné

a) chodci - gr1

pl. zat.	zat.š.	lin. zat.	š. lávky	síla
[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN]
4	2,5	10	4,5	22,50

b) servisní vozidlo - gr2

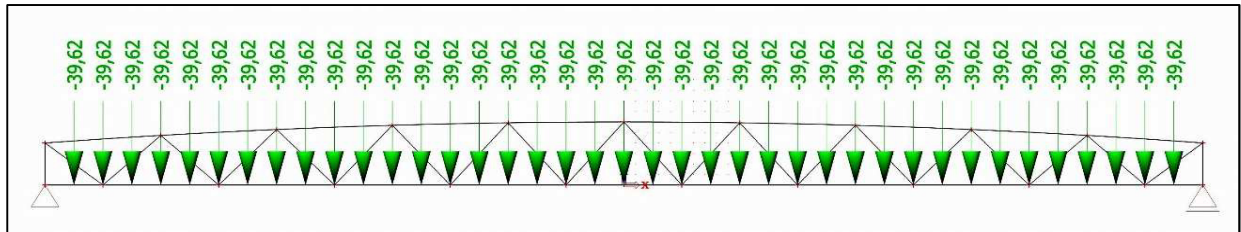
Je uvažováno vozidlo s hmotností 12 t, kde síla od zadní nápravy činí 80 kN a síla od přední nápravy činí 40 kN. Vzdálenost náprav je 3,00 m. Na mostě může v jednu chvíli být nejvýše jedno takové vozidlo

Každé z těchto zatížení je uvažováno vždy samostatně.

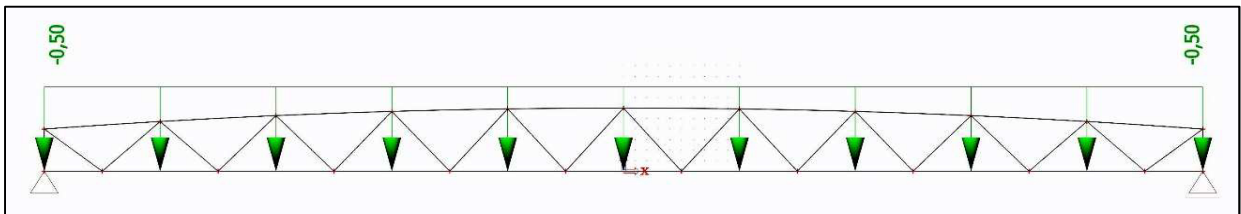
## ZATĚŽOVACÍ STAVY

LC1 - automaticky generovaná vlastní tíha

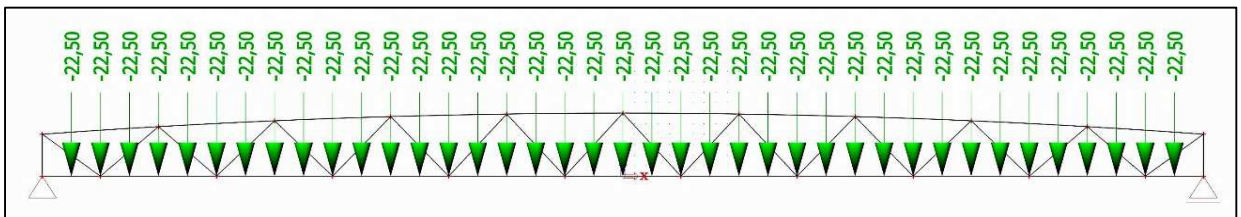
LC2 - vlastní tíha nezadávaných prvků (příčnice, ŽB deska)



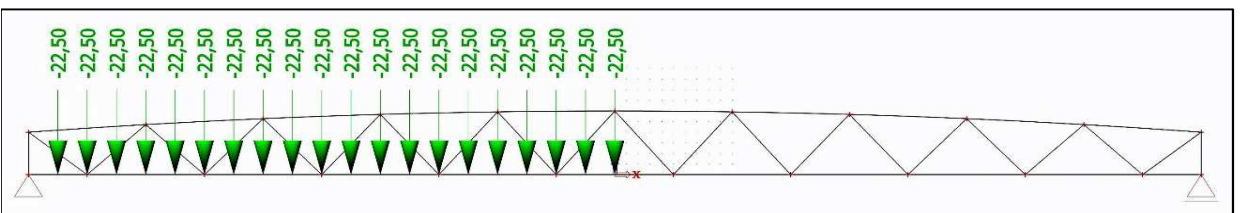
LC3 - zábradlí



LC4 - zatížení davem na celé lávce

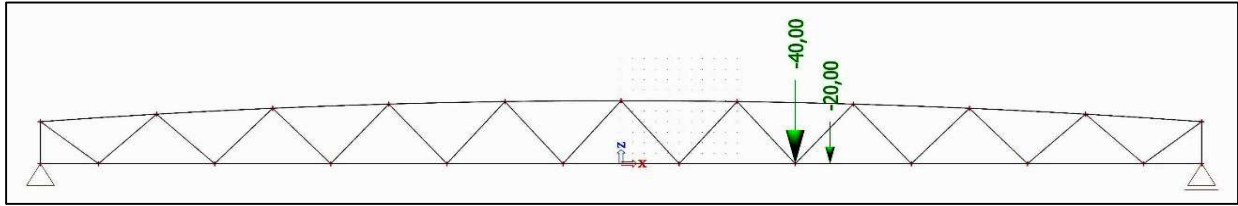


LC5 - zatížení davem na polovině lávky





LC6 až LC15 - zatížení servisním vozidlem v různých polohách



**KOMBINACE**

Kombinace byly generovány automaticky, výpis rozhodujících kombinací níže.

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

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

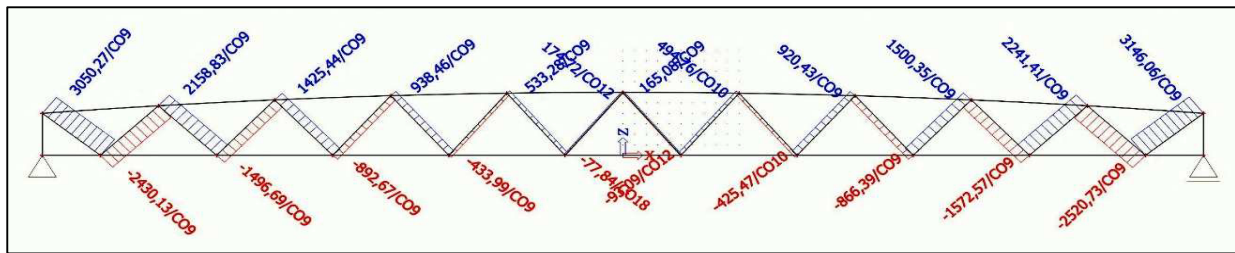
char.  $\sum G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$

- $\gamma_{G,max} = 1,35$
- $\gamma_{G,min} = 1,00$
- $\xi = 0,85$
- $\gamma_{Q,max} = 1,35$
- $\gamma_{Q,min} = 0,00$
- $\psi_0 (gr1) = 0,40$
- $\psi_0 (gr2) = 0,00$

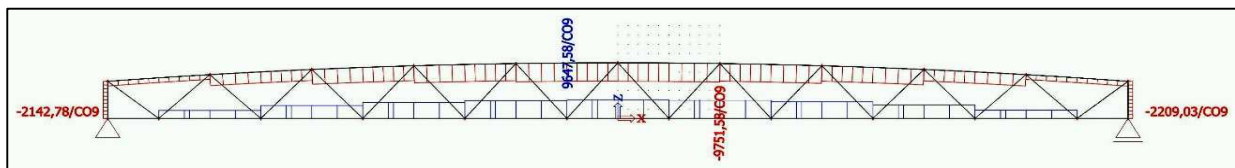
- CO9 - 6.10b)  $0,85 * 1,35 * (LC1 + LC2 + LC3) + 1,35 * LC4$
- CO10 - 6.10b)  $0,85 * 1,35 * (LC1 + LC2 + LC3) + 1,35 * LC5$
- CO12 - 6.10b)  $1,00 * (LC1 + LC2 + LC3) + 1,35 * LC5$
- CO52 - char.  $1,00 * (LC1 + LC2 + LC3) + 1,00 * LC4$

**PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL**

Obálka normálových sil na diagonálách



Obálka normálových sil na pásech a svislicích





## 2. Posouzení tlačných prvků

$$L_{cr} = \beta \cdot L$$

$$\lambda = L_{cr} / i_y$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot (235 / f_y)^{0,5}$$

$$\lambda_{rel} = \lambda / \lambda_1$$

$\chi$ ... křivka "a"

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_y$$

Prut	N <sub>Ed</sub> [kN]	Kombinace	Profil	A [mm <sup>2</sup> ]	L <sub>teor</sub> [mm]	β	L <sub>cr</sub> [mm]	i [mm]	f <sub>y</sub> [MPa]	λ	λ <sub>1</sub>	λ <sub>rel</sub>	χ	N <sub>b,Rd</sub> [kN]	N <sub>Ed</sub> /N <sub>b,Rd</sub>
															0,70
H	9751,58	CO9	TR660.0x32.0	63100	20000	0,9	18000	222	355	81,081	76,399	1,061	0,624	13977,91	<b>0,70</b>
D2	2520,73	CO9	TR244.5x16.0	11500	6876	0,75	5157	81	355	63,667	76,399	0,833	0,776	3168,02	<b>0,80</b>
D4	1572,57	CO9	TR244.5x16.0	11500	7272	0,75	5454	81	355	67,333	76,399	0,881	0,747	3049,63	<b>0,52</b>
D6	892,67	CO9	TR244.5x16.0	11500	7567	0,75	5675	81	355	70,065	76,399	0,917	0,723	2951,65	<b>0,30</b>
D8	433,99	CO10	TR244.5x16.0	11500	7749	0,75	5812	81	355	71,750	76,399	0,939	0,707	2886,33	<b>0,15</b>
D10	93,09	CO12	TR244.5x16.0	11500	7810	0,75	5858	81	355	72,315	76,399	0,947	0,702	2865,92	<b>0,03</b>
V1	2209,03	CO9	TR323.9x12.5	12200	4000	0,75	3000	110	355	27,273	76,399	0,357	0,964	4175,08	<b>0,53</b>

### 3. Interkce M+N

$$N_{Rk} = A \cdot f_y$$

$$M_{y,Rk} = W_{el,y} \cdot f_y$$

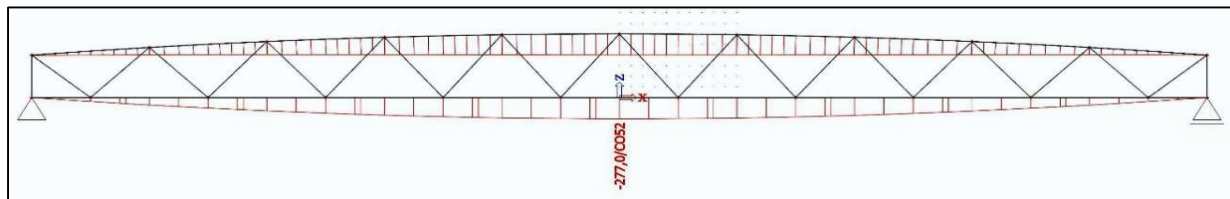
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\gamma_{M0}}$$

Prut	Profil	Tř. průř.	$f_y$ [MPa]	A [mm <sup>2</sup> ]	$W_{pl,y}$ [mm <sup>3</sup> ]	$N_{Rk}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]	$M_{y,Rk}$ [kNm]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$\lambda_{rel}$	$\chi$	$C_{my}$	$k_{yy}$	Interakce	Posudek
S	TR660.0x32.0	1	355	63100	12432000	22400,50	9647,58	4413,36	359,88	0,200	1,000	1,0	1,000	<b>0,51</b>	vyhoví
H	TR660.0x32.0	1	355	63100	12432000	22400,50	9751,58	4413,36	268,52	1,061	0,624	1,0	1,558	<b>0,79</b>	vyhoví
D1	TR244.5x16.0	1	355	11500	823570	4082,50	3146,06	292,37	21,67	0,200	1,000	1,0	1,000	<b>0,84</b>	vyhoví
D2	TR244.5x16.0	1	355	11500	823570	4082,50	2520,73	292,37	19,45	0,833	0,776	1,0	1,504	<b>0,90</b>	vyhoví
D3	TR244.5x16.0	1	355	11500	823570	4082,50	2241,41	292,37	9,89	0,200	1,000	1,0	1,000	<b>0,58</b>	vyhoví
D4	TR244.5x16.0	1	355	11500	823570	4082,50	1572,57	292,37	8,61	0,881	0,747	1,0	1,351	<b>0,56</b>	vyhoví
D5	TR244.5x16.0	1	355	11500	823570	4082,50	1500,35	292,37	7,56	0,200	1,000	1,0	1,000	<b>0,39</b>	vyhoví
D6	TR244.5x16.0	1	355	11500	823570	4082,50	892,67	292,37	7,07	0,917	0,723	1,0	1,217	<b>0,33</b>	vyhoví
D7	TR244.5x16.0	1	355	11500	823570	4082,50	938,46	292,37	4,97	0,200	1,000	1,0	1,000	<b>0,25</b>	vyhoví
D8	TR244.5x16.0	1	355	11500	823570	4082,50	433,99	292,37	5,10	0,939	0,707	1,0	1,111	<b>0,17</b>	vyhoví
D9	TR244.5x16.0	1	355	11500	823570	4082,50	533,28	292,37	4,63	0,200	1,000	1,0	1,000	<b>0,15</b>	vyhoví
D10	TR244.5x16.0	1	355	11500	823570	4082,50	93,09	292,37	4,72	0,947	0,702	1,0	1,024	<b>0,05</b>	vyhoví
V1	TR323.9x12.5	1	355	12200	1193700	4331,00	2209,03	423,76	132,49	0,357	0,964	1,0	1,083	<b>0,87</b>	vyhoví

## POSOUZENÍ MSP

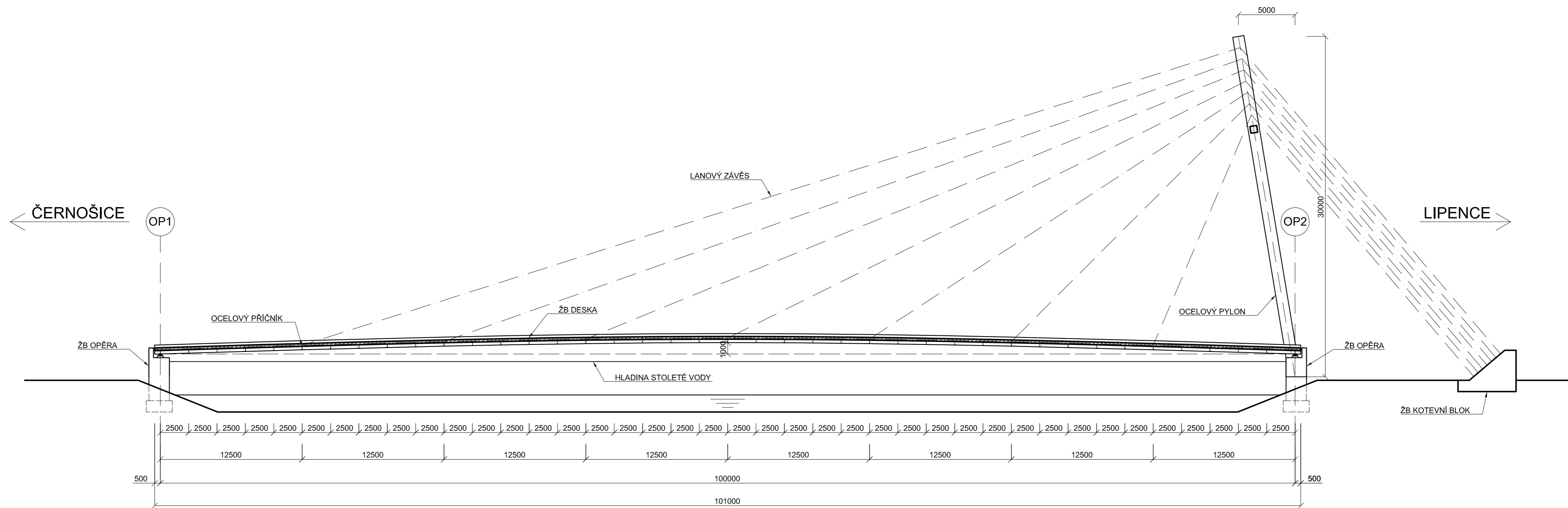
Svislý průhyb horního a dolního pásu




$$\begin{aligned} \delta &= 277,0 \text{ mm} \\ \delta_{\max} &= L/350 = 100000/350 = 285,7 \text{ mm} \\ \delta &= 277 < \delta_{\max} = 285,7 \text{ [mm] ... Vyhovuje!} \end{aligned}$$

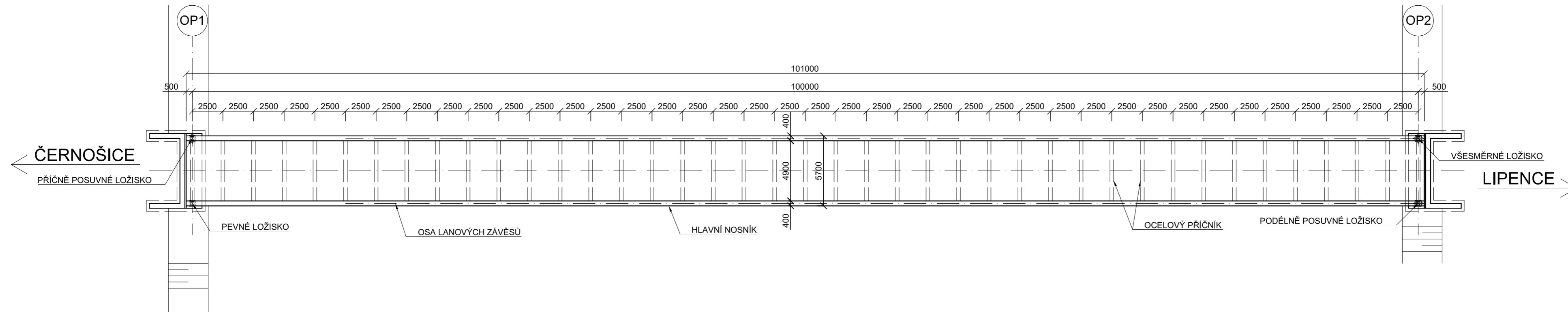
VARIANTA C – ZAVĚŠENÁ KONSTRUKCE




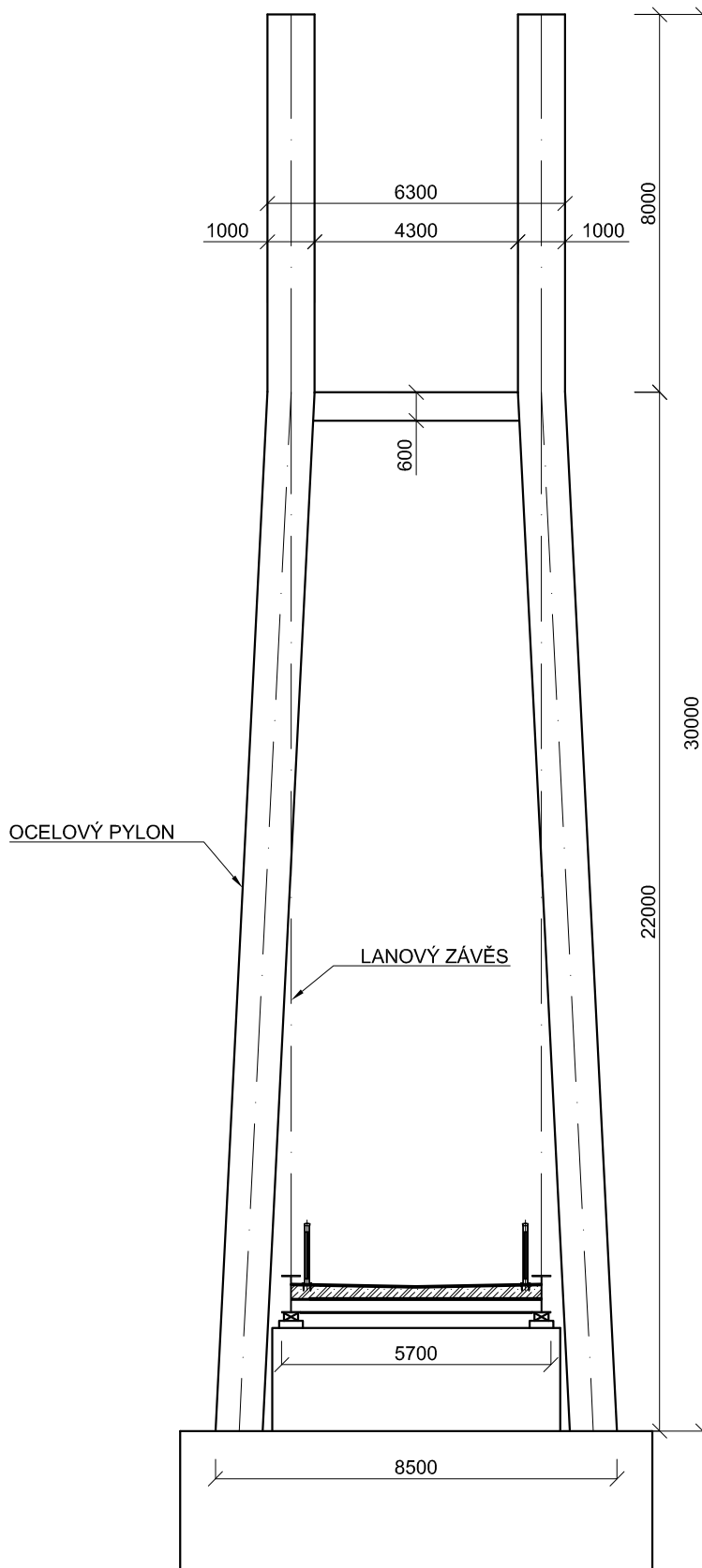



FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: JAKUB ZIGMUND	VEDOUCÍ PRÁCE: DOC. DR. ING. JAKUB DOLEJŠ	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE: LÁVKA V ČERNOŠICÍCH		MĚŘÍTKO: 1:250
		DATUM: červen 2016
NÁZEV PŘÍLOHY: VARIANTA C - ZAVĚŠENÁ KONSTRUKCE - PODÉLNÝ ŘEZ		ČÍSLO PŘÍLOHY: C2





FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: JAKUB ZIGMUND	VEDOUCÍ PRÁCE: DOC. DR. ING. JAKUB DOLEJŠ	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE: LÁVKA V ČERNOŠICÍCH		MĚŘÍTKO: 1:250
		DATUM: červen 2016
NÁZEV PŘÍLOHY: VARIANTA C - ZAVĚŠENÁ KONSTRUKCE - PŮDORYS		ČÍSLO PŘÍLOHY: C3



FAKULTA STAVEBNÍ ČVUT V PRAZE KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ		
VYPRACOVAL: JAKUB ZIGMUND	VEDOUcí PRÁCE: DOC. DR. ING. JAKUB DOLEJŠ	
TÉMA DIPLOMOVÉ PRÁCE: LÁVKA V ČERNOŠICÍCH		MĚŘÍTKO: 1:150
		DATUM: červen 2016
NÁZEV PŘÍLOHY: VARIANTA C - ZAVĚŠENÁ KONSTRUKCE - PŘÍČNÝ ŘEZ S PYLONEM		ČÍSLO PŘÍLOHY: C4

# PŘÍLOHA C5 - STATICKÝ VÝPOČET

## POPIS KONSTRUKCE

Jedná se o zavěšený most o jednom poli s rozpětím 100 m. Nosnou konstrukci tvoří 2 hlavní nosníky ocelového profilu I výšky 800 mm s osovou vzdáleností 5,3 m. Příčnický s osovou vzdáleností 2,5 m jsou tvořené ocelovými profily HEB300. Na nich je monolitická ŽB deska s dostředným sklonem 2% a minimální tloušťkou 250 mm. Most je zavěšen na 7 ocelových lanech, které působí jako pružné podpory a jejichž vzdálenost činí 12,5 m. Lana jsou kotvena do ocelového pylonu kruhového průřezu, jehož průměr činí 1000 mm, a dále do kotevního bloku za opěrou OP2. Nosná konstrukce je uložena na železobetonovým krajních opěrách. Všechny ocelové prvky jsou z oceli S355, vyjma závěsů, které jsou z oceli Y1770S7. Na desku je použit beton třídy C30/37 s výztuží B500B.

## VÝPOČETNÍ MODEL

Pro účely výpočtu vnitřních sil na konstrukci a následného posouzení jednotlivých prvků byl vytvořen 2D model v programu Scia Engineer 14.

## PRŮŘEZOVÉ CHARAKTERISTIKY

### a) hlavní nosník

$h =$	800 mm
$b =$	400 mm
$t_w =$	20 mm
$t_f =$	30 mm
$A =$	38800 mm <sup>2</sup>
$I_y =$	4,235E+09 mm <sup>4</sup>
$W_{el,y} =$	10586000 mm <sup>3</sup>
$f_{yd} =$	355 MPa

### b) pylon

$D =$	1016 mm
$t =$	30 mm
$A =$	92900 mm <sup>2</sup>
$I_y =$	1,130E+10 mm <sup>4</sup>
$W_{pl,y} =$	28715000 mm <sup>3</sup>
$f_{yd} =$	355 MPa

### c) závěs 1 pramenec

$D =$	15,7 mm
$A =$	150 mm <sup>2</sup>
$F_k =$	234 kN
$F_{uk} =$	266 kN

### 13 pramenců

$n =$	13
$A =$	1950 mm <sup>2</sup>
$F_k =$	3042 kN
$F_{uk} =$	3458 kN

## ZATÍŽENÍ

### 1. Stálé

Vlastní tíha prvků zadávaných do modelu je automaticky generována programem, tíha nezadávaných prvků je v tabulce.

	obj. tíha	tl.	pl. zat.	zat.š.	lin. zat.	dl. příč.	síla
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[mm]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN]
příčník HEB 300					1,17	4,9	2,87
ŽB deska	25	275	6,875	2,5	17,1875	4,9	42,11
suma							<b>44,98</b>

Dále je uvažováno se zatížením 0,5 kN/m jako tíha zábradlí.

### 2. Proměnné

a) chodci - gr1

pl. zat.	zat.š.	lin. zat.	š. lávky	síla
[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[kN/m]	[m]	[kN]
4	2,5	10	4,5	22,50

b) servisní vozidlo - gr2

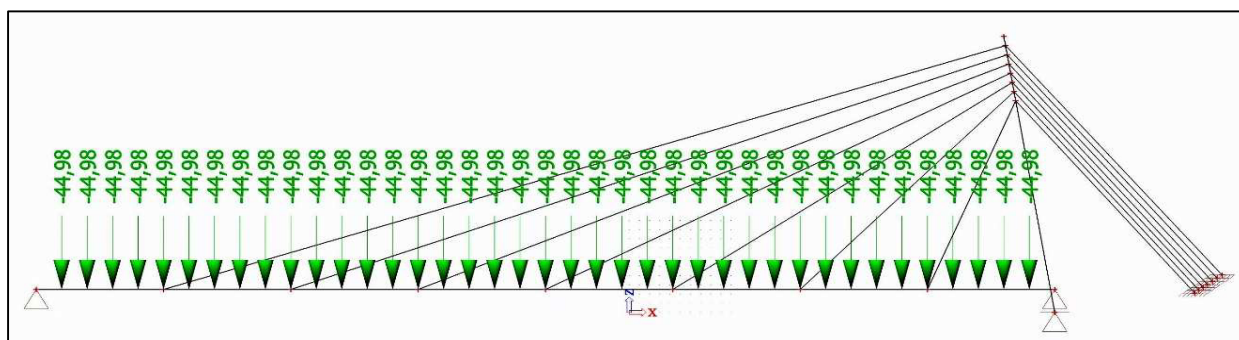
Je uvažováno vozidlo s hmotností 12 t, kde síla od zadní nápravy činí 80 kN a síla od přední nápravy činí 40 kN. Vzdálenost náprav je 3,00 m. Na mostě může v jednu chvíli být nejvýše jedno takové vozidlo

Každé z těchto zatížení je uvažováno vždy samostatně.

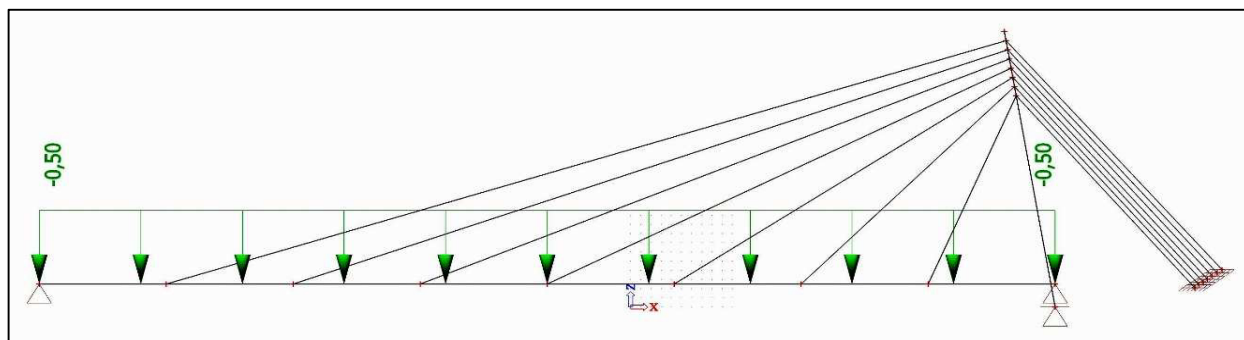
## ZATĚŽOVACÍ STAVY

LC1 - automaticky generovaná vlastní tíha

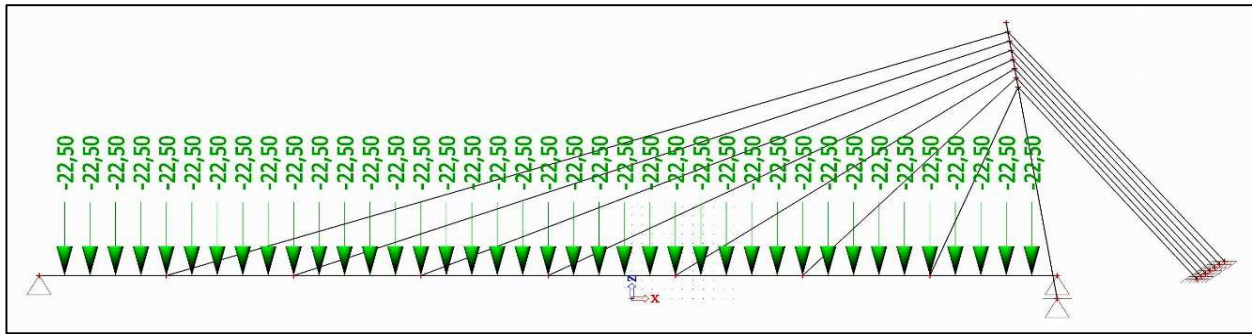
LC2 - vlastní tíha nezadávaných prvků (příčníky, ŽB deska)



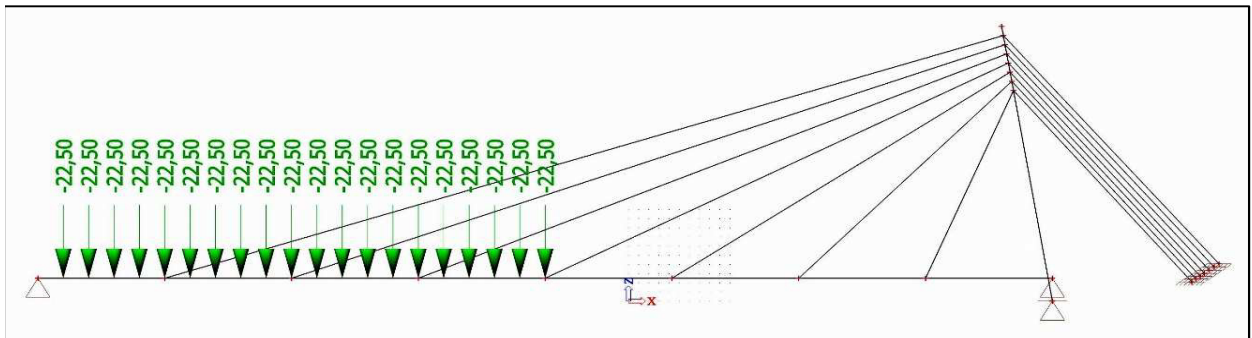
LC3 - zábradlí



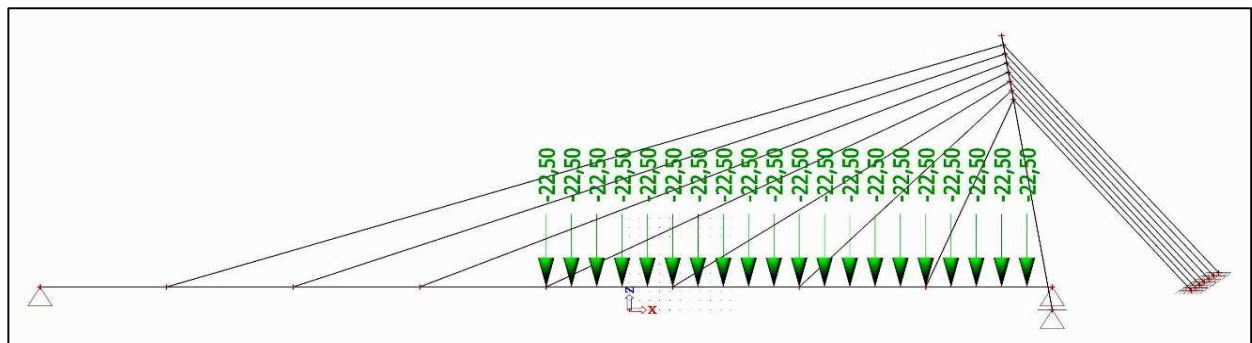
LC4 - zatížení davem na celé lávce



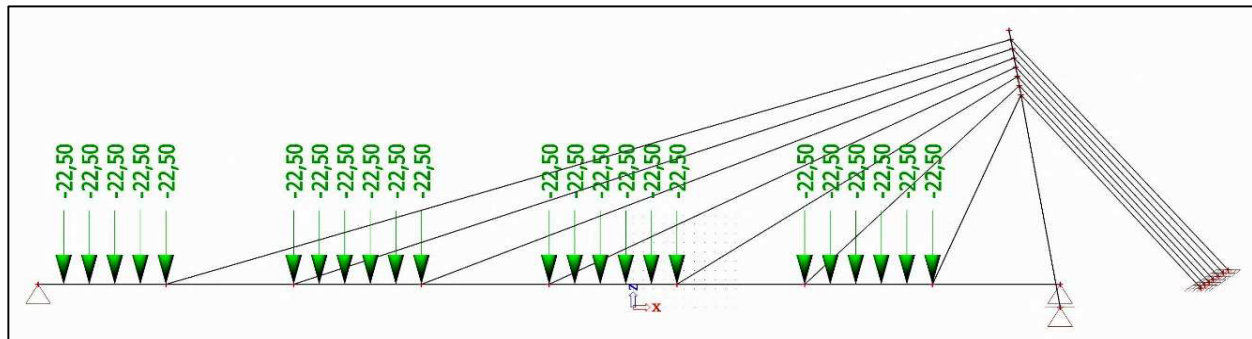
LC5 - zatížení davem na levé polovině lávky



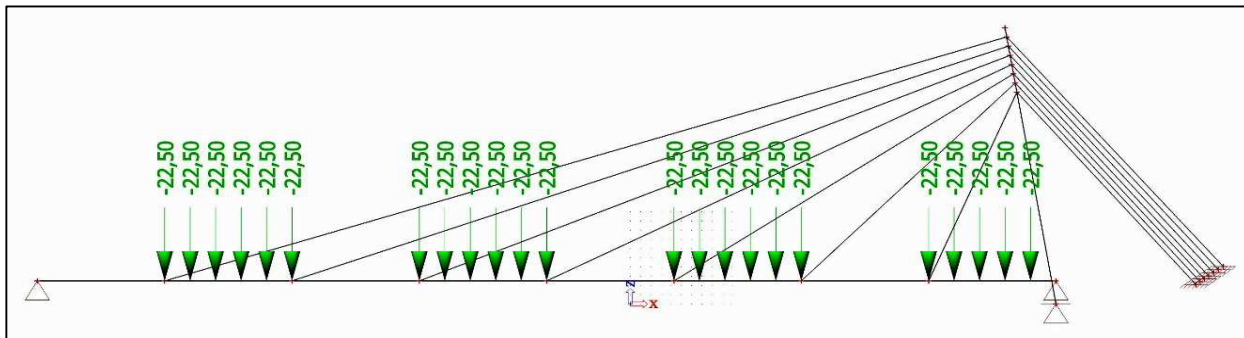
LC6 - zatížení davem na pravé polovině lávky



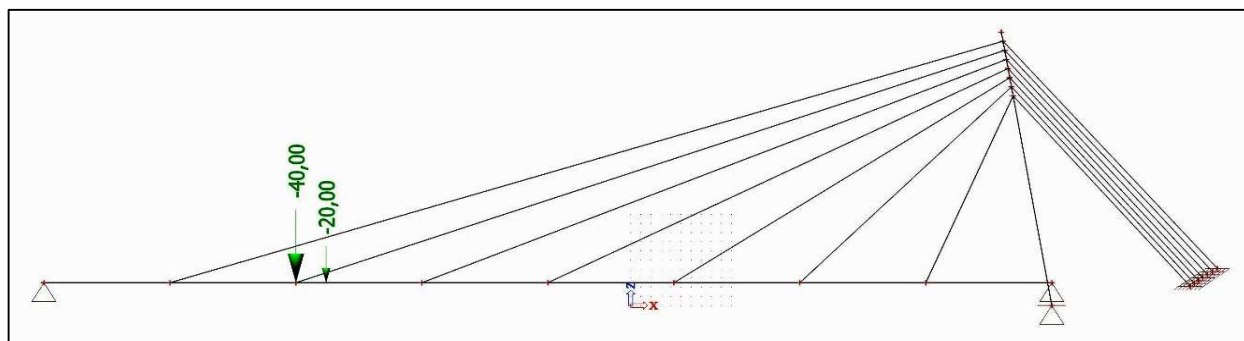
LC7 - zatížení davem v lichých polích



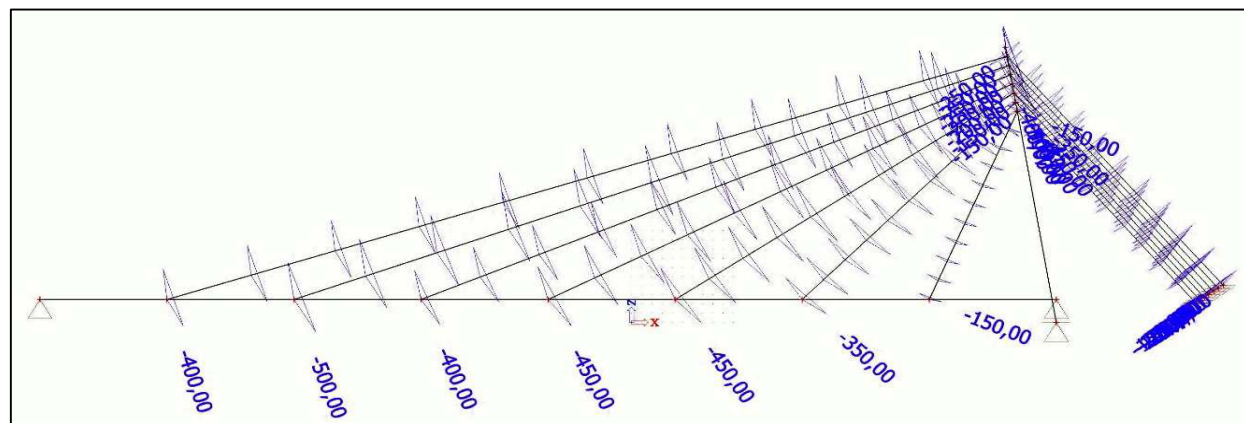
### LC8 - zatížení davem v sudých polích



### LC9 až LC18 - zatížení servisním vozidlem v různých polohách



### LC19 - předepnutí lanových závěsů



## KOMBINACE

Kombinace byly generovány automaticky, výpis rozhodujících kombinací níže.

$$6.10 \text{ a) } \sum V_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} "+" \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$6.10 \text{ b) } \sum \xi_j V_{G,j} G_{k,j} "+" \gamma_P P "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \sum \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\text{char. } \sum G_{k,j} "+" P "+" Q_{k,1} "+" \sum \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$V_{G,max} = 1,35$$

$$V_{G,min} = 1,00$$

$$\xi = 0,85$$

$$V_{Q,max} = 1,35$$

$$V_{Q,min} = 0,00$$

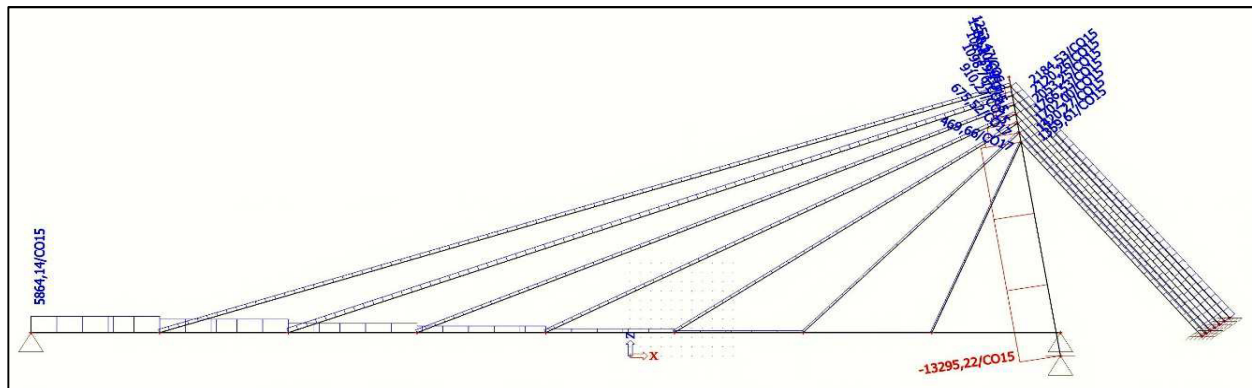
$$\psi_0 \text{ (gr1)} = 0,40$$

$$\psi_0 \text{ (gr2)} = 0,00$$

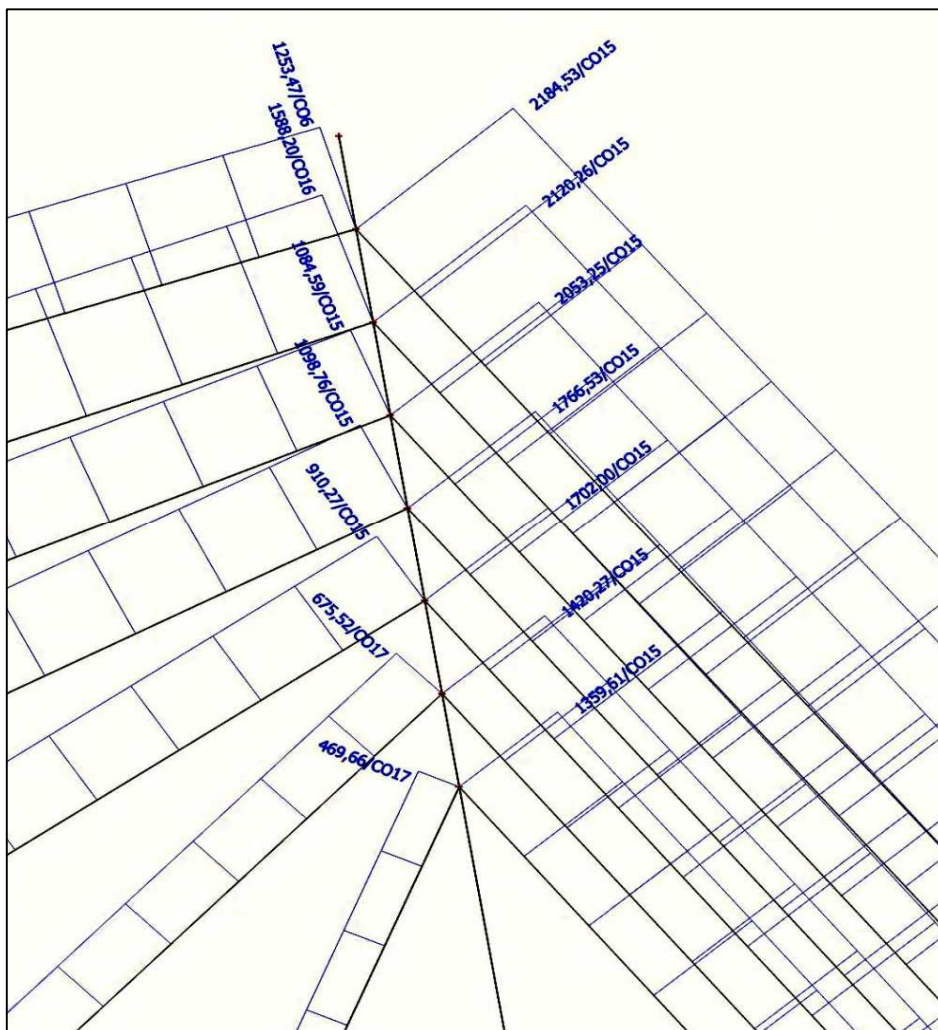
CO2 - 6.10a)	$1,35*(LC1+LC2+LC3+LC19)$
CO6 - 6.10a)	$1,35*(LC1+LC2+LC3+LC19) "+" 1,35*0,4*LC5$
CO15 - 6.10b)	$0,85*1,35*(LC1+LC2+LC3+LC19) "+" 1,35*LC4$
CO16 - 6.10b)	$0,85*1,35*(LC1+LC2+LC3+LC19) "+" 1,35*LC5$
CO17 - 6.10b)	$0,85*1,35*(LC1+LC2+LC3+LC19) "+" 1,35*LC6$
CO51 - char.	$1,00*(LC1+LC2+LC3+LC19)$
CO52 - char.	$1,00*(LC1+LC2+LC3+LC19) "+" 1,00*LC4$

## PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL

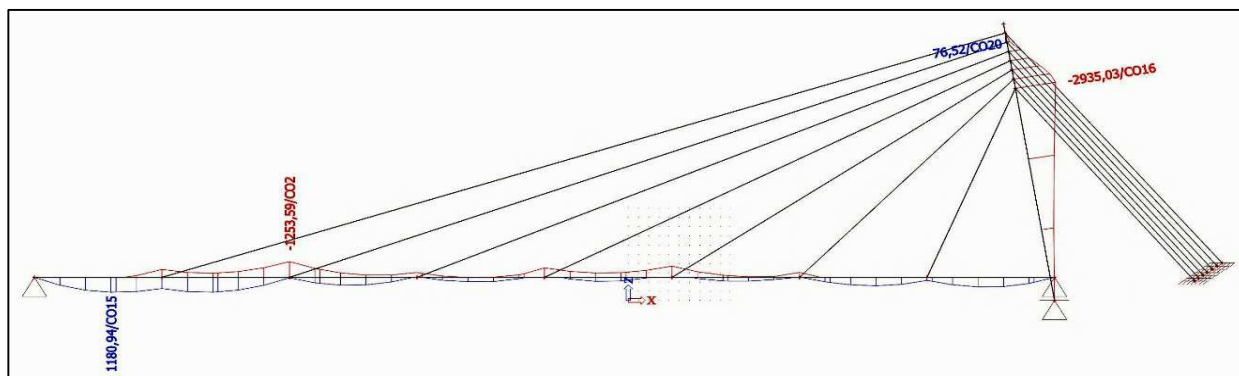
Obálka normálových sil na celé konstrukci



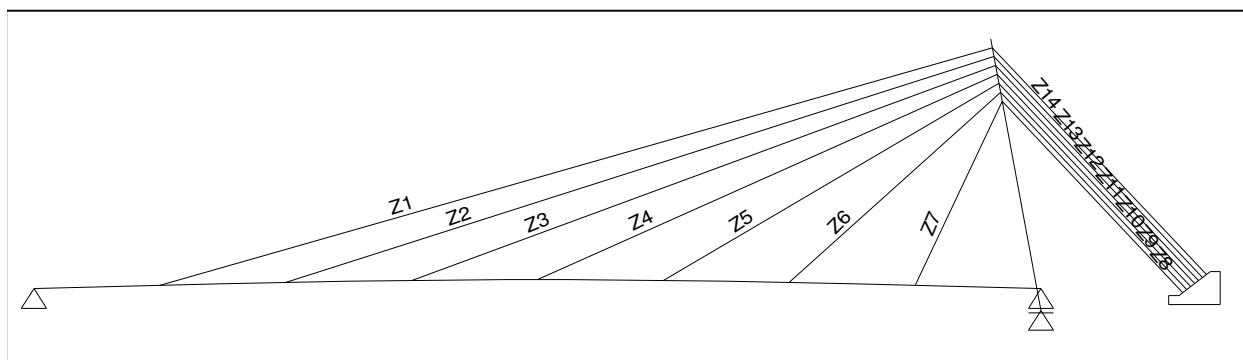
Obálka normálových sil na lanech - detail v místě kotvení do pylonu



Obálka ohybových momentů na pylonu a hlavním nosníku



## POSOUZENÍ MSÚ



### 1. Závěsy

$$F_{Rd} = \min \{ F_{uk} / (1,5 \cdot \gamma_R); F_k / \gamma_R \} = \mathbf{2305,33 \text{ kN}}$$

$$\gamma_R = 1,0$$

Závěs	$F_{Ed}$ [kN]	Komb.	$F_{Rd}$ [kN]	$F_{Ed}/F_{Rd}$	Posudek
Z1	1253,47	CO6	2305,33	0,54	vyhoví
Z2	1588,20	CO16	2305,33	0,69	vyhoví
Z3	1084,59	CO15	2305,33	0,47	vyhoví
Z4	1098,76	CO15	2305,33	0,48	vyhoví
Z5	910,27	CO15	2305,33	0,39	vyhoví
Z6	675,52	CO17	2305,33	0,29	vyhoví
Z7	469,66	CO17	2305,33	0,20	vyhoví
Z8	1359,61	CO15	2305,33	0,59	vyhoví
Z9	1420,27	CO15	2305,33	0,62	vyhoví
Z10	1702,00	CO15	2305,33	0,74	vyhoví
Z11	1766,53	CO15	2305,33	0,77	vyhoví
Z12	2053,25	CO15	2305,33	0,89	vyhoví
Z13	2120,26	CO15	2305,33	0,92	vyhoví
Z14	2184,53	CO15	2305,33	0,95	vyhoví



## 2. Hlavní nosník

Nosník je posouzen pružně.

$$N_{Ed} = 5864,14 \text{ kN} \quad (\text{CO15})$$

$$M_{y,Ed} = 1253,59 \text{ kNm} \quad (\text{CO2})$$

$$\sigma_{Ed} = N_{Ed}/A + M_{y,Ed}/W_{el,y} = 151,14 + 118,42 = 269,56 \text{ MPa}$$
$$\sigma_{Ed} = 269,56 < f_{yd} = 355 \text{ [MPa]} \rightarrow \text{HLAVNÍ NOSNÍK VYHOVUJE.}$$

## 3. Pylon

$$N_{Ed} = 13295,22 \text{ kN} \quad (\text{CO15})$$

$$M_{y,Ed} = 2935,03 \text{ kNm} \quad (\text{CO16})$$

### a) vybočení v rovině

$$\beta = 1,00$$

$$L = 23,50 \text{ m}$$

$$L_{cr} = \beta * L = 23,500 \text{ m}$$

$$i_y = 349 \text{ mm}$$

$$\lambda = L_{cr}/i_y = 67,335$$

$$\lambda_1 = 93,9 * (235/f_y)^{0,5} = 76,399$$

$$\lambda_{rel} = \lambda/\lambda_1 = 0,881$$

$$\chi_y = 0,747 \text{ (křivka a)}$$

$$N_{Rk} = A * f_y = 32979,50 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} * f_y = 10193,83 \text{ kNm}$$

$$\text{třída průřezu} = 2$$

$$C_{my} = 1,00$$

$$k_{yy} = 1,368 < 1,432 \rightarrow k_{yy} = 1,368$$

interakce M+N

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}} = 0,540 + 0,394 = 0,933$$
$$0,933 < 1,00 \rightarrow \text{PYLON VYHOVUJE.}$$

### b) vybočení z roviny

$$\beta = 0,70$$

$$L = 22,50 \text{ m}$$

$$L_{cr} = \beta * L = 15,750 \text{ m}$$

$$i_z = 349 \text{ mm}$$

$$\lambda = L_{cr}/i_z = 45,129$$

$$\lambda_1 = 93,9 * (235/f_y)^{0,5} = 76,399$$

$$\lambda_{rel} = \lambda/\lambda_1 = 0,591$$

$$\chi_z = 0,894 \text{ (křivka a)}$$

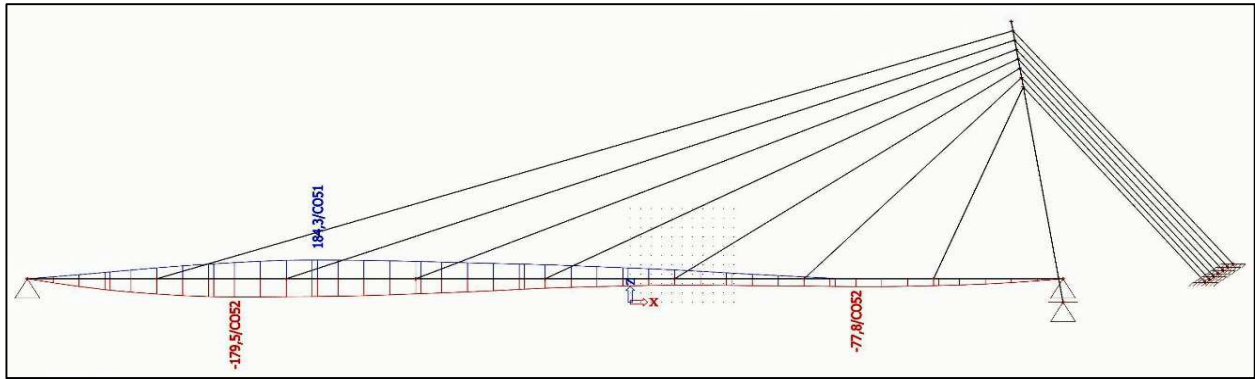
$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,821$$

interakce M+N

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M0}}} = 0,451 + 0,236 = 0,687$$
$$0,687 < 1,00 \rightarrow \text{PYLON VYHOVUJE.}$$

### POSOUZENÍ MSP

Svislý průhyb oblouku a hlavního nosníku



CO51:	$\delta =$	184,3 mm
CO52:	$\delta =$	179,5 mm
$\delta_{\max} = L/350 = 100000/350 =$		285,7 mm

$\delta = 184,3 < \delta_{\max} = 285,7 \text{ [mm]} \dots \text{Vyhovuje!}$

$\delta = 179,5 < \delta_{\max} = 285,7 \text{ [mm]} \dots \text{Vyhovuje!}$

# ZHODNOCENÍ VARIANT

## A) OBLOUKOVÁ KONSTRUKCE

Jedná se o jednoduchou a stabilní konstrukci, jejíž výstavba není příliš technicky náročná. Konstrukce bude poměrně snadno udržovatelná. Nevýhodou této varianty je nepříliš atraktivní vzhled, připomínající spíše most než lávku. Z navrhovaných možností se jedná vzhledem k náročnosti výstavby a spotřebě materiálu o středně drahou variantu.

## B) PŘÍHRADOVÁ KONSTRUKCE

Tato varianta je technicky jednoznačně nejjednodušší, má největší tuhost a její montáž je poměrně snadná. Rovněž údržba takovéto konstrukce je velmi nenáročná. Nevýhodou je nejméně atraktivní vzhled připomínající spíše železniční most. Vzhledem k jednoduchosti konstrukce a výstavby se jedná o jednoznačně nejlevnější variantu.

## C) ZAVĚŠENÁ KONSTRUKCE

Jedná se o nejsubtilnější variantu, která působí lehkým dojmem a je pohledově nejatraktivnější. Ze všech variant je však nejméně tuhá, konstrukčně nejsložitější a její výstavba je technicky náročná, protože se jedná o ne zcela běžnou konstrukci. Z toho vyplývají vyšší nároky na údržbu. Z navrhovaných variant je nejdražší.

# VÝBĚR VÝSLEDNÉ VARIANTY

S ohledem na architektonické požadavky s důrazem na vytvoření atraktivní krajinné dominanty byla po dohodě s vedoucím práce vybrána varianta C – zavěšená konstrukce. Tato varianta bude podrobně rozpracována v dalších přílohách projektové dokumentace.