

Výškový systém Bpv

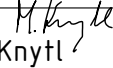

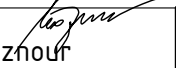

Souřadnicový systém S-JTSK

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	Zpracování připomínek	10/2021
02	-	-
03	-	-

Generální projektant: TÝM/SAGASTA - Tanvald - Kořenov



Zpracovatel dílčí části dokumentace:

Vypracoval:  Ing. Martin Knytl	Zodp. projektant:  Ing. Dávid Kuczik	Kontroloval:  Ing. Vít Hoznour		
Kraj: Liberecký	Traťový úsek/Obec: 1671 Liberec - Harrachov st.hr.			
Investor: Správa železnic, státní organizace; Dlážďená 1003/7; 110 00 Praha 1				
Akce:  Oprava trati v úseku Tanvald - Kořenov  SO 03-14-02 Most v ev. km 29,281			Formát: 20xA4	
			Datum: 11/2021	
			Účel: DSP+PDPS	
			Č. zakázky: 64020136	
			Změna:	Č. kopie:
			Měřítko: -	
Obsah dokumentace: PŘEPOČET ZATÍŽITELNOSTI STÁVAJÍCÍHO MOSTU			Část dokumentace: E.1.4.6	4.1

## Obsah

1.1	Použité normy, směrnice a literatura	2
1.2	Použitý software	2
1.3	Popis postupu výpočtu	2
1.3.1	Výpočetní model NK	2
	<b>Nosná konstrukce</b>	2
2	Zatížení mostu	3
2.1.1	Vlastní tíha	3
2.1.2	Ostatní stálé zatížení	3
2.1.3	Doprava	4
2.2	Sestavy zatížení železniční dopravou	8
2.2.1	Sestavy s LM 71	8
3	Posouzení nosné konstrukce mostu	8
3.1	Charakteristiky průřezů nosné konstrukce	8
3.2	Zatížitelnost – mezní stav únosnosti	14
3.2.1	Hlavní nosník – část H1	14
3.2.2	Hlavní nosník – část H2	14
3.2.3	Hlavní nosník – část H3	14
3.2.4	Hlavní nosník – část H4	15
3.2.5	Příčník	15
3.2.6	Podélník	15
3.2.7	Ztužení	16
3.3	Zatížitelnost – mezní stav použitelnosti	16
3.3.1	Svislé přetvoření nosné konstrukce	16
3.4	Zatížitelnost – únavová životnost	16
3.4.1	Hlavní nosník – část H1	16
3.4.2	Hlavní nosník – část H2	17
3.4.3	Hlavní nosník – část H3	17
3.4.4	Hlavní nosník – část H4	17
3.4.5	Příčník	18
3.4.6	Podélník	18
4	Posouzení spodní stavby mostu	19
4.1	Charakteristiky zdiva spodní stavby	19
4.2	Napětí pod úložným prahem	19
5	Závěr	19
6	Příloha P1 – Tabulka zatížitelnosti	20

## 1.1 Použité normy, směrnice a literatura

ČSN EN 1990	<b>Zásady navrhování konstrukcí</b>
ČSN EN 1991-1-1	Zatížení konstrukcí – obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1991-2	<b>Zatížení mostů dopravou</b>
ČSN EN 1993-1-1	Navrhování ocelových konstrukcí
Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů	

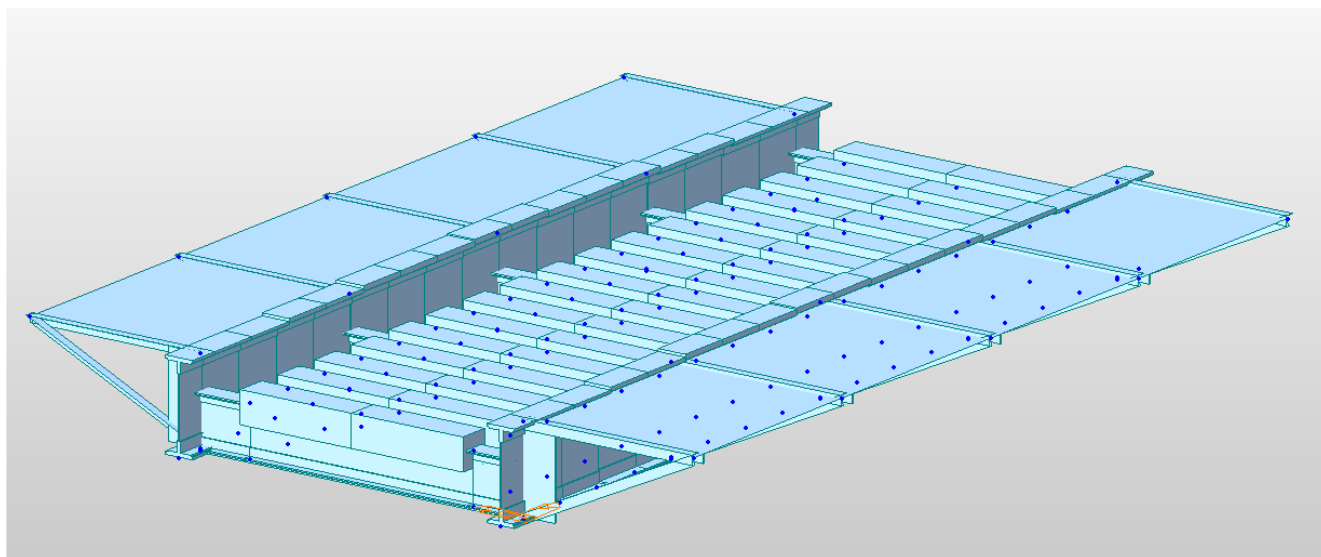
## 1.2 Použitý software

MIDAS Civil	software pro statické výpočty
IDEA StatiCa	software pro statické výpočty
EXCEL	tabulkový procesor
AutoCAD	grafický editor

## 1.3 Popis postupu výpočtu

### 1.3.1 Výpočetní model NK

Výpočet byl proveden v programu MIDAS Civil a v tabulkovém procesoru EXCEL. Hlavní nosníky, příčníky, podélníky, spodní zavětrování a boční konzoly nesoucí chodníkové plechy.



### Nosná konstrukce

Mostní objekt tvoří jednopolová ocelová nýtovaná trámová konstrukce se zapuštěnou mostovkou, rozpětí pole 6,6 m. Nosná konstrukce je tvořena dvěma ocelovými plnostěnnými nosníky konstantní výšky 0,71 m, osová vzdálenost 2,60 m. Nosníky jsou propojeny příčníky (á 1,65 m), zavětrovány v dolní rovině ztužením z úhelníků. Dřevěné mostnice jsou neseny dvěma podélníky. Jednotlivé prvky jsou vzájemně spojeny nýty.

Přepočet zatížitelnosti uvažuje s rekonstrukcí mostního objektu, při které budou tyto podélníky s mostnicemi odstraněny, výšková úroveň mezi horní plochou příčníků a horní pásnicí hlavních nosníků

vyrovnána doplňujícím příčnickem a na něm bude realizován klasický nízký příčník s podélníky a ocelovou ortotropní mostovkou se šterkovým ložem.

Na základě průzkumných prací a laboratorních testů byla stanovena charakteristická horní mez kluzu oceli  $f_y = 231 \text{ MPa}$ , charakteristická horní mez pevnosti oceli  $f_u = 359 \text{ MPa}$  a byla prokázána svařitelnost.

## 2 Zatížení mostu

Při výpočtu byla uvažována tato zatížení:

### 1) Stálá zatížení

- Vlastní tíha
- Ostatní stálé zatížení – mostnice, kolej, chodníkové plechy, zábradlí

### 2) Proměnná zatížení

- Doprava – dle ČSN EN 1991-2 (Zatížení mostů dopravou)

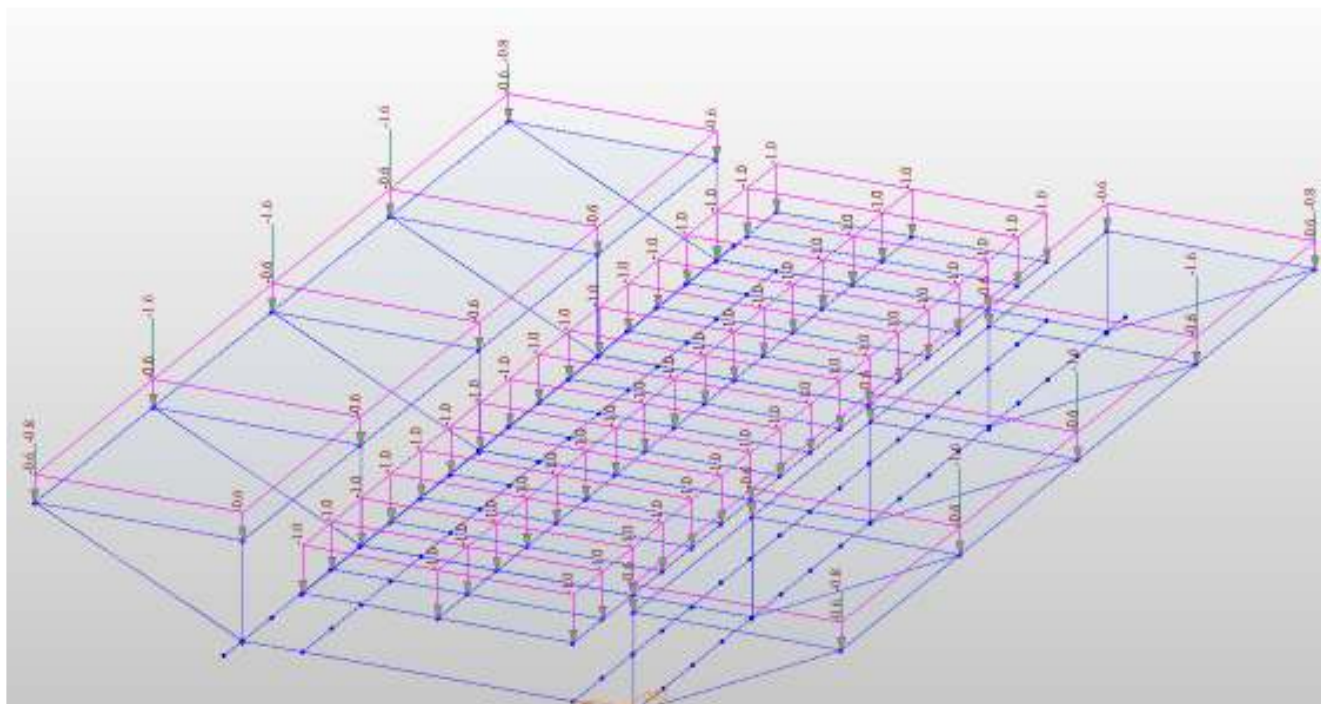
#### 2.1.1 Vlastní tíha

Vlastní tíha konstrukce je generována automaticky programem MIDAS Civil. Objemová tíha se uvažuje  $78,5 \text{ kN/m}^3$  pro ocel.

#### 2.1.2 Ostatní stálé zatížení

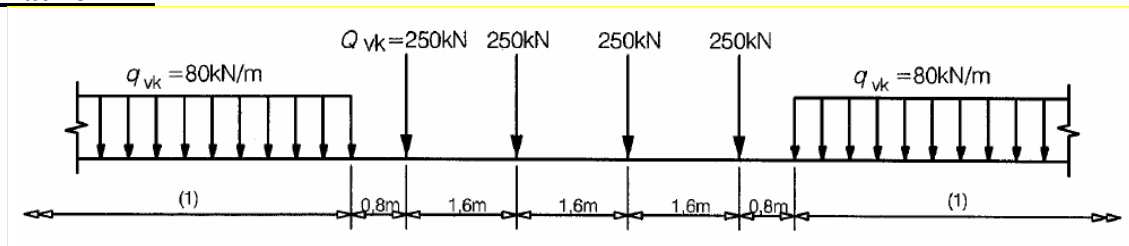
- chodníkové plechy
- chodníkové nosníky
- mostnice
- zábradlí
- kolej

		šířka		tloušťka		objemová tíha		char.	$\gamma$	návrh.
		(m)		(m)		( $\text{kN/m}^3$ )				
chodníkové plechy		2*1,32	*	0,006	*	78,5		1,24	1,25	1,55
chodníkové nosníky							4*0,086	0,32	1,25	0,40
mostnice								0,80	1,25	1,00
kolejnice s upevňovacími								1,20	1,25	1,50
zábradlí								1,00	1,25	1,25
celkem						q	=	4,57		5,71



### 2.1.3 Doprava

#### Model zatížení 71



Klasifikační součinitel  $\alpha$  se uvažuje **1,00**.

Charakteristické hodnoty

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$Q_{vk}/1,60 = 156,25 \text{ kN/m}$$

$$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

**Vehicular Load Properties**

Vehicular Load Name :

Vehicular Load Type :



No	Load(kN)	Spacing(m)
1	250	1.6
2	250	1.6
3	250	1.6
4	250	end

dW1	<input type="text" value="80"/>	kN/m
DD1	<input type="text" value="Infinity"/>	m
dD1	<input type="text" value="0.8"/>	m
dW2	<input type="text" value="80"/>	kN/m
DD2	<input type="text" value="Infinity"/>	m
dD2	<input type="text" value="0.8"/>	m

excentricita zatížení:  $e_1 = 200 \text{ mm}$

### **Brzdné a rozjezdové síly**

1) Rozjezdová síla pro LM71:

$$Q_{lak} = 33 \times 7 = 231 \text{ kN}$$

$$q_{lak} = 231 / 7,1 = 32,5 \text{ kN/m}$$

2) Brzdná síla pro LM 71:

$$Q_{lbk} = 20 \times 7 = 140 \text{ kN}$$

$$q_{lbk} = 140 / 7,1 = 19,7 \text{ kN/m}$$

Aplikováno jako rovnoměrné podélné zatížení v ose koleje.

### **Boční ráz**

Působí vodorovně v úrovni TK kolmo na osu koleje. Nenásobí se dynamickým součinitelem ani součinitelem  $f$ . Násobí se součinitelem  $\alpha$ . Musí se kombinovat se svislým zatížením dopravou.

$$Q_{sk} = 100 \times 1,00 = 100 \text{ kN}$$

$$q_{sk} = 100 / 7,1 = 14,1 \text{ kN/m}$$

Aplikováno jako osamělá síla v ose koleje uprostřed rozpětí.

### **Odstředivé a jiné příčné síly**

Nenásobí se dynamickým součinitelem, kombinuje se se svislým zatížením.

Síla působí ve výšce 1,8 m nad TK.

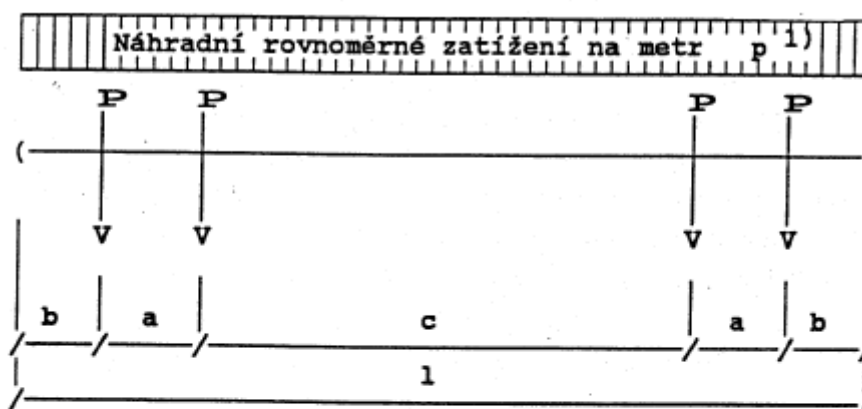
$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{40^2}{127 \cdot 250} (1.250) = 12,6 \text{ kN}$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{V^2}{127 \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{40^2}{127 \cdot 250} (1.80) = 4,0 \text{ kN/m}$$

Aplikováno jako rovnoměrné podélné zatížení v ose koleje.

### Model zatížení B2

ZÁKLADNÍ SCHÉMA ČTYŘNÁPRAVOVÉHO VOZU

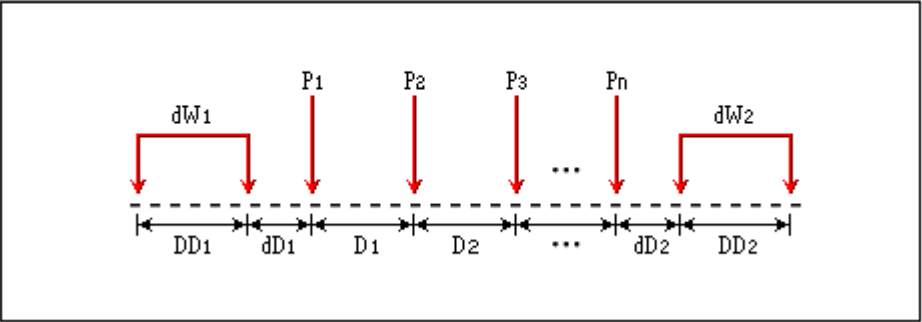


1	2	3	4	5	6	7
Tratová třída	P [kN]	p 1) [kN/m]	a [m]	b [m]	c [m]	l [m]
A	160	50	1,8	1,5	6,20	12,80
B 1	180	50	1,8	1,5	7,80	14,40
B 2	180	64	1,8	1,5	4,65	11,25

Zatížení bylo uplatněno při výpočtu přechodnosti mostní konstrukce. Aplikováno bylo jako pohyblivé zatížení sestavou vozidel s excentricitou  $e_{celk} = 200 \text{ mm}$

Vehicular Load Properties

Vehicular Load Name :



Truck Load

P#	D#
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Add

No	P(kN)	D(m)
1	180	1.8
2	180	4.65
3	180	1.8

Insert Modify Delete

dW1  kN/m

DD1  m

dD1  m

dW2  kN/m

DD2  m

dD2  m

Adjustment factor (Alpha) :

### Dynamický součinitel $\Phi$

Pro standardně udržovanou kolej:

hlavní nosník:

$$\Phi = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\Phi}-0,2}} + 0,73 = \mathbf{1,61}$$

kde  $L_{\Phi}$  rozpětí prostého pole = 7 m

příčník:

$$\Phi = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\Phi}-0,2}} + 0,73 = \mathbf{1,77}$$

kde  $L_{\Phi}$  2x vzdálenost hlavních nosníků = 5,2 m

podélníky:

$$\Phi = \frac{2,16}{\sqrt{L_{\Phi}-0,2}} + 0,73 = \mathbf{1,80}$$

kde  $L_{\Phi}$  3x vzd. příčníků = 4,95 m

hlavní nosník pro provozní železniční zatížení:

$$\delta_{f1} = \mathbf{1,42}$$

kde  $L_d$  rozpětí prostého pole = 7 m

$v$  rychlost  $v = 40$  km/h



příčník pro provozní železniční zatížení:

$$\delta_{f1} = 1,45$$

kde  $L_d$       2x vzdálenost hlavních nosníků = 5,2 m  
v              rychlost v = 40 km/h

podélník pro provozní železniční zatížení:

$$\delta_{f1} = 1,45$$

kde  $L_d$       3x vzd. příčníků = 4,95 m  
v              rychlost v = 40 km/h

## 2.2 Sestavy zatížení železniční dopravou

Sestavy jsou určeny na základě tabulky 6.11 v ČSN EN 1991-2.  
Na konstrukci je 1 kolej.

### 2.2.1 Sestavy s LM 71

1) **gr12**: 1,0 x LM71 + 0,5 x Brzdové/Rozjezdové + 1,0 x Odstředivé + 1,0 x Boční ráz

## 3 Posouzení nosné konstrukce mostu

### 3.1 Charakteristiky průřezů nosné konstrukce

Jednotlivé prvky ocelové konstrukce byly modelovány dle podkladů z archivní dokumentace, tedy různé průřezy (tl. pásnice) hlavního nosníku po délce konstrukce. Uvažováno bylo korozní oslabení průřezů:

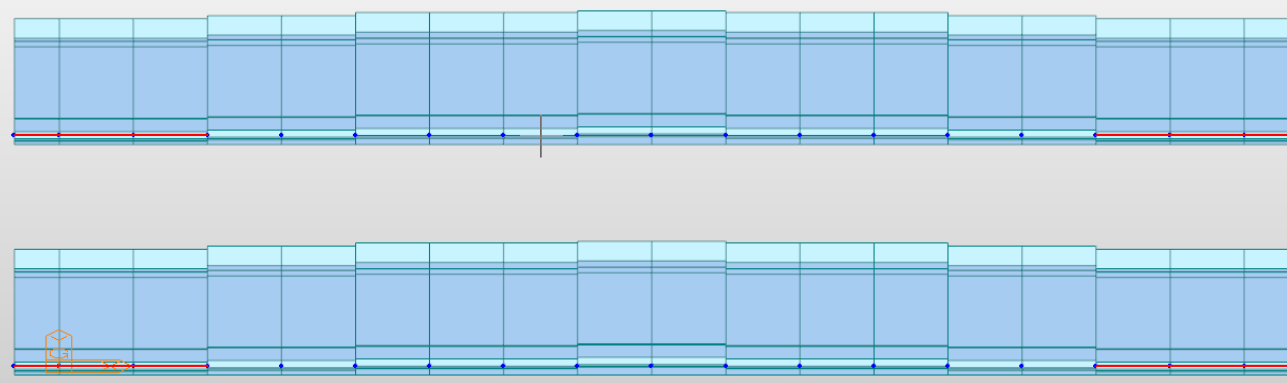
- spodní pásnice hlavních nosníků – 1 mm
- horní a spodní pásnice příčníků – 1 mm
- horní a spodní pásnice podélníků – 1 mm


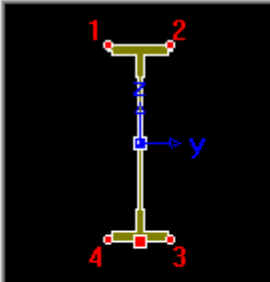
Materiálové charakteristiky nízkouhlíkové nelegované oceli byly určeny diagnostickým průzkumem (ČVUT Kloknerův ústav):

- průměrná charakteristická hodnota meze kluzu oceli  $R_{eh} = 238 \pm 13,0$  MPa
- průměrná charakteristická hodnota meze pevnosti oceli  $R_m = 402 \pm 22,6$  MPa

V přepočtu byla uvažována charakteristická mez kluzu  **$f_y = 213$  MPa**

#### **Hlavní nosník (pole 1)**

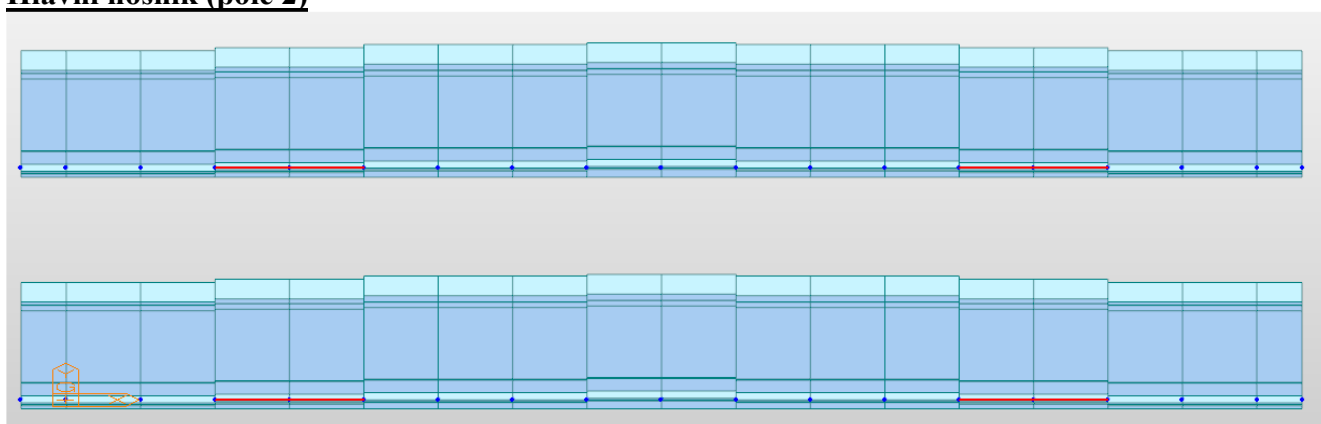


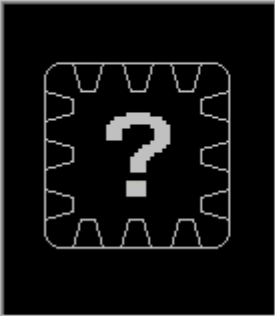
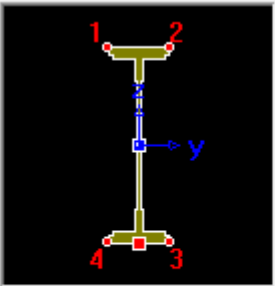
Import SEC Files...

Section Properties		
Area	2.28400e-002	m^2
Asy	1.10589e-002	m^2
Asz	8.77104e-003	m^2
Ixx	5.75018e-006	m^4
Iyy	1.76227e-003	m^4
Izz	4.60183e-005	m^4
Cyp	0.1100	m
Cym	0.1100	m
Czp	0.3390	m
Czm	0.3390	m
Qyb	0.2492	m^2
Qzb	0.0005	m^2
Peri:O	2.21200e+000	m
Peri:I	0.00000e+000	m
Cent:y	0.1100	m
Cent:z	0.3390	m
y1	-0.1100	m

## Hlavní nosník (pole 2)



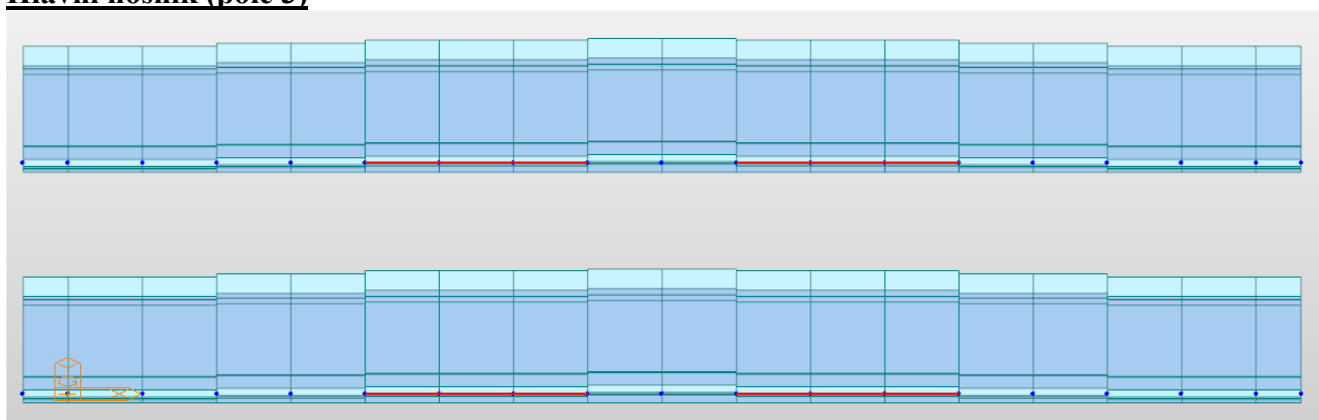
Name  ☒ Built-Up Section


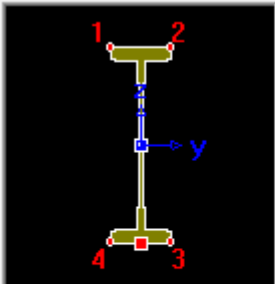
[Import SEC Files...](#)

Section Properties		
Area	2.72400e-002	m^2
Asy	1.47164e-002	m^2
Asz	9.15739e-003	m^2
Ixx	1.05740e-005	m^4
Iyy	2.28298e-003	m^4
Izz	6.37650e-005	m^4
Cyp	0.1100	m
Cym	0.1100	m
Czp	0.3490	m
Czm	0.3490	m
Qyb	0.3123	m^2
Qzb	0.0007	m^2
Peri:O	2.25200e+000	m
Peri:I	0.00000e+000	m
Cent:y	0.1100	m
Cent:z	0.3490	m
y1	-0.1100	m

### Hlavní nosník (pole 3)



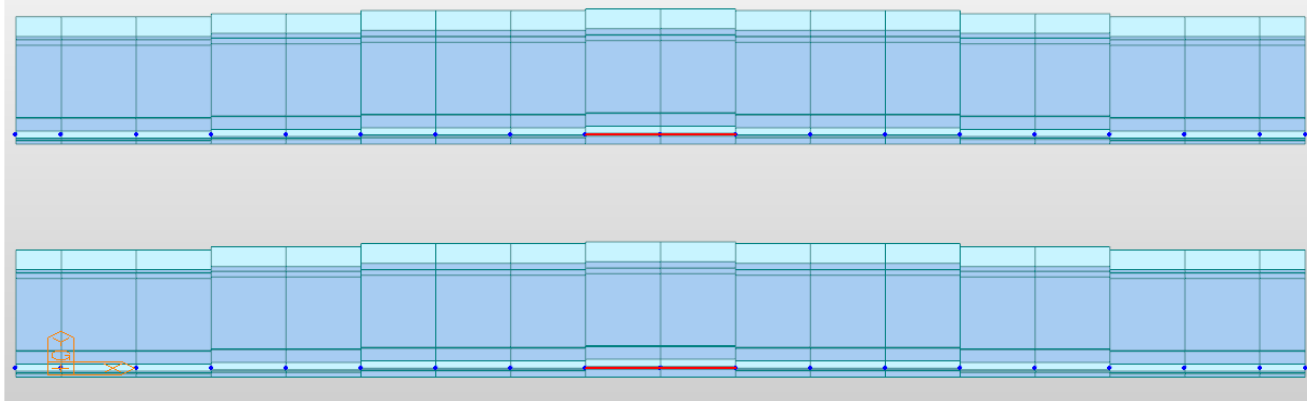
Name  ☒ Built-Up Section


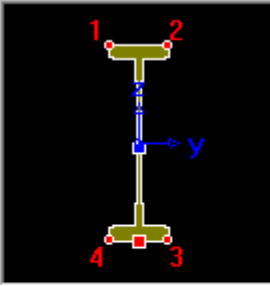
Import SEC Files...

Section Properties		
Area	3.16400e-002	m^2
Asy	1.83709e-002	m^2
Asz	9.51878e-003	m^2
Ixx	1.81251e-005	m^4
Iyy	2.83441e-003	m^4
Izz	8.15116e-005	m^4
Cyp	0.1100	m
Cym	0.1100	m
Czp	0.3590	m
Czm	0.3590	m
Qyb	0.3772	m^2
Qzb	0.0008	m^2
Peri:O	2.29200e+000	m
Peri:I	0.00000e+000	m
Cent:y	0.1100	m
Cent:z	0.3590	m
y1	-0.1100	m

### Hlavní nosník (pole 4)



Name:  ☒ Built-Up Section


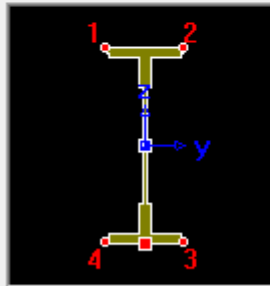



[Import SEC Files...](#)

Section Properties		
Area	3.38400e-002	m^2
Asy	2.02027e-002	m^2
Asz	9.69383e-003	m^2
Ixx	2.34431e-005	m^4
Iyy	3.10697e-003	m^4
Izz	9.03850e-005	m^4
Cyp	0.1100	m
Cym	0.1100	m
Czp	0.3827	m
Czm	0.3453	m
Qyb	0.4087	m^2
Qzb	0.0009	m^2
Peri:O	2.31200e+000	m
Peri:I	0.00000e+000	m
Cent:y	0.1100	m
Cent:z	0.3453	m
y1	-0.1100	m

### Příčník

Name:  ☒ Built-Up Section


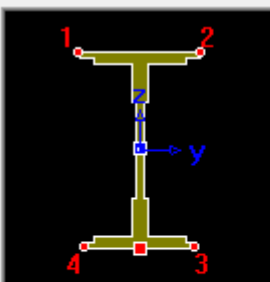



[Import SEC Files...](#)

Section Properties		
Area	1.17160e-002	m^2
Asy	5.54524e-003	m^2
Asz	4.45168e-003	m^2
Ixx	1.77477e-006	m^4
Iyy	3.04585e-004	m^4
Izz	1.21323e-005	m^4
Cyp	0.0800	m
Cym	0.0800	m
Czp	0.2000	m
Czm	0.2000	m
Qyb	0.0891	m^2
Qzb	0.0003	m^2
Peri:O	1.42000e+000	m
Peri:I	0.00000e+000	m
Cent:y	0.0800	m
Cent:z	0.2000	m
y1	-0.0800	m

### Podélník

Name  ☒ Built-Up Section


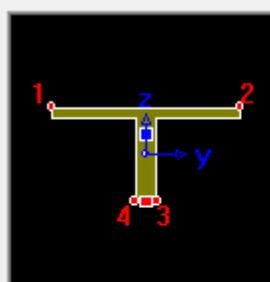



[Import SEC Files...](#)

Section Properties		
Area	1.15160e-002	m^2
Asy	6.11748e-003	m^2
Asz	3.82004e-003	m^2
Ixx	1.78835e-006	m^4
Iyy	1.94604e-004	m^4
Izz	1.68257e-005	m^4
Cyp	0.1000	m
Cym	0.1000	m
Czp	0.1573	m
Czm	0.1627	m
Qyb	0.0711	m^2
Qzb	0.0005	m^2
Peri:O	1.38000e+000	m
Peri:I	0.00000e+000	m
Cent:y	0.1000	m
Cent:z	0.1627	m
y1	-0.1000	m

### Ztužení

Name  ☒ Built-Up Section

[Import SEC Files...](#)


Section Properties		
Area	2.11200e-003	m^2
Asy	1.02539e-003	m^2
Asz	7.00919e-004	m^2
Ixx	1.09083e-007	m^4
Iyy	9.68168e-007	m^4
Izz	1.85050e-006	m^4
Cyp	0.0700	m
Cym	0.0700	m
Czp	0.0204	m
Czm	0.0496	m
Qyb	0.0012	m^2
Qzb	0.0003	m^2
Peri:O	4.20000e-001	m
Peri:I	0.00000e+000	m
Cent:y	0.0700	m
Cent:z	0.0496	m
y1	-0.0700	m

## 3.2 Zatížitelnost – mezní stav únosnosti

### Pevnostní charakteristiky materiálu

 $f_y = 213 \text{ MPa (dle diagnostiky Kloknerova ústavu ČVÚT)}$ 
 $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 213 / 1,10 = 193,636 \text{ MPa}$ 


### 3.2.1 Hlavní nosník – část H1

Hlavní nosník - část H1									
stálé	$\sigma_{g0,1,d}$	=	1,25 *				1,54	=	1,93  MPa
ost. stálé	$\sigma_{q,1,d}$	=	1,25 *				0,97	=	1,21 MPa
vodorovné	$\sigma_{b,1,d}$	=	1,3 *	1			24,42	=	31,75 MPa
LM 71	$\sigma_{LM,1,d}$	=	1,3 *	1,61 *	1	*	26,30	=	55,05 MPa
B2	$\sigma_{A,1,d}$	=	1,3 *	1,42 *			13,62	=	25,14 MPa
	Rd		gvl		gost		gb		
$Z_{LM71}$	=	193,64	-	1,93	-	1,21	-	31,75	=
		55,05						2,88	
vyhovuje									

### 3.2.2 Hlavní nosník – část H2

Hlavní nosník - část H2									
stálé	$\sigma_{g0,1,d}$	=	1,25 *				2,56	=	3,20 <sup>+</sup> MPa
ost. stálé	$\sigma_{q,1,d}$	=	1,25 *				1,57	=	1,96 MPa
vodorovné	$\sigma_{b,1,d}$	=	1,3 *	1			11,08	=	14,40 MPa
LM 71	$\sigma_{LM,1,d}$	=	1,3 *	1,61 *	1	*	48,16	=	100,80 MPa
B2	$\sigma_{A,1,d}$	=	1,3 *	1,42 *			25,83	=	47,68 MPa
	Rd		gvl		gost		gb		
	193,64	-	3,20	-	1,96	-	14,40	=	1,73
$Z_{LM71}$									100,80
vyhovuje									

### 3.2.3 Hlavní nosník – část H3

Hlavní nosník - část H3									
stálé	$\sigma_{g0,1,d}$	=	1,25 *				2,37	=	2,96  MPa
ost. stálé	$\sigma_{q,1,d}$	=	1,25 *				1,50	=	1,88 MPa
vodorovné	$\sigma_{b,1,d}$	=	1,3 *	1			7,55	=	9,82 MPa
LM 71	$\sigma_{LM,1,d}$	=	1,3 *	1,61 *	1	*	42,38	=	88,70 MPa
B2	$\sigma_{A,1,d}$	=	1,3 *	1,42 *			19,80	=	36,55 MPa
	Rd		gvl		gost		gb		
$Z_{LM71}$	=	193,64	-	2,96	-	1,88	-	9,82	=
									2,02
	88,70								
vyhovuje									

### 3.2.4 Hlavní nosník – část H4

Hlavní nosník - část H4									
stálé	$\sigma_{g0,1,d}$	=	1,25 *				2,16	=	2,70 MPa
ost. stálé	$\sigma_{q,1,d}$	=	1,25 *				1,44	=	1,80 MPa
vodorovné	$\sigma_{b,1,d}$	=	1,3 *	1			6,18	=	8,03 MPa
LM 71	$\sigma_{LM,1,d}$	=	1,3 *	1,61 *	1	*	39,70	=	83,09 MPa
B2	$\sigma_{A,1,d}$	=	1,3 *	1,42 *			17,77	=	32,80 MPa
			Rd		gvl		gost		gb
			193,64	-	2,70	-	1,80	-	8,03
$Z_{LM71}$	=		83,09					=	2,18

vyhovuje

### 3.2.5 Příčník

Příčník									
stálé	$\sigma_{g0,1,d}$	=	1,25 *				2,73	=	3,41 MPa
ost. stálé	$\sigma_{q,1,d}$	=	1,25 *				2,58	=	3,23 MPa
vodorovné	$\sigma_{b,1,d}$	=	1,3 *	1			52,36	=	68,07 MPa
LM 71	$\sigma_{LM,1,d}$	=	1,3 *	1,77 *	1	*	56,46	=	129,91 MPa
B2	$\sigma_{D4,1,d}$	=	1,3 *	1,45 *			40,41	=	76,17 MPa
			Rd		gvl		gost		gb
			193,64	-	3,41	-	3,23	-	68,07
$Z_{LM71}$	=		129,91					=	0,92

$$\psi_{LM71} = \frac{\phi_{Ti}}{\phi_i} * \frac{E_{T,Ed}}{E_{LM71,Ed}} = \frac{1,45}{1,77} * \frac{40,41}{56,46} = 0,59$$

$$Z_{LM71} = 0,92 > \psi_{LM71} = 0,59$$

vyhovuje přechodnosti B2/40

### 3.2.6 Podélník

Podélník									
stálé	$\sigma_{g0,1,d}$	=	1,25 *				1,97	=	2,46 MPa
ost. stálé	$\sigma_{q,1,d}$	=	1,25 *				1,94	=	2,43 MPa
vodorovné	$\sigma_{b,1,d}$	=	1,3 *	1			10,26	=	13,34 MPa
LM 71	$\sigma_{LM,1,d}$	=	1,3 *	1,66 *	1	*	57,16	=	123,35 MPa
B2	$\sigma_{D4,1,d}$	=	1,3 *	1,75 *			29,75	=	67,68 MPa
			Rd		gvl		gost		gb
			193,64	-	2,46	-	2,43	-	13,34
$Z_{LM71}$	=		123,35					=	1,42

vyhovuje



### 3.2.7 Ztužení

Ztužení							
stálé	$\sigma_{g0,1,d}$	=	1,25 *			-6,20	= -7,75 MPa
ost. stálé	$\sigma_{q,1,d}$	=	1,25 *			-0,40	= -0,50 MPa
vodorovné	$\sigma_{b,1,d}$	=	1,3 *	1		9,20	= 11,96 MPa
LM 71	$\sigma_{LM,1,d}$	=	1,3 *	2,00 *	1	19,02	= 49,45 MPa
B2	$\sigma_{D4,1,d}$	=	1,3 *	1,79 *		9,81	= 22,83 MPa

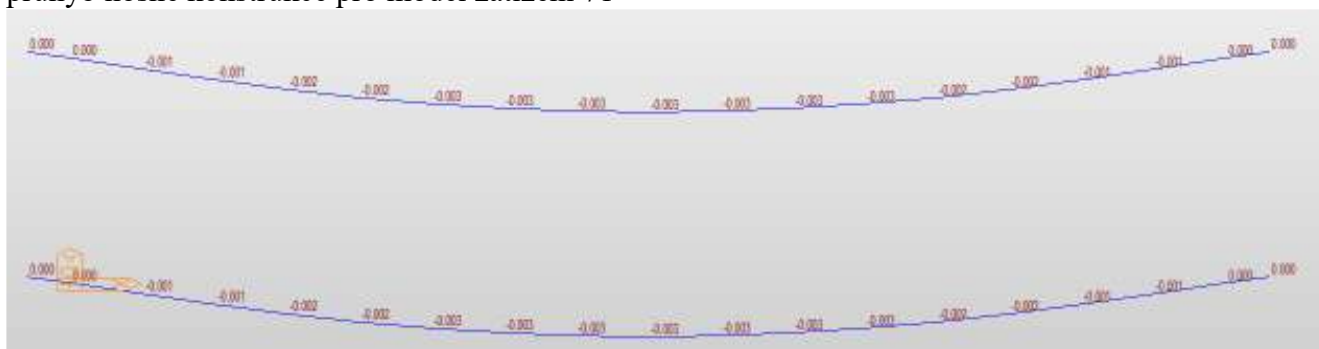
$$Z_{LM71} = \frac{\begin{matrix} Rd & gvl & gost & gb \\ 193,64 & 7,75 & 0,50 & 11,96 \end{matrix}}{49,45} = 3,51$$

vyhovuje

### 3.3 Zatížitelnost – mezní stav použitelnosti

#### 3.3.1 Svislé přetvoření nosné konstrukce

průhyb nosné konstrukce pro model zatížení 71



$w = 3 \text{ mm}$

uvažovaný limitní průhyb

$$w_{lim} = \frac{L}{600} = \frac{6600}{600} = 11 \text{ mm}$$

$$Z_{LM71,w} = \frac{11}{3} = 3,67$$

vyhovuje

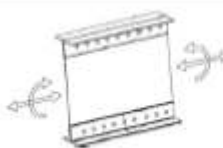
### 3.4 Zatížitelnost – únavová životnost

#### 3.4.1 Hlavní nosník – část H1

ekvivalentní rozkmit normálového napětí

$$\Delta\sigma_{E2} = 26,3 \text{ MPa}$$

uvažovaný konstrukční detail

$\Delta\sigma_C = 85$ $m = 5$		Souvislé spojení krčních úhelníků a stěny nosníku složeného průřezu. - $\Delta\sigma_C$ se uvažuje v úrovni středu nýtů.	Smyková síla od modelu zatížení 71 připadající na jednu smykovou plochu nýtu nesmí přesáhnout minimální únosnost v prokluzu podle tab. A.5
----------------------------------	---	--	---

$$\Delta\sigma_C = 85,0MPa$$

$$Z_{LM71} = \frac{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}}{\gamma_{Ff} \times \Delta\sigma_{E2}}$$

$$Z_{LM71, \text{fat}} = \frac{85}{26,3} \cdot \frac{1,15}{1,00} = 2,81$$

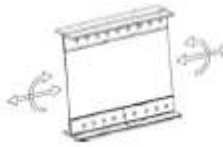
vyhovuje

### 3.4.2 Hlavní nosník – část H2

ekvivalentní rozkmit normálového napětí pro LM71

$$\Delta\sigma_{E2} = 48,16MPa$$

uvažovaný konstrukční detail

$\Delta\sigma_C = 85$ $m = 5$		Souvislé spojení krčních úhelníků a stěny nosníku složeného průřezu. - $\Delta\sigma_C$ se uvažuje v úrovni středu nýtů.	Smyková síla od modelu zatížení 71 připadající na jednu smykovou plochu nýtu nesmí přesáhnout minimální únosnost v prokluzu podle tab. A.5
----------------------------------	--	--	---

$$\Delta\sigma_C = 85,0MPa$$

$$Z_{LM71, \text{fat}} = \frac{85}{48,16} \cdot \frac{1,15}{1,00} = 1,53$$

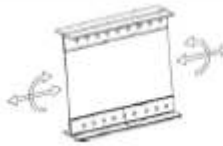
vyhovuje

### 3.4.3 Hlavní nosník – část H3

ekvivalentní rozkmit normálového napětí pro LM71

$$\Delta\sigma_{E2} = 42,38MPa$$

uvažovaný konstrukční detail

$\Delta\sigma_C = 85$ $m = 5$		Souvislé spojení krčních úhelníků a stěny nosníku složeného průřezu. - $\Delta\sigma_C$ se uvažuje v úrovni středu nýtů.	Smyková síla od modelu zatížení 71 připadající na jednu smykovou plochu nýtu nesmí přesáhnout minimální únosnost v prokluzu podle tab. A.5
----------------------------------	---	--	---

$$\Delta\sigma_C = 85,0MPa$$

$$Z_{LM71, \text{fat}} = \frac{85}{42,38} \cdot \frac{1,15}{1,00} = 1,74$$


vyhovuje

### 3.4.4 Hlavní nosník – část H4

ekvivalentní rozkmit normálového napětí pro LM71

$$\Delta\sigma_{E2} = 39,70MPa$$

uvažovaný konstrukční detail

$\Delta\sigma_C = 85$ $m = 5$		Souvislé spojení krčních úhelníků a stěny nosníku složeného průřezu. - $\Delta\sigma_C$ se uvažuje v úrovni středu nýtů.	Smyková síla od modelu zatížení 71 připadající na jednu smykovou plochu nýtu nesmí přesáhnout minimální únosnost v prokluzu podle tab. A.5
----------------------------------	---	---	--

$$\Delta\sigma_C = 85,0MPa$$

$$Z_{LM71,fat} = \frac{85}{39,7} \cdot \frac{1,15}{1,00} = 1,86$$

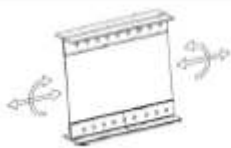
vyhovuje

### 3.4.5 Příčník

ekvivalentní rozkmit normálového napětí pro LM71

$$\Delta\sigma_{E2} = 56,46MPa$$

uvažovaný konstrukční detail

$\Delta\sigma_C = 85$ $m = 5$		Souvislé spojení krčních úhelníků a stěny nosníku složeného průřezu. - $\Delta\sigma_C$ se uvažuje v úrovni středu nýtů.	Smyková síla od modelu zatížení 71 připadající na jednu smykovou plochu nýtu nesmí přesáhnout minimální únosnost v prokluzu podle tab. A.5
----------------------------------	--	---	--

$$\Delta\sigma_C = 85,0MPa$$

$$Z_{LM71,fat} = \frac{85}{56,46} \cdot \frac{1,15}{1,00} = 1,31$$

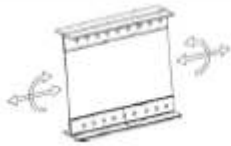
vyhovuje

### 3.4.6 Podélník

ekvivalentní rozkmit normálového napětí pro LM71

$$\Delta\sigma_{E2} = 57,16MPa$$

uvažovaný konstrukční detail

$\Delta\sigma_C = 85$ $m = 5$		Souvislé spojení krčních úhelníků a stěny nosníku složeného průřezu. - $\Delta\sigma_C$ se uvažuje v úrovni středu nýtů.	Smyková síla od modelu zatížení 71 připadající na jednu smykovou plochu nýtu nesmí přesáhnout minimální únosnost v prokluzu podle tab. A.5
----------------------------------	---	---	--

$$\Delta\sigma_C = 85,0MPa$$

$$Z_{LM71,fat} = \frac{85}{57,16} \cdot \frac{1,15}{1,00} = 1,29$$

vyhovuje

## 4 Posouzení spodní stavby mostu

### 4.1 Charakteristiky zdiva spodní stavby

Pevnost kamenů zdiva opěr byla stanovena na základě destruktivních zkoušek. Pro stanovení pevnosti kamenů v tlaku destruktivně na vývrtech byly odebrány jádrové vývrty z jednotlivých jádrových diagnostických vrtů. Pevnost pojiva zdiva byla stanovena odborným odhadem. Výsledná charakteristická pevnost celého zdiva  $f$  v prostém tlaku byla stanovena dle ČSN ISO 13822.

Charakteristická pevnost lícového zdiva je  $f = 7,64 \text{ MPa}$

Charakteristická pevnost vnitřního zdiva je  $f = 5,25 \text{ MPa}$

Mezerovitost zdiva byla zjištěna přes 10%.

### 4.2 Napětí pod úložným prahem

Napětí ve spáře mezi úložným prahem a opěrou z kamenného zdiva bylo posouzeno na maximální účinky zatížení z nosné konstrukce. Posouzeno bylo zatížení z 1bm úložného prahu.

Vlastní tíha úložného prahu  $1,35 \cdot A_c \cdot b \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 1,35 \cdot 0,55 \text{ m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 18,6 \text{ kN}$

Maximální návrhová síla z NK (se zat. 71) 395,3  
kN

Celkem svislé zatížení 413,9 kN

Plocha roznosu  $d \cdot b = 1,1 \text{ m} \cdot 1,0 \text{ m} = 1,1 \text{ m}^2$

Napětí v úložné spáře  $\sigma = 413,9 \text{ kN} / 1,10 \text{ m}^2 = 376 \text{ kPa}$

minimální pevnost zdiva opěry  $R_d = 5,25 \text{ MPa}$

$\sigma = 376 \text{ kPa} \leq R_d = 5,25 \text{ MPa}$

## 5 Závěr

Přepoččet zatížitelnosti nosné konstrukce prokázal, že stávající nosná konstrukce je schopna bez zesílení jednotlivých prvků a úpravy přenést dané traťové zatížení (A-40 km/hod), na žádost investora byla ověřena i vyšší traťová zatížení a bylo prokázáno, že přechodnost objektu je **B2-40 km/hod**. Při výpočtu byly zohledněny korozní úbytky zjištěné diagnostickým průzkumem na hlavních nosnících, podélnících a příčnících, tyto úbytky byly zadány souhrnně pro celou konstrukci.

Dále byla výpočtem ověřena únosnost spodní stavby, konkrétně ověřením napětí ve spáře pod úložným prahem.

Po zhodnocení všech výsledků přepočtu projektant **doporučuje** opravu stávajícího mostu v podobě komplexní obnovy PKO ocelové nosné konstrukce, repase ložisek, injektáže trhlin na úložném prahu a sanace spodní stavby (očištění tlakovou vodou, dvoustupňová injektáž, hloubkové přespárování).

## 6 Příloha P1 – Tabulka zatížitelnosti

Přehled zatížitelnosti mostu														
<b>A. Identifikace mostu</b>														
TÚ ( číslo, název)	1671 Liberec (mimo) - Szklarska Poreb						DÚ: 26	km	29,281					
<b>B. Identifikace části mostu</b>														
část mostu: <u><b>nosná konstrukce</b></u> / opěra / poř. číslo ve směru staničení: pod kolejí č.														
<b>C. Doplnující data pro část mostu:</b>														
Kategorie zatížitelnosti:	C		Výpočetní model:	prosté pole										
Geometrie koleje uvažovaná v přepočtu pro část mostu v jejím profilu ve směru staničení														
			na začátku	uprostřed	na konci									
poloměr oblouku ( m )	250m			250m	250m									
převýšení koleje ( mm)	52			52	52									
excentr. vůči ose mostu ( m )	-			-	-									
Popis závad uvažovaných v přepočtu:														
Datum zjištění zpracovaného stavu mostu orgány ČD _/ / - zpracovatelem přepočtu /														
Poznámka k části mostu: zatížitelnost ocelového nýtovaného trámového mostu														
Poř. č.	PRVEK ( vč. umístění )	DETAIL	NAMÁHÁNÍ	$k_i$	typ	$L_p$	$\Phi_i$	$L_\Phi$	$\gamma_{Q,LM71}$	$\gamma_{Q,LM71,E}$	viz. číslo strany přepočtu	$Z_{LM71}$	$Z_{LM71,E}$	Poznámky
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	10	15	14	15
1	hlavní nosník uprostřed	MSU ohyb	normálové	1	M	7	1,61	7	1,3		14	<b>1,73</b>		
2	příčník	MSU ohyb	normálové	1	M	5,2	1,77	5,2	1,3		15	<b>0,92</b>		přechodnost B2/40
3	podélník	MSU ohyb	normálové	1	M	4,95	1,80	4,95	1,3		15	<b>1,42</b>		
4	ztužení	MSU osová síla	normálové	1	Q	3,1	2,00	3,1	1,30		16	<b>3,51</b>		
5	hlavní nosník uprostřed	MSP průhyb	normálové	1	M		1,00		1,00		16	<b>3,67</b>		
6	příčník	MSU únava	normálové	1	M		1,00		1,00		18	<b>1,31</b>		
7	podélník	MSU únava	normálové	1	M		1,00		1,00		18	<b>1,29</b>		
Dne	27.04.2021		Dne:		do databáze zadal									
Zatížitelnost určil:	Ing. Knytl													

Výškový systém Bpv

Souřadnicový systém S-JTSK

Číslo změny:	Obsah změny:	Datum změny:
01	-	-
02	-	-
03	-	-

Generální projektant: TÝM/SAGASTA - Tanvald - Kořenov



Zpracovatel dílčí části dokumentace:

Wypracoval: Ing. Martin Knytl	Zodp. projektant: Ing. Dávid Kuczik	Kontroloval: Ing. Vít Hoznour		
Kraj: Liberecký	Traťový úsek/Obec: 1671 Liberec - Harrachov st.hr.			
Investor: Správa železnic, státní organizace; Dlážďěná 1003/7; 110 00 Praha 1				
Akce:  Oprava trati v úseku Tanvald - Kořenov  SO 03-14-02 Most v ev. km 29,281				
Obsah dokumentace: VÝPOČET INTERAKCE MOSTU S BK			Formát: 13xA4	
			Datum: 09/2021	
			Účel: DSP+PDPS	
			Č. zakázky: 64020136	
			Změna:  Měřítko: -	Č. kopie:  
			Část dokumentace: E.1.4.6	-

# VÝPOČET KOMBINOVANÉ ODEZVY

## OBSAH

<b>1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE.....</b>	<b>2</b>
<b>2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTNÍM OBJEKTU .....</b>	<b>2</b>
<b>3. POSOUZENÍ DILATUJÍCÍ DÉLKY NK.....</b>	<b>3</b>
<b>4. KOMBINOVANÁ ODEZVA MOSTU A KOLEJE – PŘEDPOKLADY .....</b>	<b>3</b>
4.1. ZÁKLADNÍ PŘEDPOKLADY VÝPOČTU .....	3
4.2. NÁVRHOVÁ KRITÉRIA .....	3
4.3. VÝPOČETNÍ METODA.....	4
4.4. CHARAKTERISTIKA KOLEJE .....	4
<b>5. ZATÍŽENÍ.....</b>	<b>4</b>
5.1. SVISLÁ ZATÍŽENÍ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVOU .....	4
5.2. VODOROVNÁ ZATÍŽENÍ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVOU .....	5
5.3. TEPLOTNÍ ZMĚNY V KOLEJNICI.....	6
5.4. PŘÍČNÉ ZATÍŽENÍ OD TEPLOTNÍ ZMĚNY V KOLEJNICI .....	6
5.5. TEPLOTNÍ ZMĚNY NK .....	6
5.6. ZATÍŽENÍ OD VLASTNÍHO PNUTÍ .....	6
<b>6. VÝPOČETNÍ MODEL KONSTRUKCE .....</b>	<b>6</b>
<b>7. PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL .....</b>	<b>8</b>
<b>8. POSOUZENÍ NAPĚTÍ V KOLEJNICI.....</b>	<b>11</b>
<b>9. ZÁVĚR .....</b>	<b>12</b>

## 1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Stavba: Oprava trati v úseku Tanvald - Kořenov

Číslo SO: **SO 03-14-02**

Název SO: Most v ev. km 29,281

Objednatel: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace,  
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1 - Nové Město

Oblastní ředitelství Hradec Králové, U Fotochemy 259, 501 01 Hradec Králové

Zpracovatel objektu: TÝM/SAGASTA – Tanvald - Kořenov  
Moskevská 532/60, 101 00 Praha 10

Odpovědný projektant  
objektu: Ing. Dávid Kuczik

Kraj: Liberecký

Obec: Desná

Katastrální území: Desná (563552)

Trat' SŽ: 507 00 Tanvald – Harrachov státní hranice

Trat' dle NJŘ: 548 Harrachov - Liberec

Trat'ový úsek: 1671 Liberec – Harrachov státní hranice

## 2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTNÍM OBJEKTU

Charakteristika mostu: Železniční jednokolejný most, most je ocelový trámový most o 1 poli, uložení NK na ložiskách, žel. svršek na mostnicích

Statické působení: Prosté pole

Rozpětí: 6,6m

Úhel křížení: 90°

Délka přemostění: 5,85 m

Šířka mostu: 5,90 m

Volný mostní průřez: VMP 2,5

Návrhové zatížení: B2-40

Trat'ová rychlost: 40 km/h

Směrové poměry: k.č.1 – oblouk R=250 m,

Sklonové poměry: k.č.1 - stoupá 18‰

Trakce: není



### 3. POSOUZENÍ DILATUJÍCÍ DÉLKY NK

Rozpětí mostu = dilatující délka prostého pole

$$L_T = 6,6 \text{ m}$$

**Tab.1** Největší přípustné dilatující délky  $L_T$  nosných konstrukcí mostů pro zřízení bezстыkové koleje

Případ č.	Uspořádání mostních ložisek a dilatující délka  $L_T$	Tvar kolejnice 2)	Mosty s nosnými konstrukcemi									
			ocelovými						ocelobetonovými		betonovými	
			s kolejovým ložem		s mostnicemi uloženými		s přímým uložením	s kolejovým ložem		s kolejovým ložem		
			pražce					pražce		pražce		
			dřevěné	betonové	centricky	plošně	koleje	dřevěné	betonové	dřevěné	betonové	
			$L_T$ [m]									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1												
2		R 65	125	90	70	23	20	160	120	180	130	
		UIC 60	110	80	66	23	20	140	103	156	113	
		T, S 49	85	60	60	23	20	100	70	110	80	
3		R 65	125	86	70	25	23	160	110	180	125	
		UIC 60	108	74	63	25	23	136	93	153	106	
		T, S 49	75	51	50	25	23	90	60	100	70	
počet konstrukcí není omezen												
4		R 65	65	46	35	19	17	100	70	110	80	
		UIC 60	61	44	35	19	17	86	61	96	70	
		T, S 49	55	40	35	19	17	60	45	70	50	

Při kombinaci jednotlivých případů rozhoduje přísnější kritérium.

1) Pro nové mosty nepřipustný případ. 2) Kolejnice tv. T jen u dosavadního stavu.

$L_{T, \text{lim}} = 23,0 \text{ m}$  (ocelová NK, mostnice uložené plošně, tvar kolejnic S49)

$$L_T \leq L_{T, \text{lim}} \rightarrow \text{splňuje}$$

Délka BK v úseku koleje o poloměrech  $\leq 400 \text{ m}$  (v našem případě navazující oblouky  $R=195 \text{ m}$  a  $250 \text{ m}$ ) se předpokládá max  $250 \text{ m}$ , tedy  $100 \text{ m}$  střední část a  $2 \times 75$  dýchající konec – mosty v km 29,238 a 29,281 tedy geometricky spadají do střední části BK

### 4. KOMBINOVANÁ ODEZVA MOSTU A KOLEJE – PŘEDPOKLADY

#### 4.1. Základní předpoklady výpočtu

Kombinovaná odezva bude posouzena dle ČSN EN 1991-2 čl. 6.5.4.

Pro návrh mostní konstrukce je nutno vyhodnotit tyto údaje:

- 1) Požadavky na vodorovnou tuhost spodní stavby v úrovni ložisek  $K_x$
- 2) Určení součinitelů přenosu vodorovné reakce od teplotních změn NK  $\xi_D$ , a od brzdných/rozjezdových sil  $\xi_b$ ,  $\xi_a$  vyjadřující poměr přenosu těchto sil mezi kolejí a mostem
- 3) Stanovení provozních podmínek BK na mostě (požadavky na ojetí, teplotu NK při zřízení, požadavky na odchylky GPK...)

#### 4.2. Návrhová kritéria

Mezní přírůstky napětí v kolejnici od kombinované odezvy koleje a mostu jsou omezeny:

- pro tah:  $\sigma_{\text{tah, max}} = 92 \text{ MPa}$

- pro tlak:  $\sigma_{\text{tlak, max}} = 72 \text{ MPa}$

Posouzení kombinované odezvy bude provedeno však celkovým ověřením napětí v kolejnici - **Metoda komplexní analýzy**

Mezní hodnoty pro deformaci konstrukce – je nutno ověřit samostatně ve výpočtu NK:

- relativní podélné posunutí od brzdných/ rozjezdových sil (mezi NK a opěrou) –  $\delta_B = 5 \text{ mm}$

- podélné posunutí horního povrchu NK od deformace NK od svislých zatížení dopravou –  $\delta_H = 8 \text{ mm}$

- svislé posunutí od proměnných zatížení vzhledem k přilehlé konstrukci pro rychlost do 160km/h –  $\delta_V = 3 \text{ mm}$

#### 4.3. Výpočetní metoda

Posouzení kombinované odezvy bude provedeno ověřením celkového napětí v kolejnici metodou komplexní analýzy. Celkové napětí bude určeno lineární kombinací jednotlivých zatěžovacích stavů.

#### 4.4. Charakteristika koleje

Kolejnice:	S49 (materiál UIC 900A)
Mez pevnosti:	$f_u = 880 \text{ MPa}$
Charakteristická mez kluzu:	$f_{yk} = 0,6 \cdot f_u = 528 \text{ MPa}$
Součinitel spolehlivosti:	$\gamma_{M0} = 1,00$
Návrhová mez kluzu:	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 528 \text{ MPa}$

Průřezová plocha kolejnice S49:	$A_0 = 6307 \text{ mm}^2$
Moment setrvačnosti:	$I_y = 1816 \times 10^4 \text{ mm}^4$
Průřezový modul:	$W_y = 240,3 \times 10^3 \text{ mm}^3$

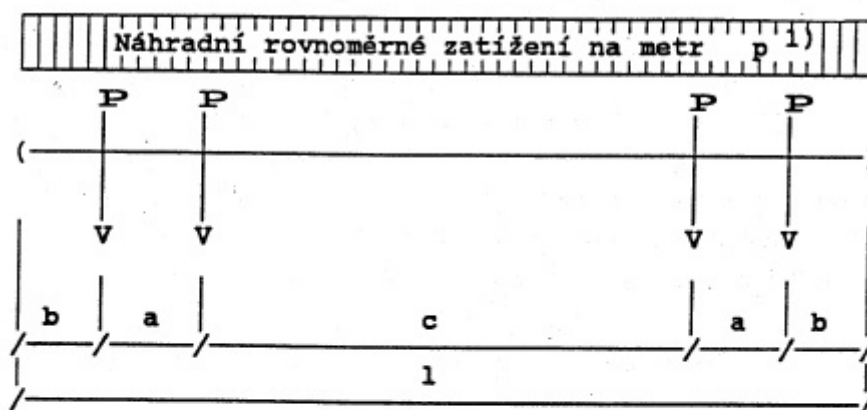
V modelu uvažovány obě kolejnice, definované okrajové podmínky (zatížení železniční dopravou, smykové odpory), které jsou určeny pro celou kolej, byly tomuto přizpůsobeny koeficientem 0,5.

## 5. ZATÍŽENÍ

### 5.1. Svislá zatížení železniční dopravou

Model zatížení B2 – 40 km/h

### ZÁKLADNÍ SCHÉMA ČTYŘNÁPRAVOVÉHO VOZU



1	2	3	4	5	6	7
Tratová třída	$P$ [kN]	$p$ 1) [kN/m]	$a$ [m]	$b$ [m]	$c$ [m]	$l$ [m]
A	160	50	1,8	1,5	6,20	12,80
B 1	180	50	1,8	1,5	7,80	14,40
B 2	180	64	1,8	1,5	4,65	11,25

Klasifikační součinitel  $\alpha=1,00$  (základní hodnota dle MVL 150)

Dynamický součinitel:

hlavní nosník pro provozní železniční zatížení:

$$\delta_{f1} = 1,42$$

kde  $L_d$  rozpětí prostého pole = 7 m  
 $v$  rychlost  $v = 40$  km/h

Součinitel zatížení:  $\gamma_f = 1,45$

## 5.2. Vodorovná zatížení železniční dopravou

Rozjezdové a brzdné síly jsou uvažované hodnotou 25% součtu nápravových sil skutečného vlaku (B2).

Rozjezdová síly:  $Q_{lak} = 0,25 \times 720 \text{ kN} = 180 \text{ kN} < 1000 \text{ kN}$   
 $q_{lak} = 180 / 11,25 = 16 \text{ kN/m}$

Brzdná síla:  $Q_{lbk} = 0,25 \times 720 \text{ kN} = 180 \text{ kN} < 6000 \text{ kN}$   
 $q_{lbk} = 180 / 11,25 = 16 \text{ kN/m}$

Rozhodující jsou síly působící jak na mostě, tak i na předpolí mostu. Kvůli omezení jsou rozhodující brzdné síly, je uvažováno zatížení maximální – 1600kN (brzdná síla na celkové délce 100m). Brzdné síly jsou uvažovány i na zemním tělese mimo most.

### 5.3. Teplotní změny v kolejnici

Jedná se o oteplení a ochlazení kolejnic, dle předpisu SŽDC S3 je uvažovaný teplotní rozdíl

Oteplení /ochlazení kolejnice  $\Delta T = 53^{\circ}\text{C}$

Součinitel zatížení:  $\gamma_t = 1,00$  (dle ČSN EN 1991-2, čl. 6.5.4.3)

### 5.4. Příčné zatížení od teplotní změny v kolejnici

Kolej na mostě se nachází ve směrovém oblouku  $R=250$  m.

$q = 5 \times \Delta T_R \times A/R$  [kN/m]

kde se uvažuje  $\Delta T_{R,\min} = -53^{\circ}\text{C}$  a  $\Delta T_{R,\max} = 43^{\circ}\text{C}$

$q_{\max} = 5 \times 43 \times 6307/250000 = 5,42$  kN/m (zatěžovací stav oteplení kolejnice)

$q_{\min} = 5 \times -53 \times 6307/250000 = -6,69$  kN/m (zatěžovací stav ochlazení kolejnice)

### 5.5. Teplotní změny NK

Montážní teplot osazení kolejnice se předpokládá v rozmezí  $T_0 = 10^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}$

Maximální teploty ovzduší dle teplotní mapy:

$T_{\max} = 38^{\circ}\text{C}$

$T_{\min} = -32^{\circ}\text{C}$

Typ konstrukce – 1.typ – ocelové konstrukce

Teplota konstrukce pro maximální oteplení:  $T_{e,\max} = T_{\max} + 16^{\circ}\text{C} = 54^{\circ}\text{C}$

Teplota konstrukce pro maximální ochlazení:  $T_{e,\min} = T_{\min} + 3^{\circ}\text{C} = -35^{\circ}\text{C}$

#### Rozdíl teplot:

Maximální oteplení konstrukce:  $\Delta T_{\max} = 54^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} = 44^{\circ}\text{C}$

Maximální ochlazení konstrukce:  $\Delta T_{\min} = -35^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C} = -50^{\circ}\text{C}$

Součinitel zatížení:  $\gamma_t = 1,00$  (dle ČSN EN 1991-2, čl. 6.5.4.3)

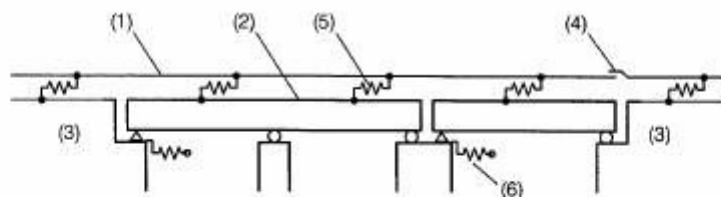
### 5.6. Zatížení od vlastního pnutí

Od výroby se předpokládá vlastní pnutí v kolejnici hodnotou  $\pm 100$  MPa

## 6. VÝPOČETNÍ MODEL KONSTRUKCE

Výpočetní model vychází z obecného modelu pro výpočet kombinované odezvy dle ČSN EN 1991-2.

Obecný model:

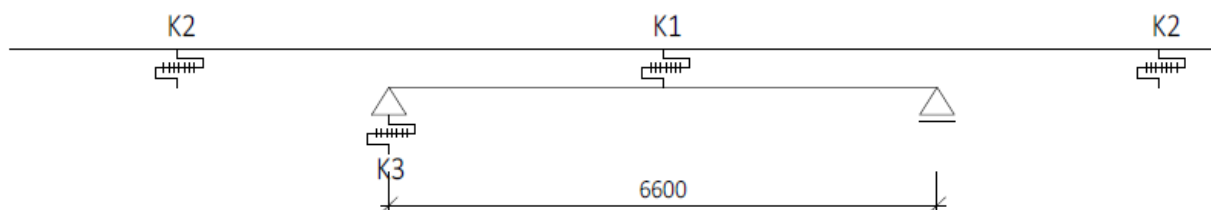


#### Legenda

- (1) kolej
- (2) nosná konstrukce (znázorněn spojitý nosník o dvou polích a prostý nosník)
- (3) těleso železničního spodka
- (4) kolejnicové dilatační zařízení (je-li vloženo)
- (5) podélné nelineární pružiny vyjadřující průběh závislosti podélné zatížení/posunutí koleje
- (6) podélné pružiny vyjadřující podélnou tuhost  $K$  pevného uložení nosné konstrukce s uvažováním tuhosti základů, pilířů a ložisek atd.

### Výpočtový model pro daný most:

Obecné schéma modelu:

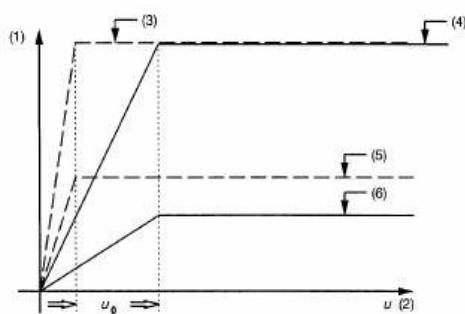


Tuhost K1 ... reprezentuje přenos vodorovných sil z koleje do mostu

Tuhost K2 ... reprezentuje přenos vodorovných sil z koleje do podloží

Tuhost K3 ... reprezentuje tuhost spodní stavby

Tuhosti byly stanoveny dle ČSN EN 1991-2 z grafu pro smykový odpor:

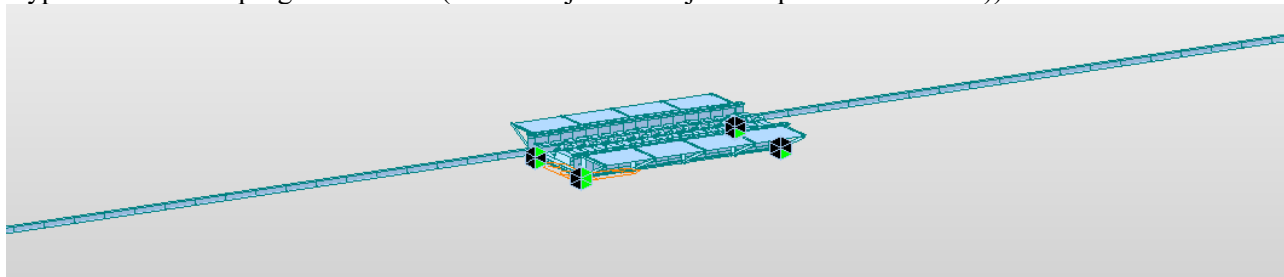


K1 – smykový odpor pro nezatíženou kolej (bez kol. lože) - 30 kN/m (5)  
 - smykový odpor pro zatíženou kolej (bez kol. lože) - 60 kN/m (3)  
 - deformace  $u_0 = 0,5$  mm

K2 - smykový odpor pro nezatíženou kolej (kol. lože) - 20 kN/m (6)  
 - smykový odpor pro zatíženou kolej (kol. lože) - 60 kN/m (4)

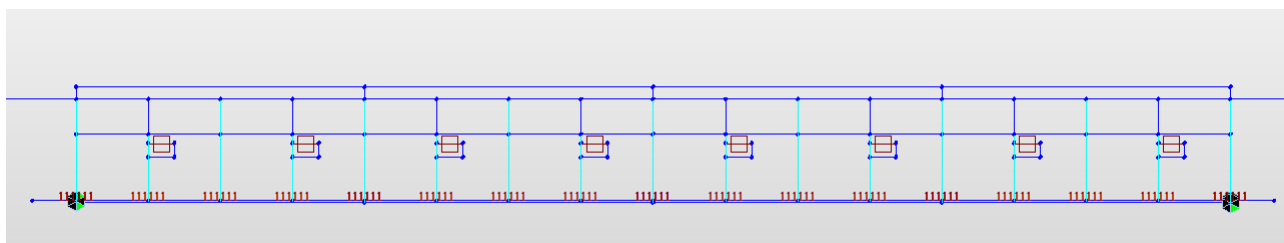
K3 – pružná podpora s vodorovnou tuhostí 500 000 kN/m (výpočet tuhosti spodní stavby z výpočtetního modelu)

Výpočetní model v programu Midas (mostní objekt s kolejí 50 m před a za mostem)):



Výsek z modelu

Pro přenos vodorovných sil mezi NK a kolejí a naopak je použita pružina s bilineární křivkou smykového odporu pro nezatíženou / zatíženou kolej dle odpovídajícího modelu. Pro tento účel byly vytvořeny dva modely, ve kterých je v jednom z nich uvažováno s nezatíženými kolejemi a ve druhém je zatížen most a předpolí mostu.



## 7. PRŮBĚHY VNITŘNÍCH SIL

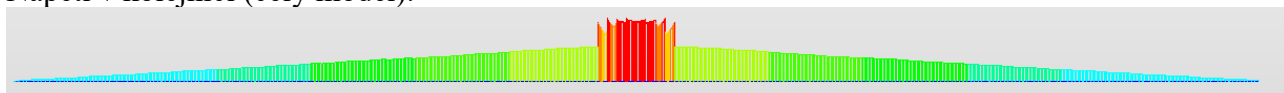
Vnitřní síly v kolejnici budou stanoveny v oblasti nad posuvným ložiskem na opěře O2.

Vnitřní napětí od výroby:

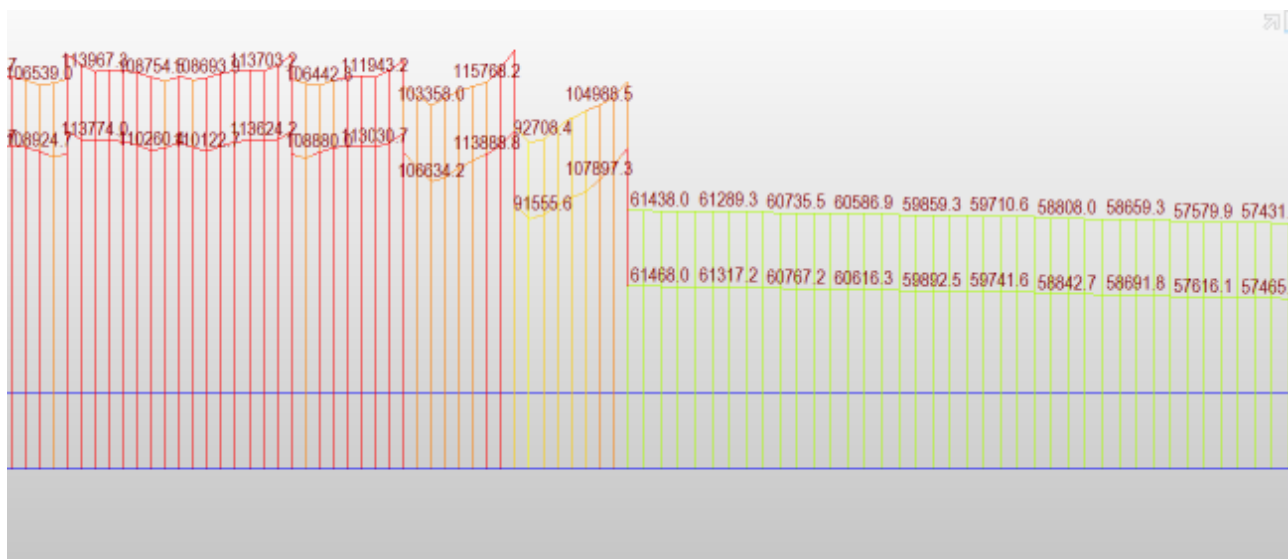
V kolejnici může být napětí **+/-100 MPa**

Ochlazení koleje:

Napětí v kolejnici (celý model):



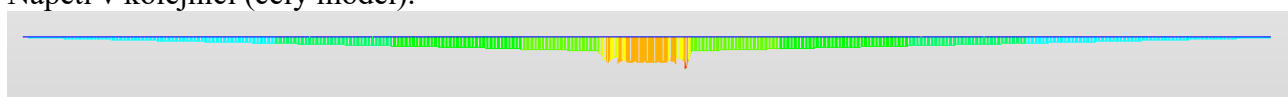
Výsek z grafu nad opěrou O2:



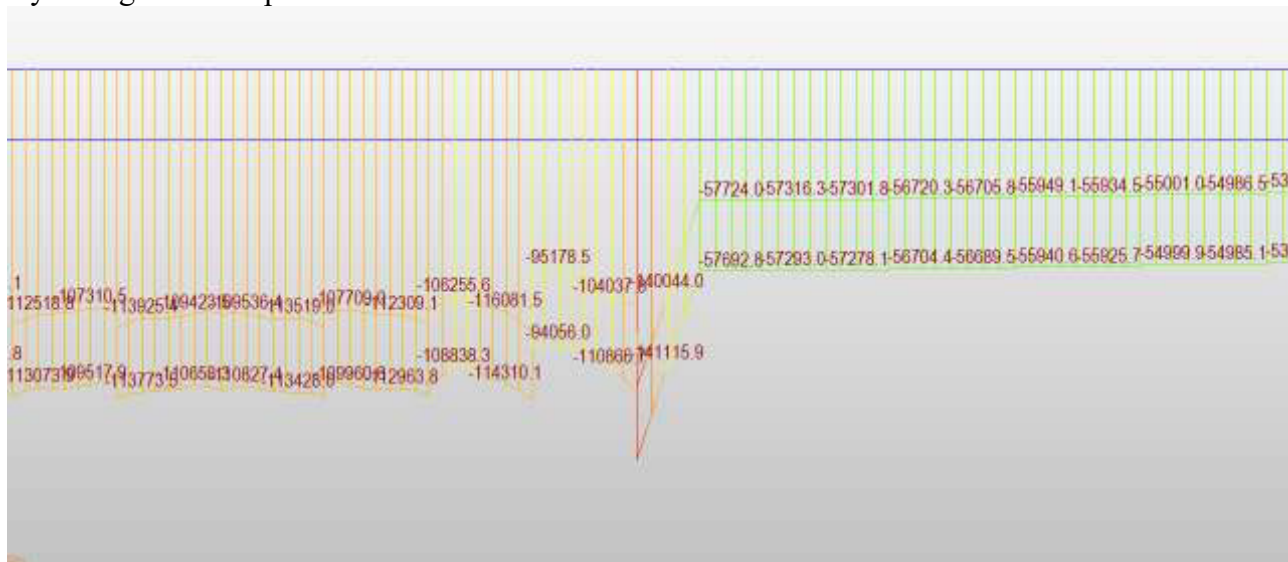
Napětí:  $\sigma_x = 107,9 \text{ MPa}$

Oteplení koleje:

Napětí v kolejnici (celý model):



Výsek z grafu nad opěrou O2:

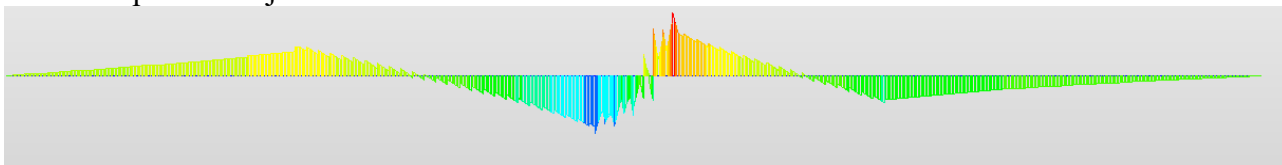


Napětí:  $\sigma_x = -141,4 \text{ MPa}$

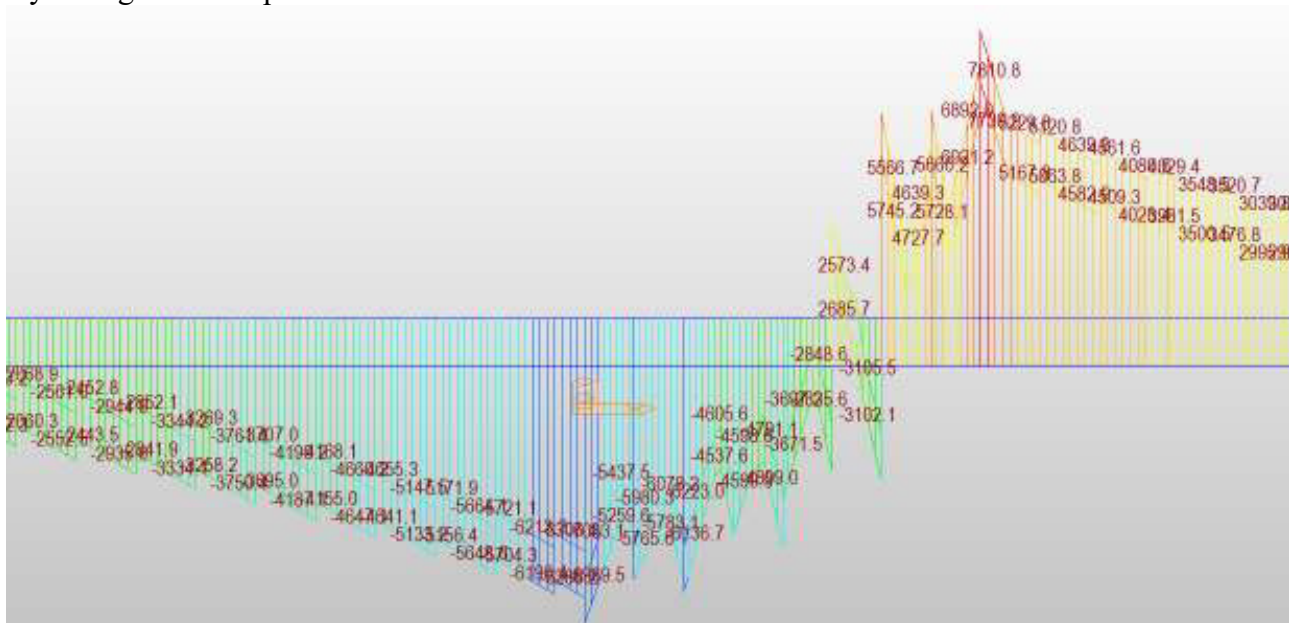
Brzdná síla:

- Brzdná síla pro maximální tlakové/tahové napětí nad opěrou O2:  
(Síla působí v úseku 50 m, celkem  $F = 800 \text{ kN}$ , v modelu rozdělena na obě kolejnice)

Průběh napětí v kolejnici:

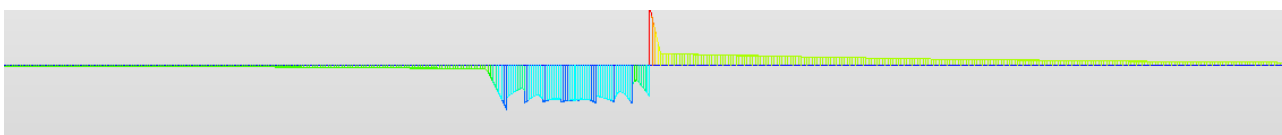


Výsek z grafu nad opěrou O2:

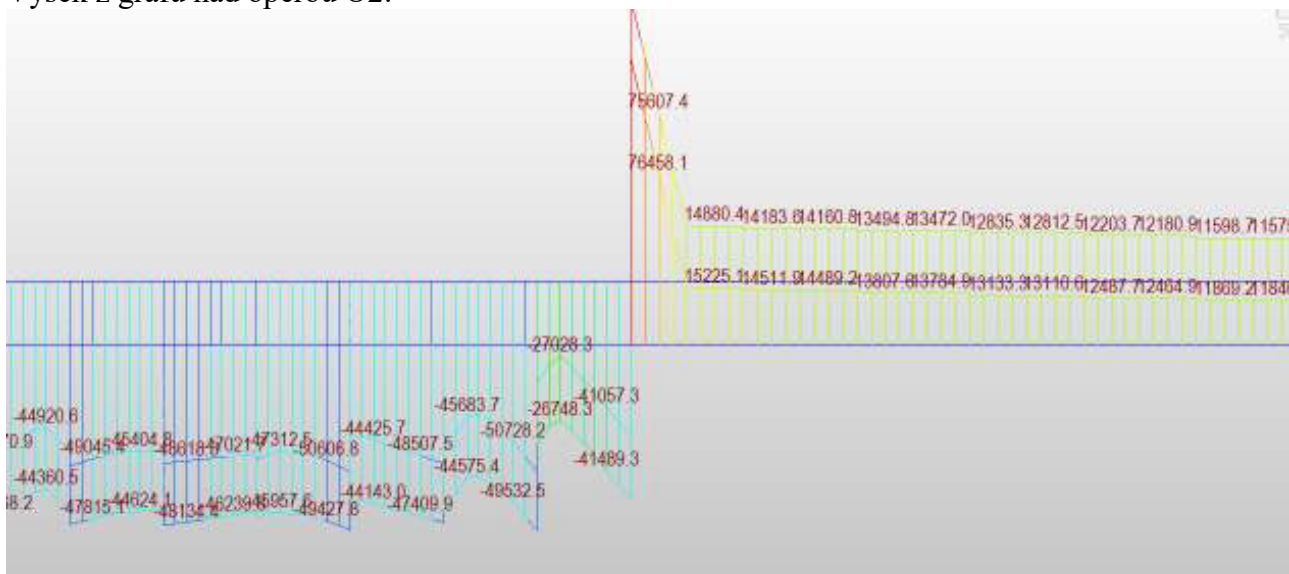


Napětí:  $\sigma_x = \pm 7,8 \text{ MPa}$

Ochlazení nosné konstrukce:



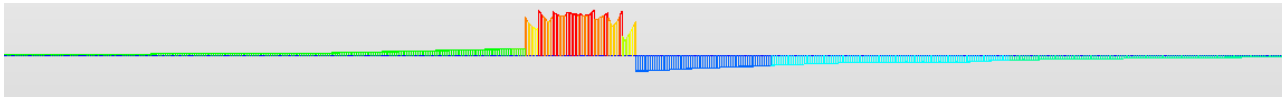
Výsek z grafu nad opěrou O2:





Napětí:  $\sigma_x = 75,6 \text{ MPa}$

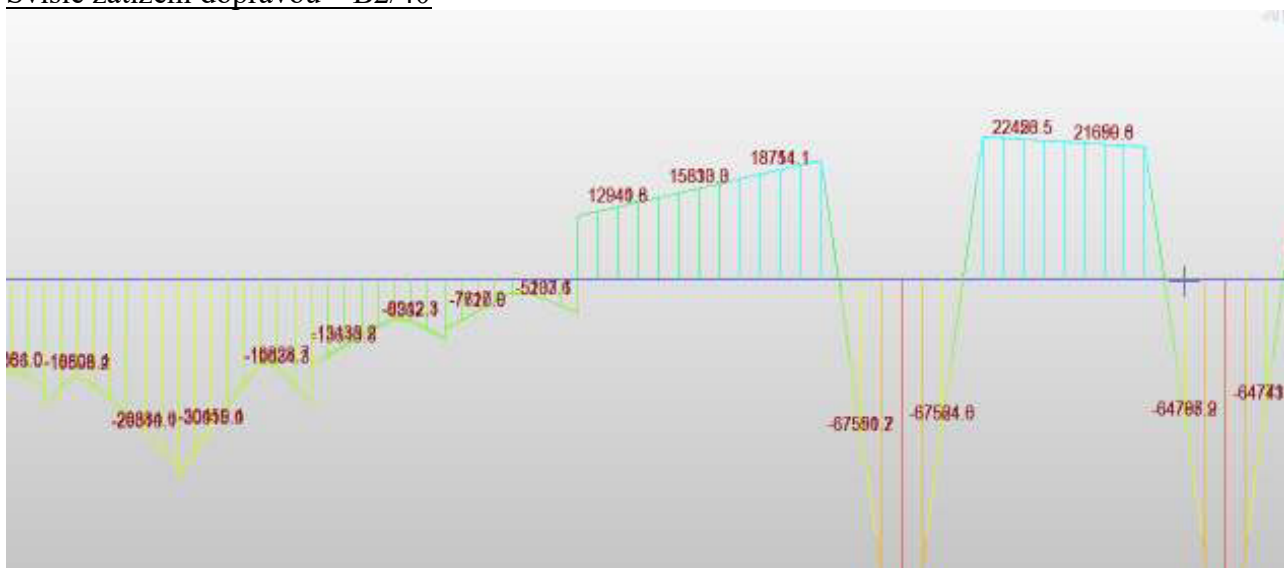
Oteplení nosné konstrukce:



Výsek z grafu nad opěrou O2:

Napětí:  $\sigma_x = 33,2 \text{ MPa}$

Svislé zatížení dopravou – B2/40



Max napětí:  $\sigma_x = 12,9 \text{ MPa}$

Min napětí:  $\sigma_x = -5,2 \text{ MPa}$

Lokální zatížení nápravou mezi pražci

Tíha nápravy 180kN je umístěna uprostřed mezi pražci vzdálenými 600 mm.  
Ohybový moment spočítaný jako pro prostý nosník:

$$M_0 = 0,25 \cdot F \cdot l = 0,25 \cdot 180 \cdot 0,6 = 27 \text{ kNm}$$

Napětí v kolejnici:

$$\sigma_s = M_{sp}/w = 0,027 / (2 \cdot 2,403 \cdot 10^{-4}) = 56,2 \text{ MPa}$$

## 8. POSOUZENÍ NAPĚTÍ V KOLEJNICI

Výpočet napětí v kolejnici (pro maximální tah):

č.	Zatěžovací stav	$\sigma_{char}$ [Mpa]	$\alpha$	$\delta$	$\gamma_f$	$\sigma_{návrh}$ [Mpa]
1	vnitřní napětí od výroby	100,00	-	-	1,00	100,0
2	ochlazení koleje	107,90	-	-	1,00	107,9
3	ochlazení NK	75,60	-	-	1,00	75,6
4	brzdná síla	7,80	-	-	1,45	11,3
5	svislé zatížení dopravou	12,90	1,00	1,42	1,45	26,6
6	lokální zatížení nápravou	56,20	1,00	1,26	1,45	102,7
<b>Celkové napětí v kolejnici</b>						<b>424,0</b>

Posouzení napětí:

$$\sigma_{sd} = 424,0 \text{ MPa} < 528 \text{ MPa} = f_{y,d} \quad \text{vyhovuje}$$

Výpočet napětí v kolejnici (pro maximální tlak):

č.	Zatěžovací stav	$\sigma_{char}$ [Mpa]	$\alpha$	$\delta$	$\gamma_f$	$\sigma_{návrh}$ [Mpa]
1	vnitřní napětí od výroby	100,00	-	-	1,00	100,0
2	oteplení koleje	141,40	-	-	1,00	141,4
3	oteplení NK	33,20	-	-	1,00	33,2
4	brzdná síla	7,80	-	-	1,45	11,3
5	svislé zatížení dopravou	5,20	1,00	1,42	1,45	10,7
6	lokální zatížení nápravou	56,20	1,00	1,26	1,45	102,7
<b>Celkové napětí v kolejnici</b>						<b>399,3</b>

Posouzení napětí:

$$\sigma_{sd} = 399,3 \text{ MPa} < 528 \text{ MPa} = f_{y,d} \quad \text{vyhovuje}$$

## 9. ZÁVĚR

Tímto statickým výpočtem byla posouzena kombinovaná odezva mostní konstrukce v km 29,281 s ověřením celkového napětí v kolejnici. Při uvážení tuhosti stávající spodní stavby a přímého upevnění kolejnic na mostnicích na ocelové nosné konstrukci dl. 6,6 m je vypočítaná hodnota maximálního a minimálního napětí z hlediska zřízení bezстыkové koleje vyhovující.

V Praze 10/2021

vypracoval: Ing. Martin Knytl