



**FAKULTA  
STAVEBNÍ  
ČVUT V PRAZE**

---

# Bakalářská práce

## Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

The inspection and load capacity assessment of the railway bridge  
in Stodůlky

Autor práce:

**Jan Fišer**

Studijní program Stavební inženýrství  
Obor Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Ryjáček Ph.D.

Katedra Ocelových a dřevěných konstrukcí

Letní semestr 2017





### ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ:

*Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.*

*Jan Fišer*

### PODĚKOVÁNÍ:

*Děkuji p. doc. Ing. Ryjáčkovi za cenné rady, připomínky a trpělivost při konzultacích, které byly nezbytné k vypracování této práce. Děkuji také své přítelkyni, rodině, obzvláště svému otci p. Lubomíru Fišerovi, za neustálou pomoc a podporu při studiu*

21. května 2017



## OBSAH

Zadání bakalářské práce .....	4
Abstrakt & klíčová slova (Abstract & keywords).....	5
Úvod.....	6
1 Obecné informace o mostě.....	7
1.1 Identifikační údaje objektu .....	7
1.2 Umístění objektu .....	7
1.3 Konstrukční údaje objektu.....	8
2 Prohlídka mostu.....	12
2.1 Spodní stavba.....	12
2.2 Hlavní nosná konstrukce K01 .....	14
2.3 Mostní svršek.....	21
2.4 Návrh hodnocení stávajícího stavu konstrukce.....	21
3 Statický výpočet zatížitelnosti.....	22
3.1 Mezní stavy a kombinace.....	22
3.2 Konstrukce .....	23
3.3 Materiály.....	23
3.4 Zatížení.....	24
3.5 Výpočetní model .....	29
3.6 Stanovení zatížitelnosti v MSÚ .....	41
3.7 Stanovení zatížitelnosti v MSP.....	47
3.8 Ověření přechodnosti mostu .....	50
3.9 Ruční výpočet zatížitelnosti.....	55
4 Závěr .....	59
5 Seznam příloh a výkresů.....	59
6 Citovaná literatura .....	60
7 Použité programy.....	60



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Fišer</u>	Jméno: <u>Jan</u>	Osobní číslo: <u>423021</u>
Zadávací katedra: <u>K134</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Konstrukce a dopravní stavby</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách


Název bakalářské práce anglicky: The inspection and load capacity assesment of the railway bridge in Stodůlky


Pokyny pro vypracování:  
Prohlídka železničního mostu na TU0711, km 12,177, studium archivní dokumentace a ověření základních rozměrů, vytvoření výpočetního modelu a stanovení zatížitelnosti a přechodnosti pro traťovou třídu

Seznam doporučené literatury:  
- ČSN EN 1991-2, ČSN EN 1993-2  
- Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů, SŽDC, 2015

Jméno vedoucího bakalářské práce: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017


  
Podpis vedoucího práce

  
Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

22.2.2017  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta(ky)





**ABSTRAKT:**

Účelem této práce je podrobná prohlídka, dokumentace současného stavu nosné konstrukce, vytvoření počítačového modelu a výpočet zatížitelnosti a přechodnosti ocelobetonového železničního mostu na TU0711, km 12, 177 v Praze, Stodůlkách.

**ABSTRACT:**

Objective of this work is detailed inspection, documentation of actual state of structure, creation of computer model and load capacity assessment of composite steel and concrete railway bridge on track section TU0711, km 12, 177 in Praha, Stodůlky.

**KLÍČOVÁ SLOVA:**

Prohlídka, přepočet, zatížitelnost, přechodnost, LM71, ZBN, ocelobetonový železniční most.

**KEYWORDS:**

Inspection, load capacity assessment, LM71, filler beam deck, composite steel and concrete railway bridge.



## Úvod

Bakalářská práce se zabývá prohlídkou a přepočtem jednokolejného ocelobetonového železničního mostu. Most se nachází v Praze v městské části Stodůlky na trati TU0711 vedoucí ze stanice Praha, Smíchov do stanice Hostovice.

V první kapitole jsou sepsány všechny zjištěné obecné informace o mostním objektu a příslušném úseku železnice, které byly zjištěny při prohlídce nebo z původních dokumentů o objektu, jež byly poskytnuty k prostudování archivem SŽDC.

Předmětem druhé kapitoly je podrobná prohlídka současného stavu všech přístupných částí mostu. Při prohlídce byl kladen důraz na změření dimenzí a míry poškození prvků hlavní nosné konstrukce, která je tvořena betonovou deskou podélně vyztuženou válcovanými ocelovými nosníky.

Výsledkem prvních dvou kapitol bude hodnocení současného stavu konstrukce a výkres příčného řezu mostu. Na základě prohlídky hlavní nosné konstrukce bude vytvořen počítačový výpočetní model železobetonové desky se všemi specifikacemi prvků podle současného stavu, abychom se co nejvíce přiblížili reálnému chování konstrukce.

Třetí kapitola obsahuje statický výpočet zatížitelnosti modelem LM71 a výpočet přechodnosti mostu. Rozhodující výpočet zatížitelnosti bude proveden pomocí počítačového modelu, ale pro srovnání bude pro dané mezní stavy proveden i ruční výpočet. Statický výpočet je proveden podle ČSN EN 1990-1993 (ÚNMZ Praha) a Směrnice určování zatížitelnosti železničních mostních objektů (SŽDC s.o. Praha).

V závěrečné části dokumentu jsou shrnuty poznatky a výsledky práce, zhodnocen stav mostního objektu, navrženo řešení na základě všech poznatků práce, seznam příloh a výkresů a uvedeny všechny použité zdroje informací.



Obrázek 1 - Pohled na most z jihu



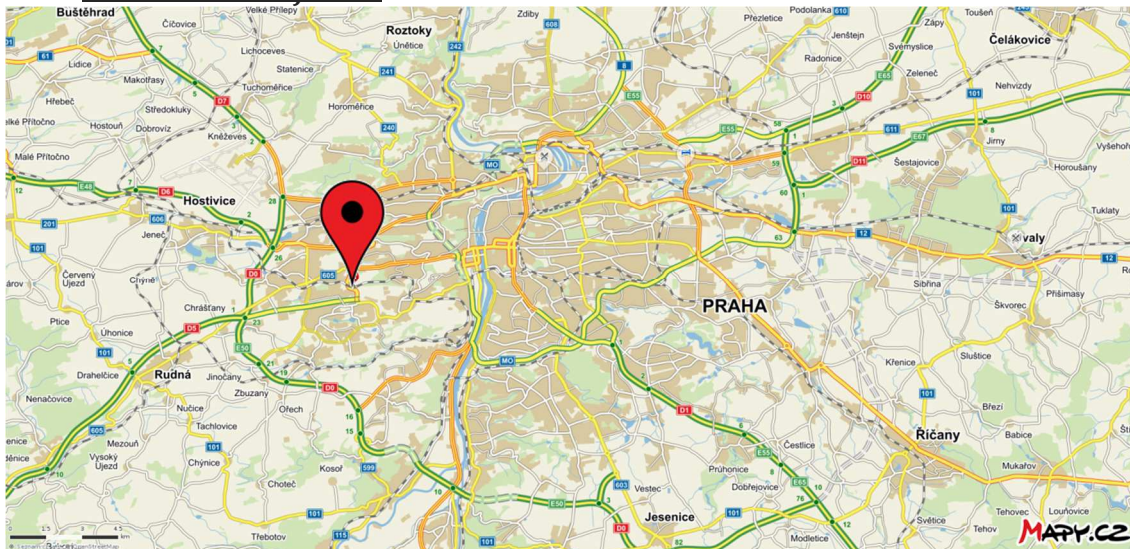


# 1 Obecné informace o mostě

## 1.1 Identifikační údaje objektu

- Traťový úsek TU0711 (Praha Smíchov – Hostivice), km 12,177
- Rok výstavby mostu: 1924 [1]
- Majitel: SŽDC s.o. ČR
- jednokolejný, v širé trati, bez elektrifikace

## 1.2 Umístění objektu



Obrázek 2 - Mapa umístění mostu [2]



Obrázek 3 - Mapa okolí mostu [2]

Most se nachází v Praze, na rozhraní katastrálních území Jinonice (Praha 13) a Motol (Praha 5).

Přemostovaná účelová komunikace většinou slouží jako jižní přístupová cesta ke golfovému hřišti Golf Club Praha.

Nadmořská výška 327 m. n. m. (Systém Bpv).

### 1.3 Konstrukční údaje objektu

(Viz příloha č. 1 - Příčný řez)

Délka mostu: 7,78 m

Délka přemostění: 3,695 m

Teoretické rozpětí nosné konstrukce: 4,1 m

Šířka mostu: 5,97 m

Šířka nosné konstrukce: 5,32 m

Světlá výška pod mostem: min. 2,3 m (v ose); max 2,46 m (u opěry)



Obrázek 4 - Pohled ze severu

#### 1.3.1 Spodní stavba

Opěry jsou založeny kamennými základy o šířce min. 1740 mm a výšce 1100 mm. [3]

Obě opěry byly postaveny z betonového zdiva s pravidelným řádkováním 60 mm. Na obou bocích konstrukci opěr uzavírají pískovcové kvádry o velikosti min. cca 500x500 mm.

Výška zděné opěry je asi 3190 mm. [3]

Celková hloubka založení od povrchu přemostřované komunikace je asi 1,8 m. [3]

Křídla opěr jsou šikmá a mají délky 5,32 m (severní strana) a 4,0 m (jižní strana). Jsou postaveny z kamenného zdiva s pravidelným řádkováním 210 mm a horní povrch tvoří betonová římsa o tloušťce 140 mm.



### 1.3.2 Hlavní nosná konstrukce

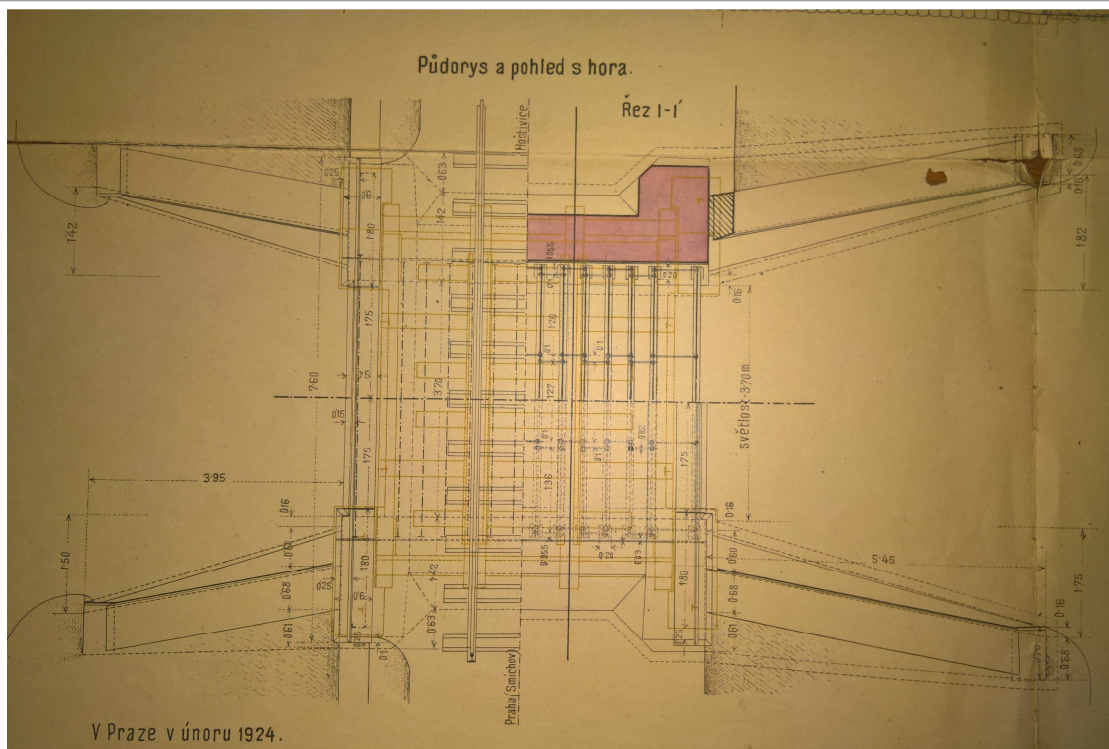


Obrázek 5 - Pohled na konstrukci ze severu

Hlavní nosná konstrukce je tvořena betonovou deskou s tzv. „zabeny“ (ZBN).

Betonová deska má tloušťku v ose 360 mm, která se po stranách zvyšuje, kde je chráněna kamennými římsami. Takto deska s římsami tvoří žlab kolejového lože o šířce 5,07 m a hloubce asi 400 mm od horní hrany nižší (severní) římsy.

Zabetonované nosníky jsou tvaru I 30 (výška 300 mm) podle původní dokumentace. Jejich přesný tvar je předmětem prohlídky v následující kapitole. Délka nosníků podle původní dokumentace je 4,3 m. Příčné jsou nosníky uspořádány symetricky tak že, první vnější nosník tvoří líc desky a další nosník je osově vzdálen 680 mm. Ostatní nosníky jsou umístěny s rovnoměrnou osovou roztečí 360 mm. Celkem desku vyztužuje 14 nosníků. Ocelové nosníky tvoří dolní líc nosné konstrukce. Příčně je deska vyztužena závitovými tyčemi o průměru 20 mm, které jsou viditelné na koncových nosnících. Jsou umístěny po dvojicích na obou koncích nosníků a ve třetině rozpětí. Celkem 4 ks po délce jednoho nosníku. Jejich uspořádání uvnitř desky uvažujeme podle původní dokumentace, které odpovídá viditelná část nosné konstrukce (viz následující obrázek).

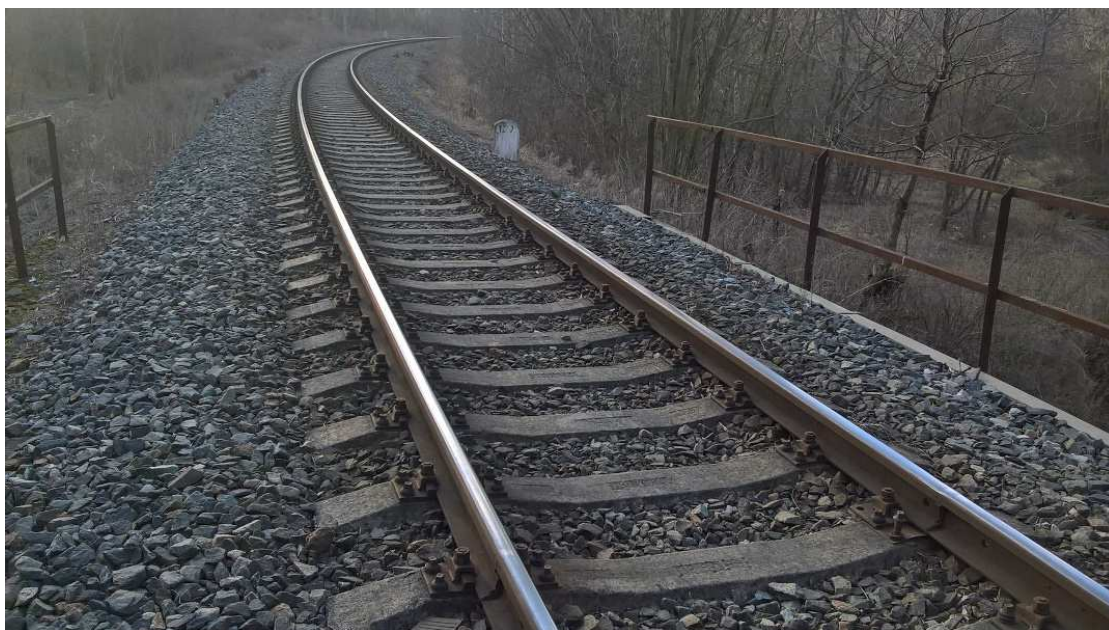


Obrázek 6 - Původní dokumentace [1]

Beton vzhledem k období výstavby (rok 1924) uvažujeme třídu původního označení B250, což podle současné EN odpovídá pevnostní třídě C 16/20. [4]

Materiál nosníků uvažujeme jako plávkovou ocel, ale tvrdost bude dále předmětem prohlídky v následující kapitole.

Na kamenné římsy je osazeno ocelové dvoumadlové zábradlí vysoké 1100 mm. Svislé sloupky jsou úhelníky 65x65x8 mm a madla úhelníky 45x45x5 mm. Svislé sloupky jsou rozmístěny po 900 mm a celková délka zábradlí je 7,55 m. Spodní madlo je upevněno ve výšce 560 mm. Sloupky jsou podle původní dokumentace ukotveny 200 mm do římsy.



Obrázek 7 - Železnice na mostě. Pohled ve směru do Hostovic



### 1.3.3 Specifikace železnice

Úsek trati na mostě je v širé trati v přechodnici oblouku. Oblouk je pravotočivý ve směru do Hostivic. Poloměr oblouku je asi 350 m (odhad ze zaměření). Převýšení koleje je asi 90 mm [3]. Osa koleje se vychyluje o 0,3 m od osy mostu směrem na sever (doprava ve směru na Hostivice). Podle mapy rychlostí SŽDC je traťová rychlost 65 až 70 km/h.

Podélný sklon koleje je +10,4 ‰ ve směru do Hostivic. [3]

Železniční svršek je sestaven z kolejnic typu S49 a pražců SB6 s upevněním typu K. Kolej je sestavena jako bezстыková.

Kolejové lože je hloubky min 470 mm pod pražcem. Kolejové lože je na vnější straně oblouku navýšeno. [3]

### 1.3.4 Cizí zařízení na mostě

Na severní straně mostu jsou v plechové chráničce vedeny kabely pravděpodobně pro zabezpečovací zařízení koleje.



Obrázek 8 - Chránička kabelů a zábradlí na severní straně

Na jižní straně je vedle římsy prázdná betonová chránička.



Obrázek 9 - Prázdná betonová chránička a zábradlí na jižní straně mostu



## 2 Prohlídka mostu



Obrázek 10 - Orientační schéma, pohled zleva (z jihu)

### 2.1 Spodní stavba

Vyrytý letopočet 1994 poukazuje na rok posledních oprav opěr.

#### 2.1.1 Opěra O1 (Východní)



Obrázek 11 - Pohled na opěru O1





Obrázek 12 – Detail trhliny uprostřed středového úložného bloku na opěře O1

Betonové zdivo opěry je bez významných viditelných trhlin. Kolem větších pískovcových kvádrů (pravděpodobně úložné pro nosnou desku) na obou koncích opěry je místy vypadaná spárovací hmota. Uprostřed pod nosnou konstrukcí je svislá trhlina procházející celým úložným prahem, ale není rozšířena na povrchu dále do zdiva.

Jelikož hlavní nosná konstrukce není nijak izolována a odvodněna, je možné, že je opěra poškozena dlouhodobým působením vody v neznámém rozsahu.

### 2.1.2 Opěra O2 (Západní)



Obrázek 13 – Opěra O2

Střední úložný blok je svisle potrhán na několika místech a trhliny se prokreslují dále do spár zdiva. Oproti východní opěře jsou spáry okolo rohových kvádrů celistvější.



Opěra O2 je ve směru spádu níže, proto se dá očekávat, že je vlhkostí a působením vody poškozena ještě více než východní opěra.

### 2.1.3 Křídla

Povrch křídel je asi ze třetiny zdola porostlý mechem, ale bez viditelných poruch kamenného zdiva. Povrch říms je taktéž porostlý mechem, ale bez významných závad.



Obrázek 14 – Pohled zprava na křídla a konstrukci

## 2.2 Hlavní nosná konstrukce K01



Obrázek 15 – Dolní povrch hlavní nosné konstrukce K01

Nosná konstrukce není očividně nijak odvodněna nebo odizolována, a proto konstrukce pravděpodobně nejen zdola značně degradovala.



### 2.2.1 Betonová deska

Na mnoha místech je dolní povrch desky opadaný s odkrytým kamenivem do hloubky místy až 100 mm. Beton je také prorostlý mechem, což dokazuje prakticky neustálou přítomnost nadměrné vlhkosti v konstrukci. Horní povrch desky je nepřístupný.



Obrázek 16 - Detail dolního povrchu nosné desky

Na bočních stranách desky jsou viditelné značné trhliny vystupující kolem vnějších nosníků v místech uložení a nad nosníky na obou stranách mostu.



Obrázek 17 - Trhliny v místě uložení krajních nosníků

Pro mosty postavené před r. 1939 směrnice [5] nařizuje neuvažovat betonové části jako nosné, a proto nebylo třeba zkoumat pevnostní charakteristiky betonové desky.



### 2.2.2 Ocelové I nosníky

Nosníky byly při prohlídce detailně prozkoumávány, protože jejich tvar, velikost, materiál a současný stav mají největší význam na únosnost a použitelnost konstrukce.

K měření dostupných tloušťek a rozměrů jsem použil posuvné měřidlo. Tloušťka plechů přístupných pouze z jednoho povrchu byla měřena ultrazvukovým tloušťkoměrem MT 160, který poskytl vedoucí práce. Pevnost materiálu pro identifikaci byla měřena digitálním přenosným tvrdoměrem KT-C s odrazovou sondou, který taktéž poskytl vedoucí práce docent Ryjáček.



Obrázek 18 - Ultrazvukový tloušťkoměr MT160



Obrázek 19 - Přenosný tvrdoměr KT-C s odrazovou sondou

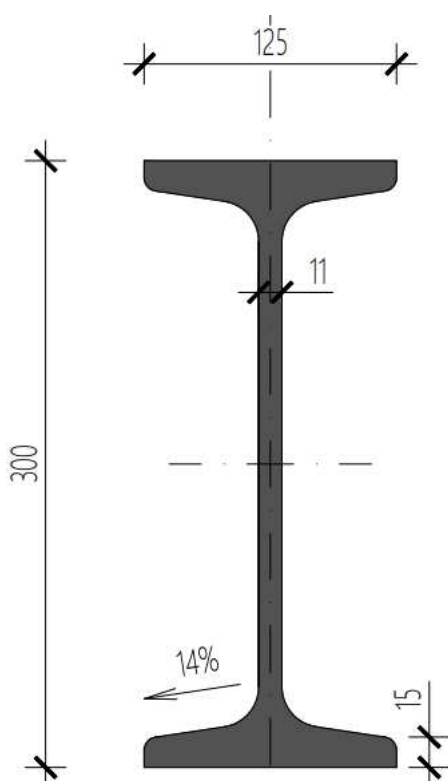


Pro krajní odkryté nosníky byly změřeny vnější rozměry a tloušťky, abychom znali původní tvar a rozměry nosníku. Povrch spodních pásnic vnitřních nosníků byl na několika místech zbaven produktů koroze a následně byla změřena tloušťka plechu dolní pásnice. Na několika místech byla nakonec změřena pevnost oceli nosníků.

### 2.2.2.1 Původní tvar nosníků

#### Válcované symetrické I nosníky o výšce 300 mm:

- Tloušťka stojiny: ~11 mm
- Šířka pásnic: 125 mm
- Tloušťka pásnic 15 mm (minimální v nezaoblené části)
- Sklon vnitřního povrchu pásnic: 14 % [6]



Obrázek 20 – Předpokládaný původní průřez ocelových nosníků

- Plocha průřezu: 7712 mm<sup>2</sup>
- Plocha pásnice: 2253 mm<sup>2</sup>



Obrázek 21 - Jižní krajní nosník

#### 2.2.2.2 *Současný tvar nosníků*

Pro každý nosník byla změřena tloušťka dolní pásnice minimálně jednou u opěry a minimálně jednou uprostřed rozpětí. Místa měření byla očištěna od produktů koroze a dalších nečistot.



Obrázek 22 - Místa měření tloušťky ocele (vyznačené stopy gelu pro ultrazvukové měření)



Tabulka 1 - Měření tloušťek dolních pásnic nosníků

MĚŘENÍ	NOSNÍK	STŘED ROZPĚTÍ		VZOR*	ROZDÍL	U OPĚRY		VZOR*	ROZDÍL	PRŮM. ROZDÍL **
		místo měření od okraje	tloušťka	tloušťka	tloušťka	místo měření od okraje	tloušťka	tloušťka	tloušťka	
	[ze severu]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1.	1.	0,0	15,2	15	0	0,0	15,1	15	0	0
2.	2.	18,0	8,9	17	8	16,5	6,0	17	11	9
3.	2.	23,9	8,5	18	9	16,5	9,0	17	8	9
4.	3.	22,9	16,0	18	2	23,0	17,8	18	0	1
5.	4.	18,0	8,8	17	8	21,0	18,2	17	-1	4
6.	4.					21,0	10,5	17	7	7
7.	5.	10,0	16,0	16	0	19,6	18,0	17	-1	0
8.	5.	10,0	17,3	16	-1	19,6	7,0	17	10	4
9.	6.	21,0	18,5	17	-1	26,2	19,0	18	-1	-1
10.	7.	15,2	18,8	17	-2	17,6	12,9	17	4	1
11.	8.	21,0	5,3	17	12	23,5	5,8	18	12	12
12.	8.	27,0	7,4	18	11	23,5	8,6	18	9	10
13.	9.	17,3	7,0	17	10	14,4	6,9	16	10	10
14.	10.	17,0	8,8	17	8	14,7	5,3	17	11	10
15.	10.	17,0	15,9	17	1	14,7	6,1	17	10	6
16.	11.	25,0	18,6	18	-1	26,0	8,7	18	9	4
17.	11.	19,0	17,9	17	-1					
18.	12.	21,0	18,7	17	-1	17,1	18,5	17	-2	0
19.	13.	16,8	11,4	17	5	11,0	10,6	16	5	5
20.	14.	0,0	15,0	14	-1	0,0	14,9	14	0	-1
MAX					12,1				11,9	
MIN**					0				0	
PRŮMÉR**					7,4				8,2	

Nosníky číslovány zprava ve směru staničení.

\* Předpokládaná původní tloušťka v daném místě podle měření krajních ošetřovaných nosníků.

\*\* Uvažovány pouze kladné hodnoty

Z měření vyplývá, že poškození korozí je značné. Na některých nosnících zbývá méně než třetina původní tloušťky ocele. Zjištěné tvary nosníků budou zadány do výpočetního modelu pro výpočty hodnot napětí. Podrobnosti jsou zpracovány ve statickém výpočtu (kapitola 3).

## 2.2.2.3 Materiál

Tabulka 2 - Měření pevnosti

Datum	Pevnost [MPa]
15.3.	515
15.3.	441
15.3.	380
15.3.	648
15.3.	451
15.3.	457
1.4.	488
1.4.	459
1.4.	371
1.4.	462
1.4.	473
1.4.	414
1.4.	448
1.4.	391
1.4.	545
1.4.	377
3.4.	381
3.4.	450
3.4.	434

Podle nejstarších nalezených pramenů z databáze Národní technické knihovny se pro ocelové stavební konstrukce používala ocel s označením C38 až C42. Na základě měření budeme uvažovat ocel s označením C38 s pevností v tahu 38 kg/cm<sup>2</sup> tj. 380 MPa. Tato ocel měla mez kluzu 200 až 220 MPa. [7], [8]

Na základě hlavních podkladů zařadíme následovně podle tabulky:

Tabulka 3 - Zařazení ocele [5]

Tab. A.1 Vlastnosti ocelí a dílčí součinitelé spolehlivosti materiálu

Rok výroby	Materiál pevnostní třídy	Dovolené namáhání $\sigma_{adm}$ [MPa]	Zaručená mez kluzu $f_y$ [MPa]	Mez pevnosti $f_u$ [MPa]	$\gamma_{M0}$	$\gamma_{M1}$	$\gamma_{M2}$	Norma
do 1894	svářkové železo	130	210	340	1,10	1,20	1,30	
1895- 1904	svářkové železo	130	210	340	1,10	1,20	1,30	Nářízení 97/1904
	plávková ocel	140	230	360	1,10	1,20	1,30	
1905- 1937	plávková ocel	140	230	360	1,10	1,20	1,30	ČSN 1230



## 2.3 Mostní svršek

### 2.3.1 Zábradlí

Napadena plátkovou korozí do 1 mm. Bez zbytků nátěru. Při opření člověka s hmotností 75 kg neprojevila náznaky poškození.

### 2.3.2 Železnice na mostě

Kolejové lože bez viditelného znečištění. Ojetí kolejnic nebylo měřeno. Jedna podkladnice špatně nainstalována.

Z příčného řezu vyplývá, že volný mostní prostor VMP 2,5 m není splněn. Minimální tvar kolejového lože není zaručen.



Obrázek 23 - Špatně instalovaná podkladnice

## 2.4 Návrh hodnocení stávajícího stavu konstrukce

Podle předpisu SŽDC S5 Správa mostních objektů.

### 2.4.1 Hlavní nosná konstrukce K01

Stupeň 3 (stav nevyhovující)

#### *Z důvodu:*

1. Silná degradace betonu při spodním povrchu. (obr. 11, 15, 16, 22)
2. Zásadní korozní oslabení tloušťky dolních pásnic zabetonovaných nosníků. Naměřeno i 50 % oslabení. (kap. 3.2.2)
3. Neexistující izolace nebo ochrana od působení vody či vlhkosti. Neznámý stav horního povrchu desky a nosníků uvnitř betonu. Dá se předpokládat podobný rozsah poškození jako u dolního povrchu.
4. Trhliny kolem uložení krajních nosníků. (obr. 17)

### 2.4.2 Spodní stavba

Stupeň 2 (stav vyhovující)

#### *Z důvodu:*

1. Viditelné a dlouhodobé zatékání do konstrukce.
2. Svislé trhliny na úložných prazích obou opěr.



### 3 Statický výpočet zatížitelnosti

V této kapitole nejdříve stanovíme mezní stavy a jejich kombinace a definujeme uvažované dimenze a vlastnosti prvků nosné konstrukce. Následně spočítáme veškerá zatížení, která na konstrukci působí. Dalším krokem bude definování a popis výpočetního modelu.

Výsledkem výpočtu bude zjištění kritických prvků pro každý vyšetřovaný mezní stav a pro každý vyšetřovaný mezní stav určíme zatížitelnost a přechodnost několika rozhodujících prvků konstrukce. Výstupem této kapitoly bude tabulka přehledu zatížitelnosti (příloha č. 1), která shrnuje početní výsledky této práce.

#### 3.1 Mezní stavy a kombinace zatížení

##### 3.1.1 Mezní stavy pro výpočet zatížitelnosti

Nosná konstrukce bude vyšetřována v následujících mezních stavech:

##### 1) MSÚ Ohyb

Posuzovanou veličinou bude normálové napětí v ocelovém průřezu.

Výpočet bude proveden pro pružné působení.

##### 2) MSÚ Smyk

Posuzovanou veličinou bude smykové napětí v ocelovém průřezu.

##### 3) MSP Průhyb

Posuzovanou veličinou bude průhyb konstrukce.

Zatížitelnost pro tento mezní stav bude určena pomocí počítačového modelu v kapitole 5.2. Více o počítačovém modelu v kapitole 4.5.1

Mezní hodnota průhybu  $\delta_{\max}$ :  $L/600$  [14]

##### 3.1.2 Kombinace zatížení [14]

###### 3.1.2.1 MSÚ

Kombinace 6.10.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Dílčí součinitele zatížení Stálé	1,35
Železniční doprava	1,30
Zatížení větrem	1,35

Vzhledem k hodnotám zatížení budeme uvažovat pouze kombinaci, kde hlavní proměnné zatížení bude železniční doprava. Zatížení větrem bude vždy vedlejší

Kombinační součinitel zatížení větrem  $\psi_0$ : 1,00

###### 3.1.2.2 MSP

Pro posouzení v MSP bude použita charakteristická kombinace zatížení.



## 3.2 Konstrukce

Hlavní nosná konstrukce se skládá z ocelových nosníků a betonové desky. Tloušťku desky, rozteče nosníků apod. uvažujeme podle příčného řezu (Výkres 1).

Rozměry nosné části konstrukce jsou vymezeny délkou mostu a krajními ocelovými nosníky.

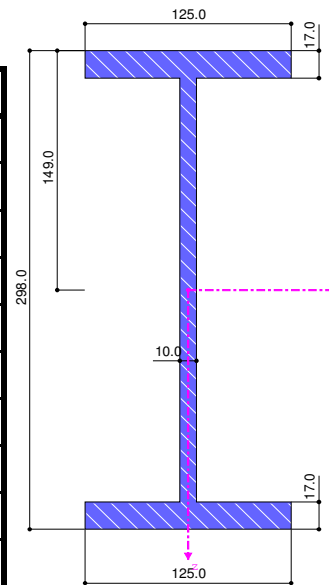
Délka nosné desky: 4,1 m

Šířka nosné desky: 5,32 m

### 3.2.1 Průřez ocelových nosníků

Tabulka 4 - Charakteristiky výchozího průřezu

Průřezová charakteristika	Symbol	Hodnota	Jednotky
Výška	$h$	298,0	mm
Šířka pásnice nahoře	$b_h$	125,0	mm
Tloušťka pásnice nahoře	$t_h$	17,0	mm
Tloušťka stojiny	$s$	10,0	mm
Šířka pásnice dole	$b_d$	125,0	mm
Tloušťka pásnice dole	$t_d$	17,0	mm
Plocha průřezu	$A$	6890,0	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha směr y	$A_y$	3573,8	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha směr z	$A_z$	2692,7	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti kolem y	$I_y$	9,933E+07	mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti kolem z	$I_z$	5,556E+06	mm <sup>4</sup>



Obrázek 24 - Výchozí průřez

Tvar byl zjednodušen při zachování ploch pásnic a tloušťky stojiny. Současně tento tvar a rozměry průřezu uvažuje minimální korozní oslabení tlouštěk stojiny a pásnice o 1 mm.

Průřezy s větším korozním oslabením d. pásnic budou specifikovány v modelu a v posouzení.

## 3.3 Materiály

### 3.3.1 Ocel

*Plávková ocel: (viz str. 21, kap. 2.2.2.3) [5]*

Dovolené namáhání:  $\sigma_{RK} = 140$  MPa

Zaručená mez kluzu:  $f_y = 230$  MPa

Mez pevnosti:  $f_u = 380$  MPa

Modul pružnosti:  $E = 210$  GPa

Objemová tíha:  $g = 78,5$  kN/m<sup>3</sup>

Součinitele materiálu:  $\gamma_{M0} = 1,10$

$\gamma_{M1} = 1,20$

$\gamma_{M2} = 1,30$

### 3.3.2 Beton

*Stávající nosné konstrukce se zabetonovanými nosníky (nebo kolejnicemi) postavené před rokem 1939 se posuzují jako konstrukce ocelové, v kterých beton tvoří pouze roznášecí výplň, jež se nepovažuje za nosnou v podélném směru. Při určování zatížitelnosti těchto mostů se postupuje podle přílohy A této směrnice s tím, že betonovou výplň je zajištěna stabilita tvaru ocelových nosníků případně kolejnic. Pro roznos zatížení lze využít roznášecí šířky podle B.2.1.27 a B.2.1.28. [5]*

### 3.4 Zatížení

#### 3.4.1 Stálé

##### 3.4.1.1 Vlastní tíha konstrukce (ZS1)

Prvek zatížení	Objemová tíha	Rozměry	Výpočetní hodnota; jednotky
	[kN/m <sup>3</sup> ]		
Ocelové nosníky	78,50	plocha průřezu 6890,0 mm <sup>2</sup>	0,541 kN/m
Betonová deska	24,00	tloušťka 360 mm	8,640 kN/m <sup>2</sup>
		pravý náběh krajní nosník - plocha v řezu 68,84 mm <sup>2</sup>	0,002 kN/m
		pravý náběh 1. vn. nosník - plocha v řezu 16,58 mm <sup>2</sup>	0,000 kN/m
		levý náběh krajní nosník - plocha v řezu 122,48 mm <sup>2</sup>	0,003 kN/m
		levý náběh 1. vn. nosník - plocha v řezu 44,70 mm <sup>2</sup>	0,001 kN/m

##### 3.4.1.2 Ostatní stálé (ZS2)

Prvek zatížení	Měrná tíha; jednotky	Rozměry a poznámky	Výpočetní hodnota; jednotky
Kolejnice S49 2 ks	0,980 kN/m	Roznášecí šířka = 2,667 m <sup>1)</sup>	0,367 kN/m <sup>2</sup>
Pražce SB6	4,800 kN/m	Roznášecí šířka = 2,667 m <sup>1)</sup>	1,800 kN/m <sup>3</sup>
Štěrkové lože	20 kN/m <sup>3</sup>	nominální tloušťka: vlevo od osy koleje 900 mm vpravo od osy k. 690 mm	18,000 kN/m <sup>2</sup> 13,800 kN/m <sup>2</sup>
Zábradlí	0,140 kN/m	1 ks	0,140 kN/m
Chránička kabelů	0,500 kN/m	[9]	0,500 kN/m
Kamenná římsa	25 kN/m <sup>3</sup>	Obdélník 250x500 mm= 0,125 m <sup>2</sup>	3,125 kN/m

Objemové a měrné tíhy viz [11].

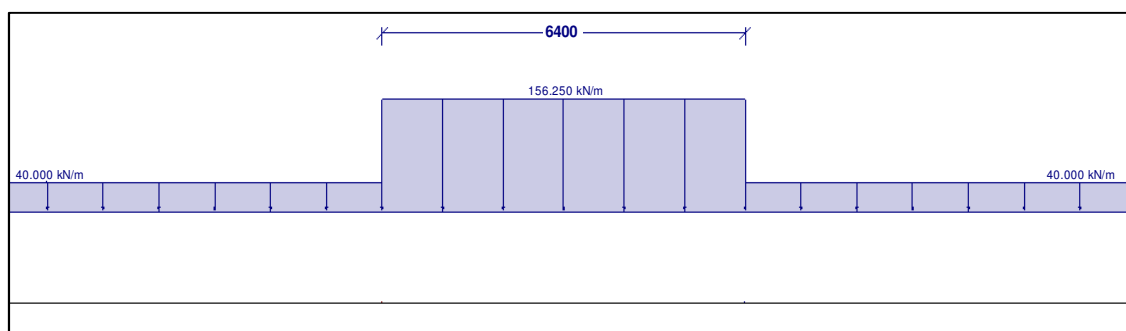
<sup>1)</sup> Rovnoměrný roznos podle obr. č. 27, kap. 3.4.3

 Dílčí součinitel stálého zatížení  $\gamma_{FG}$ :

$$\gamma_{FG} = 1,350$$

#### 3.4.2 Proměnné

##### 3.4.2.1 Železniční doprava [13]

**SVISLÉ ZATÍŽENÍ - Model LM71 s rovnoměrným rozdělením nápravových sil [9] (ZS3)**


Obrázek 25 - Zatěžovací model LM71 s rovnoměrným roznosem náprav

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

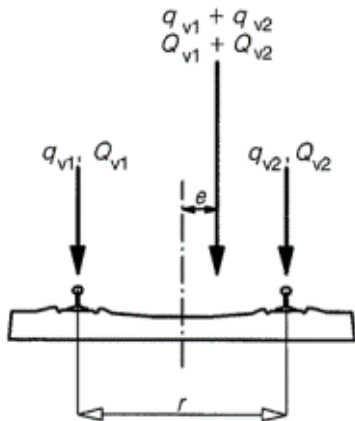
Vzhledem k tomu, že délka mostu 4,1 m je menší než délka úseku pod nápravami 6,4 m, budeme uvažovat rovnoměrné liniové zatížení po celém rozpětí mostu: 156,25 kN/m

Dílčí součinitel proměnného zatížení od železniční dopravy  $\gamma_{F,LM71}$  [5]:

Pro nosné prvky stávajících mostních objektů starší než 30 let

$$\gamma_{F,LM71} = \underline{1,300}$$

### Excentricita svislého zatížení (ZS4;ZS5)



$$e \leq r/18 = 1500/18 = \underline{83 \text{ mm}}$$

Obrázek 26 - Excentricita svislého zatížení

### ODSTŘEDIVÉ SÍLY (ZS6)

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \times r} (f \times q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \times q_{vk})$$

$$V = 70 \text{ km/h} \rightarrow f = 1,0$$

$$r = 350 \text{ m} \quad q_{vk} = 156,25 \text{ kN/m}$$

$$q_{tk} = \underline{17,224 \text{ kN/m}}$$

Uvážíme pouze směrem ven z oblouku (vlevo) ve výšce 1,8 m kolmo nad TK (těžiště vozu).

### BOČNÍ RÁZ (ZS7-ZS10)

$$Q_{sk} = 100 \text{ kN}$$

$$\text{rozeseno na délku koleje : } 2 \text{ m} \rightarrow q_{sk} = \underline{50 \text{ kN/m}}$$

Uvážíme oba směry kolmo na kolej v úrovni temene kolejnice.

### DYNAMICKÉ ÚČINKY

Budou zohledněny dynamickým součinitelem. [5]

b) Pro standardně udržovanou kolej: Přiřizující délka  $L_{\Phi} = 4,1 \text{ m}$

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

$$\underline{\Phi_3 = 1,914}$$

v rozmezí:  $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,0$



#### 4.3.2.2 Vítr [10]

Zatížení větrem bude uváženo jako vodorovné příčné zatížení působící na výšku vlakové soupravy 4 m , což vyvolává zatížení ve svislém směru, které je roznášeno přes kolejové lože na konstrukci. (viz kap. 4.3.3.) Zatížení větrem působící přímo na konstrukci bude pro svůj malý účinek zanedbáno.

#### SÍLA VE SMĚRU X - zjednodušená metoda (ZS11;ZS12)

$$f_w = 0,5 \cdot q \cdot v_b^2 \cdot C \cdot h$$

$$\text{Měrná hmotnost vzduchu } \underline{q = 1,25 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Základní rychlost větru: } \underline{v_b = 25 \text{ m/s}}$$

$$\text{Součinitel } C = c_e \cdot c_{f,x}$$

$$b/d_{\text{tot}} = 5,96 / 5,22 = 1,142$$

$$\rightarrow c_{f,x} = c_{fx0} = 2,2$$

$$c_e = 1,4$$

pro kategorii terénu III a výšku nad terénem z 6 m

Kategorie terénu III: Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami, nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les).

$$\underline{C = 2,2 \cdot 1,4 = 3,08}$$

$$\underline{h = 4 \text{ m}}$$

$$f_w = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 25 \cdot 25 \cdot 3,08 \cdot 4 = 4812,5 \text{ N/m} = \underline{4,813 \text{ kN/m}}$$

Budeme uvažovat zatěžovací směry pro směr větru vlevo nebo vpravo.

**Dílčí součinitel proměnného zatížení od větru  $\gamma_{F,Q}$  [5]:**

$$\underline{\gamma_{F,Q} = 1,35} \text{ Pro nosné prvky stávajících mostních objektů starší než 30 let}$$

#### 3.4.3 Roznos proměnných zatížení kolejovým ložem v příčném směru [13]

Roznášené zatěžovací stavy 3 - Svislé LM71

4 - Excentricita svislého zatížení vlevo

5 - Excentricita svislého zatížení vpravo

6 - Odstředivá síla - směrem vlevo

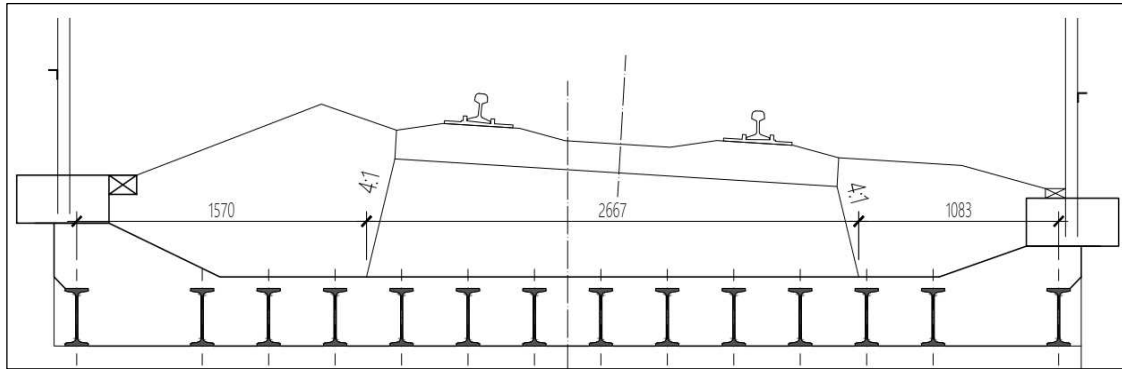
7, 8 - Boční ráz - směrem vlevo

9, 10 - Boční ráz - směrem vpravo

11 - Vítr - směrem vlevo

12 - Vítr - směrem vpravo

Z těchto zatěžovacích stavů vybereme nakonec kombinace, které vyvolávají největší



Obrázek 27 - Šířka roznášení zatížení kolejovým ložem na konstrukci v příčném řezu

Roznášecí šířka = 2,667 m

**Svislé LM71 (ZS3)**

$Q_v = 156,25 \text{ kN/m}$

Výsledné zatížení je lichoběžníkové:

$\sigma_{M,LM71} = 156,25 / 2,667$

**$\sigma_{M,LM71} = 58,586 \text{ kN/m}^2$**

Moment kolem spojnice kolejnic a osy:

$M = Q_v \cdot \text{rameno}$

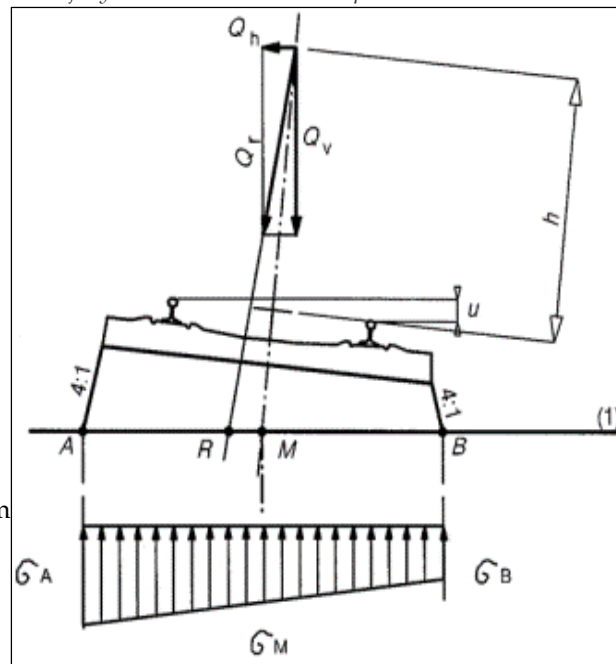
$\text{rameno} = h \cdot (u/1,5) = 1,8 \cdot 0,09 / 1,5$   
 $= 0,108 \text{ m}$

$M = 156,25 \cdot 0,108 = 16,875 \text{ kNm/m}$

$\Delta\sigma_B = M / (b \cdot h^2 / 6) = 16,875 / (1 \cdot 2,667^2 / 6) =$   
 $= 14,235 \text{ kN/m}$

**$\sigma_{A,LM71} = 44,352 \text{ kN/m}^2$**

**$\sigma_{B,LM71} = 72,821 \text{ kN/m}^2$**



Obrázek 28 - Schéma roznášení zatížení kolejovým ložem [13]

### Excentricita LM71 (ZS4;ZS5)

Vyvolává moment kolem osy koleje.

Výsledné zatížení na desku je tvarem lichoběžníkové symetrické a v ose koleje rovno nule.

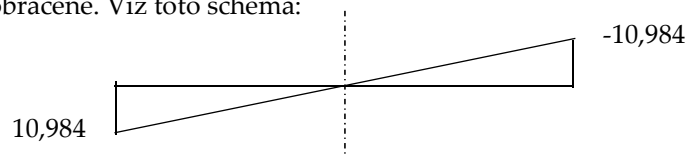
$e = 83 \text{ mm}$

$M_{ex} = 156,25 \cdot 0,083 = 13,021 \text{ kNm/m}$

$\sigma_{ex} = 13,021 / (2,667^2 / 6)$

**$\sigma_{ex} = \pm 10,984 \text{ kN/m}^2$**

Vzhledem k charakteru zatížení budeme tuto hodnotu uvažovat kladnou na jedné straně a zápornou na druhé straně nebo obráceně. Viz toto schéma:



Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

**Odstředivá síla (ZS6)**

Vyvolává moment kolem osy koleje.

Výsledné zatížení na desku je tvarem lichoběžníkové symetrické a v ose koleje rovno nule.

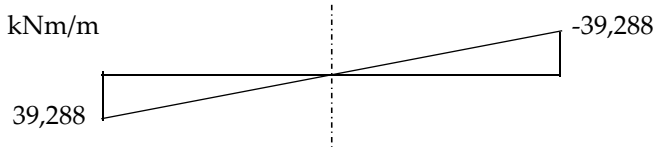
$$Q_h = 17,224$$

Rameno síly odpovídá výšce působišť nad povrchem nosné konstrukce.

$$M_{ods} = 17,224 \cdot 2,704 = 46,575 \text{ kNm/m}$$

$$\sigma_{ods} = 46,575 / (2,667^2 / 6)$$

$$\sigma_{ods} = \pm 39,288 \text{ kN/m}^2$$


**Boční ráz (ZS7;ZS8)**

Vyvolává moment kolem osy koleje.

Výsledné zatížení na desku je tvarem lichoběžníkové symetrické a v ose koleje rovno nule.

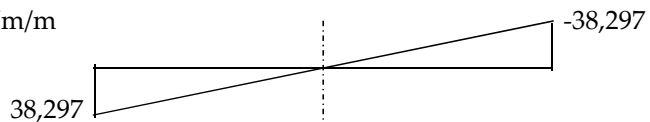
$$Q_h = 50 \text{ kN/m ve výšce spojnice TK}$$

Rameno síly odpovídá výšce působišť nad povrchem nosné konstrukce.

$$M_{ods} = 50 \cdot 0,908 = 45,40 \text{ kNm/m}$$

$$\sigma_{ods} = 45,4 / (2,667^2 / 6)$$

$$\sigma_{ods} = \pm 38,297 \text{ kN/m}^2$$



Toto zatížení působí na délce 2 m, proto musíme uvažovat jednou umístění uprostřed rozpětí pro maximální ohybový moment a jednou umístění u podpory pro maximální posouvající sílu.

**Vítr (ZS9;ZS10)**

Vyvolává moment kolem osy koleje.

Výsledné zatížení na desku je tvarem lichoběžníkové symetrické a v ose koleje rovno nule.

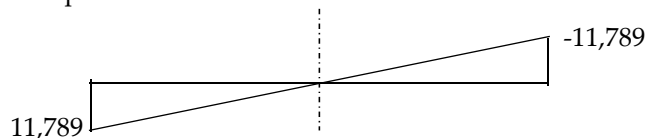
$$Q_h = 4,813 \text{ kN/m ve výšce odpovídající polovině výšky vlaku tj. 2 m nad TK.}$$

Rameno síly odpovídá výšce působišť nad povrchem nosné konstrukce.

$$M_{ods} = 4,813 \cdot 2,904 = 13,98$$

$$\sigma_{ods} = 13,976 / (2,667^2 / 6)$$

$$\sigma_{ods} = \pm 11,789 \text{ kN/m}^2$$


**SHRNUTÍ ZS3 až ZS8 - tabulka**

Zatěžovací stav		Hodnota zat. [kN/m <sup>2</sup> ]			Dyn. souč Φ <sub>3</sub> = 1,914
č.	Název ZS	vlevo	střed	vpravo	
3	Svislé LM71	44,352	58,586	72,821	X
4	Excentricita svislého zatížení vlevo	10,984	0,000	-10,984	X
5	Excentricita svislého zatížení vpravo	-10,984	0,000	10,984	X
6	Odstředivá síla - směrem vlevo	39,288	0,000	-39,288	X
7, 8	Boční ráz - směrem vlevo	38,297	0,000	-38,297	
9, 10	Boční ráz - směrem vpravo	-38,297	0,000	38,297	
11	Vítr - směrem vlevo	11,789	0,000	-11,789	
12	Vítr - směrem vpravo	-11,789	0,000	11,789	



### 3.5 Výpočetní model

Pro srovnání výpočtu budou použity dva modely:

#### 1) Počítačový model v programu RFEM 5 společnosti Dlubal software Inc.

Model ortotropní betonové desky s nulovou tuhostí v podélném směru, která je vyztužena ocelovými nosníky. Tyto nosníky jsou v modelu definovány jako žebra vyztužující desku.

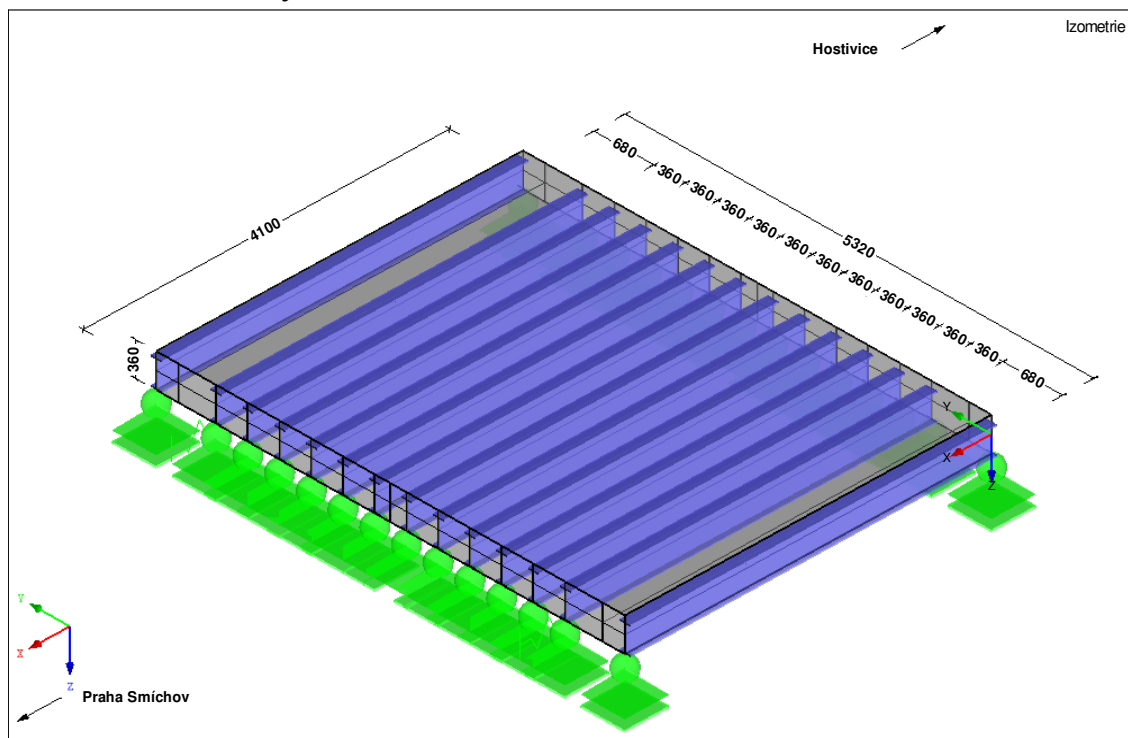
Výpočet modelu je proveden lineárně metodou konečných prvků. Tento model bude rozhodující pro určení zatížitelnosti a přechodnosti.

#### 2) Zjednodušení na prosté ocelové nosníky se zanedbáním účinků betonu

Pomocí roznašecích šířek bude každému ocelovému nosníku přiřazeno příslušné zatížení. Nosná funkce betonové desky bude zanedbána a při posouzení ocelových nosníků bude zabetonování zohledněno jako zajištění stability tvaru nosníků v příčném směru.

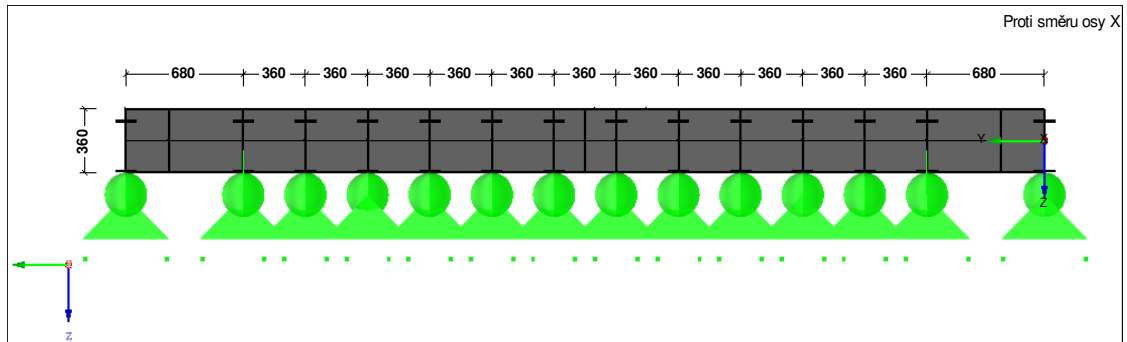
Tento výpočet bude proveden ručně a pouze pro srovnání s hodnotami z prvního modelu. Od tohoto modelu očekáváme větší účinky kvůli zjednodušení a tudíž menší hodnotu zatížitelnosti a přechodnosti.

#### 3.5.1 Počítačový model RFEM 5

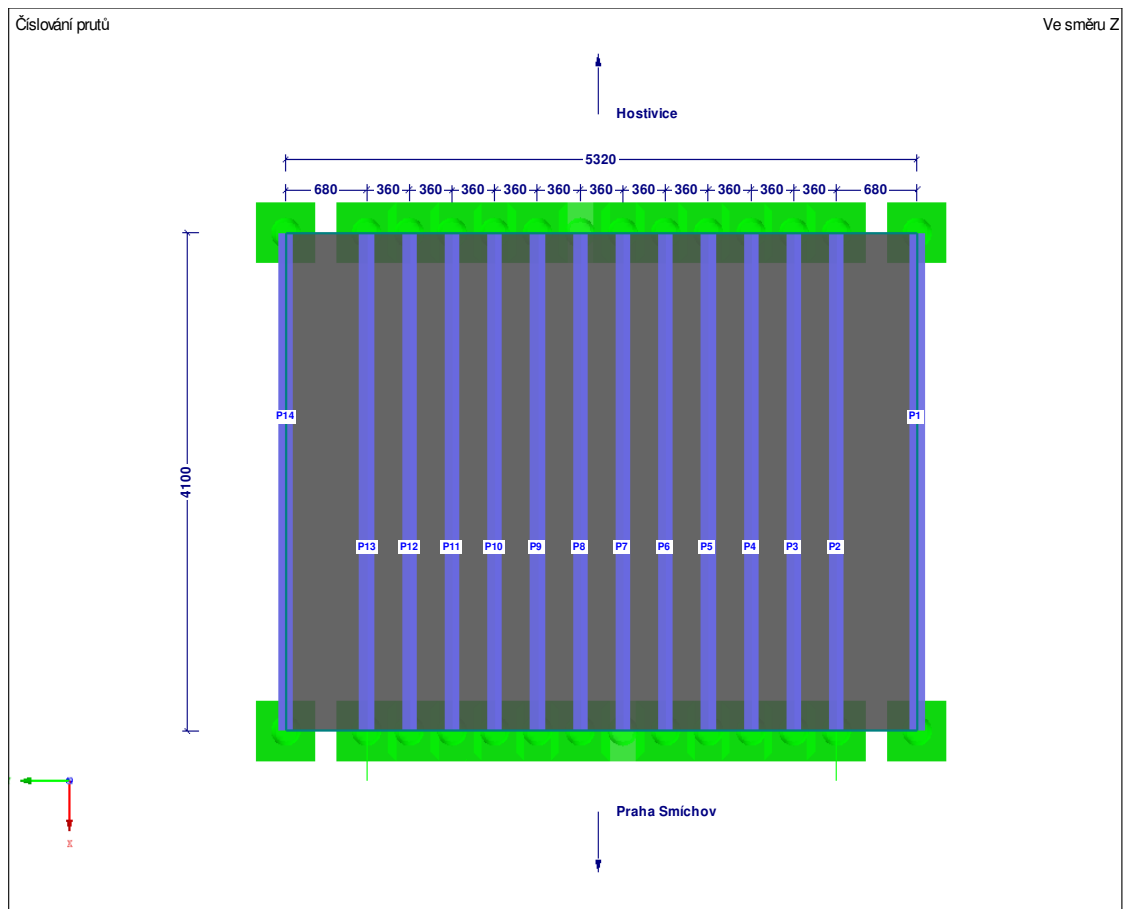


Obrázek 29 - Transparentní model nosné konstrukce

## Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách



Obrázek 30 - Příčný řez modelem (pohled proti směru osy x)



Obrázek 31 - Pohled na model shora (po směru osy Z)

**3.5.1.1 Vstupní údaje o modelu**
**MATERIÁLY**

č.	Název	E [GPa]	G [GPa]	$\nu$ [-]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Plávková ocel	210,0	80,769	0,3	78,50
2	Beton C8/10*	25,3	10,541	0,2	24,00

\*Tuhost v podélném směru bude upravena ortotropií desky



Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

## PRŮŘEZY

Tvar průřezu: IPN nesymetrické

Průřezová charakteristika	Symbol	Jednotky
Výška průřezu	h	mm
Šířka pásnice nahoře	b <sub>h</sub>	mm
Tloušťka pásnice nahoře	t <sub>h</sub>	mm
Tloušťka stojiny	s	mm
Šířka pásnice dole	b <sub>d</sub>	mm
Tloušťka pásnice dole	t <sub>d</sub>	mm
Plocha průřezu	A	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha směr z	A <sub>z</sub>	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti kolem y	I <sub>y</sub>	mm <sup>3</sup>
Uvažovaná míra koroze	Δ	mm

(Již započítáno v tloušťkách)

č.	h	b <sub>h</sub>	t <sub>h</sub>	Δ	s	Δ	b <sub>d</sub>	t <sub>d</sub>	Δ	A	A <sub>z</sub>	I <sub>y</sub>
1	298	125	17	1	10	1	125	17	1	6890	2693	9,933E+07
2	289	125	17	1	10	1	125	8	10	5765	2603	7,125E+07
3	297	125	17	1	10	1	125	16	2	6765	2685	9,652E+07
4	293	125	17	1	10	1	125	12	6	6265	2650	8,458E+07
5	296	125	17	1	10	1	125	15	3	6640	2677	9,365E+07
6	298	125	17	1	10	1	125	17	1	6890	2693	9,933E+07
7	297	125	17	1	10	1	125	16	2	6765	2685	9,652E+07
8	287	125	17	1	10	1	125	6	12	5515	2568	6,394E+07
9	288	125	17	1	10	1	125	7	11	5640	2587	6,766E+07
10	290	125	17	1	10	1	125	9	9	5890	2616	7,473E+07
11	295	125	17	1	10	1	125	14	4	6515	2669	9,070E+07
12	298	125	17	1	10	1	125	17	1	6890	2693	9,933E+07
13	293	125	17	1	10	1	125	12	6	6265	2650	8,458E+07
14	298	125	17	1	10	1	125	17	1	6890	2693	9,933E+07

(číslování odpovídá obrázku č. 30 na přechozí straně)

### Zatřídění [12]

Prvek	c/t	≤Y	=X*ε	Třída
H. Pásnice	3,38	8,90	9	1
Stojina	26,40	32,65	33	1.

$$\varepsilon = (f_y/235)^{0,5} = (230/235)^{0,5} = 0,989$$

Dolní pásnice není vystavena účinkům tlaku a nepřenáší smykové napětí proto její zatřídění není třeba.

## DESKA

Rovinná deska o tloušťce 360 mm. Tato tloušťka definuje vlastní tíhu desky. Tuhost desky je definována jako ortotropní pomocí účinných tloušťek. V podélném směru (podél ocelových nosníků) jsem definoval nulovou účinnou tloušťku, pro zanedbání působení, jak nařizuje směrnice (viz kap. 4.1.2). V příčném směru je účinná tloušťka 180 mm, což uvažuje stárí a degradaci betonu desky.

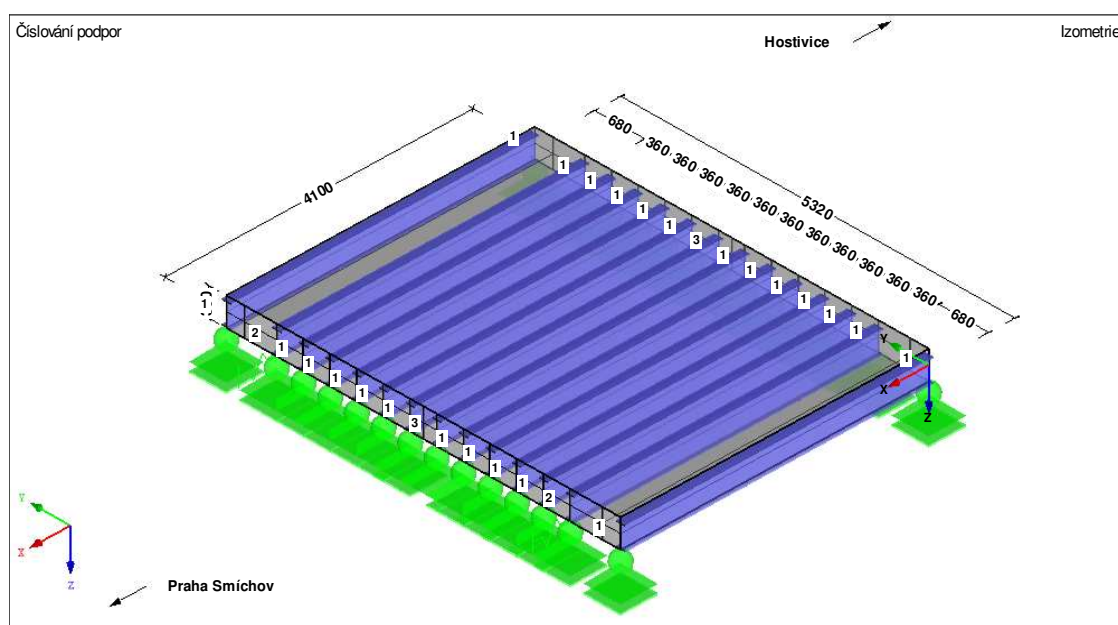
V rovině desky jsou vytvořeny ocelové pruty P1-P14 s průřezem s příslušným číslem. Tyto pruty jsou definovány pro desku jako žebra. Svislá poloha prutů v desce je upravena excentricitami tak, aby odpovídala předpokládané reálné poloze

## PODEPŘENÍ

Podepření modelu je definováno v uzlech na koncích ocelových prutů. Jelikož běžně jsou uzly na konci prutu v jeho těžištové ose, je skutečná poloha podpory (v úrovni dolního povrchu desky) do programu zadána pomocí svislých tuhých prutů.

Na doporučení vedoucího práce doc. Ryjáčka byly všechny podpory definovány jako posuvné ve směru  $x$ , ale aby konstrukce zůstala staticky určitá, byl ve dvou podporových uzlech na jedné straně desky definováno pružné podepření 2 MN/m ve směru  $x$  (Podpora č.2). Na každé straně uprostřed šířky je jedna podpora tuhá

č.	Podepření / pružina [kN/m]			Vetknutí / pružina [kNm/rad]		
	$u_x$	$u_y$	$u_z$	$\varphi_x$	$\varphi_y$	$\varphi_z$
1			X			X
2	2000		X			X
3		X	X			X



Obrázek 32 - Transparentní model nosné konstrukce s označením typu podpory

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

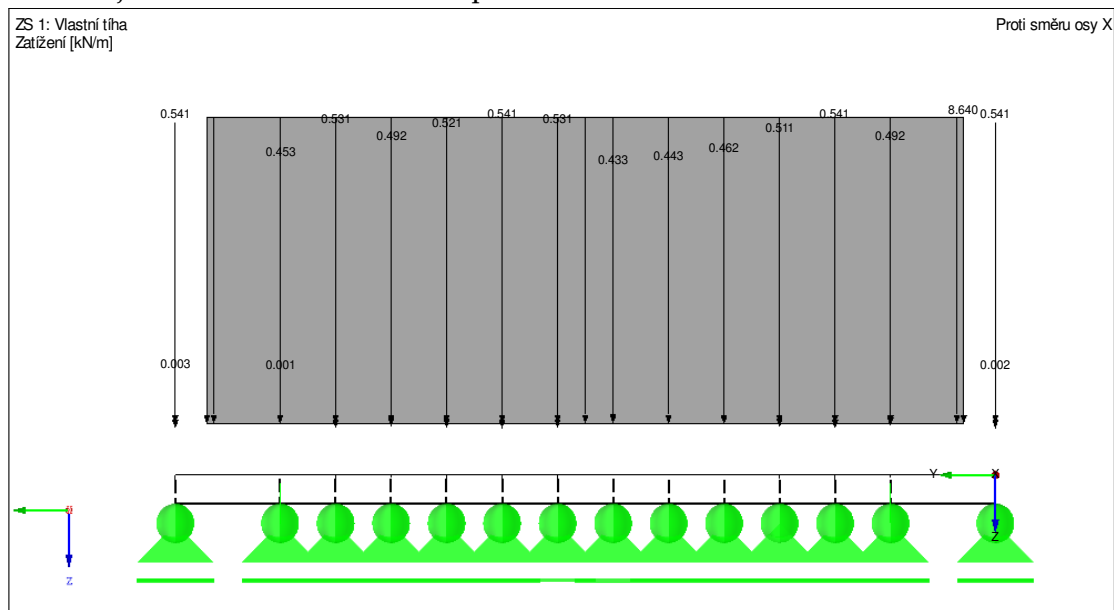
**3.5.1.2 Zatížení**
**ZATĚŽOVACÍ STAVY - Seznam**

ZS	Označení ZS	Charakter zatížení	Vlastní tíha
1	Vlastní tíha	Stálé	X
2	Ostatní stálé	Stálé	-
3	Svislé LM71	Železniční doprava	-
4	Excentricita svislého zatížení vlevo	Železniční doprava	-
5	Excentricita svislého zatížení vpravo	Železniční doprava	-
6	Odstředivá síla - směrem vlevo	Železniční doprava	-
7	Boční ráz - směrem vlevo - max M	Železniční doprava	-
8	Boční ráz - směrem vlevo - max V	Železniční doprava	-
9	Boční ráz - směrem vpravo - max M	Železniční doprava	-
10	Boční ráz - směrem vpravo - max V	Železniční doprava	-
11	Vítr - směrem vlevo	Zatížení větrem – $F_w''$	-
12	Vítr - směrem vpravo	Zatížení větrem – $F_w''$	-

**ZS1 - Vlastní tíha**

Generováno automaticky. Náběhy a navýšení pod římsou doplněny ručně.

Zatížení jsou definována na celé rozpětí

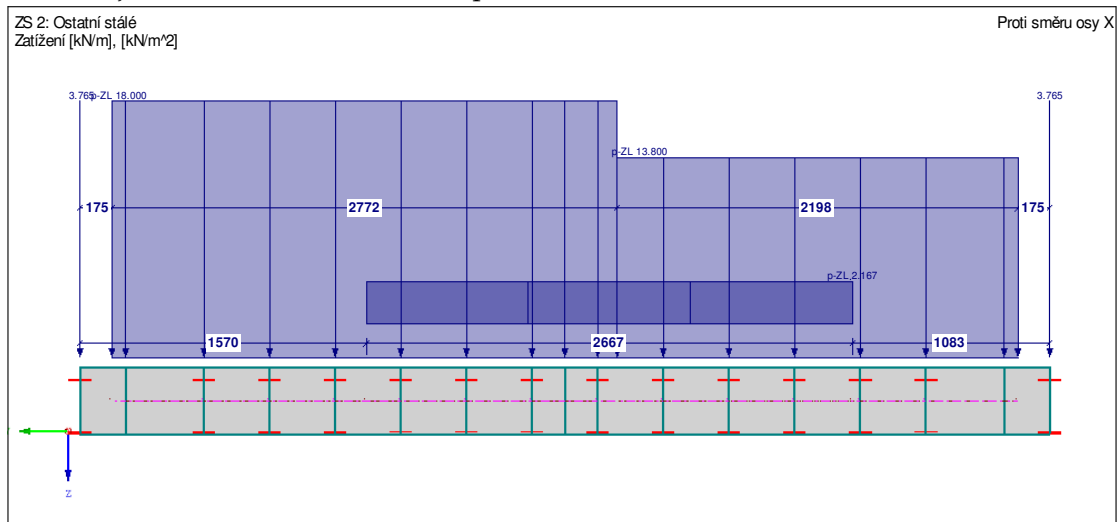


Obrázek 33 - Prutový model; příčný řez; ZS1

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

### ZS2 - Ostatní stálé

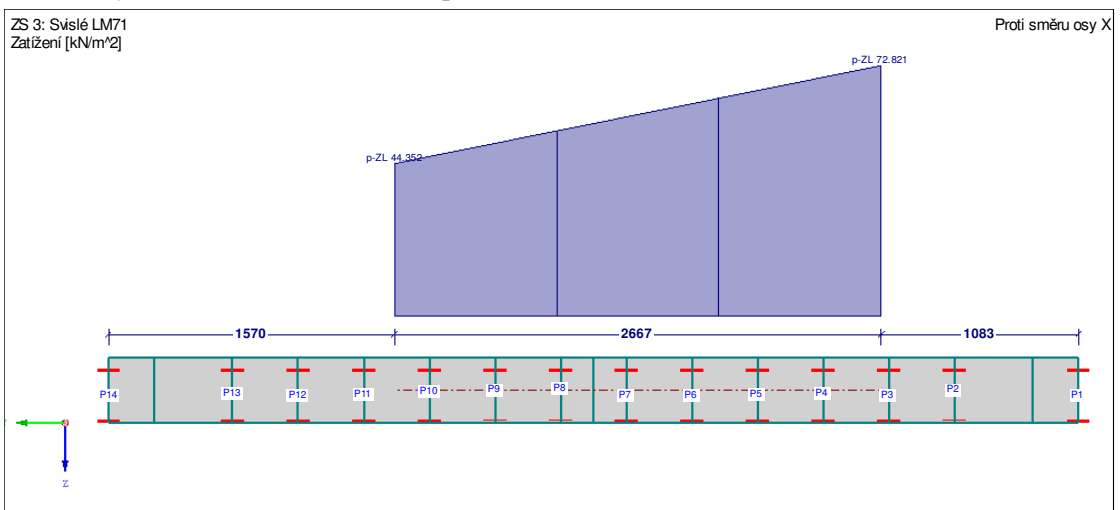
Zatížení jsou definována na celé rozpětí



Obrázek 34 - Příčný řez modelem; ZS2

### ZS3 - Svislé LM71

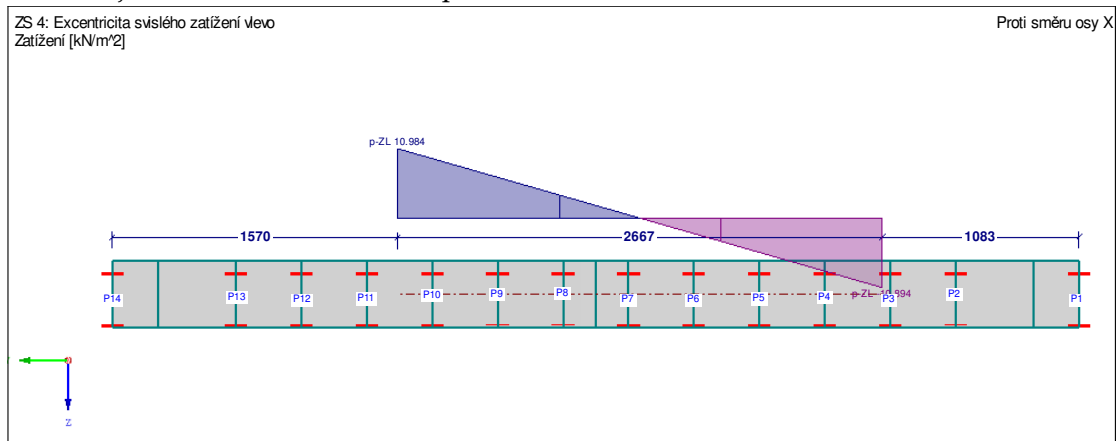
Zatížení je definováno na celé rozpětí



Obrázek 35 - Příčný řez modelem; ZS3

### ZS4 - Excentricita svislého zatížení vlevo

Zatížení je definováno na celé rozpětí

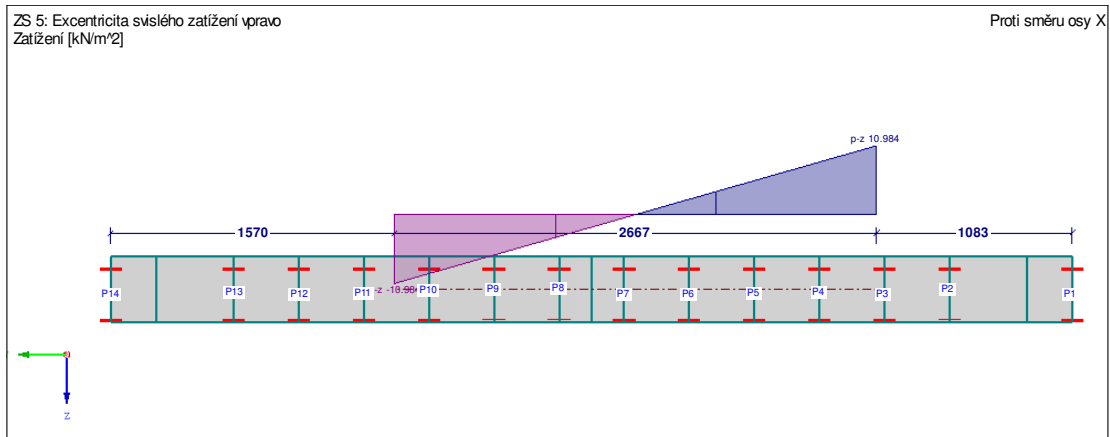


Obrázek 36 - Příčný řez modelem; ZS4

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

**ZS5 - Excentricita svislého zatížení vpravo**

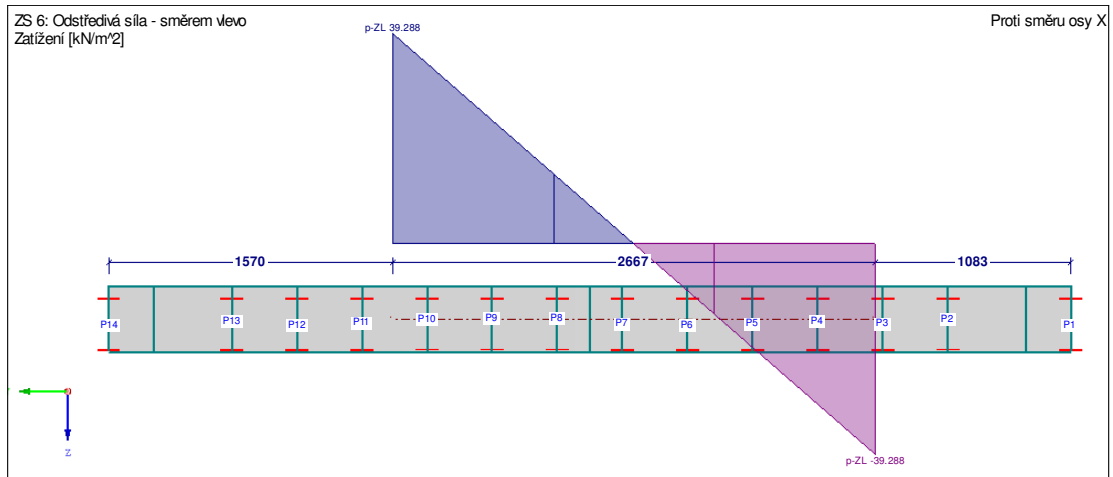
Zatížení jsou definována na celé rozpětí



Obrázek 37 - Příčný řez modelem; ZS5

**ZS6 - Odstředivá síla - směrem vlevo**

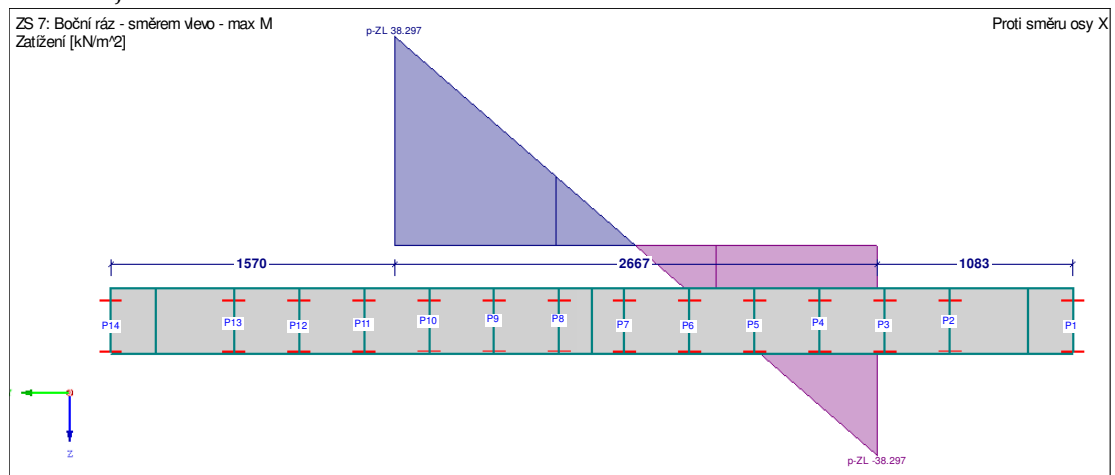
Zatížení jsou definována na celé rozpětí



Obrázek 38 - Příčný řez modelem; ZS6

**ZS7,ZS8 - Boční ráz - směrem vlevo**

Zatížení jsou definována na délce 2 metrů.



Obrázek 39 - Příčný řez modelem; ZS7, ZS8

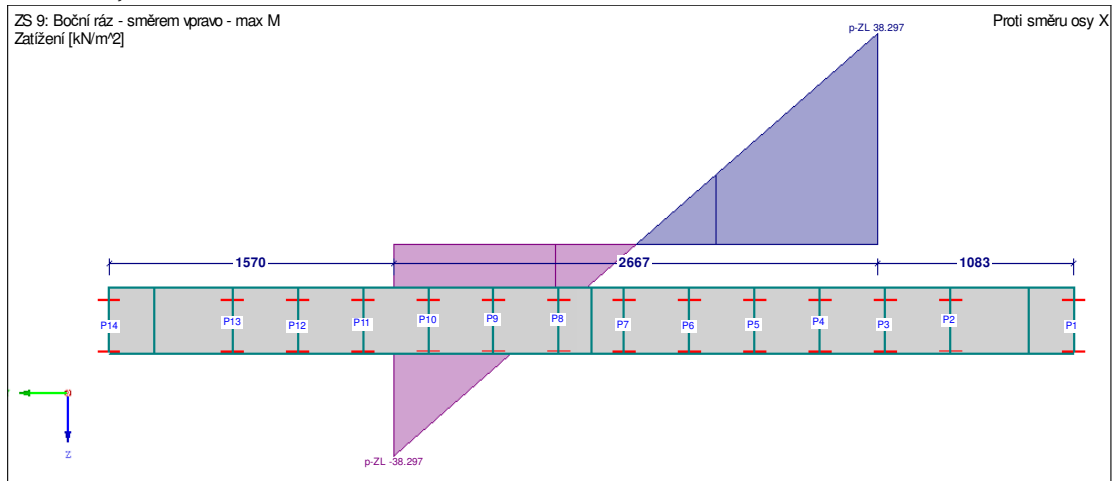
V ZS7 je zatížení umístěno uprostřed rozpětí pro maximální ohybový moment.

V ZS8 je zatížení umístěno u podpory pro maximální posouvající sílu.

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

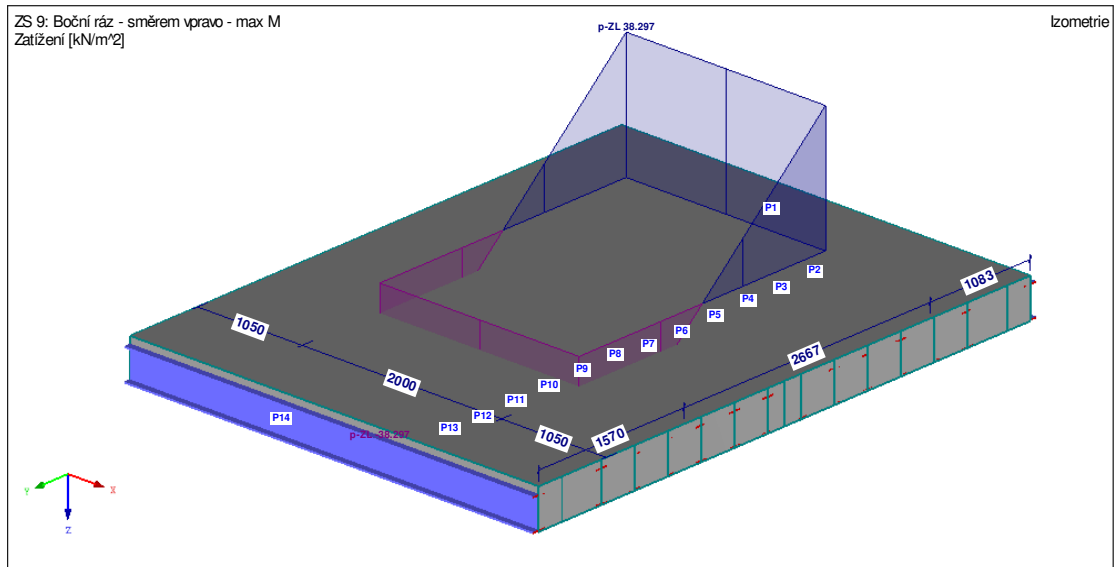
**ZS9, ZS10 - Boční ráz - směrem vpravo**

Zatížení jsou definována na délce 2 metrů.



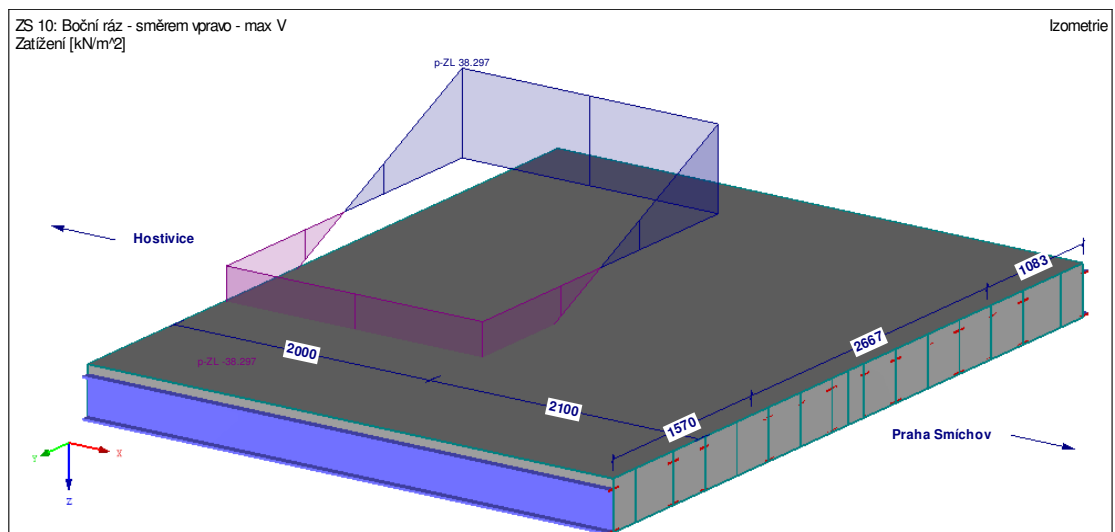
Obrázek 40 - Příčný řez modelem; ZS9, ZS10

V ZS9 je zatížení umístěno uprostřed rozpětí pro maximální ohybový moment.



Obrázek 41 - Podélné umístění pro ZS9 a ZS7; prostorový pohled

V ZS10 je zatížení umístěno u podpory pro maximální posouvající sílu.



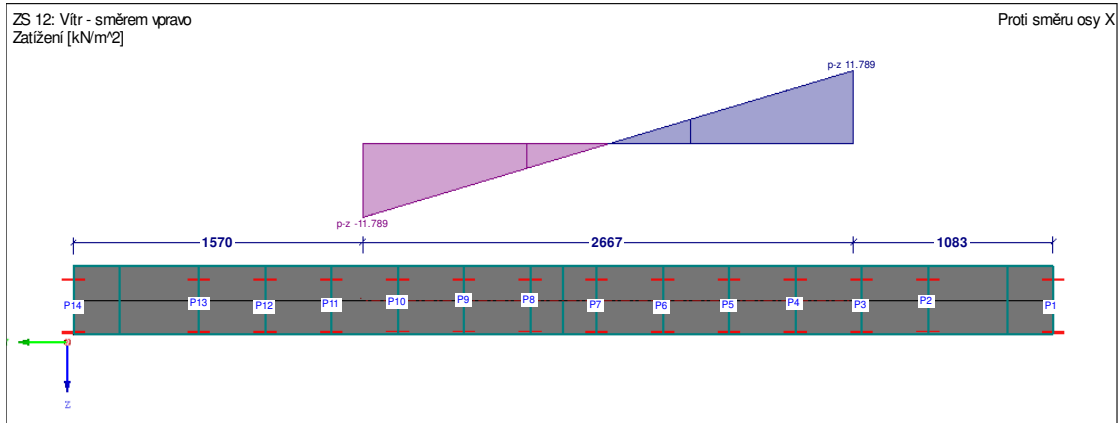
Obrázek 42 - Podélné umístění pro ZS8 a ZS10; prostorový pohled



Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

**ZS11 - Zatížení větrem - směrem vlevo**

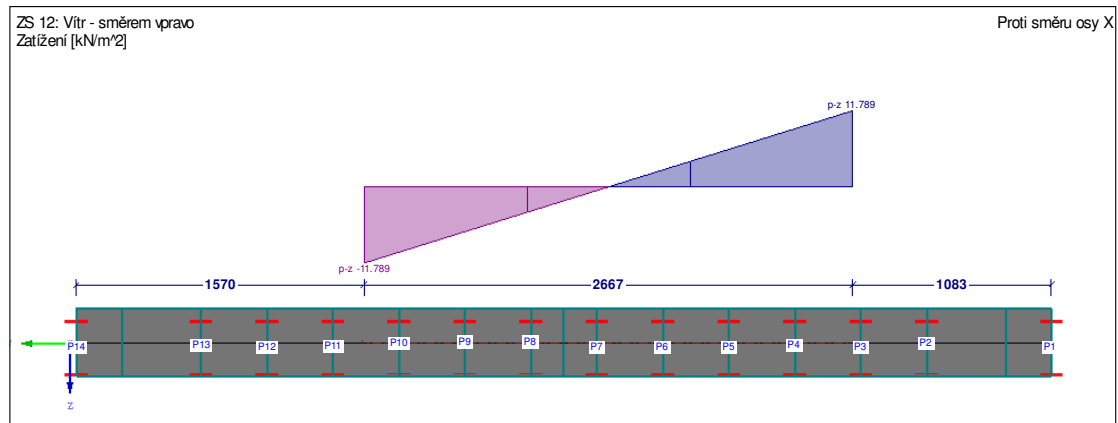
Zatížení jsou definována na celé rozpětí



Obrázek 43 - Příčný řez modelem; ZS11

**ZS12 - Zatížení větrem - směrem vpravo**

Zatížení jsou definována na celé rozpětí



Obrázek 44 - Příčný řez modelem; ZS12

Podrobný výpis všech vstupů počítačového modelu je obsahem přílohy č.1 - Počítačový model RFEM5. Informace v této příloze jsou sestaveny přímým exportem ze softwaru a neobsahují žádné dodatečné popisy. Veškeré zásadní informace o modelu a jeho vlastnostech či výsledcích jsou obsaženy v této nebo následujících kapitolách.

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

### 3.6 Stanovení zatížitelnosti v MSÚ - Model RFEM5

#### 3.6.1 Kombinace zatížení pro MSÚ

KZ1: 6.10. M Max vpravo		
ZS	Název zatěžovacího stavu	souč.
ZS1	Vlastní tíha	1,350
ZS2	Ostatní stálé	1,350
ZS3	Svislé LM71	2,488
ZS5	Excentricita sv. z. vpravo	2,488
ZS6	Odstředivá síla - vlevo	2,488
ZS9	Boční ráz-vpravo-max M	1,300
ZS12	Vítr - vpravo	1,350

KZ2: 6.10. M Max vlevo		
ZS	Název zatěžovacího stavu	souč.
ZS1	Vlastní tíha	1,350
ZS2	Ostatní stálé	1,350
ZS3	Svislé LM71	2,488
ZS4	Excentricita sv. z. vlevo	2,488
ZS6	Odstředivá síla - vlevo	2,488
ZS7	Boční ráz- vlevo - max M	1,300
ZS11	Vítr - vlevo	1,350

KZ3: 6.10. V Max vpravo		
ZS	Název zatěžovacího stavu	souč.
ZS1	Vlastní tíha	1,350
ZS2	Ostatní stálé	1,350
ZS3	Svislé LM72	2,488
ZS5	Excentricita sv. z. vpravo	2,488
ZS6	Odstředivá síla - vlevo	2,488
ZS10	Boční ráz- vpravo-max V	1,300
ZS12	Vítr - vpravo	1,350

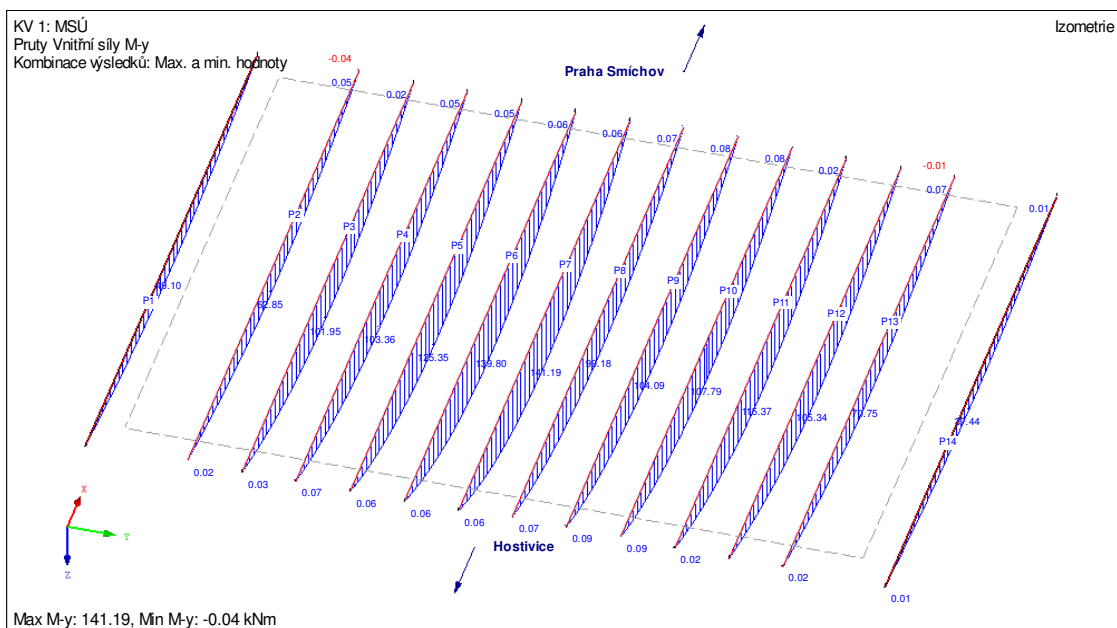
KZ4: 6.10. V Max vlevo		
ZS	Název zatěžovacího stavu	souč.
ZS1	Vlastní tíha	1,350
ZS2	Ostatní stálé	1,350
ZS3	Svislé LM72	2,488
ZS4	Excentricita sv. z. - vlevo	2,488
ZS6	Odstředivá síla - vlevo	2,488
ZS8	Boční ráz - vlevo - max V	1,300
ZS11	Vítr - vlevo	1,350

 Pozn. k tabulkám:  $2,488 = 1,30 * 1,914 = \gamma_{LM71} * \Phi_3$ 

#### 3.6.2 Vnitřní síly

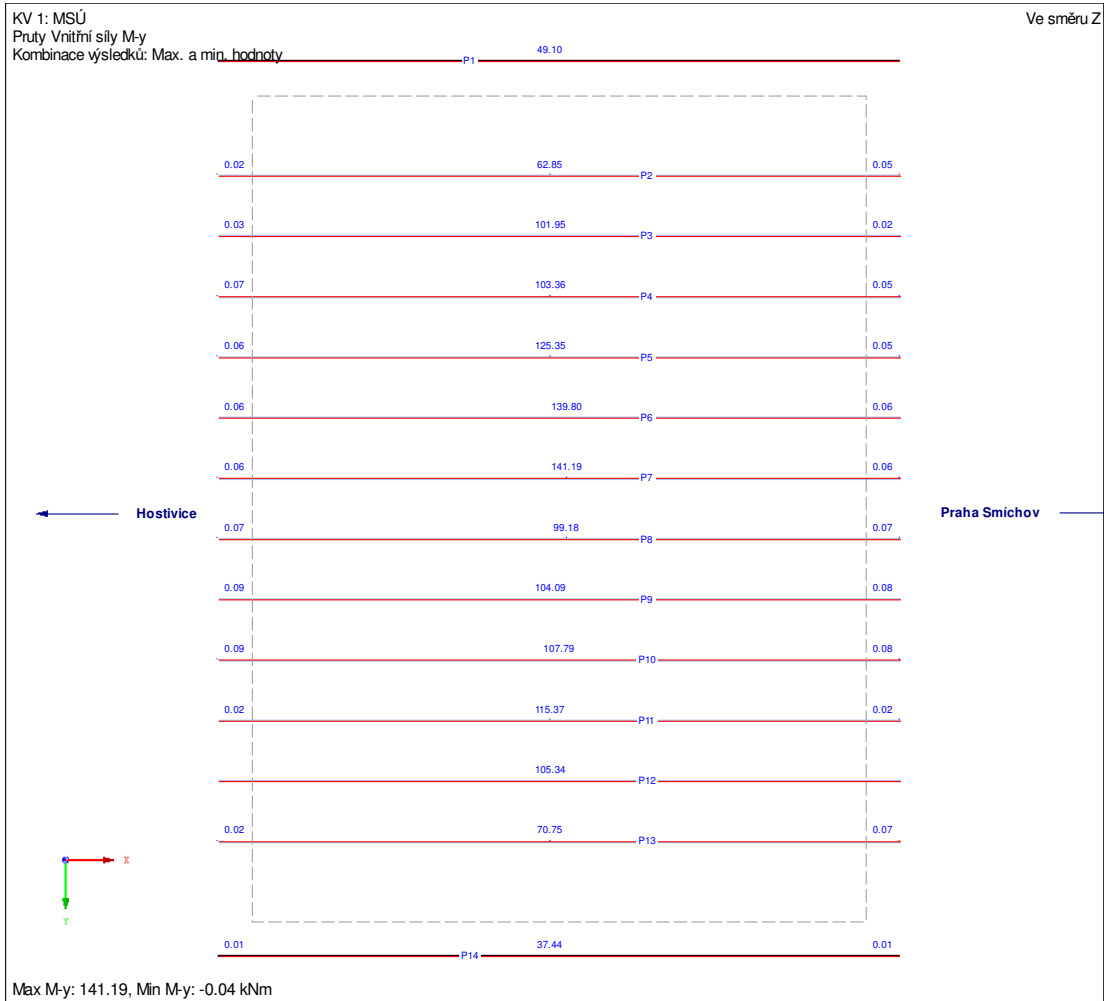
Analýzou vnitřních sil identifikujeme nejvíce namáhané pruty a rozhodující kombinace zatížení

##### 3.6.2.1 Ohybový moment $M_y$



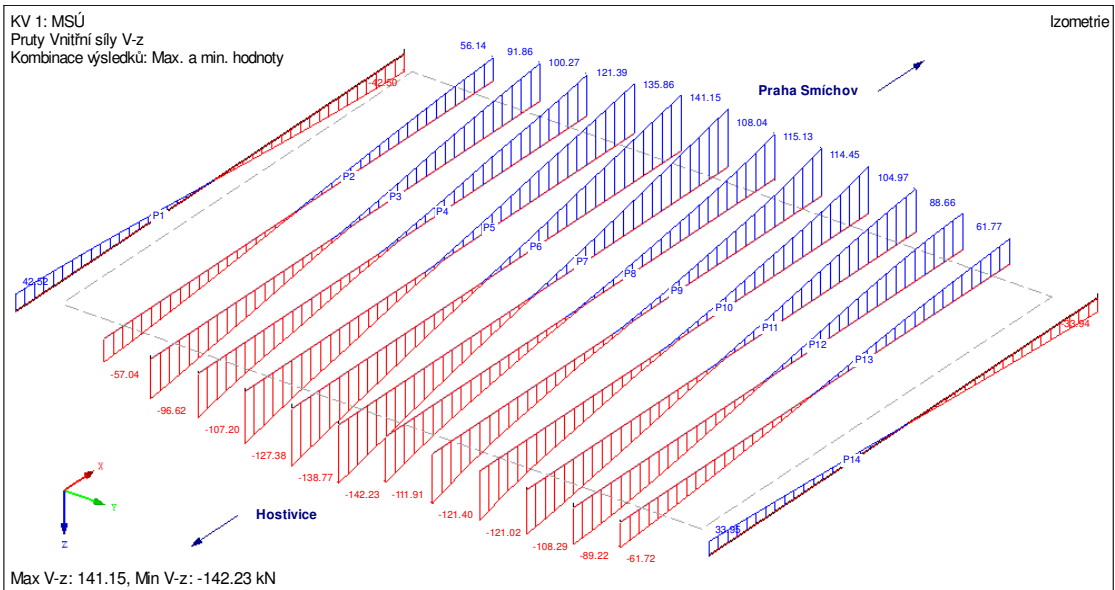
Obrázek 45 - Vykreslení obálky ohybových momentů na prutech všech kombinací pro MSÚ; prostorový pohled

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách



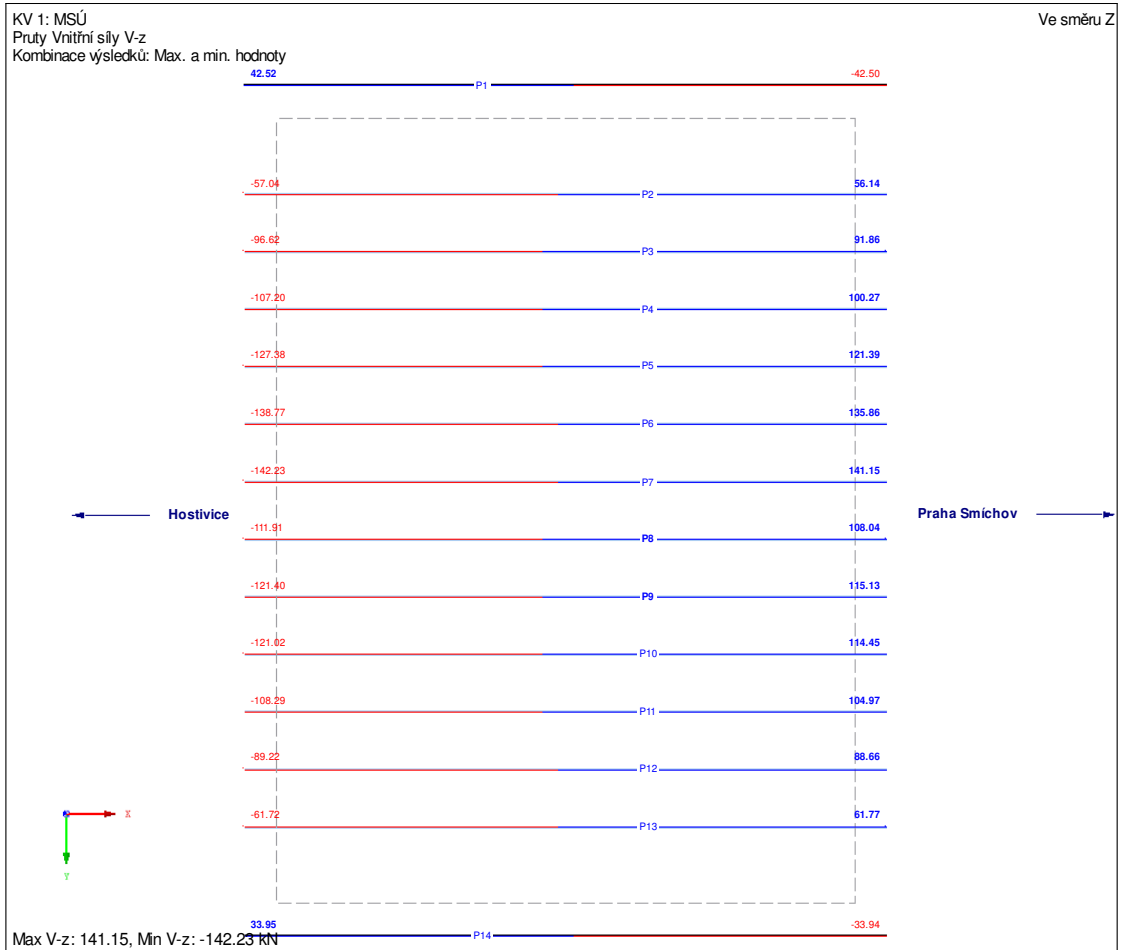
Obrázek 46 - Vykreslení obálky ohybových momentů na prutech všech kombinací pro MSÚ; pohled shora

### 3.6.2.2 Posouvající síly Vz



Obrázek 47 - Vykreslení obálky posouvajících sil na prutech všech kombinací pro MSÚ; prostorový pohled

## Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách



Obrázek 48 - Vykreslení obálky posouvajících sil na prutech všech kombinací pro MSÚ; pohled shora

### 3.6.2.3 Shrnutí

Nejvíce namáhané pruty, maximální vnitřní síly a zdrojové kombinace zatížení:

Prut	Max $M_y$ [kNm]	KZ	Max $V_z$ [kN]	KZ
3	101,95	1	-96,62	3
4	103,36	1	-107,2	3
5	125,35	1	-127,38	3
6	139,80	1	-138,77	3
7	99,18	2	-142,23	4
8	104,09	2	-111,91	4
9	107,79	2	-121,4	4
10	115,37	2	-121,02	4
11	114,37	2	-108,29	4
12	105,34	2	-89,22	4

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

### 3.6.3 Zatížitelnost při MSÚ v ohybu

Pomocí modulu RF-STEEL Members budeme počítat normálové napětí na prutech.

Nejdříve spočítáme napětí na prutech pro plné zatížení a následně budeme pomocí součinitele upravovat hodnoty zatížení od svislého zatížení LM71. Pokud zatížitelnost prutu bude menší než 1,0, bude součinitelem redukováno veškeré zatížení od železniční dopravy (boční ráz, excentricita, odstředivé síly). [8]

Zatížitelnost příslušného prvku je pak hodnota součinitele zatížení železniční dopravou, při kterém je dosažena maximální únosnost (100% využití) příslušného prvku. Hodnota zatížitelnosti bude zjištěna iteračním postupem.

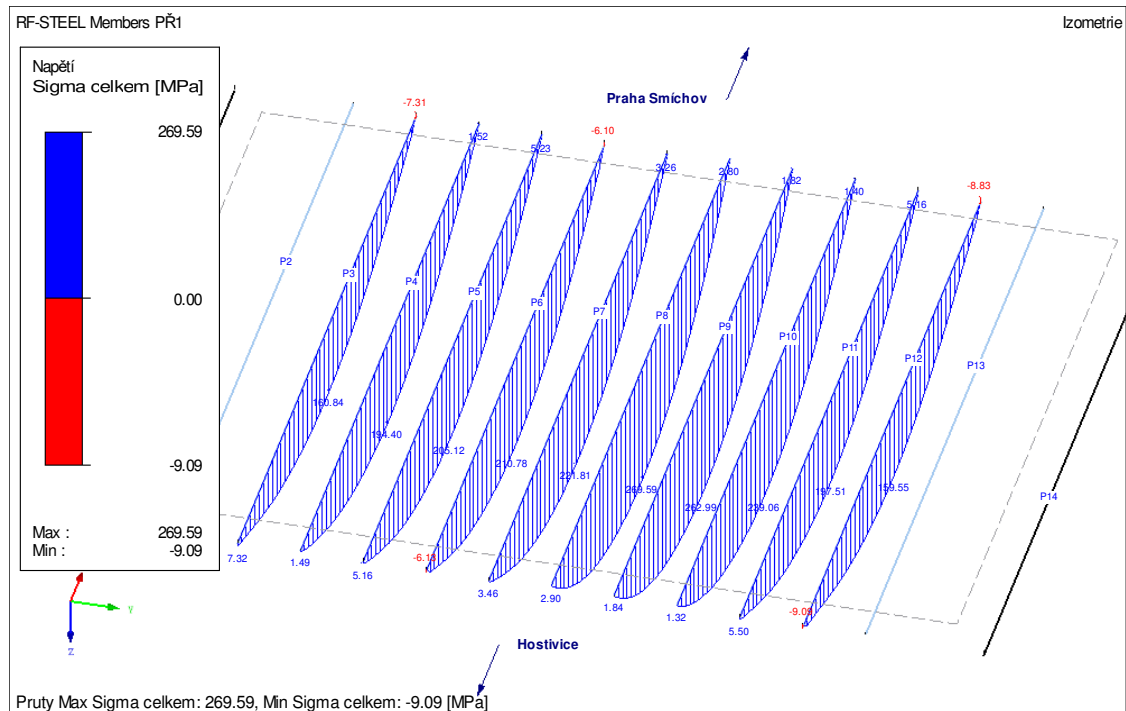
#### 3.6.3.1 Návrhová mez kluzu

Zaručená mez kluzu:  $f_{yk} = 230$  MPa

Součinitel materiálu:  $\gamma_{M0} = 1,10$

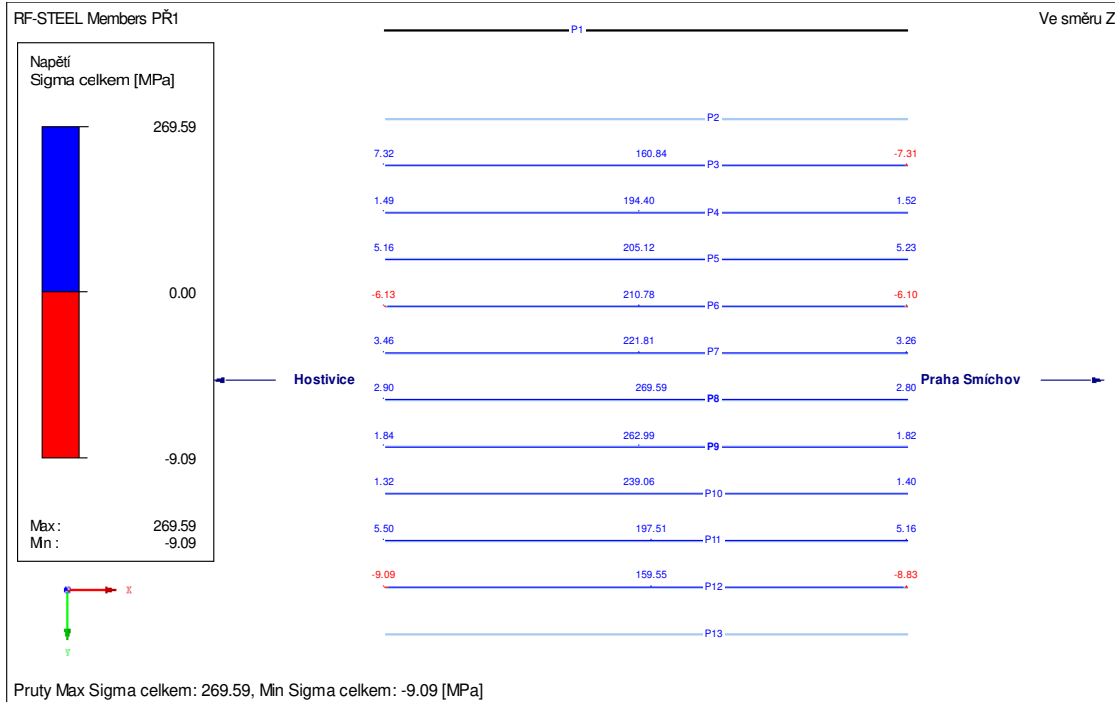
$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{230}{1,10} = \underline{209,09 \text{ MPa}}$$

#### 3.6.3.2 Normálové napětí na prutech při plném zatížení

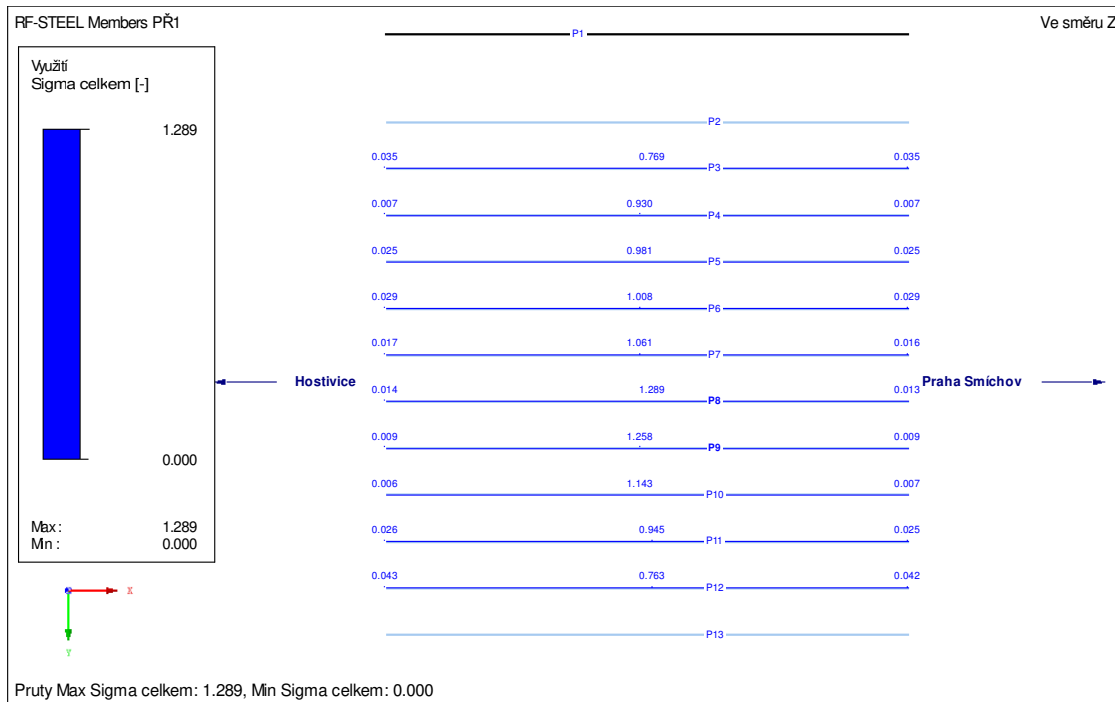


Obrázek 49 - Vykreslení normálového napětí na prutech v MSÚ; prostorový pohled

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách



Obrázek 50 - Vykreslení normálového napětí na prutech v MSU; pohled shora



Obrázek 51 - Vykreslení využití průřezu na prutech ohybem v MSU; pohled shora



Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

**SHRNUTÍ:**

Prut	KZ	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	Využití [-]
3	1	160,84	0,77
4	1	194,40	0,93
5	1	205,12	0,98
6	1	210,78	1,01
7	2	221,81	1,06
8	2	269,59	1,29
9	2	262,99	1,26
10	2	239,06	1,14
11	2	197,51	0,94
12	2	159,55	0,76

Zatížitelnost bude stanovena pro tři nejvíce namáhané pruty, a protože je menší než jedna, budou součinitelem redukovány všechny účinky železniční dopravy.

**3.6.3.3 Zatížitelnost prutů MSÚ Ohyb**

Zatížitelnost bude určena iterací pro tři nejvíce namáhané pruty tj. 8, 9 a 10.

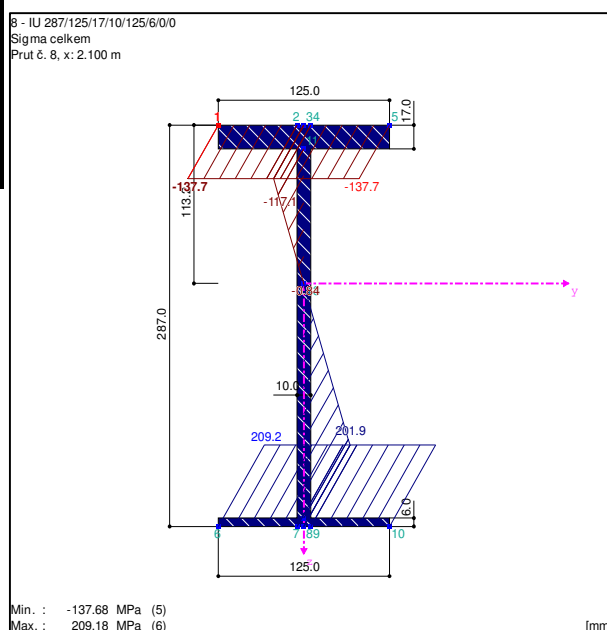
Zatížení od zatěžovacích stavů od železniční dopravy (tj. ZS3 až ZS10) bude redukováno součinitelem  $k$ . Při každém iteračním kroku se zadá hodnota součinitele  $k$  a pro tuto hodnotu součinitele  $k$  spočítáme normálové napětí a využití průřezu. Hledáme hodnotu součinitele  $k$ , pro který je využití prutu normálovým napětím rovno 1,0. Pak zatížitelnost tohoto prutu je rovna součiniteli  $k$ .

Teoretický kombinační vzorec:

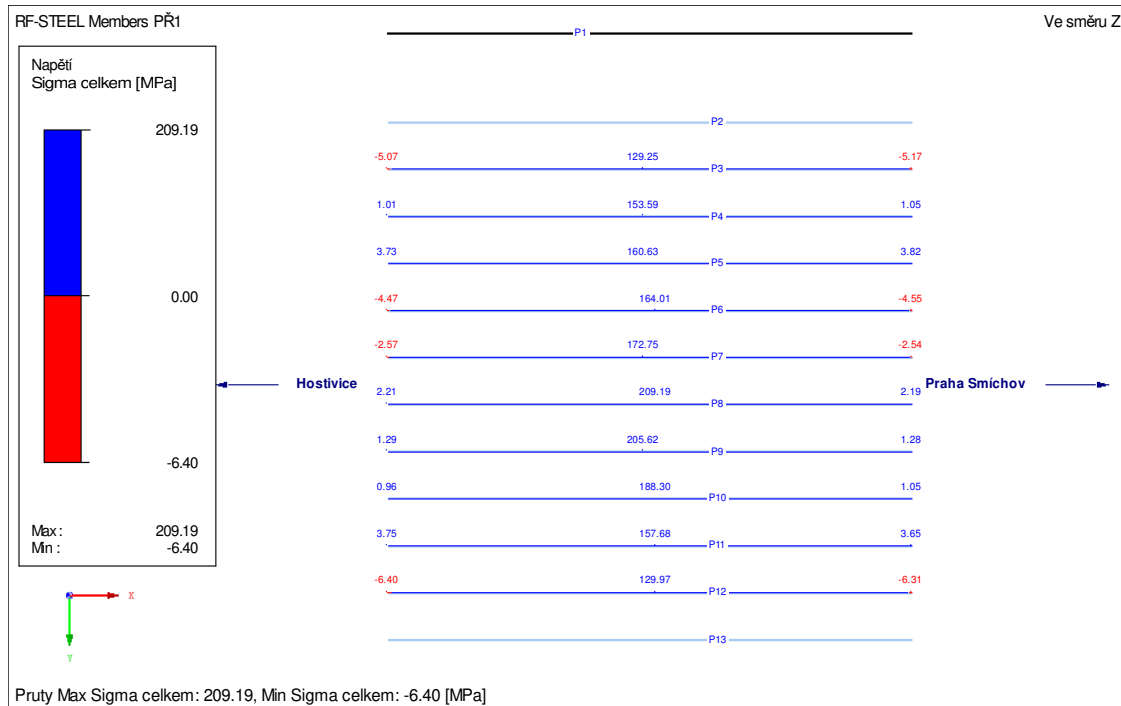
$$\gamma_G * \Sigma(ZS_{stálé}) + k * \gamma_{LM71} * \Phi_3 * \Sigma(ZS_{železnice}) + \gamma_{vitr} * ZS_{vitr}$$

**Tabulka - Zatížitelnosti prutů a rozhodujících vnitřních sil při 100% využití prutu:**

Prut	$Z_{M,LM71}$	KZ	N [kN]	$M_y$ [kNm]
8	0,71	2	-4,63	77,28
9	0,73	2	-0,51	82,98
10	0,83	2	-0,81	94,42



Obrázek 52 - Průběh normálového napětí na průřezu č. 8 v MSÚ



Obrázek 53 - Vykreslení normalových napětí při maximálním ohybovém namáhání v MSÚ; pohled shora

### 3.6.4 Zatížitelnost při MSÚ ve smyku

Postup pro zjištění zatížitelnosti ve smyku stejný jako pro ohyb s jediným rozdílem. Posuzovanou veličinou je napětí smykové.

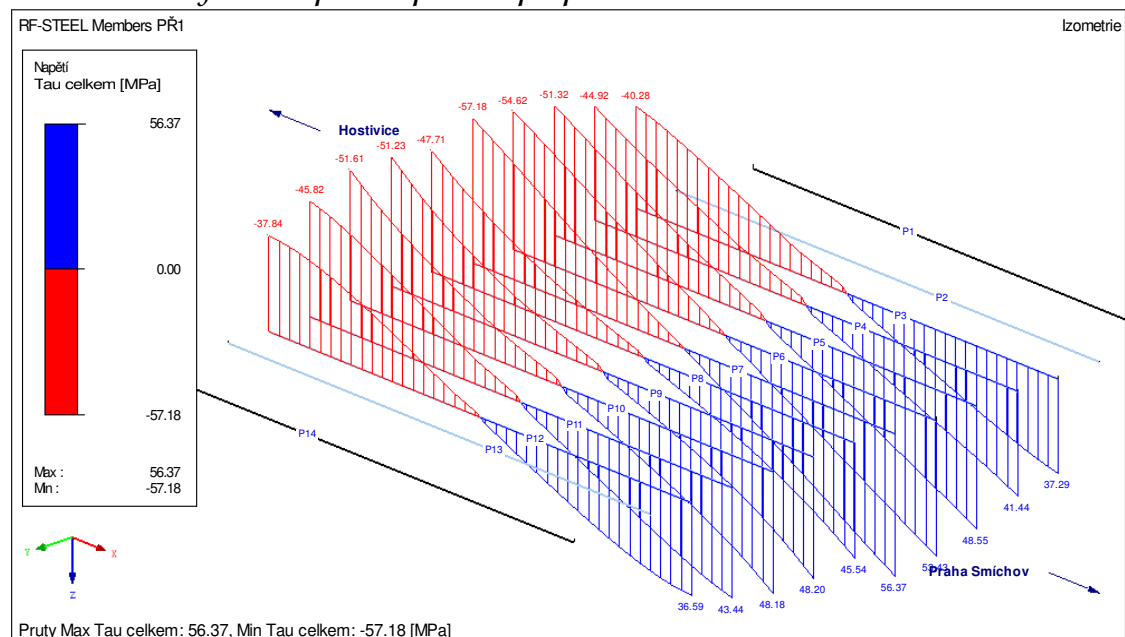
#### 3.6.4.1 Mezní návrhové smykové napětí [12]

Zaručená mez kluzu:  $f_{yk} = 230$  MPa

Součinitel materiálu:  $\gamma_{M0} = 1,10$

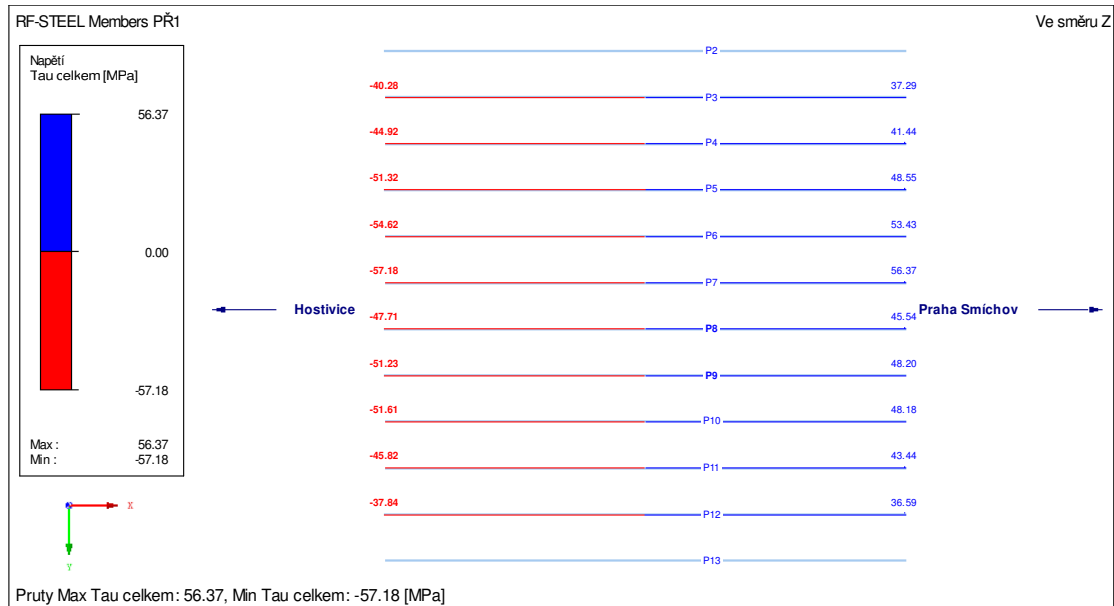
$$\tau_{Rd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{230}{1,1 \cdot \sqrt{3}} = \underline{120,72 \text{ MPa}}$$

#### 3.6.4.2 Smykové napětí na prutech při plném zatížení

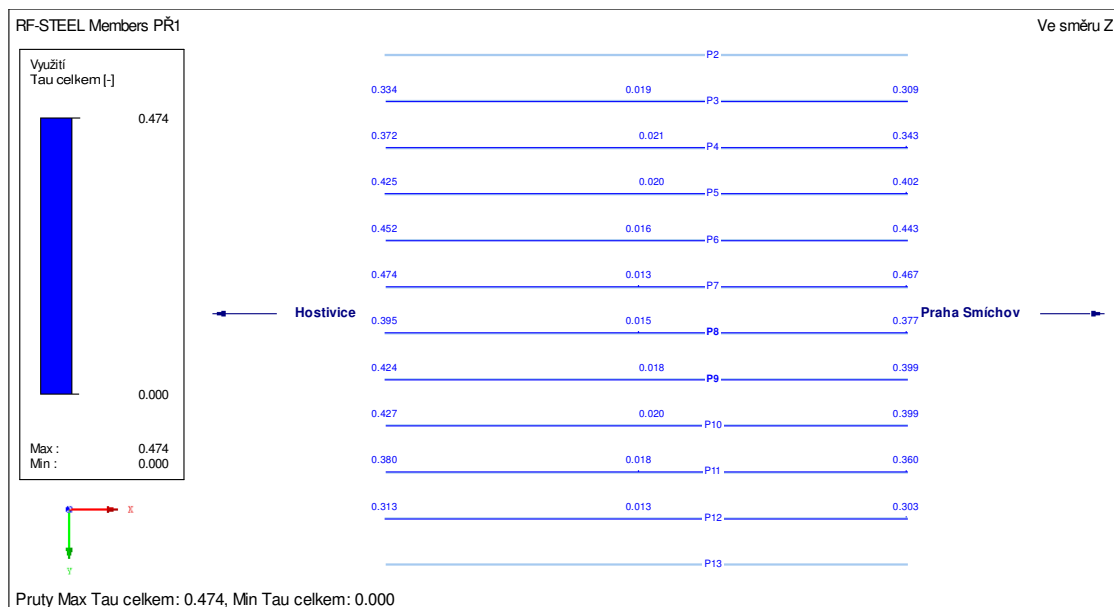


Obrázek 54 - Vykreslení smykového napětí na prutech v MSÚ; prostorový pohled

## Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách



Obrázek 55 - Vykreslení smykového napětí na prutech v MSÚ; pohled shora



Obrázek 56 - Vykreslení využití průřezu na prutech smykem v MSÚ; pohled shora

**SHRNUTÍ:**

Prut	KZ	τ <sub>Ed</sub> [MPa]	Využití [-]
3	3	-40,28	0,33
4	3	-44,92	0,37
5	3	-51,32	0,43
6	3	-54,62	0,45
7	4	-57,18	0,47
8	4	-47,71	0,40
9	4	-51,23	0,42
10	4	-51,61	0,43
11	4	-45,82	0,38
12	4	-37,84	0,31

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

Z výsledků vyplývá, že zatížitelnost je větší než 1,0, a proto bude součinitel aplikovaný jen účinky svislého zatížení modelu LM71 (ZS3).

### 3.6.4.3 Zatížitelnost prutů MSÚ Smyk

Hodnoty zatížitelnosti od toho mezního stavu nebudou oproti ohybu rozhodující, tudíž určíme zatížitelnost ve smyku pouze pro dva nejkritičtější pruty (6,7).

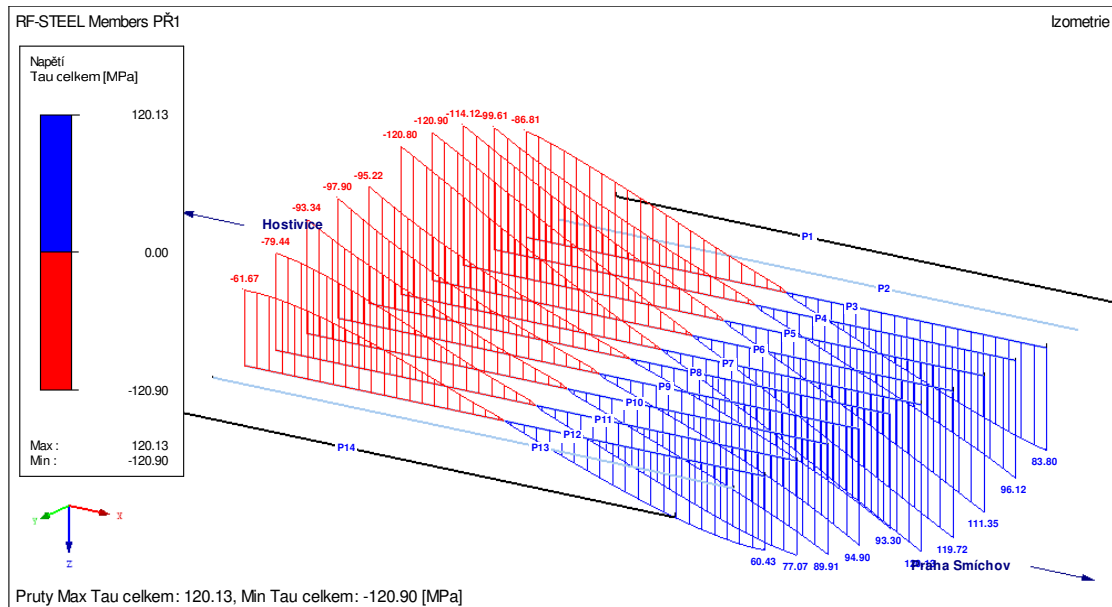
Postup iterace je obdobný jako pro ohyb. Součinitel  $k$  však bude větší než 1,0 a bude aplikován pouze na svislé zatížení LM71 (ZS3).

Teoretický kombinační vzorec:

$$\gamma_G * \Sigma(ZS_{stálé}) + k * \gamma_{LM71} * \Phi_3 * ZS3 + \gamma_{LM71} * \Phi_3 * \Sigma(ZS_{ostatní\ železnice}) + \gamma_{vítr} * ZS_{vítr}$$

Tabulka - Zatížitelnosti prutů a rozhodujících vnitřních sil při 100% využití prutu:

Prut	$Z_{V,LM71}$	KZ	$V_z$ [kN]
6	2,57	3	-307,94
7	2,57	4	-306,70



Obrázek 57 - Vykreslení smykového napětí při maximálním smykovém namáhání v MSÚ; pohled shora

Všechny vypočtené hodnoty zatížitelnosti a ověření přechodnosti jsou sepsány v příloze č.2 - Přehled zatížitelnosti, který byl vytvořen a vyplněn podle předlohy ve Směrnici pro určování zatížitelnosti. [5]





Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

### 3.7 Stanovení zatížitelnosti v MSP - Model RFEM5

Pomocí modelu budeme počítat průhyb celé konstrukce od účinků železniční dopravy. Postup a pravidla iteračního výpočtu zatížitelnosti jsou stejné jako v MSÚ.

#### 3.7.1 Mezní průhyb

Mezní hodnota průhybu  $w_{\max} = L/600$  [14]

$$w_{\max} = 4100 / 600 = \underline{\underline{6,8 \text{ mm}}}$$

#### 3.7.2 Průhyb konstrukce při plném zatížení železniční dopravou

Pro výpočet průhybu budou použita následující charakteristické kombinace včetně dynamického součinitele:

##### Kombinace KZ5

###### Průhyb - max vlevo

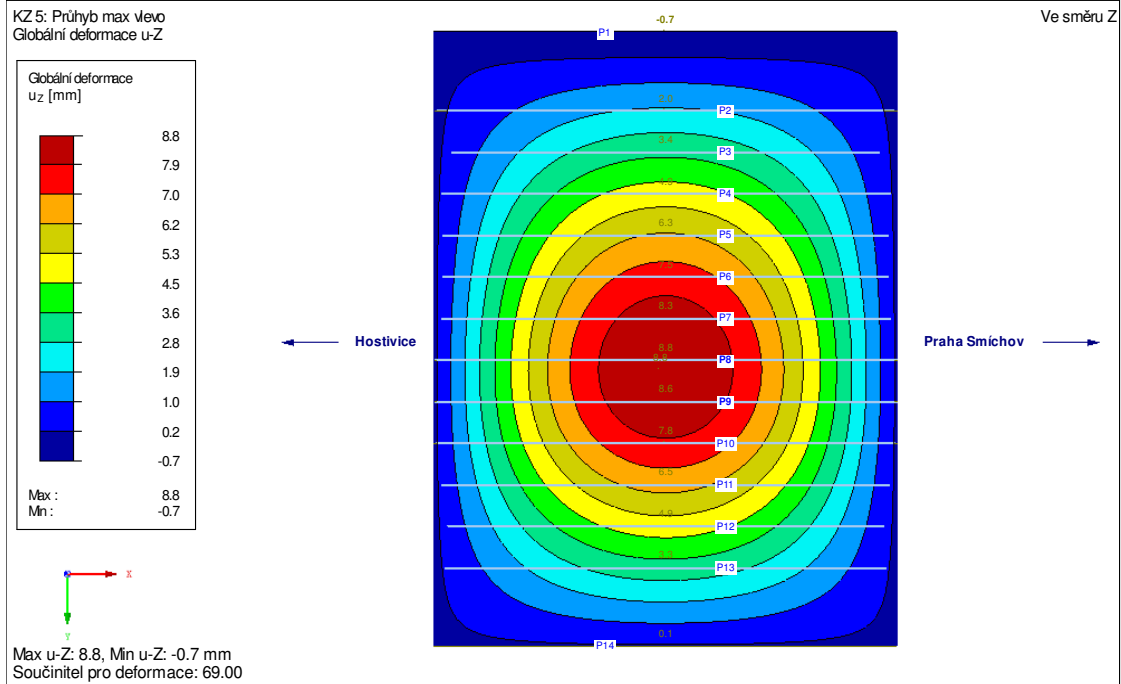
č. ZS	Název zatěžovacího stavu	souč.
ZS3	Svislé LM71	1,914
ZS4	Excentricita svislého zatížení vlevo	1,914
ZS6	Odstředivá síla - směrem vlevo	1,914
ZS7	Boční ráz - směrem vlevo - max M	1,000

##### Kombinace KZ6

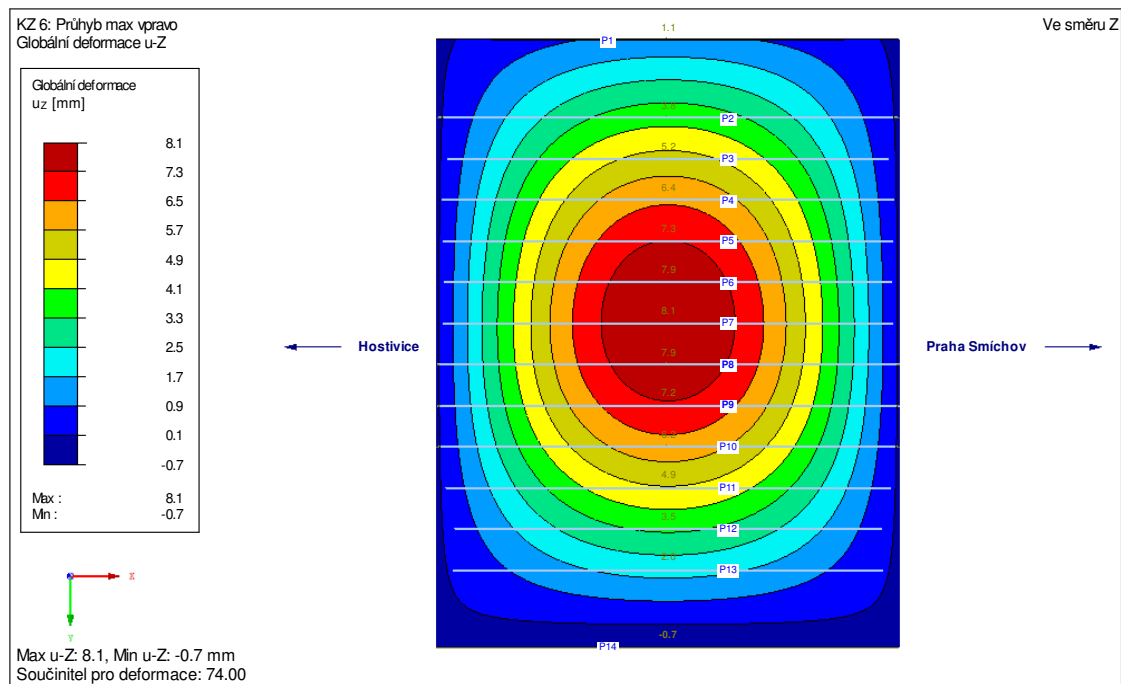
###### Průhyb - max vpravo

ZS	Název zatěžovacího stavu	souč.
ZS3	Svislé LM71	1,914
ZS5	Excentricita svislého zatížení vpravo	1,914
ZS6	Odstředivá síla - směrem vlevo	1,914
ZS9	Boční ráz - směrem vpravo - max M	1,000

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách



Obrázek 58 - Vykreslení průhybů od KZ5; pohled shora



Obrázek 59 - Vykreslení průhybů od KZ6; pohled shora

Rozhodující kombinace zatížení: **KZ5 Průhyb - max vlevo**

Maximální průhyb od plného zatížení:  $w_{\max} = \underline{\underline{8,8 \text{ mm}}}$

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

### 3.7.3 Zatížitelnost pro průhyb konstrukce

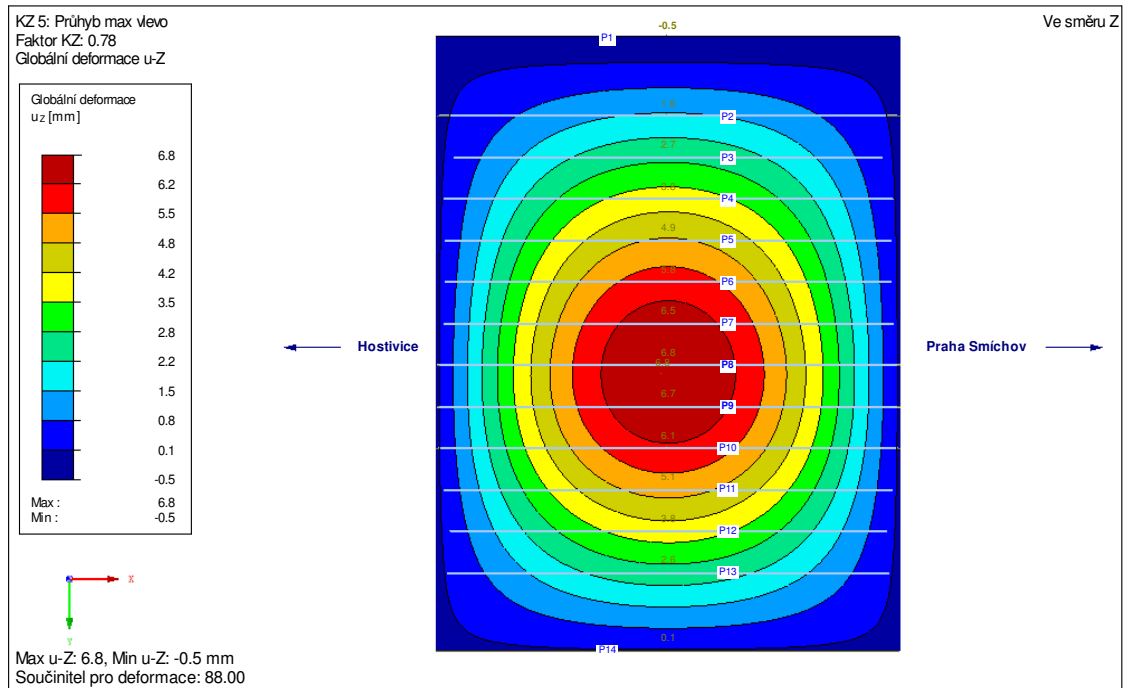
Postup iterace je obdobný jako pro ohyb. Součinitel  $k$  (hodnota zatížitelnosti) bude menší než 1,0 a bude aplikován na všechna zatížení od železniční dopravy.

Teoretický kombinační vzorec:

$$k * \Phi_3 * \Sigma(ZS_{\text{železnice}})$$

Zatížitelnost pro průhyb v MSP:

$$Z_{w,LM71} = 0,78$$



Obrázek 60 - Maximální průhyby konstrukce v MSP; pohled shora

Tento výpočet deformací zanedbává příspěvek betonu k tuhosti nosné konstrukce a je proto velmi bezpečný. Reálné deformace budou pravděpodobně zhruba poloviční a tedy zatížitelnost vyšší.

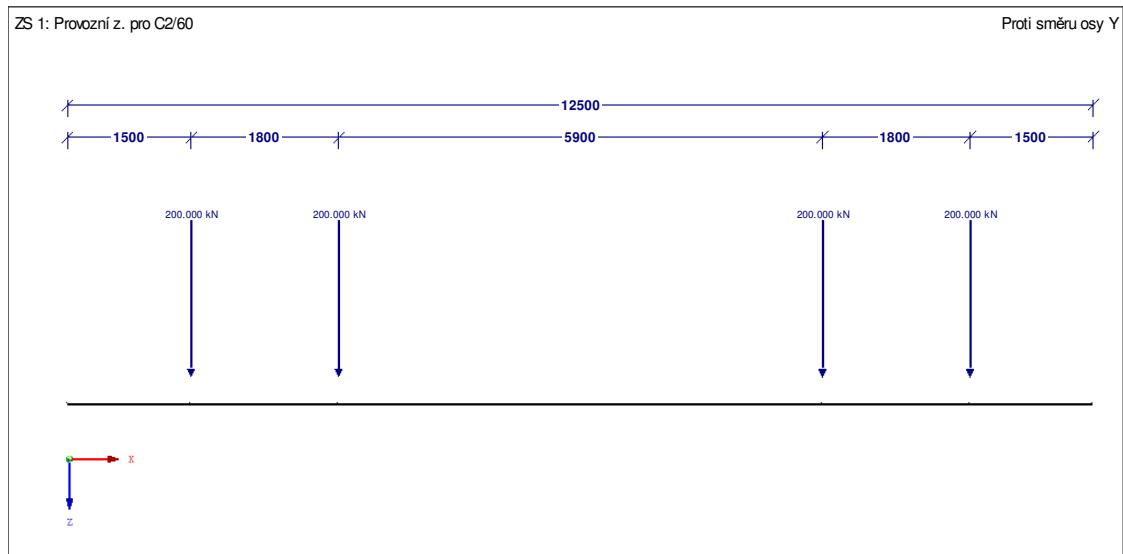
Všechny vypočtené hodnoty zatížitelnosti a ověření přechodnosti jsou sepsány v příloze č.2 - Přehled zatížitelnosti, který byl vytvořen a vyplněn podle předlohy ve Směrnici pro určování zatížitelnosti. [5]

### 3.8 Ověření přechodnosti mostu

Přechodnost mostního objektu pro zadanou traťovou třídu se ověřuje pro prvek s rozhodující tj. nejmenší zatížitelností. Pro tento mostní objekt tedy ověřujeme přechodnost pro ocelové nosníky č. 8 a 9 (viz str. 44, kap. 3.6.2.3). [5]

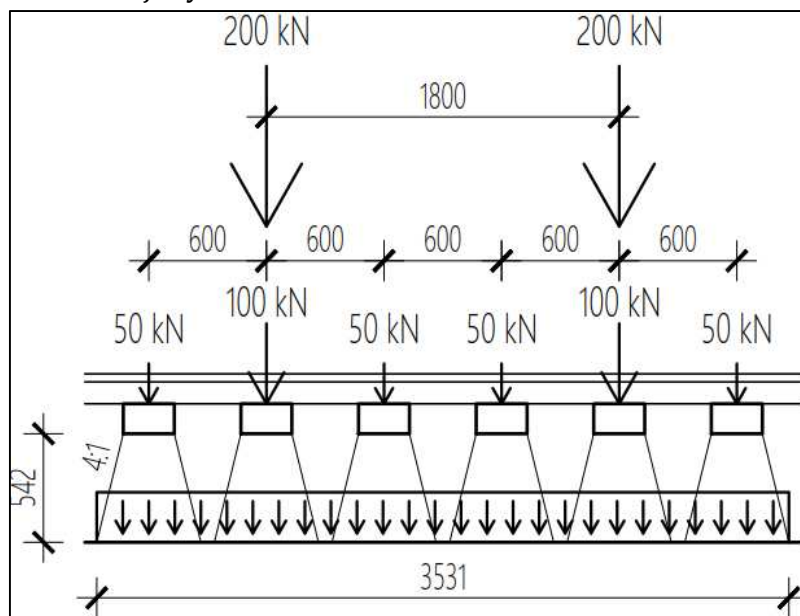
Traťová třída úseku pro tento most je C2/60 [1]. Vzhledem k tomu, že most má velmi krátké rozpětí a uplatní se vždy jen dvě nápravy, tak toto ověření přechodnosti platí

#### 3.8.1 Provozní zatížení traťové třídy C2/60 [5]



Obrázek 61 - Model provozního zatížení pro traťovou třídu C2/60

#### Podélný roznos kolejovým ložem: [13]



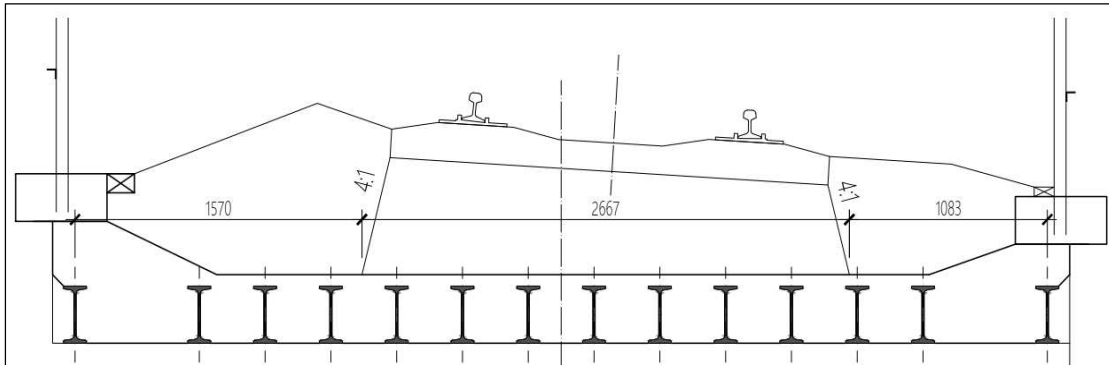
Obrázek 62 - Podélný roznos kolejovým roštěm a ložem

Roznášecí délka: 3,531 m

$$q_{C2/60} = 2Q/L = 400 / 3,531 =$$

$$\underline{\underline{q_{C2/60} = 113,282 \text{ kN/m}}}$$

**Příčný roznos kolejovým ložem: [13]**



Obrázek 63 - Šířka roznášení zatížení kolejovým ložem na konstrukci v příčném řezu

Výsledné zatížení je lichoběžníkové:

$$\sigma_{M,C2/60} = 113,28 / 2,667$$

$$\sigma_{M,C2/60} = 42,476 \text{ kN/m}^2$$

Moment kolem spojnice kolejnic a osy:

$$M = Q_v \cdot \text{rameno}$$

$$\text{rameno} = h \cdot (u/1,5) = 1,8 \cdot 0,09 / 1,5$$

$$= 0,108 \text{ m}$$

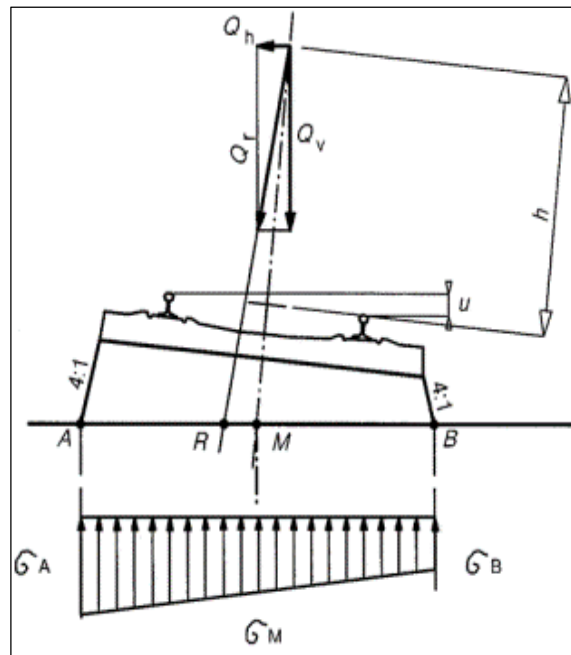
$$M = 113,28 \cdot 0,108 = 12,234 \text{ kNm/m}$$

$$\Delta\sigma_B = M / (b \cdot h^2/6) = 12,234 / (1 \cdot 2,667^2/6) =$$

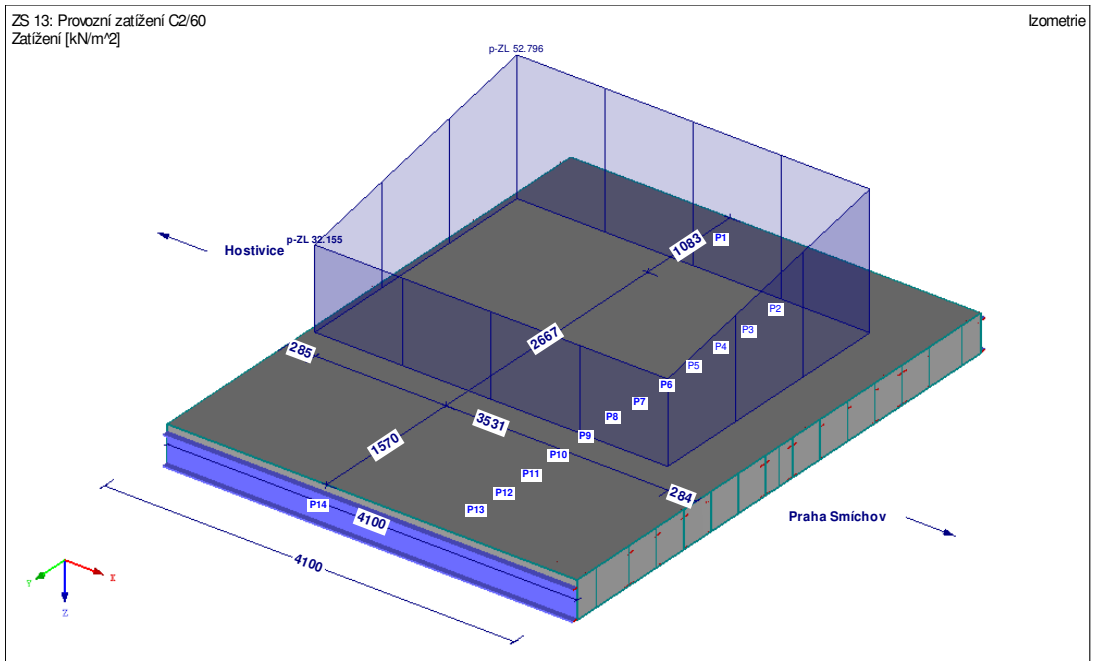
$$= 10,32 \text{ kN/m}$$

$$\sigma_{A,C2/60} = 32,155 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{B,C2/60} = 52,796 \text{ kN/m}^2$$



Obrázek 64 - Schéma roznášení zatížení kolejovým ložem [13]



Obrázek 65 - Konečný zatěžovací obrazec provozního zatížení C2/60



Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

**Dynamický součinitel provozního zatížení: [5]**

5.2.5 Hodnoty dynamických součinitelů  $\phi_{T1}$  a  $\phi_{T2}$  stanovených v závislosti na rychlosti provozního zatížení v km/hod a náhradní délce  $L_\phi$  posuzovaného prvku jsou uvedeny v tab. 5.2 a tab. 5.3.

 Tab. 5.2 Hodnoty dynamického součinitele  $\phi_{T1}$  pro standardně udržovanou kolej

$L_\phi$	Dynamický součinitel $\phi_{T1}$																	
	Rychlost v km/hod																	
	200	190	180	160	150	140	130	120	110	100	90	80	70	50	40	30	20	10
4	2,00	2,00	2,00	2,00	1,99	1,97	1,96	1,95	1,93	1,92	1,91	1,89	1,79	1,56	1,45	1,34	1,22	1,11

Obrázek 66 - Výstřižek ze směrnice o dynamickém součiniteli provozního zatížení [5]

 Náhradní délka nosníků  $L_\phi = 4,1$  m; rychlost provozního zatížení: 60 km/h

$$\Phi_{T1} = \underline{1,675} \quad (\text{mezilehlá hodnota dopočtena interpolací})$$

**Dílčí součinitel provozního zatížení: [5]**

5.1.8 Návrhové hodnoty statických účinků  $ET, Ed$  provozního zatížení se stanoví s pomocí dílčích součinitelů účinků provozního zatížení s těmito doporučenými hodnotami:

- traťové třídy zatížení:  $\gamma_{FT} = 1,30$

**3.8.3 Návrhové účinky provozního zatížení**

Účinky provozního zatížení budou stanoveny pomocí počítačového modelu RFEM5. Pomocí modulu tohoto programu RF STEEL Members bude určeno napětí na ověřovaných ocelových nosnících č. 8 a 9.

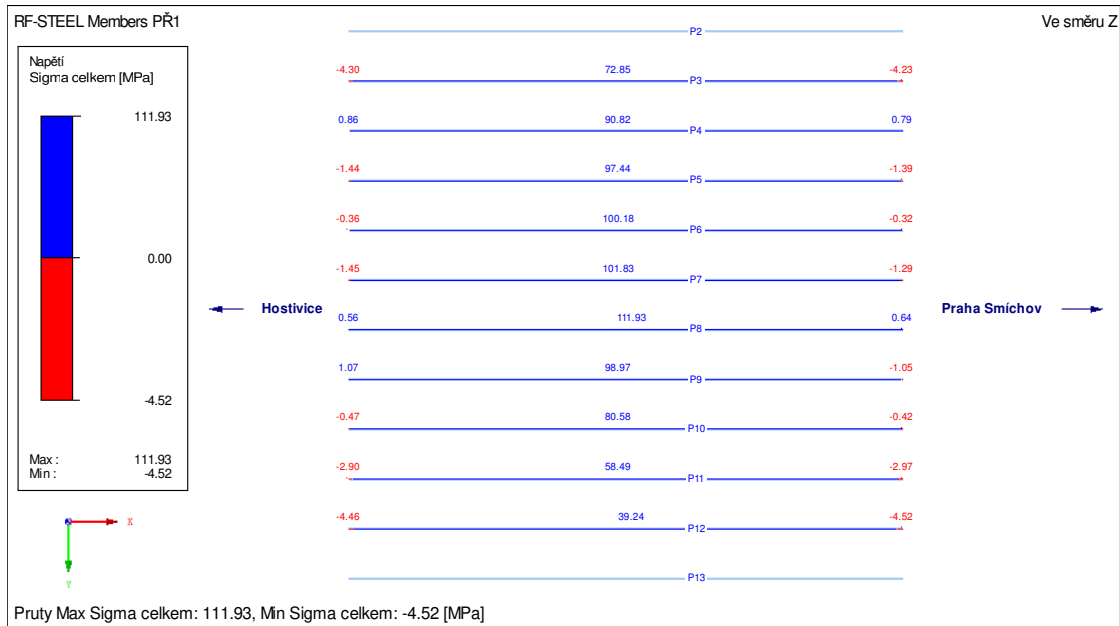
Celková hodnota součinitele zatížení pro návrhové provozní zatížení:

$$k = \Phi_{T1} * \gamma_{FT} = 1,675 * 1,300 = \underline{2,178}$$

Tabulka účinků provozního zatížení na ověřovaných prutech:

Prut	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	Využití [-]
8	-2,67	41,36	<b>111,93</b>	0,54
9	-0,16	39,19	<b>98,97</b>	0,47

## Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách



Obrázek 67 - Normálové napětí na prutech od návrhového provozního zatížení; pohled shora

### 3.8.4 Návrhové účinky modelu zatížení LM71

Účinky zatížení železniční dopravou modelem LM71 budou stanoveny stejným způsobem jako účinky provozního zatížení.

### Kombinace KZ7

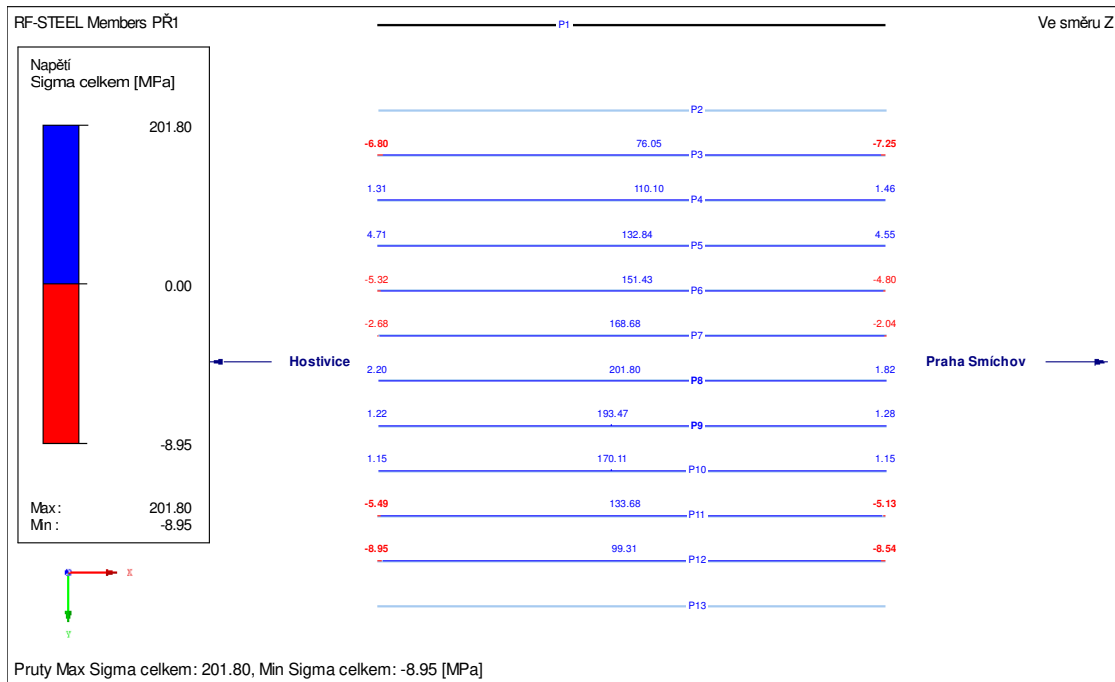
#### Návrhové železnice - max vlevo

č. ZS	Název zatěžovacího stavu	souč.
ZS3	Svislé LM71	2,488
ZS4	Excentricita svislého zatížení vlevo	2,488
ZS6	Odstředivá síla - směrem vlevo	2,488
ZS7	Boční ráz - směrem vlevo - max M	1,300

 Pozn. k tabulce:  $2,488 = 1,30 * 1,914 = \gamma_{LM71} * \Phi_3$ 

#### Tabulka účinků železniční dopravou modelem LM71 na ověřovaných prutech:

Prut	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$\sigma_{Ed}$ [MPa]	Využití [-]
8	-4,53	74,56	201,88	0,97
9	-0,42	76,61	193,47	0,93



Obrázek 68 - Normálové napětí na prutech od návrhového zatížení modelem LM71; pohled shora

### 3.8.5 Ověření přechodnosti traťové třídy C2/60

Přechodnost provozního zatížení je povolena, jestliže všechny jeho prvky splňují podmínku, že poměr účinků provozního zatížení a účinků železniční dopravy LM71 je menší než hodnota zatížitelnosti ve stejném místě posuzovaného prvku. [5]

Tzn. přechodnost je povolena, když:  $Z_{LM71} \geq E_T / E_{LM71}$ ,

kde  $E_T$  jsou návrhové účinky provozního zatížení včetně dynamického součinitele,

$E_{LM71}$  jsou návrhové účinky zatížení železniční dopravou od modelu LM71 včetně dynamického součinitele [5].

V našem případě bude účinkem extrémní normálové napětí na prutu.

Prut	$E_{C2/60}$ [MPa]	$E_{LM71}$ [MPa]	$E_{C2/60} / E_{LM71}$	$Z_{M,LM71}$	Podmínka	Přechodnost
8	111,93	201,88	0,55	0,71	$E_{C2/60} / E_{LM71} \leq Z_{LM71}$	DOVOLENA
9	98,97	193,47	0,51	0,73	$E_{C2/60} / E_{LM71} \leq Z_{LM72}$	DOVOLENA

Všechny vypočtené hodnoty zatížitelnosti a ověření přechodnosti jsou sepsány v příloze č.2 - Přehled zatížitelnosti, který byl vytvořen a vyplněn podle předlohy ve Směrnici pro určování zatížitelnosti. [5]

Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

### 3.9 Ruční výpočet zatížitelnosti v MSÚ Ohyb

Výpočetním modelem je prostý ocelový nosník. Podle polohy na každý nosník připadají zatěžovací šířky odpovídající rozteči nosníků.

Výpočet bude proveden pro dva nejvíce namáhané nosníky podle výpočtu počítačovým modelem.

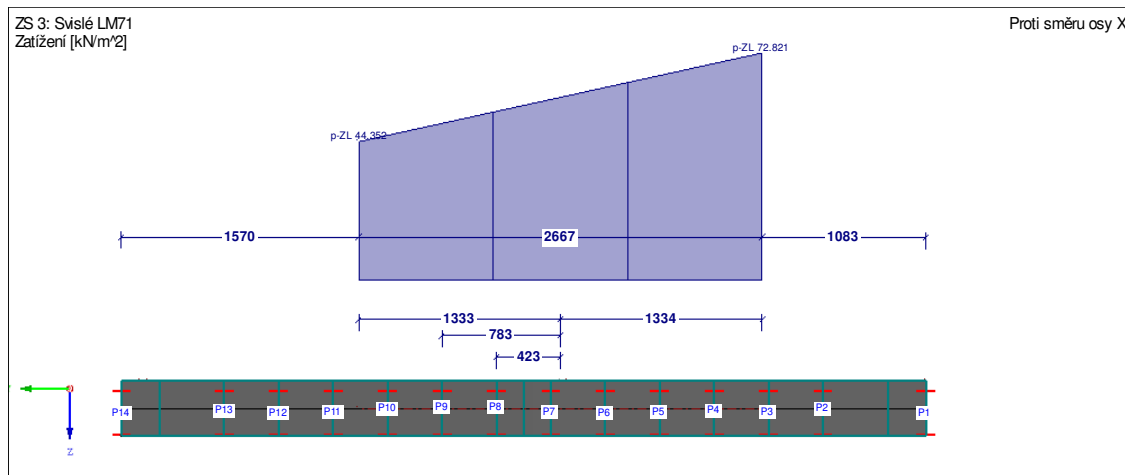
Tyto výpočty jsou pouze pro srovnání hodnot s modelem počítačovým.

#### 3.9.1 Zatížení na jeden nosník

##### 3.9.1.1 STÁLÉ

Zdroj/název zatížení	Výpočet a poznámky	Prosté zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]	Zatěžovací šířka [m]	Liniové zatížení [kN/m]
<b>VLASTNÍ TÍHA</b>				
Ocelový nosník	viz str. 24, kap. 3.4.1.1			0,541
Betonová deska	viz str. 24, kap. 3.4.1.1	8,640	0,360	3,110
<b>OSTATNÍ STÁLÉ</b>				
Kolejový rošt	viz str. 24, kap. 3.4.1.2	2,167	0,360	0,780
Štěrkové lože (vlevo)	viz str. 24, kap. 3.4.1.2	18,000	0,360	6,480
<b>STÁLÉ CELKEM</b>		Charakteristické z.	$\Sigma =$	10,911
		Dílčí součinitel stálého z. $\gamma_1$		1,350
		<b>Návrhové zatížení</b>	$\Sigma =$	<b>14,730</b>

##### 3.9.1.2 PROMĚNNÉ



Obrázek 69 - Schéma šířek pro určení proměnných zatížení na nosník



**Pro nosník č. 8** (Roznášecí šířka 0,36 m)

Zdroj/název zatížení	Plošné vlevo [kN/m <sup>2</sup> ]	Plošné v ose [kN/m <sup>2</sup> ]	Plošné v ose nosníku [kN/m <sup>2</sup> ]	Liniové zatížení [kN/m]	Součinit. (γ*Φ)
Svislé LM 71	44,352	58,586	56,329	20,278	2,488
Excentricita	10,984	0,000	1,742	0,627	2,488
Odstředivá síla	39,288	0,000	6,231	2,243	2,488
Boční ráz	38,297	0,000	6,074	2,187	1,300
<b>LM71 CELKEM NOSNÍK Č. 8 - Návrhové zatížení</b>				<b>Σ = 60,431</b>	
Vítr	11,789	0,000	1,870	0,673	1,350
<b>VÍTR CELKEM NOSNÍK Č. 8 - Návrhové zatížení</b>				<b>Σ = 0,909</b>	

**Pro nosník č. 9** (Roznášecí šířka 0,36 m)

Zdroj/název zatížení	Plošné vlevo [kN/m <sup>2</sup> ]	Plošné v ose [kN/m <sup>2</sup> ]	Plošné v ose nosníku [kN/m <sup>2</sup> ]	Liniové zatížení [kN/m]	Součinit. (γ*Φ)
Svislé LM 71	44,352	58,586	54,407	19,587	2,488
Excentricita	10,984	0,000	3,225	1,161	2,488
Odstředivá síla	39,288	0,000	11,534	4,152	2,488
Boční ráz	38,297	0,000	11,243	4,048	1,300
<b>LM71 CELKEM NOSNÍK Č. 9 - Návrhové zatížení</b>				<b>Σ = 67,207</b>	
Vítr	11,789	0,000	3,461	1,246	1,350
<b>VÍTR CELKEM NOSNÍK Č. 9 - Návrhové zatížení</b>				<b>Σ = 1,682</b>	

### 3.9.2 Vnitřní síly - Ohybové momenty

Moment na prostém nosníku od rovnoměrného liniového zatížení:  $M_{\max} = f \cdot L^2 / 8$

Prut	g [kN/m]	q <sub>LM71</sub> [kN/m]	q <sub>VÍTR</sub> [kN/m]	L [m]	M <sub>G,max</sub> [kNm]	M <sub>LM71,max</sub> [kNm]	M <sub>Vítr,max</sub> [kNm]
8	14,730	60,431	0,909	4,1	30,952	126,981	1,909
9	14,730	67,207	1,682	4,1	30,952	141,218	3,534





Prohlídka a přechodnost železničního mostu ve Stodůlkách

### 3.9.3 Únosnost nosníků v ohybu

#### PRŮŘEZ

Průřezová charakteristika	Symbol	Jednotky
Výška průřezu	h	mm
Šířka pásnice nahoře	b <sub>h</sub>	mm
Tloušťka pásnice nahoře	t <sub>h</sub>	mm
Tloušťka stojiny	s	mm
Šířka pásnice dole	b <sub>d</sub>	mm
Tloušťka pásnice dole	t <sub>d</sub>	mm
Plocha průřezu	A	mm <sup>2</sup>
Smyková plocha směr z	A <sub>z</sub>	mm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti kolem y	I <sub>y</sub>	mm <sup>3</sup>
Průřezový modul d.vláken	W <sub>y,max</sub>	mm <sup>3</sup>

č.	h	b <sub>h</sub>	t <sub>h</sub>	s	b <sub>d</sub>	t <sub>d</sub>	A	A <sub>z</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>y,max</sub>
8	287	125	17	10	125	6	5515	2568,2	6,394E+07	3,680E+05
9	288	125	17	10	125	7	5640	2586,6	6,766E+07	3,958E+05

#### MATERIÁL

Zaručená mez kluzu:  $f_{yk} = 230$  MPa

Součinitel materiálu:  $\gamma_{M0} = 1,10$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{230}{1,10} = \underline{\underline{209,09 \text{ MPa}}}$$

#### NÁVRHOVÝ MOMENT ÚNOSNOSTI

$$M_{Rd} = W \cdot f_{yd}$$

$$\text{Nosník 8} - M_{Rd} = 3,680E+05 \cdot 209,09 \cdot 10^{-6} = \underline{\underline{76,938 \text{ kNm}}}$$

$$\text{Nosník 9} - M_{Rd} = 3,958E+05 \cdot 209,09 \cdot 10^{-6} = \underline{\underline{82,768 \text{ kNm}}}$$

### 3.9.4 Stanovení zatížitelnosti

$$Z_{LM71} = \left( R_d - \sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,Ed,i} \right) / E_{LM71,Ed}$$

kde  $R_d$  je návrhová hodnota únosnosti průřezu nebo prvku mostního objektu,  
 $E_{LM71,Ed}$  je návrhová hodnota účinků svislého proměnného zatížení železniční dopravy, reprezentovaného modelem zatížení 71 včetně dynamických vlivů,  
 $\sum_{i=1}^{n-1} E_{rs,Ed,i}$  jsou návrhové, kombinační nebo skupinové hodnoty účinků ostatních zatížení, které působí současně se svislým proměnným zatížením železniční dopravy.

Obrázek 70 - Výstřižek ze směrnice pro stanovení zatížitelnosti pro MSÚ kromě únavy [5]

V našem případě jsou účinkem ohybové momenty v kNm.

Jako ostatní účinky zde uvažujeme součet momentů od stálého zatížení a od zatížení větrem

**Tabulka - Zatížitelnosti prutů**

Prut	$R_d$ [kNm]	$\Sigma E_{rs,Ed}$ [kNm]	$E_{LM71,Ed}$ [kNm]	$Z_{M,LM71}$
8	76,938	32,862	126,981	<b>0,35</b>
9	82,768	34,487	141,218	<b>0,34</b>

 Zatížitelnost spočítaná  
počítačovým modelem

0,71

0,73

Značný rozdíl ve výsledcích je způsoben tím, že jsem nijak neuvažovali příčný roznos po betonové desce, takže zatížení se rozdělilo na méně nosníků. Počítačový model příčné působení desky uvažuje a proto jsou účinky rozděleny rovnoměrněji i po nosnících dále od místa zatížení na povrchu desky.



## 4 Závěr

Na základě prohlídky mostního objektu byl popsán současný stav mostního objektu, pomocí počítačového modelu byla stanovena zatížitelnost objektu a ověřena přechodnost. Zpracován byl také příčný řez mostu podle poskytnutých podkladů (viz výkres 1).

Vizuálně je současný stav celé konstrukce velmi špatný, což odpovídá tomu, že most se blíží ke konci své životnosti uvažujeme-li návrhovou životnost 100 let. Jelikož je konstrukce celistvá bez možnosti částečné rekonstrukce a spodní stavba pravděpodobně starší než nosná konstrukce, měl by být řešením nový most včetně nové spodní stavby.

V rámci prohlídky byla hlavně zkoumána míra koroze na dolních pásnicích a tato skutečnost byla zavedena to výpočtu počítačového modelu. Stav betonu byl do modelu zohledněn odhadem pouze pro příčné působení. Pro podélné statické působení beton podle podkladů uvažován nebyl. Podrobně sepsané vstupní údaje modelu jsou obsahem přílohy č. 1 Počítačový model RFEM 5

Statickým výpočtem byla stanovena zatížitelnost modelem LM71 o velikosti 0,71. Přechodnost byla ověřena pro traťovou třídy C2/60, ale vzhledem k malé délce mostu je nejvyšší dovolená přechodnost ověřena v tomto přepočtu pro traťovou třídu C4/60. Všechny vypočtené hodnoty jsou sepsány v příloze č. 2 Přehled zatížitelnosti, která formou odpovídá požadavkům směrnice SŽDC. [5]

Přestože staticky konstrukce vyhověla na přechodnost a hodnota zatížitelnosti není alarmující, musíme vzít v úvahu skutečnost, že nosné prvky konstrukce jsou ze značné části zakryté a nebylo možné jejich skutečný stav úplně zhodnotit. Situaci zhoršuje také fakt, že konstrukce není nijak odvodněna. Z měření míry koroze na nosnicích bylo zjištěno, že pásnice ocelových nosníků místy ztratily již dvě třetiny své původní tloušťky. Na základě těchto poznatků a předpokladů doporučuji výměnu nosné konstrukce a spodní stavby.

Tato práce bude předána správci mostního objektu SŽDC s.o. pro zadání výsledků a zpracování poznatků práce do evidence mostních objektů.

## 5 Seznam příloh a výkresů

- Výkres 1 – Příčný řez M1:25
- Příloha 1 – Počítačový model RFEM 5
- Příloha 2 – Přehled zatížitelnosti



## 6 Citovaná literatura

- [1] SŽDC státní organizace, *Evidence mostních objektů*, 2017.
- [2] Seznam.cz a.s., 2017. [Online]. Available: <https://mapy.cz/>. [Přístup získán 2017].
- [3] I. I. Šír, *Dispozice: dosavadní stav*, 2013.
- [4] K. Šimek, *Ocel v pozemních stavbách*, Brno: Spolek Ocel, 1938.
- [5] F. Faltus, *Prvky ocelových konstrukcí*, Praha: Nakladatelství Československé Akademie Věd, 1954.
- [6] V. Jareš, *Ocel, základy metalografie, tepelného zpracování a rozdělení ocelí*, Praha: Česká matice technická, 1946.
- [7] Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, *Směrnice určování zatížitelnosti železničních mostních objektů*, Praha: Generální ředitelství SŽDC s.o., 2013.
- [8] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, *ČSN ISO 13822, Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí*, Praha, 2005.
- [9] České Dráhy, *MVL 511 Nosné konstrukce železničních mostů se zabetonovanými ocelovými nosníky, Část 1 - Text*, 2004.
- [10] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, *ČSN EN 1991-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4 - Zatížení větrem*, 2 editor, Praha, 2013.
- [11] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, *ČSN EN 1991-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*, Praha, 2004.
- [12] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, *ČSN EN 1990*, 2 editor, Praha, 2011.
- [13] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, *ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, 2 editor, Praha, 2011.
- [14] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, *ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*, Praha, 2005.

## 7 Použité programy:

- *Microsoft Office 2016*, studentská licence, Microsoft Corporation s.r.o, Praha, ČR
- *AutoCAD 2017*, studentská licence, Autodesk Inc., Kalifornie, USA
- *RFEM 5.07*, studentská licence, Dlubal Software s.r.o, Praha, ČR