

TÚ: 0901 Praha hl.n. (mimo) – Turnov (mimo) (odb. Skály jen část)
DÚ: 30 Mladá Boleslav hl.n. – Mladá Boleslav–Debř

TÚ: 1431 Mladá Boleslav hl.n.(mimo)–Stará Paka (mimo) (bez žst. Libuň)
DÚ: 02 Mladá Boleslav hl.n. – Mladá Boleslav město

VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM S–JTSK

	Vedoucí projektu	Zodpovědný projektant	Investor	SŽDC s.o. SS ZÁPAD
	ING. L. MAREK <i>heř</i>	ING. J. SVITAVSKÝ <i>Švitavský</i>	Místo stavby	ČEJETICE U ML. BOL.
	Vypracoval	Kontroloval	Formát	A4
	ING. I. HEINZ <i>Heinz</i>	ING. L. MAREK <i>heř</i>	Datum	06/2017
			Účel	PROJEKT
			Měřítko	
TOP CON SERVIS s.r.o., Ke Stírce 1824/56, 182 00 Praha 8, tel/fax: 284 021 740, email: topcon@topcon.cz			Č.zakázky	129–15
REKONSTRUKCE MOSTU V KM 15,288 TRATI MLADÁ BOLESLAV – STARÁ PAKA E1.1 – SO 101 REKONSTRUKCE MOSTU			Číslo kopie	Číslo přílohy E1.1–12.2
STATICKÝ VÝPOČET NK TRATI ML. BOLESLAV – STARÁ PAKA				

STATICKÝ VÝPOČET

**Rekonstrukce mostu v km 15,288
Trať 064 Mladá Boleslav – Stará Paka**

SO 01 – Most v km 15,288 – Mladá Boleslav U Česany

Obsah

1. Průvodní zpráva ke statickému výpočtu	2
1.1. Úvod	2
1.2. Použitá literatura, podklady a výpočetní programy	2
1.3. Základní údaje pro projekt mostu	3
1.4. materiál	3
1.5. Popis konstrukce	3
2. Zatížení	4
2.1. Stálé (vlastní tíha)	4
2.2. Zbytek stálého	4
2.3. Nahodilá zatížení	5
2.3.1. Zatížení železniční dopravou	5
2.3.2. Odstředivá síla, rozdělení zatížení pod kolejí v oblouku	6
2.3.3. Zatížení ostatní nahodilá	7
2.4. Zemní tlak na rub opěry, přitížení od zatížení za rubem opěry	8
2.5. Mimořádná zatížení	8
2.5.1. Vykolejení železničního vozidla	8
2.5.2. Náraz silničního vozidla pod mostem	9
2.5.3. Zatížení od bezстыkové koleje	9
3. Podélný směr	9
3.1. Popis statického modelu	9
3.2. Průřezové charakteristiky nosníků	10
3.2.1. Zatřídění průřezu	10
3.2.2. Smykové ochabnutí	10
3.2.3. Účinky boulení	11
3.3. Vnitřní síly	12
3.3.1. Sestavy a kombinace zatížení	12
3.3.2. V poli max. M nosník N1 – krajní	12
3.3.3. V poli max. M nosník N2 – vnitřní	13
3.3.4. U opěry max. V nosník N1 – vnější	14
3.3.5. U opěry max. V nosník N2 – vnitřní	16
3.4. Mezní stav únosnosti	17
3.5. Nosník N1 – krajní	17
3.5.1. Nosník N2 – vnitřní	21
3.5.2. Mezní stav únavy	24
3.5.3. Posouzení dynamického chování nosné konstrukce	24
3.5.4. Návrh krčních svarů ocelových nosníků	25
4. Příčný směr - výztuhy	26
4.1. Popis statického modelu	26
4.2. Průřezové charakteristiky	26
4.2.1. Zatřídění průřezu	26
4.2.2. Smykové ochabnutí	26
4.3. Vnitřní síly	27
4.4. Mezní stav únosnosti	31
4.5. Mezní stav únavy	33
4.6. Posouzení plechu mostovky – srovnávací napětí	33
4.7. Konzoly	34
5. Mezní stav použitelnosti	35
5.1. Průhyby, nadvýšení konstrukce	35
5.2. Deformace koncového průřezu konstrukce	36
6. Uložení, úložný práh	37
6.1. Reakce	37

6.2. Úložný práh opěr – napětí pod ozubem, příčné tahy	38
6.3. Posuny a natočení	39
6.4. Úložný práh opěr – únosnost zadního ústupku ozubu na vodorovnou sílu	40
6.4.2. Posouzení	41
6.5. Náraz vozidla – únosnost Hl. nosníku a příčné výztuhy.....	42
6.5.1. Hlavní nosníky	42
6.5.2. Příčné výztuhy	42
7. Zatížitelnost.....	44
8. Závěr.....	45
Příloha P1: Tabulky zatížitelnosti	

1. Průvodní zpráva ke statickému výpočtu

1.1. Úvod

Účelem tohoto statického výpočtu je návrh a posouzení nové nosné konstrukce a rekonstruované spodní stavby železničního mostu v km 15,288 trati Mladá Boleslav – Stará Paka.

1.2. Použitá literatura, podklady a výpočetní programy

- /1/ ČSN EN 1990 (+ZMĚNA A1) Zásady navrhování konstrukcí
- /2/ ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- /3/ ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- /4/ ČSN EN 1991-1-5 Zatížení konstrukcí - Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou
- /5/ ČSN EN 1991-1-6 (+ZMĚNA Z1,Z2) Zatížení konstrukcí - Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění
- /6/ ČSN EN 1991-1-7 (+ZMĚNA Z1) Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení
- /7/ ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou
- /8/ ČSN EN 1992-1-1 ed.2 Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- /9/ ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- /10/ ČSN EN 1993-1-1(+ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- /11/ ČSN EN 1993-1-5(+ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-5: Boulení stěn
- /12/ ČSN EN 1993-1-9(+ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-9: Únava
- /13/ ČSN EN 1993-1-10(+Opr.1+2, ZMĚNA Z1) Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-10: Houževnatost materiálu a vlastnosti napříč tloušťkou
- /14/ ČSN EN 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty
- /15/ ČSN EN 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla
- /16/ ČSN 73 0037 (+Opr.1 + změna Z1) Zemní tlak na stavební konstrukce
- /17/ ČSN 73 1001 (+ změna Z1) Zakládání staveb – Základová půda pod plošnými základy
- /18/ ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů
- /19/ SŽDC Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů (07/2015)
- /20/ IDA NEXIS 32 – program pro výpočet prutových, deskostěnových a skořepinových konstrukcí (Ida & spol. s.r.o. Brno, FEM consulting s.r.o. Brno, SCIA International, Belgie)
- /21/ program Geotechnics Geo 4, firmy Fine

1.3. Základní údaje pro projekt mostu

- jednokolejný most
- jeden mostní otvor kolmé světlosti 9,0 m
- šikmost mostu 88,58°
- trať v přechodnici oblouku o poloměru R218 m, převýšení na začátku mostu D=18 mm, střed D=29 mm, konec D=38,5 mm.
- přemostřovanou překážkou je místní komunikace, ulice Koněvova v Mladé Boleslavi – části obce Čejetice.
- 1x prostá ocelová konstrukce /dráha/ (rozpětí 10,05 m), konstrukce působí jako rozpěráková.
- železniční svršek : tvar 49E1, přímé upevnění DFF300
- nahodilé krátkodobé zatížení :
 - dle ČSN EN 1991-2 zatěžovacím modelem 71, $\alpha = 1,10$, (kategorie železniční tratě z hlediska mostů: 3. třída)
- řád koleje 5 - objem dopravy méně než 1,825 - 7,300 mil. HRT/ rok

1.4. materiál

ocel S355 J2+N, pro nosné části konstrukce, plechy $t < 40$ mm

$$f_y = 355 \text{ Mpa}$$

ocel S355 K2+N, pro nosné části konstrukce, plechy $t \geq 40$ mm

$$f_y = 335 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_M = 1,10 \text{ pro základní kombinace zatížení}$$

$$\gamma_M = 1,00 \text{ pro mimořádné kombinace zatížení}$$

$$E = 210\,000 \text{ Mpa}$$

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_M$$

beton C30/37 (B 425)

$$f_{c,k} = 30 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_C = 1,50 \text{ pro základní kombinace zatížení}$$

$$\gamma_M = 1,30 \text{ pro mimořádné kombinace zatížení}$$

$$\alpha_{cc} = 0,85$$

$$f_{c,d} = \alpha_{cc} * f_{c,k} / \gamma_M$$

$$E_{c,s} = 32\,000 \text{ Mpa}, n=6,6 \dots \text{ pro krátkodobé zatížení}$$

$$E_{c,l} = 10\,667 \text{ Mpa}, n=19,7 \dots \text{ pro dlouhodobé zatížení}$$

výztuž B500B (10505 R)

$$f_{s,k} = 500 \text{ Mpa}$$

$$\gamma_M = 1,15 \text{ pro základní kombinace zatížení}$$

$$\gamma_M = 1,00 \text{ pro mimořádné kombinace zatížení}$$

1.5. Popis konstrukce

Vzhledem k omezené stavební výšce mostu nemohla být navržena mostní konstrukce s průběžným kolejovým ložem, v současné době obvyklá, ale bylo nutno zvolit konstrukci s mostovkou, která je z hlediska stavební výšky mostu mnohem úspornější.

Nosnou konstrukci mostu tvoří čtyři ocelové plnostěnné svařované nosníky o rozpětí 10,05 m, se společnou horní pásnicí – deskou mostovky šířky 3,00 m, plech tloušťky 30 mm. Deska mostovky je v příčném řezu dostředně skloněna ve 2,5%. Proto mají stěny hl. nosníku z plechu tl. 18 mm různé výšky – poblíž osy nosné konstrukce je to 460 mm a krajní nosník má 450 mm vysokou stěnu. Dolní pásnice hlavních nosníků jsou 50 x 320 mm a společně se stěnami jsou k mostovkovému plechu přivařeny ve tvaru obráceného T. Osová vzdálenost nosníků je 3x 800 mm. Celková výška nosníků je 530, respektive 540 mm. V osově vzdálenosti podkladnic koleje 635 mm jsou navařeny mezi hlavními nosníky k mostovkovému plechu příčné výztuhy obdélníkového průřezu 15x150 mm, nejsou tedy na celou výšku stěn hlavních nosníků, tvoří však také svislé výztuhy stěn po celé výšce průřezu 15x120 mm.

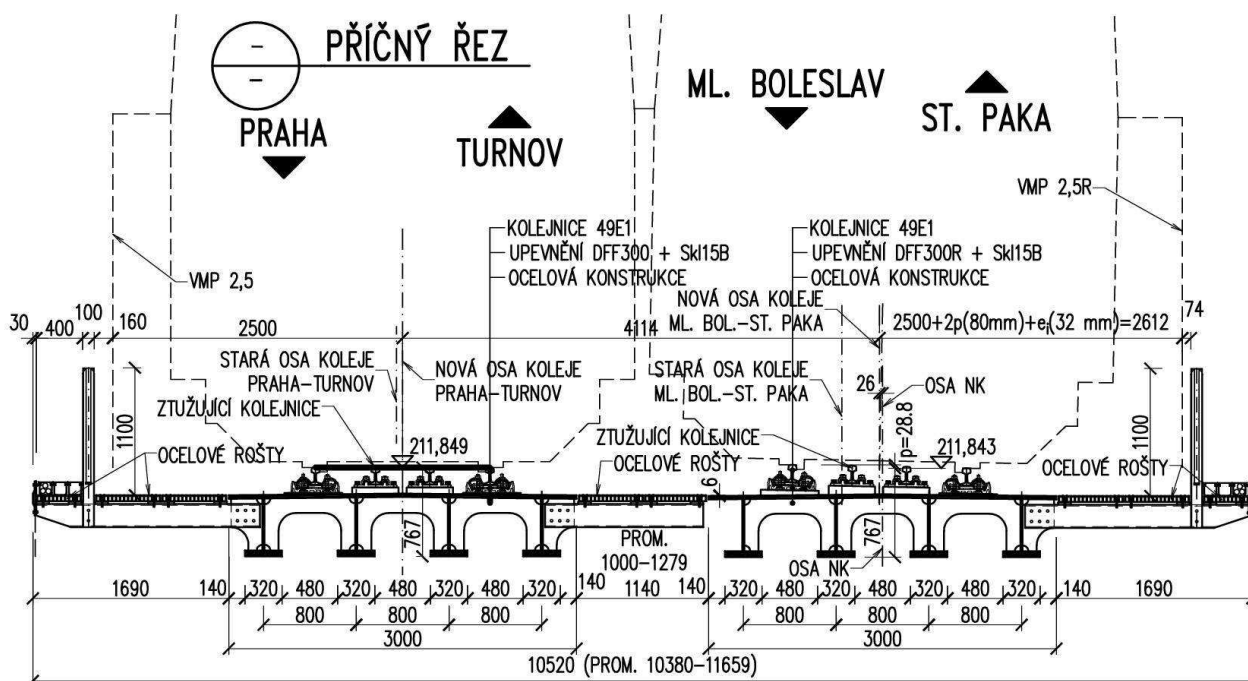
. U každé třetí výztuhy je z vnější strany na krajních nosnících vevařena svislá výztuha stěny také tl. 15 mm, ke které je přišroubován nosný profil konzol tvaru U200. Ten nese jak podlahy na konzolách, tak zábradlí a případně kabelové žlaby umístěné vně zábradlí.

Na koncích nosných konstrukcí budou vytvořeny železobetonové příčníky ztužující pevně příčný řez v osách uložení. Příčníky budou na spodní stavbu uloženy přes ozub. Vznikne tak rozpěráková soustava.

Spodní stavba bude zbudována nová, včetně nových základů a křídel.

Ozub vyplněný plastmaltou je uvažován jako liniový kloub, který umožňuje posun v podélném směru mostu a je tak zohledněn vliv uložení na ne zcela tuhé opěře. Velikost posunu je závislá na síle působící podélným směrem.

Obrázek – příčný řez nosnou konstrukcí



2. Zatížení

2.1. Stálé (vlastní tíha)

Vlastní váha jednotlivých prutů je automaticky generována programem IDA Nexis. Součinitel zatížení pro stálé zatížení je uvažován $\gamma=1,35$. Pokud jsou nějaké konstrukční části, které nejsou modelovány v programu, jsou vyčísleny jako zbytek stálého.

2.2. Zbytek stálého

Zatížení mostovky

železniční kolejnicový pás s upevňovací 1,7 / 2 0,85 kN/m 1,35

Zatížení chodníku (ocelová konstrukce)

Síla v místě sloupku zábradlí

zábradlí	$1,91 \cdot 0,072 + 14 \cdot 0,98 \cdot 0,026 + 1,91 \cdot 0,11 + 1,4 \cdot 0,11$	0,86 kN	1,35
podlah. rošt	$1,91 \cdot 1,64 \cdot 0,74$	2,32 kN	1,35
kabelový žlab	$3 \cdot 1,91 \cdot 0,4$	2,29 kN	1,35
podlah. nosník	$1,93 \cdot 0,25$	0,49 kN	1,35
Celkem		5,96 kN	1,35

2.3. Nahodilá zatížení

2.3.1. Zatížení železniční dopravou

Pohyblivá zatížení jsou umístěna do polohy vyvolávající maximální účinky ve sledovaném průřezu. Poloha koleje může mít odchylku od teoretické osy o 100 mm.

Traťová rychlost $v = 50 \text{ km/h}$.

2.3.1.1 Dynamický součinitel

podélný směr

$$L_{\Phi} = 10,05 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,82 = 1,30$$

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,73 = 1,46$$

mostovkový plech

$$L_{\Phi} = 3 \times 0,635 = 1,905 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,82 = 2,04 > 1,67$$

$$\Phi_2 = 1,67$$

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,73 = 2,56 > 2,00$$

$$\Phi_3 = 2,00$$

příčné výztuhy

$$L_{\Phi} = 2 \times 0,8 = 1,60 \text{ m}$$

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,82 = 2,17 > 1,67$$

$$\Phi_2 = 1,67$$

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,73 = 2,76 > 2,00$$

$$\Phi_3 = 2,00$$

koncové příčníky

$$L_{\Phi} = 3,6 \text{ m}$$

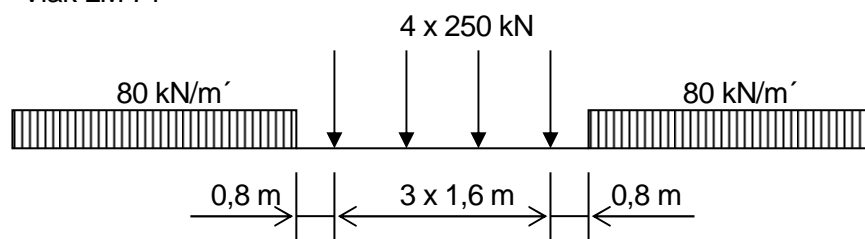
$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_d} - 0,2} + 0,73 = 2,00$$

$$\Phi_3 = 2,00$$

2.3.1.2 Model zatížení 71

Modelu vlaku LM71 vynásobením klasifikačním součinitelem $\alpha = 1,10$, $\gamma_f = 1,45$.

Vlak LM 71



Vzhledem k přímému upevnění koleje budeme zatížení od náprav vlaku roznášet v podélném směru na 3 podpory modelově vzdálené $1,6 \text{ m} / 3 = 0,533 \text{ m}$ v poměru $\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}$ celkové síly na nápravu.

Osa koleje je modelována přímkově, dále je zohledněna možnost posunu osy o 100 mm na obě strany.

2.3.2. Odstředivá síla, rozdělení zatížení pod kolejí v oblouku

Kolej na mostě je v přechodnici. Průměrné převýšení koleje je 29 mm. Průměrný poloměr koleje v přechodnici na mostě je cca 299 m.

e_p ... excentricita zatížení od převýšení pro vlak v klidu

e_t ... excentricita zatížení od odstředivé síly

e ... výsledná excentricita jedoucího vlaku

Odstředivá síla není násobena dynamickým součinitelem. Při uvažování svislých účinků odstředivé síly se svislý účinek zatížení bez jakékoliv redukce od převýšení koleje zvýší příslušným dynamickým součinitelem.

$\gamma_f = 1,45$

$V = 50 \text{ km/h}$

$f = 1,0$... redukční součinitel

$r = 299 \text{ m}$... průměrný poloměr oblouku

$p = 29 \text{ mm}$... průměrné převýšení

$h = 1,8 + 0,22 = 2,02 \text{ m}$... působíště žel. zatížení od referenční roviny (povrch mostovky)

$s = 1,5 \text{ m}$... rozchod

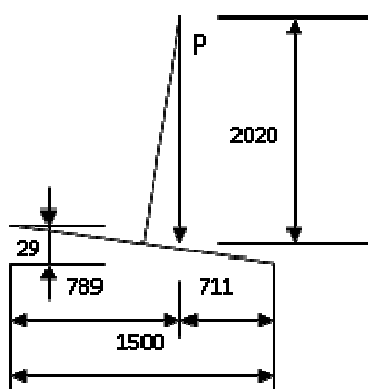
$e_p = 29 / 1,5 \cdot 2,02 = 39,05 \text{ mm}$... excentricita zatížení od převýšení pro vlak v klidu

Vlivem převýšení se svislá síla rozděluje na kolejnice nerovnoměrně:

převýšení $p = 29 \text{ mm}$

Vychýlení těžiště vlaku v oblouku od svislé osy:

$e = 39 \text{ mm}$



Výška těžiště vlaku nad spojnici temen kolejnic je uvažována $h = 1800 \text{ mm}$, 220 mm výška podkladnic

$$\text{zatížení na vnitřní kolej : } F_i = \frac{789}{1500} \cdot P = 0,526 \cdot P$$

$$\text{zatížení na vnější kolej : } F_o = \frac{711}{1500} \cdot P = 0,474 \cdot P$$

Převýšení koleje má na rozdělení zatížení od vlaku vliv. O tuto hodnotu budou zvětšeny vnitřní síly od vlaku oproti vlaku v přímé.

Odstředivá síla

$Q_{tk} = V^2 * f * Q_{vk} / (127 * r) = 50^2 * 1 * Q_{vk} / (127 * 218) = 0,090 * Q_{vk} \dots$ odstředivá síla

$e_t = 0,039 * 2020 = - 78,78 \text{ mm} \dots$ excentricita zatížení od odstředivé síly

Svislý účinek odstředivé síly bez redukce od převýšení koleje.

$$F_c = \pm 0,039 * P * 2,02 / 1,5 = \pm 0,053 * P$$

2.3.2.1 Boční rázy

$(\gamma_f = 1,45)$

Osamělá síla v nejúčinnější poloze ve výšce temena kolejnice.

$B = 100 * \alpha = 110 \text{ kN}$, působí v úrovni temene kolejnic

$e = 0,51 \text{ m}$

Svislé přetížení : $F_e = \pm 0,51 * 110 / 1,5 = \pm 37,4 \text{ kN}$ v ose kolejnic

2.3.2.2 Rozjezdové a brzdné síly

$(\gamma_f = 1,45)$

Vzhledem k délce konstrukce bude rozhodující rozjezdová síla

K účinku na nosnou konstrukci se nepřihlíží.

Rozjezdová síla: $Q_{lak} = \alpha * 33 \text{ kN/m} * L \leq 1000 \text{ kN}$

$$Q_{lak} = 1,10 * 33 * 11,28 = 409,46 \text{ kN}$$

Brzdná síla: $Q_{lbk} = \alpha * 20 \text{ kN/m} * L \leq 6000 \text{ kN}$

$$Q_{lbk} = 1,10 * 20 * 11,28 = 248,16 \text{ kN}$$

Redukční součinitel pro stanovení sil v ložiscích 0,6

2.3.2.3 Nezatížený vlak

$(\gamma_f = 1,0)$

Svislé rovnoměrné zatížení 10 kN/m' koleje

Vzhledem k charakteru mostu – uložení na ozub – nedojde ke ztrátě stability v uložení překlopením.

2.3.3. Zatížení ostatní nahodilá**2.3.3.1 Vítr**

$(\gamma_f = 1,5)$

větrová oblast II:

$v_{b,0} = 25 \text{ m/s} \dots$ výchozí základní rychlost větru

$v_b = 25 \text{ m/s} \dots$ základní rychlost větru

$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3 \dots$ měrná hmotnost vzduchu

$c_s * c_d = 1,0 \dots$ není nutný výpočet dynamické odezvy

$b = 5,77 \text{ m} \dots$ šířka konstrukce

$d_{tot} = 0,76 + 4,0 = 4,76 \text{ m} \dots$ výška včetně dopravy

$$b / d_{tot} = 5,77 / 4,76 = 1,21$$

$c_{fx} = c_{fx,0} = 2,25 \dots$ součinitel síly

$c_0 = 1,0 \dots$ součinitel orografie

$k_t = 1,0 \dots$ součinitel turbulence

Kategorie terénu III

$z_0 = 0,3 \dots$ parametr drsnosti terénu

$z_{min} = 5,0 \text{ m}$

$z_e = 4,3 \text{ m}$

$c_e = 1,3 \dots$ součinitel expozice

$C = c_e * c_{fx} = 1,3 * 2,25 = 2,93 \dots$ součinitel zatížení větrem

Síla větru (vodorovná kolmo k ose mostu):

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 \cdot 2,93 \cdot A_{ref,x} = 1,14 \text{ kN/m}^2 \cdot A_{ref,x}$$

$$F_{w,1v} = 1,14 \text{ kN/m}^2 \cdot 4,76 = 5,45 \text{ kN/m} \dots \text{ na 1 metr délky mostu}$$

Svislá síla od větru na 1 kolejnicový pás:

$$F_{w,1s} = 1,14 \cdot 4 \text{ kN/m} \cdot 2,0 \text{ m} / 1,5 \text{ m} = \pm 6,1 \text{ kN/m} \dots \text{ na 1 metr délky mostu}$$

2.3.3.2 Zatížení teplotou

$$(\gamma_f = 1,5)$$

Rovnoměrná složka teploty

Konstrukce: 1. typ

$$T_{max} = 40 \text{ °C} \dots \text{ max. teplota vzduchu ve stínu}$$

$$T_{min} = -32 \text{ °C} \dots \text{ min. teplota vzduchu ve stínu}$$

$$T_{e,max} = 40 + 16 = 56 \text{ °C} \dots \text{ max. teplota mostu}$$

$$T_{e,min} = -32 - 3 = -35 \text{ °C} \dots \text{ min. teplota mostu}$$

Nerovnoměrná složka teploty

Pro ocelovou mostovku na plnostěnných nosnících je uvažováno:

$$\Delta T_1 = +30 \text{ °C} \text{ oteplení horního povrchu}$$

$$\Delta T_1 = -8 \text{ °C} \text{ ochlazení horního povrchu}$$

Tyto hodnoty platí pro konstrukce bez šterkového lože.

2.3.3.3 Zatížení neveřejných služebních chodníků

$$(\gamma_f = 1,5)$$

Zatížení chodci a obecnou údržbou – rovnoměrné zatížení:

$$g_{fk} = 5 \text{ kN/m}^2$$

Soustředěné zatížení osaměle působící na čtvercovou plochu o straně 200 mm:

$$G_k = 2,0 \text{ kN}$$

Zatížení se uplatní na konstrukci revizního chodníku.

2.3.3.4 Další zatížení

Síly od bezстыkové koleje jsou do konstrukce přenášeny rovnoměrně a jejich vliv na nosnou konstrukci není tedy uvažován. Vzhledem k rozpětí totéž platí pro teplotní rozdíl mezi kolejí a NK.

2.4. Zemní tlak na rub opěry, přitížení od zatížení za rubem opěry

Pro posouzení založení opěr je uvažován klidový zemní tlak od zásypů za rubem opěry. Zásyp opěry je pro účely výpočtu uvažován nesoudržnou zeminou třídy S3.

$$\text{Parametry zeminy: } \gamma = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi_{ef} = 29,5^\circ$$

$$c_{ef} = 0 \text{ kPa}$$

$$K_r = 1 - \sin \frac{\varphi_{ef}}{\gamma_{mf}} = 1 - \sin 29,5/1,1 = 0,549$$

Přítížení od vlaku – rovnoměrné spojitě zatížení o intenzitě 43,5 kN/m', působící na šířce 3,0m.

2.5. Mimořádná zatížení

2.5.1. Vykojení železničního vozidla

Zatížení vykojeným vozidlem vzhledem k délce, šířce konstrukce a absenci šterkového lože není uvažováno, neboť nerozhoduje.

2.5.2. Náraz silničního vozidla pod mostem

Ekvivalentní statická síla od nárazu vozidla na nosnou konstrukci.

$$F_{dx} = 250 \text{ kN} \quad (\gamma_f = 1,0)$$

2.5.3. Zatížení od bezстыkové koleje

Pro výpočet prvků nosné konstrukce nerozhoduje, pro posouzení příčného posunu v ozubu uvažováno.

$$q_k = 5 * \Delta T_R * A / r = 5 * 53 * 6297 / 303000 = 5,5 \text{ kN/m}$$

síla od pojistné kolejnice délky 30 m. Uvažována jako $(15/50) * 5,5 = 1,65 \text{ kN/m}$

3. Podélný směr

3.1. Popis statického modelu

Výpočet vnitřních sil a průhybů od zatížení byl proveden v programu IDA NEXIS na deskostěnovém modelu s použitím modulu žebro. K desce mostovky byly modelovány nosníky (žebra) s odpovídajícími průřezovými charakteristikami a příčný roznos je zajištěn mostovkovou deskou s příčnými výtuhami.

Tuhost uložení ve vodorovném směru byla určena jako 75MN/m na šířku 1 m linie uložení.

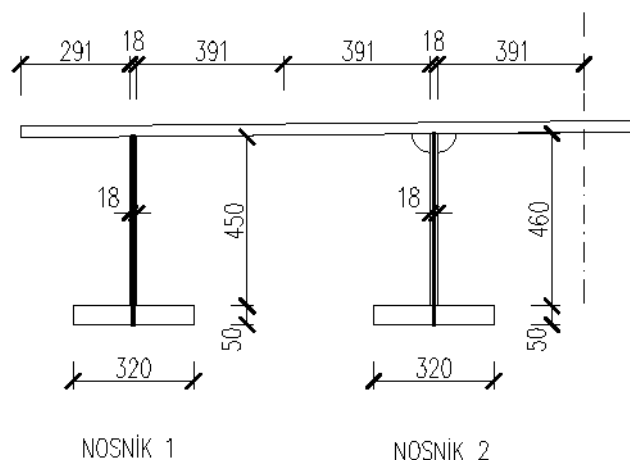


Maximální namáhání v podélném směru je vyčísleno:

1/ v poli (kladné momenty) uprostřed rozpětí, jak pro krajní nosník N1, tak pro vnitřní nosník N2.

2/ nad opěrou (posouvající síly), opět pro oba nosníky.

3.2. Průřezové charakteristiky nosníků



3.2.1. Zatřídění průřezu

1/ Dolní pásnice:

$$c/t = 151/50 = 3,02 < 9 \varepsilon = 9 \cdot 0,81 = 7,3 \dots \text{TŘÍDA 1 (pouze tah)}$$

2/ Stěna:

$$c/t = 460/18 = 25,6 < 72 \varepsilon = 72 \cdot 0,81 = 58,3 \dots \text{TŘÍDA 1}$$

3/ Horní pásnice mezi hlavními nosníky:

$$c/t = 782/30 = 26,1 < 33 \varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,7 \dots \text{TŘÍDA 1}$$

4/ Horní pásnice – přečnívající část:

$$c/t = 291/30 = 9,7 < 14 \varepsilon = 14 \cdot 0,81 = 11,3 \dots \text{TŘÍDA 3}$$

Průřez bude posuzován pružně.

3.2.2. Smykové ochabnutí

V poli: $L_e = 10,05 \text{ m}$... vzdálenost nulových momentů (kladných)

$L_e / 50 = 201 \text{ mm} < b_0$... je třeba počítat se smykovým ochabnutím u horní pásnice, na dolní pásnici nebude mít smykové ochabnutí vliv.

$\alpha_0 = 1$... žádné podélné výtzuhy

$$\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e$$

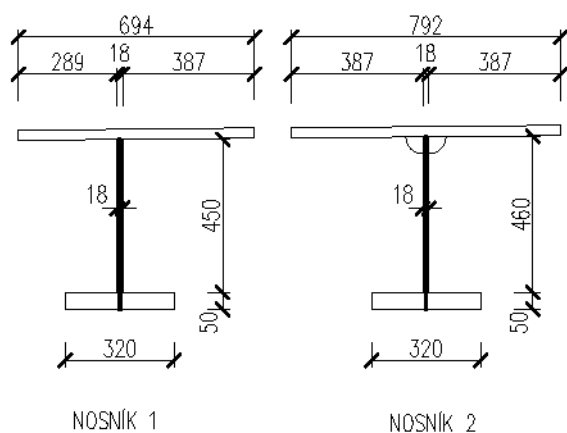
$$\beta = 1 / (1 + 6,4 \cdot \kappa^2)$$

Účinky smykového ochabnutí mezní stav použitelnosti a únavy

	řez	1	2
b_0 (1 strana)	mm	391	291
t	mm	30	30
As_I	mm ²	0	0
α_0		1,000	1,000
L_e	m	10050	10050
κ		0,039	0,029
β	kladný	0,9904	0,9947
b_{eff}	mm	387	289

Účinky smykového ochabnutí mezní stav únosnosti

Vzhledem k tomu, že v mezním stavu použitelnosti je účinek smykového ochabnutí minimální, bude stejný průřez konzervativně použit v mezním stavu únosnosti (pružné posouzení průřezu třídy 3).



3.2.3. Účinky boulení

1/ tlačené části desky mezi hlavními nosníky

$A_{c,eff} = \rho \cdot A_c$... účinná plocha tlačené zóny

$\psi = 1$... poměr napětí v tlačené části (desce mostovky)

$b = 800$ mm ... vnitřní část pásnice (desky mostovky)

$t = 30$ mm ... tloušťka pásnice (desky mostovky)

$\varepsilon = 0,81$... S355

$k_\sigma = 4,0$... součinitel kritického napětí

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\frac{b_p}{t}}{28,4 \cdot \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} = (800/30)/(28,4 \cdot 0,81 \cdot 4^{0,5}) = 0,58 < 0,5 + (0,085 - 0,055 \cdot \psi)^{0,5} = 0,673$$

$\rho = 1,00$... subpanel nebouli

2/ přečnávající části desky krajního nosníku

$\psi = 1$... poměr napětí v tlačené části (desce mostovky)

$b = 300$ mm ... přečnávající část pásnice (desky mostovky)

$t = 30$ mm ... tloušťka pásnice (desky mostovky)

$\varepsilon = 0,81$... S355

$k_\sigma = 0,43$... součinitel kritického napětí

$$\bar{\lambda}_p = \frac{\frac{b_p}{t}}{28,4 \cdot \varepsilon \sqrt{k_\sigma}} = (300/30)/(28,4 \cdot 0,81 \cdot 0,43^{0,5}) = 0,66 < 0,748$$

$\rho = 1,00$... subpanel nebouli

3.3. Vnitřní síly

3.3.1. Sestavy a kombinace zatížení

	LM-71 max				Nez. vlak			
	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,0
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	1,0	0,5	0,0					
Teplota	0,6	0,6	0,5					
Užitné zatížení	0,8	0,5	0,0					
gr_{11}	0,8	0,8	0,0					
gr_{12}	0,8	0,8	0,0					
gr_{13}	0,8	0,8	0,0					
gr_{14}	0,8	0,8	0,0					
gr_{15}	0,8	0,8	0,0					

3.3.2. V poli max. M nosník N1 – krajní

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	vlak-Z α	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-2,9	-0,1	-0,2	0,1	45,9	4,5
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,35			13,0	-0,1	0,1	0,0	4,1	1,4
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	1,10	-40,2	-0,4	-2,5	0,4	412,2	41,7
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-2,9	-0,1	-0,1	0,1	26,8	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{lak}	1,45		1,10	-2,8	3,6	6,8	-0,9	0,2	-0,1
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,10	-0,5	-1,0	-2,1	-0,1	18,4	1,2
Vítr	X_w	1,50			0,2	0,0	-0,1	0,0	11,9	0,4
Teplota	X_t	1,50			164,4	-1,2	0,1	-0,2	52,6	13,9
Užitné zatížení	X_t	1,50			15,5	-0,1	0,1	0,0	6,0	2,1

Návrhové hodnoty

		N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-3,9	-0,1	-0,3	0,1	61,9	6,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	17,6	-0,1	0,1	0,0	5,5	1,9
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-93,6	-0,8	-5,7	1,0	960,0	97,2
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-2,9	-0,1	-0,1	0,1	26,8	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-4,5	5,7	10,9	-1,4	0,2	-0,1
Boční rázy	Q_{Sk}	-0,8	-1,7	-3,3	-0,2	29,3	1,9
Vítr	Q_w	0,3	-0,1	-0,2	0,0	17,8	0,7
Teplota	Q_t	246,5	-1,7	0,2	-0,3	79,0	20,9
Užitné zatížení	Q_k	23,3	-0,1	0,1	0,1	9,0	3,2
LM-71							
gr_{11} - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-98,6	4,1	3,5	-0,5	974,9	98,1
gr_{12} - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-96,7	0,4	-3,6	0,1	989,4	99,1
gr_{13} - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-98,6	4,1	3,5	-0,5	974,9	98,1
gr_{14} - maximální boční	Q_{gr14-7}	-96,7	0,4	-3,6	0,1	989,4	99,1
Nezatížený vlak							
gr_{15} - boční stabilita	Q_{gr15-N}	-6,0	1,1	2,1	-0,8	56,2	4,7

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	My
1	$G_k+Q_{71}+(\psi_0*Q_{Lak}+\psi_0Q_{Sk}+\psi_0Q_W+\psi_0Q_T+\psi_0Q_{gr11-71})$	82	1	0	0	1129	123	1
3	$G_k+Q_{gr11-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	63	3	3	0	1108	119	
4	$G_k+Q_{gr12-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	65	-1	-4	0	1122	120	
5	$G_k+Q_{gr13-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	63	3	3	0	1108	119	
6	$G_k+Q_{gr14-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	65	-1	-4	0	1122	120	
7	$G_k+Q_{gr15-NV}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	156	0	2	-1	189	26	

Max **1129 kNm**

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	82,5	0,8	-0,4	-0,2	1129,3	122,8

3.3.3. V poli max. M nosník N2 – vnitřní

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	vlak-Z α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-16,1	0,0	0,1	0,1	49,7	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,35			-27,9	0,1	-0,1	0,0	11,4	-1,5
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	1,10	-116,3	0,5	1,3	0,4	444,9	-4,3
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-8,2	0,0	0,0	0,1	29,8	-0,1
Rozjezdové a brzdové síly	Q_{Lak}	1,45		1,10	-1,0	-2,8	6,9	0,5	2,0	-0,1
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,10	0,4	0,1	-0,1	0,2	0,1	0,0
Vítr	X_w	1,50			0,9	-0,3	0,0	0,1	5,8	-1,7
Teplota	X_t	1,50			92,2	-0,1	0,0	0,2	58,8	0,0
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	1,50			-35,2	-0,1	-0,1	0,1	22,0	-2,5

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-21,7	0,0	0,1	0,1	67,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	-37,7	0,1	-0,1	0,0	15,4	-2,0
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-270,9	1,0	3,1	0,9	1036,1	-9,9
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-8,2	0,0	0,0	0,1	29,8	-0,1
Rozjezdové a brzdové síly	Q_{Lak}	-1,5	-4,4	11,1	0,8	3,2	-0,2
Boční rázy	Q_{Sk}	0,7	0,1	-0,1	0,3	0,1	0,1
Vítr	Q_w	1,3	-0,5	0,0	0,1	8,6	-2,5
Teplota	Q_t	138,3	-0,2	0,0	0,3	88,2	0,0
Užitné zatížení	Q_u	-52,8	-0,2	-0,1	0,1	32,9	-3,7
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-272,1	-3,3	14,0	1,8	1039,4	-10,1
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-271,0	-1,0	8,4	1,5	1037,9	-10,0
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-272,1	-3,3	14,0	1,8	1039,4	-10,1
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-271,0	-1,0	8,4	1,5	1037,9	-10,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	-8,3	-2,1	5,4	0,7	31,6	-0,1

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_k+Q_{71}+(\psi_0 \cdot Q_{Lak}+\psi_0 Q_{Sk}+\psi_0 Q_W+\psi_0 Q_T+\psi_0 Q_{gr11-71})$	-289	-3	12	2	1209	-17
3	$G_k+Q_{gr11-71}+(\psi_0 Q_W+\psi_0 Q_T)$	-247	-4	14	2	1183	-15
4	$G_k+Q_{gr12-71}+(\psi_0 Q_W+\psi_0 Q_T)$	-246	-1	8	2	1182	-14
5	$G_k+Q_{gr13-71}+(\psi_0 Q_W+\psi_0 Q_T)$	-247	-4	14	2	1183	-15
6	$G_k+Q_{gr14-71}+(\psi_0 Q_W+\psi_0 Q_T)$	-246	-1	8	2	1182	-14
7	$G_k+Q_{gr15-NV}+(\psi_0 Q_W+\psi_0 Q_T)$	17	-3	5	1	176	-5

My
1

Max **1209 kNm**

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-288,8	-2,9	11,6	2,2	1209,2	-17,4

3.3.4. U opěry max. V nosník N1 – vnější

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	vlak-Z α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-9,6	-1,1	21,0	0,8	-4,6	0,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,00			-9,3	-1,6	-0,1	0,4	10,3	0,5
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	1,10	-64,4	-19,9	201,4	-6,0	-49,8	5,3
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-4,7	-1,6	11,5	-0,4	-1,9	0,6
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	1,45		1,10	-38,1	1,6	7,1	-0,5	-25,0	1,2
Boční rázy	Q_{Sk}	1,45		1,10	0,1	-2,1	15,3	-0,7	-10,3	0,4
Vítr	Q_W	1,50			-1,1	0,1	13,0	0,6	-17,7	-1,0
Teplota	Q_t	1,50			-36,9	-577,9	43,6	148,4	12,3	27,2
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	0,00			-12,7	-2,4	-2,4	0,2	18,5	1,1

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-13,0	-1,5	28,3	1,1	-6,2	0,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	-9,3	-1,6	-0,1	0,4	10,3	0,5
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-149,9	-46,2	469,0	-13,9	-116,0	12,3
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-4,7	-1,6	11,5	-0,4	-1,9	0,6
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-60,7	2,5	11,3	-0,7	-39,8	2,0
Boční rázy	Q_{Sk}	0,1	-3,3	24,5	-1,2	-16,4	0,7
Vítr	Q_W	-1,6	0,2	19,4	0,8	-26,5	-1,4
Teplota	Q_t	-55,4	-866,9	65,3	222,5	18,4	40,8
Užitné zatížení	Q_u	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-210,6	-45,3	492,5	-15,3	-164,0	14,6
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-180,2	-48,2	499,1	-15,5	-152,3	14,0
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-210,6	-45,3	492,5	-15,3	-164,0	14,6
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-180,2	-48,2	499,1	-15,5	-152,3	14,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	-35,0	-3,6	41,6	-1,9	-38,2	2,3

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_k+Q_{71}+(\psi_0*Q_{Lak}+\psi_0Q_{Sk}+\psi_0Q_W+\psi_0Q_T+\psi_0Q_u)$	-256	-571	589	120	-176	38
3	$G_k+Q_{gr11-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-268	-568	579	121	-175	38
4	$G_k+Q_{gr12-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-237	-571	586	120	-164	38
5	$G_k+Q_{gr13-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-268	-568	579	121	-175	38
6	$G_k+Q_{gr14-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-237	-571	586	120	-164	38
7	$G_k+Q_{gr15-NV}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-92	-527	128	134	-50	26

Vz
1

Max	589 kNm
-----	----------------

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-255,5	-570,5	589,3	120,2	-175,6	38,2

3.3.5. U opěry max. V nosník N2 – vnitřní

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	vlak-Z α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-6,6	-0,2	-20,8	0,0	-3,8	0,3
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,00			17,3	-9,8	4,7	4,9	7,5	3,3
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	1,21	-73,8	20,3	-221,3	5,7	-44,0	4,3
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-5,0	1,0	-13,2	0,3	-3,2	0,3
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{lak}	1,45		1,21	-38,5	-0,5	-7,0	0,0	-26,2	-1,3
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,21	-0,1	0,4	-4,8	0,7	-1,4	0,3
Vítr	X_w	1,50			-5,1	-3,7	-8,5	4,0	-8,7	2,3
Teplota	X_t	1,50			-50,5	31,9	-12,7	-6,4	-14,2	-3,2
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	0,00			20,0	-13,5	2,7	7,4	6,4	5,0

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-9,0	-0,3	-28,0	0,0	-5,1	0,5
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	17,3	-9,8	4,7	4,9	7,5	3,3
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-189,0	52,0	-567,0	14,5	-112,7	11,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-5,0	1,0	-13,2	0,3	-3,2	0,3
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-67,5	-0,9	-12,3	0,0	-45,9	-2,3
Boční rázy	Q_{Sk}	-0,2	0,7	-8,4	1,3	-2,5	0,5
Vítr	Q_w	-7,6	-5,6	-12,7	6,0	-13,1	3,5
Teplota	Q_t	-75,7	47,8	-19,1	-9,6	-21,4	-4,8
Užitné zatížení	Q_u	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-256,7	51,4	-583,4	15,1	-159,9	8,9
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-223,0	52,2	-581,5	15,7	-138,2	10,4
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-256,7	51,4	-583,4	15,1	-159,9	8,9
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-223,0	52,2	-581,5	15,7	-138,2	10,4
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	$Q_{gr15-NV}$	-38,9	1,2	-27,8	1,6	-28,6	-0,3

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t + \psi_0 Q_u)$	-288	65	-633	21	-175	14
3	$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	-301	65	-631	20	-183	13
4	$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	-268	65	-629	21	-162	15
5	$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	-301	65	-631	20	-183	13
6	$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	-268	65	-629	21	-162	15
7	$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	-84	14	-75	7	-52	4

Vz
1

MIN **-633 kNm**

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	-288,0	65,1	-632,6	20,9	-175,4	14,0

3.4. Mezní stav únosnosti

Posouzení ohýbaných průřezů je provedeno pružně

3.5. Nosník N1 – krajní

Návrhové vnitřní síly

$N_{Ed} =$	82,5	kN
$V_{y,Ed} =$	570,5	kN
$V_{z,Ed} =$	589,3	kN
$M_{y,Ed} =$	1129,3	kNm
$M_{z,Ed} =$	122,8	kNm

Ocelový průřez

výška průřezu [mm]: 530 mm

Horní pásnice:

tloušťka horní ocelové pásnice [mm]: 46% 30 mm řada oceli

šířka horní ocelové pásnice [mm]: 694 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]:

S355

345 MPa

Stojina:

tloušťka ocelové stěny [mm]: 18% 18 mm řada oceli

výška ocelové stěny [mm]: 450 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]:

S355

345 MPa

Dolní pásnice:

tloušťka dolní ocelové pásnice [mm]: 36% 50 mm řada oceli

šířka dolní ocelové pásnice [mm]: 320 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]:

S355

335 MPa

$m =$ 359 kg váha nosníku na 1 m´

$$A = 4,49E+04 \text{ mm}^2$$

$$S_z = 1,05E+07 \text{ mm}^3$$

$$c_y = e_1 = 233 \text{ mm} \quad \text{horní vlákna}$$

$$e_2 = 297 \text{ mm} \quad \text{dolní vlákna}$$

$$x = 108 \text{ mm} \quad \text{poloha neutrálné osy od horních vláken}$$

$$e_{zh} = 396 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost vláken od svislé osy}$$

$$e_{zd} = 160 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost vláken od svislé osy}$$

$$I_y = 2,32E+09 \text{ mm}^4$$

$$I_z = 9,72E+08 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,el,h} = 9,96E+06 \text{ mm}^3$$

$$W_{y,el,d} = 7,80E+06 \text{ mm}^3$$

$$W_{y,pl} = 9,59E+06 \text{ mm}^3$$

$$W_{z,el,h} = 2,46E+06 \text{ mm}^3$$

$$W_{z,el,d} = 6,08E+06 \text{ mm}^3$$

$$W_{z,pl} = 4,93E+06 \text{ mm}^3$$

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M1} = 1,10$$

Smyk

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{y,pl,Rd} = 1613,41 \text{ kN} \geq V_{y,Ed} = 589,29 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ} \quad 36,5 \%$$

$$\sigma_{x,Ed} = 115,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z,Ed} = 62,72 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ed} = 72,75 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) + 3 \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y / \sqrt{3} \gamma_{M0}} \right)^2 < 1$$

$$\begin{array}{ccccccc} 0,11 & + & 0,03 & - & 0,06 & + & 0,40 & < & 1,00 \\ & & & & & & 0,48 & < & 1,00 \end{array} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Horní vlákna tlak

$$N_{Rd} = 14088,55 \text{ kN}$$

$$M_{y,el,Rd} = 3123,701 \text{ kNm}$$

$$M_{z,el,Rd} = 770,144 \text{ kNm}$$

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}}$	<	1	
$\frac{82,49}{14088,55}$	+	$\frac{1129,34}{3123,70}$	+	$\frac{122,82}{770,14}$	<	1,00	
0,01	+	0,36	+	0,16	<	1,00	
				0,53	<	1,00	VYHOVÍ

Dolní vlákna tah

$$N_{Rd} = 14088,55 \text{ kN}$$

$$M_{y,el,Rd} = 2447,006 \text{ kNm}$$

$$M_{z,el,Rd} = 1906,106 \text{ kNm}$$

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}}$	<	1	
$\frac{82,49}{14088,55}$	+	$\frac{1129,34}{2447,01}$	+	$\frac{122,82}{1906,11}$	<	1,00	
0,01	+	0,46	+	0,06	<	1,00	
				0,53	<	1,00	VYHOVÍ

Zatížitelnost

$$Z_{UIC,1} = (S_{lim} - S_{rs}) / S_{UIC}$$

Horní vlákna – tlak

$$Z_{UIC,1} = 2,28$$

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_d	vlak-T α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-2,9	-0,1	-0,2	0,1	45,9	4,5
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,35			13,0	-0,1	0,1	0,0	4,1	1,4
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	2,28	-40,2	-0,4	-2,5	0,4	412,2	41,7
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-2,9	-0,1	-0,1	0,1	26,8	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	1,45		2,28	-2,8	3,6	6,8	-0,9	0,2	-0,1
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		2,28	-0,5	-1,0	-2,1	-0,1	18,4	1,2
Vítr	X_w	1,50			0,2	0,0	-0,1	0,0	11,9	0,4
Teplota	X_t	1,50			164,4	-1,2	0,1	-0,2	52,6	13,9
Užitné zatížení	X_t	1,50			15,5	-0,1	0,1	0,0	6,0	2,1

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-3,9	-0,1	-0,3	0,1	61,9	6,1
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	17,6	-0,1	0,1	0,0	5,5	1,9
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-194,1	-1,7	-11,9	2,0	1989,8	201,5
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-2,9	-0,1	-0,1	0,1	26,8	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-9,4	11,9	22,6	-2,9	0,5	-0,2
Boční rázy	Q_{Sk}	-1,8	-3,4	-6,8	-0,4	60,8	4,0
Vítr	Q_w	0,3	-0,1	-0,2	0,0	17,8	0,7
Teplota	Q_t	246,5	-1,7	0,2	-0,3	79,0	20,9
Užitné zatížení	Q_k	23,3	-0,1	0,1	0,1	9,0	3,2
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q_{gr11-7}	-204,3	8,4	7,3	-1,1	2020,7	203,3
gr12 - max. svislá 2	Q_{gr12-7}	-200,5	0,8	-7,4	0,2	2050,8	205,4
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-204,3	8,4	7,3	-1,1	2020,7	203,3
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-200,5	0,8	-7,4	0,2	2050,8	205,4
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q_{gr15-N}	-4,7	-3,5	-6,9	-0,3	87,5	6,8

Horní vlákna tlak

$$\begin{aligned}
 N_{Ed} &= 22,29 \text{ kN} \\
 M_{y,Ed} &= 2186,29 \text{ kNm} \\
 M_{z,Ed} &= 228,63 \text{ kNm} \\
 N_{Rd} &= 14088,55 \text{ kN} \\
 M_{y,el,Rd} &= 3123,70 \text{ kNm} \\
 M_{z,el,Rd} &= 770,14 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{rclclcl}
 \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} & + & \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}} & + & \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}} & < & 1 \\
 \frac{22,29}{14088,55} & + & \frac{2186,29}{3123,70} & + & \frac{228,63}{770,14} & < & 1,00 \\
 \mathbf{0,00} & + & \mathbf{0,70} & + & \mathbf{0,30} & < & \mathbf{1,00} \\
 & & & & \mathbf{1,00} & < & \mathbf{1,00} \quad \mathbf{VYHOVÍ}
 \end{array}$$

Dolní vlákna – tah**Z_{uic,1} = 2,23**

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	vlak-T α	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	1,35			-2,9	-0,1	-0,2	0,1	45,9	4,5
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	1,35			13,0	-0,1	0,1	0,0	4,1	1,4
Vlak LM-71	Q ₇₁	1,45	1,46	2,23	-40,2	-0,4	-2,5	0,4	412,2	41,7
Nezatížený vlak	Q _{NV}	1,00		1,00	-2,9	-0,1	-0,1	0,1	26,8	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q _{Lak}	1,45		2,23	-2,8	3,6	6,8	-0,9	0,2	-0,1
Boční rázy	X _{Sk}	1,45		2,23	-0,5	-1,0	-2,1	-0,1	18,4	1,2
Vítr	X _w	1,50			0,2	0,0	-0,1	0,0	11,9	0,4
Teplota	X _t	1,50			164,4	-1,2	0,1	-0,2	52,6	13,9
Užitné zatížení	X _t	1,50			15,5	-0,1	0,1	0,0	6,0	2,1

Návrhové hodnoty

		N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G _{k1}	-3,9	-0,1	-0,3	0,1	61,9	6,1
Ostatní trvalé zatížení	G _{k2}	17,6	-0,1	0,1	0,0	5,5	1,9
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q ₇₁	-189,8	-1,7	-11,6	2,0	1946,1	197,1
Nezatížený vlak	Q _{NV}	-2,9	-0,1	-0,1	0,1	26,8	2,8
Rozjezdové a brzdné síly	Q _{Lak}	-9,2	11,6	22,1	-2,8	0,5	-0,2
Boční rázy	Q _{Sk}	-1,7	-3,4	-6,7	-0,4	59,4	3,9
Vítr	Q _w	0,3	-0,1	-0,2	0,0	17,8	0,7
Teplota	Q _t	246,5	-1,7	0,2	-0,3	79,0	20,9
Užitné zatížení	Q _k	23,3	-0,1	0,1	0,1	9,0	3,2
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	Q _{gr11-7}	-199,8	8,3	7,2	-1,0	1976,3	198,8
gr12 - max. svislá 2	Q _{gr12-7}	-196,1	0,8	-7,2	0,2	2005,8	200,9
gr13 - maximální podélná	Q _{gr13-7}	-199,8	8,3	7,2	-1,0	1976,3	198,8
gr14 - maximální boční	Q _{gr14-7}	-196,1	0,8	-7,2	0,2	2005,8	200,9
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	Q _{gr15-N}	-4,7	-3,4	-6,7	-0,3	86,2	6,7

Dolní vlákna tah

$$N_{Ed} = 18,28 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 2145,81 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 224,58 \text{ kNm}$$

$$N_{Rd} = 14088,55 \text{ kN}$$

$$M_{y,el,Rd} = 2447,006 \text{ kNm}$$

$$M_{z,el,Rd} = 1906,106 \text{ kNm}$$

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$	+	$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}}$	+	$\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}}$	<	1	
$\frac{18,28}{14088,55}$	+	$\frac{2145,81}{2447,01}$	+	$\frac{224,58}{1906,11}$	<	1,00	
0,00	+	0,88	+	0,12	<	1,00	
				1,00	<	1,00	VYHOVÍ

Stěna - smyková zatížitelnost

$$V_{Rd} = 1613,41 \text{ kN}$$

$$V_{UIC,d} = 469 / 1,10 = 426,4 \text{ kN}$$

$$V_{St,d} = 28,3 - 0,1 = 28,2 \text{ kN}$$

$$V_{O,d} = 11,3 + 24,5 + 19,4 + 0,6 \cdot 65,3 - 0 = 94,4 \text{ kN}$$

$$Z_{UIC,1} = (V_{Rd} - V_{St,d} - V_{O,d}) / V_{UIC,d} = (1613,41 - 28,2 - 94,4) / 426,4 = 3,5$$

3.5.1. Nosník N2 – vnitřní**Návrhové vnitřní síly**

$$N_{Ed} = 288,8 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 65,1 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 632,6 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 1209,2 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 17,4 \text{ kNm}$$

Ocelový průřez

výška průřezu [mm]: 538 mm

Horní pásnice:

tloušťka horní ocelové pásnice [mm]: 49% 30 mm řada oceli

šířka horní ocelové pásnice [mm]: 792 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]:

S355
345 MPa
Stojina:

tloušťka ocelové stěny [mm]: 17% 18 mm řada oceli

výška ocelové stěny [mm]: 458 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]:

S355
345 MPa
Dolní pásnice:

tloušťka dolní ocelové pásnice [mm]: 33% 50 mm řada oceli

šířka dolní ocelové pásnice [mm]: 320 mm mez kluzu oceli f_y [MPa]:

S355
335 MPa

$$m = \text{384} \text{ kg}$$

váha nosníku na 1 m'

$$\begin{aligned}A &= 4,80E+04 \text{ mm}^2 \\S_z &= 1,07E+07 \text{ mm}^3 \\c_y = e_1 &= 223 \text{ mm} && \text{horní vlákna} \\e_2 &= 315 \text{ mm} && \text{dolní vlákna} \\x &= 31 \text{ mm} && \text{poloha neutrálné osy od horních vláken} \\e_{zh} &= 396 \text{ mm} && \text{vzdálenost vláken od svislé osy} \\e_{zd} &= 160 \text{ mm} && \text{vzdálenost vláken od svislé osy} \\I_y &= 2,53E+09 \text{ mm}^4 \\I_z &= 1,38E+09 \text{ mm}^4 \\W_{y,el,h} &= 1,14E+07 \text{ mm}^3 \\W_{y,el,d} &= 8,04E+06 \text{ mm}^3 \\W_{y,pl} &= 9,97E+06 \text{ mm}^3 \\W_{z,el,h} &= 3,48E+06 \text{ mm}^3 \\W_{z,el,d} &= 8,62E+06 \text{ mm}^3 \\W_{z,pl} &= 6,02E+06 \text{ mm}^3 \\\gamma_{M0} &= 1,00 \\\gamma_{M1} &= 1,10\end{aligned}$$

Smyk

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{y,pl,Rd} = 1642,09 \text{ kN} \geq V_{y,Ed} = 632,59 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ} \quad 38,5 \%$$

$$\sigma_{x,Ed} = 112,40 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{z,Ed} = 6,35 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Ed} = 76,73 \text{ MPa}$$

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) + 3 \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y / \sqrt{3} \gamma_{M0}} \right)^2 < 1$$

$$\begin{array}{ccccccc} 0,11 & + & 0,00 & - & 0,01 & + & 0,45 \\ & & & & & & 0,55 < 1,00 \\ & & & & & & < 1,00 \quad \text{VYHOVÍ} \end{array}$$

Horní vlákna tlak

$$N_{Rd} = 15055,8 \text{ kN}$$

$$M_{y,el,Rd} = 3564,925 \text{ kNm}$$

$$M_{z,el,Rd} = 1091,976 \text{ kNm}$$

$$\begin{array}{ccccccc} \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} & + & \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}} & + & \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}} & < & 1 \\ \frac{288,81}{15055,80} & + & \frac{1209,19}{3564,93} & + & \frac{17,40}{1091,98} & < & 1,00 \\ 0,02 & + & 0,34 & + & 0,02 & < & 1,00 \\ & & & & 0,37 & < & 1,00 \quad \text{VYHOVÍ} \end{array}$$

Dolní vlákna tah

$$N_{Rd} = 15055,8 \text{ kN}$$

$$M_{y,el,Rd} = 2521,609 \text{ kNm}$$

$$M_{z,el,Rd} = 2702,641 \text{ kNm}$$

$$\begin{array}{ccccccc} \frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} & + & \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}} & + & \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}} & < & 1 \\ \frac{288,81}{15055,80} & + & \frac{1209,19}{2521,61} & + & \frac{17,40}{2702,64} & < & 1,00 \\ 0,02 & + & 0,48 & + & 0,01 & < & 1,00 \\ & & & & 0,51 & < & 1,00 \quad \text{VYHOVÍ} \end{array}$$

Z posudků je zřejmé, že zatížitelnost v horních a dolních vláknech Z_{UIC} nosníku N2 bude vyšší než zatížitelnost nosníku N1 (vnější), proto nebude vyjadřována.

Stěna - smyková zatížitelnost

$$V_{Rd} = 1613,41 \text{ kN}$$

$$V_{UIC,d} = 567 / 1,10 = 515,45 \text{ kN}$$

$$V_{St,d} = 28 - 4,7 = 23,3 \text{ kN}$$

$$V_{O,d} = 12,3 + 8,4 + 12,7 + 0,6 \cdot 19,1 - 0 = 44,86 \text{ kN}$$

$$Z_{UIC,1} = (V_{Rd} - V_{St,d} - V_{O,d}) / V_{UIC,d} = (1613,41 - 23,3 - 44,86) / 515,45 = 3,00$$

3.5.2. Mezní stav únavy

Mimo níže posouzené detaily (v tabulce) se vyskytují na konstrukci i další místa, které však nerozhodují z hlediska mezního stavu únavy. Jedná se zejména o:

1/ podélné krční svary hlavních nosníků jsou vyšší kategorie (min. 100) než příčné svary výztuh k pásnicím (kategorie 80 – detaily 1,2), proto vyhoví.

Posuzované detaily hlavního nosníku :

Detail 1	kategorie 80	příčný svar svislé výztuhy k dolní pásnici v poli
Detail 2	kategorie 80	příčný svar svislé výztuhy k horní pásnici v poli
Detail 3	kategorie 140	základní materiál dolní pásnice v poli
Detail 4	kategorie 140	základní materiál horní pásnice v poli
Detail 5	kategorie 80	přivaření kotevního šroubu podkladnice na horní pásnici v poli

Číslo detailu			Det.1	Det.2	Det.3	Det.4	Det.5
maximální moment (71)	M_{max}	kNm	444,9	444,9	444,9	444,9	444,9
minimální moment (71)	M_{min}	kNm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
moment setrvačnosti	I_y	m ⁴	2,319E-03	2,319E-03	2,319E-03	2,319E-03	2,319E-03
vzdálenost od těžiště	e	m	0,247	-0,203	0,297	-0,233	-0,233
maximální napětí	$\sigma_{71,max}$	MPa	47,43	-38,92	57,03	-44,67	-44,67
minimální napětí	$\sigma_{71,min}$	MPa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
rozkmit napětí	$\Delta\sigma_{71}$	MPa	47,43	38,92	57,03	44,67	44,67
vliv účinků - délka přič. čáry	λ_1		0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
souč. objemu dopravy	λ_2		0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
součinitel návrhové životnosti	λ_3		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
vliv zat. prvku více než 1 kolej	λ_4		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
souč. ekvival. poškození	λ		0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
dynamický součinitel	ϕ_2		1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
souč. spol. únav. zatížení	γ_{Ff}		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ref. hodnota únavové pevnosti	$\Delta\sigma_C$	MPa	80	80	140	140	80
tloušťka plechu	t	mm	-	-	-	-	-
redukční souč. úč. velikosti	k_s		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
souč. spol. únav. pevnosti	γ_{Mf}		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
	$\gamma_{Ff} * \lambda * \phi_2 * \Delta\sigma_{71} =$		40,4	33,1	48,6	38,0	38,0
	$k_s \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf} =$		59,3	59,3	103,7	103,7	59,3
	využití	%	68,2	55,9	46,8	36,7	64,2
Hodnocení detailu			VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE

3.5.3. Posouzení dynamického chování nosné konstrukce

Pokud je první vlastní frekvence n_0 v rozmezí dle obr 6.10 ČSN EN 1991-2 není dynamická analýza vyžadována.

Horní mez: $n_0 = 94,76 * L^{-0,748} = 94,76 * 10,05^{-0,748} = 16,87$ Hz

Dolní mez: $n_0 = 80 / L = 80 / 10,05 = 7,96$ Hz

1. vlastní ohybová frekvence určená pomocí výpočetního programu IDA NEXIS: $n_0 = 15,491$ Hz

Dynamická analýza není vyžadována.

3.5.4. Návrh krčních svarů ocelových nosníků

Krční svary jsou navrženy na únosnost nosníku – tak, aby netvořili slabé místo konstrukce.

Návrh a posouzení svarů

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{MW} = 1,50$$

$$\beta_w = 0,90$$

$$f_{vw,d} = f_u / (3^{0.5} \beta_w \gamma_{MW}) = 218,1 \text{ MPa} \quad \text{návrhová pevnost svaru ve smyku}$$

$$V_{Ed} = 1613,4 \text{ kN} = V_{Rd}$$

Krční svar dolní pásnice

$$S_{yi} = 4,355E+06 \text{ mm}^3$$

$$I_{yi} = 2,319E+09 \text{ mm}^4$$

$$\text{výška svaru } a_{we} = 9 \text{ mm}$$

$$\tau_{||} = 168,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 0,0 \text{ MPa}$$

posouzení

$$\tau_{||} < f_{vw,d}$$

$$168,4 < 218,1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

srovnávací napětí

$$(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{||}^2)^{0.5} < f_u / (\beta_w \gamma_{MW})$$

$$291,6 < 377,8 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} < f_u / \gamma_{MW}$$

$$0,0 < 340,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Krční svar horní pásnice

$$S_{yi} = 4,535E+06 \text{ mm}^3$$

$$I_{yi} = 2,319E+09 \text{ mm}^4$$

$$\text{výška svaru } a_{we} = 9 \text{ mm}$$

$$\tau_{||} = 175,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = 0,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 0,0 \text{ MPa}$$

posouzení

$$\tau_{||} < f_{vw,d}$$

$$175,3 < 218,1 \quad \text{VYHOVUJE}$$

srovnávací napětí

$$(\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{||}^2)^{0.5} < f_u / (\beta_w \gamma_{MW})$$

$$303,6 < 377,8 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{\perp} < f_u / \gamma_{MW}$$

$$0,0 < 340,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Krční svary horní i dolní pásnice budou vzhledem k podobnému namáhání stejné – **oboustranné koutové automatové svary** bez přerušení účinné výšky **9 mm**.

4. Příčný směr - výztuhy

4.1. Popis statického modelu

Vnitřní síly na příčných výztuhách byly vypočítány na shodném deskovém modelu se žebry, jaký byl použit pro podélný směr. Namáhání jednotlivých výztuh je velice podobné.

1/ kladné momenty – maximální kladný moment je mezi krajním a vnitřním nosníkem na výztuze poblíž středu rozpětí nosné konstrukce.

2/ záporné momenty – maximální záporný moment je u vnitřní strany krajního hlavního nosníku na 1. výztuze u opěry.

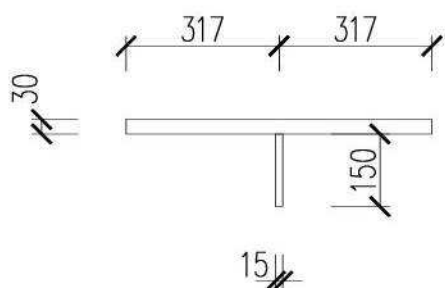
3/ mezi vnitřními hlavními nosníky se nenachází na příčné výztuze místo s maximálním namáháním.

Dynamický součinitel pro dopravu:

$$\Phi_2 = 1,67$$

$$\Phi_3 = 2,00$$

4.2. Průřezové charakteristiky



4.2.1. Zatřídění průřezu

1/ Stěna:

$\psi = +0,022$... poměr napětí ve stojině, odhad konzervativní (stěna tlačena celá, průběh napětí trojúhelníkový)

$k_\sigma = 0,57 - 0,21 \cdot \psi + 0,07 \cdot \psi^2 = 0,57$... součinitel kritického napětí

$c = 130$ mm ... přečnívající část pásnice (desky mostovky)

$t = 15$ mm ... tloušťka pásnice (desky mostovky)

$\varepsilon = 0,81$... S355

$c/t = 150/15 = 10 < 21 \cdot \varepsilon \cdot (k_\sigma)^2 = 21 \cdot 0,81 \cdot 0,57^{0,5} = 12,8$ **TŘÍDA 3**

2/ Horní pásnice mezi hlavními nosníky:

$c/t = 635/30 = 19,8 < 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,7$ **TŘÍDA 1**

Průřez bude posuzován pružně.

4.2.2. Smykové ochabnutí

Kladný moment:

$L_e = 0,8$ m ... vzdálenost nulových momentů (kladných)

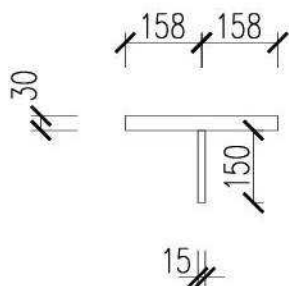
$L_e / 50 = 16$ mm $< b_0 = 317$... je třeba počítat se smykovým ochabnutím u horní pásnice.

$\alpha_0 = 1$... žádné podélné výztuhy

$\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e = 0,397$

$\beta = 1 / (1 + 6,4 \cdot \kappa^2) = 0,5$

$b_{eff} = \beta \cdot b_0 = 0,5 \cdot 317 = 158$ mm ... účinná šířka v pružném stavu

**Záporný moment:**

$L_e = 0,8 \text{ m}$... vzdálenost nulových momentů (kladných)

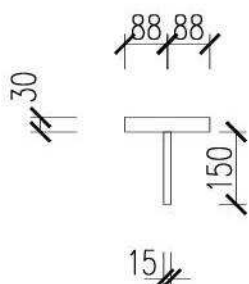
$L_e / 50 = 16 \text{ mm} < b_0 = 317$... je třeba počítat se smykovým ochabnutím u horní pásnice.

$\alpha_0 = 1$... žádné podélné výztuhy

$\kappa = \alpha_0 \cdot b_0 / L_e = 0,397$

$\beta = 1 / (1 + 6,0 \cdot (\kappa - 1 / (2500 \cdot \kappa))) + 1,6 \kappa^2 = 0,277$

$b_{\text{eff}} = \beta \cdot b_0 = 0,277 \cdot 317 = 88 \text{ mm}$... účinná šířka v pružném stavu



V mezním stavu únosnosti bude konzervativně použit stejný průřez jako v mezním stavu použitelnosti (pružné posouzení průřezu třídy 3).

4.3. Vnitřní síly**Kladné momenty**

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_3	vlak-Z α	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-2,6	-0,3	0,2	0,0	0,2	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,00			23,8	-2,7	1,7	0,1	-3,2	-0,5
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	2,00	1,10	-65,4	-0,4	8,8	0,1	11,2	0,5
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-4,3	0,0	0,5	0,0	0,6	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{lak}	1,45		1,10	0,0	-3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,10	7,5	6,9	11,6	-0,1	0,6	0,0
Vítr	X_w	1,50			-6,6	0,0	-0,1	0,0	1,0	0,0
Teplota	X_t	1,50			-82,3	-1,8	3,2	0,1	4,2	0,0
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	0,00			25,4	-2,7	-0,4	0,1	-3,6	-0,6

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-3,5	-0,3	0,2	0,0	0,2	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	23,8	-2,7	1,7	0,1	-3,2	-0,5
Vlak LM-71	Q_{71}	-208,7	-1,1	28,2	0,4	35,7	1,6
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-4,3	0,0	0,5	0,0	0,6	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	0,0	-5,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	12,0	11,0	18,5	-0,1	0,9	0,0
Vítr	Q_w	-10,0	-0,1	-0,2	0,0	1,5	-0,1
Teplota	Q_t	-123,5	-2,7	4,7	0,2	6,3	0,0
Užitné zatížení	Q_u	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LM-71							
gr11 - max. svíslá 1	Q_{gr11-7}	-202,7	-0,7	37,4	0,4	36,2	1,6
gr12 - max. svíslá 2	Q_{gr12-7}	-196,7	7,4	46,7	0,3	36,6	1,6
gr13 - maximální podélná	Q_{gr13-7}	-202,7	-0,7	37,4	0,4	36,2	1,6
gr14 - maximální boční	Q_{gr14-7}	-196,7	7,4	46,7	0,3	36,6	1,6
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	Q_{gr15-N}	7,7	11,0	19,0	-0,1	1,5	0,0

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t + \psi_0 Q_u)$	-272	1	51	1	38	1
3	$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	-266,4	-5,3	41,9	0,6	38,5	1,0
4	$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	-260,4	2,7	51,2	0,6	38,9	1,0
5	$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	-266,4	-5,3	41,9	0,6	38,5	1,0
6	$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	-260,4	2,7	51,2	0,6	38,9	1,0
7	$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	-56,0	6,3	23,5	0,1	3,8	-0,6

My
4
6

Max **38,9 kNm**

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
4	-260,4	2,7	51,2	0,6	38,9	1,0

Záporné momenty

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_d	vlak-Z α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-0,2	5,4	0,9	0,0	-0,1	0,3
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,35			5,8	1,4	0,7	0,0	-0,1	0,6
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	2,00	1,10	-14,2	-37,1	44,2	-0,8	-5,5	-2,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-1,6	-0,4	3,3	-0,1	-0,2	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	1,45		1,10	2,5	2,1	0,2	0,0	-0,1	0,2
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,10	-2,5	-24,4	15,9	-0,5	-1,5	-1,3
Vítr	X_w	1,50			-2,9	-60,5	3,6	0,1	-0,1	-0,5
Teplota	X_t	1,50			151,4	46,0	4,4	0,2	-3,7	32,4
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	1,50			8,0	21,3	0,3	-0,1	-0,1	0,9

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-0,3	7,2	1,3	0,0	-0,1	0,4
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	7,8	1,9	0,9	0,0	-0,1	0,7
Vlak LM-71	Q_{71}	-45,2	-118,4	140,9	-2,6	-17,5	-6,4
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-1,6	-0,4	3,3	-0,1	-0,2	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	4,1	3,4	0,3	0,0	-0,1	0,3
Boční rázy	Q_{Sk}	-3,9	-39,0	25,4	-0,7	-2,5	-2,0
Vítr	Q_w	-4,3	-90,7	5,4	0,1	-0,1	-0,8
Teplota	Q_t	227,1	68,9	6,6	0,2	-5,5	48,6
Užitné zatížení	Q_u	12,0	31,9	0,4	-0,1	-0,2	1,3
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-43,1	-134,5	153,8	-2,9	-18,9	-7,1
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-47,1	-155,7	166,4	-3,3	-20,1	-8,2
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-43,1	-134,5	153,8	-2,9	-18,9	-7,1
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-47,1	-155,7	166,4	-3,3	-20,1	-8,2
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	-3,5	-37,7	28,8	-0,8	-2,8	-1,8

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t + \psi_0 Q_u)$	103,1	-169,4	178,4	-3,1	-23,9	22,4
3	$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	96,3	-174,8	165,4	-2,7	-22,6	22,4
4	$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	92,3	-195,9	178,0	-3,1	-23,7	21,3
5	$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	96,3	-174,8	165,4	-2,7	-22,6	22,4
6	$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	92,3	-195,9	178,0	-3,1	-23,7	21,3
7	$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	135,9	-77,9	40,4	-0,7	-6,4	27,7

My
1

Min **-23,9 kNm**

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	103,1	-169,4	178,4	-3,1	-23,9	22,4

Max posouvající síla Vz

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_B	vlak-Z α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,35			-0,1	3,6	-1,0	0,0	-0,1	-0,2
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,00			13,6	-69,1	2,8	0,0	-0,2	0,4
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	2,00	1,10	-18,4	-6,7	-78,1	-2,0	-5,3	-0,3
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-1,4	-1,7	-3,3	-0,1	-0,3	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	1,45		1,10	2,7	2,4	-0,2	0,0	-0,1	-0,3
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,10	3,4	2,4	-11,5	-0,3	-0,3	0,3
Vítr	X_w	1,50			-3,0	-60,6	-3,5	0,2	-0,1	0,5
Teplota	X_t	1,50			164,0	52,9	-4,7	0,2	-3,8	-36,7
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	0,00			16,2	-110,1	3,6	0,2	-0,1	0,7

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-0,2	4,8	-1,3	0,0	-0,1	-0,3
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	13,6	-69,1	2,8	0,0	-0,2	0,4
Vlak LM-71	Q_{71}	-58,7	-21,3	-249,2	-6,4	-16,9	-1,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-1,4	-1,7	-3,3	-0,1	-0,3	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	4,3	3,9	-0,4	0,0	-0,2	-0,5
Boční rázy	Q_{Sk}	5,5	3,7	-18,3	-0,5	-0,4	0,5
Vítr	Q_w	-4,5	-90,9	-5,3	0,2	-0,2	0,7
Teplota	Q_t	246,0	79,3	-7,0	0,3	-5,6	-55,1
Užitné zatížení	Q_u	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-51,7	-15,6	-258,7	-6,6	-17,3	-1,3
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-51,1	-15,6	-267,7	-6,9	-17,4	-0,8
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-51,7	-15,6	-258,7	-6,6	-17,3	-1,3
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-51,1	-15,6	-267,7	-6,9	-17,4	-0,8
Nezatížený vlak							
gr15 - boční satbilita	$Q_{gr15-NV}$	6,2	4,0	-21,7	-0,5	-0,8	0,2

Nebezpečné kombinace

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	$G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t + \psi_0 Q_u)$	106,7	-122,0	-275,8	-6,4	-21,3	-33,2
3	$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	104,8	-123,1	-266,8	-6,2	-21,1	-33,5
4	$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	105,4	-123,2	-275,7	-6,4	-21,2	-33,0
5	$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	104,8	-123,1	-266,8	-6,2	-21,1	-33,5
6	$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	105,4	-123,2	-275,7	-6,4	-21,2	-33,0
7	$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_w + \psi_0 Q_t)$	162,7	-103,5	-29,8	-0,1	-4,6	-32,1

My
1

min	-275,8 kNm
-----	-------------------

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
1	106,7	-122,0	-275,8	-6,4	-21,3	-33,2

4.4. Mezní stav únosnosti

Kladný ohybový moment

Podélná výztuha

v poli

plocha A = 11730 mm²

Sy0 = 1732950 mm³

zt = 147,7 mm

ly = 1,966E+07 mm⁴

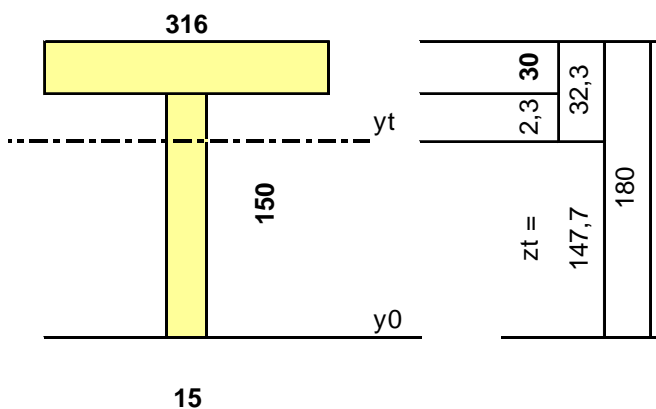
iy = 40,9 mm

Wh = 6,093E+05 mm³

Wd = 1,331E+05 mm³

fy = 355 MPa

Vpl.Rd = 481,6 kN



Výpočet napětí - lokální účinky

Vnitřní síly:

		$\alpha = 1,00$	$\alpha = 1,10$	
		$\Phi 2 = 1,67$	$\Phi 3 = 2,0$	
		LM 71	G+Q+P	
Mmax	kNm	18,7	38,9	
σ_h	MPa	-30,7	-63,8	horní vlákna
σ_d	MPa	140,6	292,3	dolní vlákna
σ_{wh}	MPa	2,15	-4,48	v místě krčného svaru

Záporný ohybový moment a maximální svislá posouvající síla**Podélná výztuha
nad vnitřním příčnickem**plocha A = 7530 mm²Sy0 = 1039950 mm³

zt = 138,1 mm

ly = 1,739E+07 mm⁴

iy = 48,1 mm

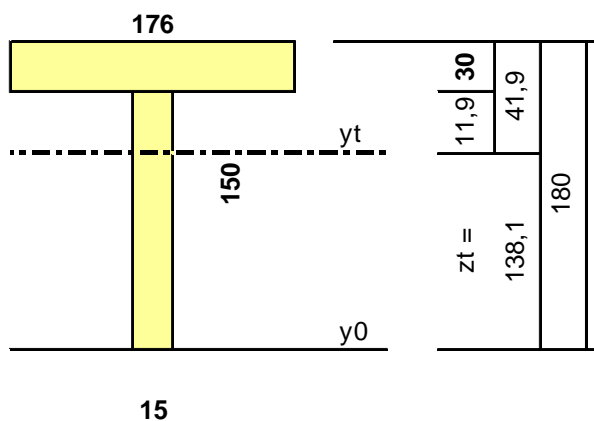
Wh = 4,152E+05 mm³Wd = 1,259E+05 mm³

fy = 355 MPa

Vpl.Rd = 481,6 kN

Sy1 = 62792,0 mm³

velikost svaru 6 mm



Výpočet napětí - lokální účinky

Vnitřní síly:

		$\alpha = 1,00$	$\alpha = 1,10$
		$\Phi 2 = 1,67$	$\Phi 3 = 2,0$
		LM 71	G+Q+P
Mmax	kNm	-9,2	-23,9
Qmax	kN	-130,5	-275,8
σ_h	MPa	22,1	57,6
σ_d	MPa	-72,9	-190,0
σ_{wh}	MPa	6,28	16,36
τ_{1max} (svar)	MPa	-39,25	-82,97

Veškerá napětí vyhovují pro ocel třídy S355. Krční svary příčných výztuh jsou navrženy účinné výšky 6 mm.

4.5. Mezní stav únavy

Posuzované detaily příčné výztuhy :

Detail 1	kategorie 140	základní materiál dolní pásnice v u podpory
Detail 2	kategorie 140	základní materiál horní pásnice u podpory
Detail 3	kategorie 36	křížový svar stěny výztuhy nahoře u výřezu
Detail 4	kategorie 80	příčný svar stěny hl. nosníku k horní pásnici (mostovce)
Detail 5	kategorie 140	základní materiál dolní pásnice v poli
Detail 6	kategorie 140	základní materiál horní pásnice v poli
Detail 7	kategorie 80	přivaření kotevního šroubu podkladnice na horní pásnici v poli

Číslo detailu			Det.1	Det.2	Det.3	Det.4	Det.5	Det.6	Det.7
maximální moment (71)	M_{max}	kNm	-5,5	-5,5	-5,5	-5,5	7,8	11,2	11,2
minimální moment	M_{min}	kNm	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
moment setrvačnosti	I_y	m ⁴	1,739E-05	1,739E-05	1,739E-05	1,739E-05	1,966E-05	1,966E-05	1,966E-05
vzdálenost od těžiště	e	m	0,138	-0,042	0,038	-0,012	0,148	-0,032	-0,032
maximální napětí	$\sigma_{71,max}$	MPa	-43,67	13,25	-12,05	3,76	58,92	-18,38	-18,38
minimální napětí	$\sigma_{71,min}$	MPa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
rozkmit napětí	$\Delta\sigma_{71}$	MPa	43,67	13,25	12,05	3,76	58,92	18,38	18,38
viv účinků - délka přič. čáry	λ_1		1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
souč. objemu dopravy	λ_2		0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
součinitel návrhové životnosti	λ_3		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
viv zat. prvku více než 1 kolejí	λ_4		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
souč. ekvival. poškození	λ		1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23	1,23
dynamický součinitel	ϕ_2		1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
souč. spol. únav. zatížení	γ_{Fi}		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ref. hodnota únavové pevnosti	$\Delta\sigma_C$	MPa	140	140	36	80	140	140	80
tloušťka plechu	t	mm	-	-	-	-	-	-	-
redukční souč. úč. velikosti	k_s		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
souč. spol. únav. pevnosti	γ_{Mf}		1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
	$\gamma_{Fi} * \lambda * \phi_2 * \Delta\sigma_{71} =$		89,9	27,3	24,8	7,7	121,3	37,8	37,8
	$k_s \Delta\sigma_C / \gamma_{Mf} =$		121,7	121,7	31,3	69,6	121,7	121,7	69,6
	využití	%	73,9	22,4	79,3	11,1	99,7	31,1	54,4
Hodnocení detailu			VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE	VYHOVUJE

4.6. Posouzení plechu mostovky – srovnávací napětí

Rovinná napjatost

Podélný směr

$\sigma_x = -115,23$ MPa (krajní nosník N1 uprostřed rozpětí)

Příčná výztuha

$\sigma_y = 57,6$ MPa (záporný moment)

$$\sqrt{(\sigma_{x,Sd})^2 + (\sigma_{z,Sd})^2 - \sigma_{x,Sd} * \sigma_{z,Sd} + 3(\tau_{Sd})^2} \leq \frac{f_y}{\gamma_M}$$

$$\sqrt{(-115,23)^2 + (57,6)^2 - [(-115,23) * (57,6)]} \leq \frac{345}{1.1}$$

$$152,42 \text{ MPa} \leq 313,64 \text{ MPa}$$

Vyhoví

4.7. Konzoly

Chodníkové konzoly uchycené k ocelové konstrukci

Zatížení

	kN	γ_f	kN
Vlastní tíha konzoly			
Nosný prvek U200: 1,93*0,25	<u>0,49</u>	1,35	0,66
Zábradlí			
madlo U80: 1,91*0,11	0,21	1,35	0,28
sloupek U80: 1,4*0,11	0,15	1,35	0,21
vodorovná: 1,91*0,072	0,14	1,35	0,19
svislá výplň: 14*0,98*0,026	0,36	1,35	0,49
Ocelové rošty výšky 50 mm			
1,91*1,64*0,74	2,32	1,35	3,13 (výslednice na konzole)
Kabelové žlaby 3 ks			
3*1,91*0,4	2,29	1,35	3,09 (výslednice na konzole)
Zatížení chodníků			
5,0 kN/m ² x 1,2*1,91 =	11,46	1,5	17,19 (výslednice na konzole)

Síly v přípoji

Posouvající síla

$$V_{Ed} = 0,66 + 0,28 + 0,21 + 0,19 + 0,49 + 3,13 + 3,09 + 23,49 = 31,54 \text{ kN}$$

Ohybový moment

$$M_{Ed} = 0,66*0,84 + (0,28+0,21+0,19+0,49)*1,36 + 3,13*0,84 + 3,09*1,6 + 23,49*0,73 = 22,32 \text{ kNm}$$

Únosnost UPN 200

$$V_{Rd} = 235*10^3 / (1,1*3^{0,5}) * 0,0085*0,151 = 158,3 \text{ kN} > 31,54 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} = 235*10^3 / 1,1*191*10^{-6} = 40,8 \text{ kNm} > 22,32 \text{ kNm} \text{ VYHOVUJE}$$

Přípoj konzoly

Konzola je připojena šrouby M20 materiál 8.8, styk není prováděn jako třecí.

Únosnost ve střihu pro jeden šroub je 81,8 kN.

Únosnost v otlačení pro $t=8,5\text{mm}$, S235 je 80,0 kN (šrouby stěny)

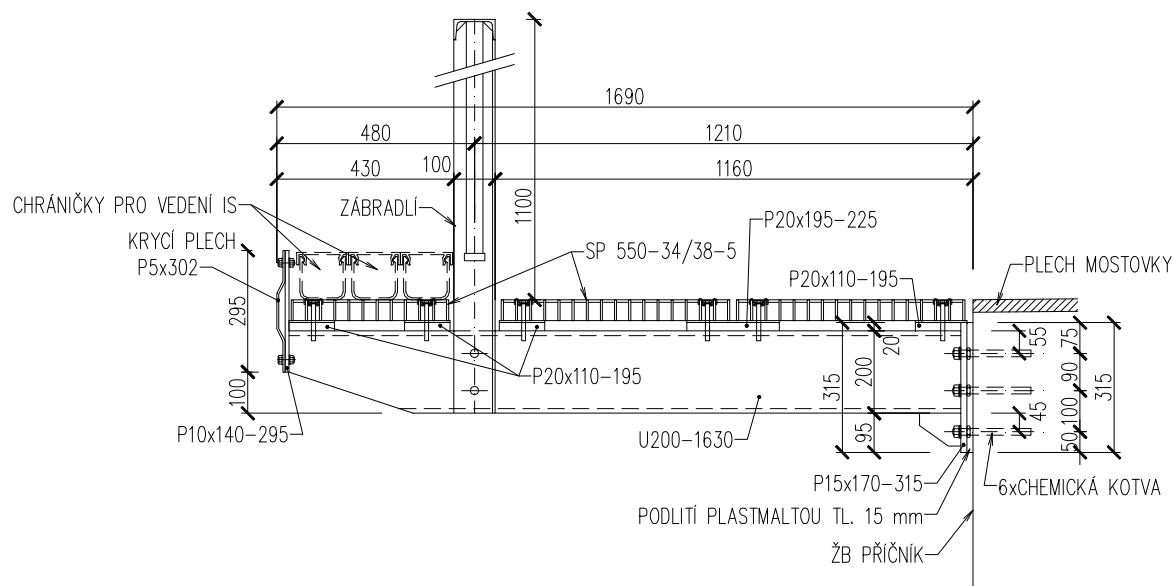
Smyková únosnost je přisouzena 2 ks šroubů v 2. sloupci.

$$V_{Rd} = 2*80,0 = 160,0 \text{ kN} > 31,54 \text{ kN} = V_{Ed}$$

Přenos ohybového momentu je přisouzen 4 ks šroubů (1. a 3. sloupec).

$$M_{Rd} = 2*0,14*80,0 = 22,4 \text{ kNm} > 22,32 \text{ kNm} = M_{Ed} \text{ VYHOVUJE}$$

Chodníkové konzoly uchycené chem. kotvami do ŽB příčníků



Zatížení

<u>charakteristické zatížení</u>		kN (kN/m)	gf
OK (vl. tíha konzoly vč. P20	$0,3 \cdot 1,63 + 0,2 = 0,7 \text{ kN}$	1,35	
zábradlí měst. typu (vl. tíha)	0,4 kN/m	1,35	
zábradlí – příčné zatížení	1,0 kN/m	1,35	
podlahy – ocel. rošty	0,74 kN/m ²	1,35	
nahodilé – chodci	5,0 kN/m ²	1,35	
nahodilé – chráničky+IS	0,3 kN/m	1,35	

zatěž. š. = 1,44 m

$$M_{Sk} = 0,7 \cdot 0,83 + 1,44 \cdot (0,4 \cdot 1,21 + 1,0 \cdot (1,1 + 0,21)) + 0,74 \cdot (1,13 \cdot 0,58 + 0,38 \cdot 1,46) + 5,0 \cdot 1,13 \cdot 0,58 + 0,3 \cdot 1,45 = 9,8 \text{ kNm}$$

síla do 1 kotvy:

$$F_{Sk} = 9,8 / (0,1 + 0,09/2) / 4 = 16,9 \text{ kN}$$

(otáčení okolo dolní dvojice kotev, tahové síly uvažovány do horní čtveřice totožné)

Kotvy

Chemické kotvy budou M16 dl. min. 220 mm do vrtu $\varnothing 18$ mm dl. min. 170 mm. Chemické kotvy budou dodány v nerezovém provedení A4, materiál kotevní směsi – epoxidová pryskyřice.

Min. charakteristická únosnosť 1 kotvy je 16,9 kN v tahu v kombinácii s 2,0 kN ve smyku.

5. Mezní stav použitelnosti

5.1. Průhyby, nadvýšení konstrukce

Limitní průhyby od zatížení dopravou

1/ Z hlediska bezpečnosti dopravy ... pro vlak LM-71, $\alpha=1,10$, $v=50$ km/h, včetně Φ

$$\delta_{p \lim 1} = L/600 = 10050 / 600 = 16,75 \text{ mm}$$

$$\delta_p = 9,15 * 1,10 * 1,46 = 14,69 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Pro konstrukci je limitující toto kritérium.

2/ Z hlediska pohodlí cestujících ... pro vlak LM-71 včetně Φ , $\alpha = 1,0$

$$L/\delta = 0,7 \cdot 600 = 420 < 600$$

$$\delta_{p,lim,2} = L/600 = 10050 / 600 = 16,75 \text{ mm}$$

$$\delta_p = 9,15 \cdot 1,46 = 13,36 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Zatížitelnost

$$\delta_{UIC,k} = 9,15 \cdot 1,46 = 13,36 \text{ mm}$$

$$Z_{UIC,1} = \delta_{p,lim,1} / \delta_{UIC,k} = 16,75 / 13,36 = 1,25$$

Nadvýšení konstrukce

Průhyb od zatížení vlastní tíhou a zbytku stálého zatížení

$$\delta_{s+zs} = 0,96 + 1,27 = 2,23 \text{ mm}$$

¼ průhybu od dopravy

$$\delta_{p/4} = 0,25 \cdot 14,69 = 3,67 \text{ mm}$$

Teoretické hodnoty nadvýšení nepřesahují hodnotu 20 mm, **nadvýšení nosníků přesto bude vzhledem k přímému upevnění koleje prováděno.**

$$\delta_{nadv} = 2,23 + 3,67 = \mathbf{5,90 \text{ mm.}}$$

Záporné tolerance nadvýšení (směrem dolů) nejsou povoleny.

Průhyby od zatížení teplotou (nerovnoměrnou)

Nerovnoměrná teplota způsobuje deformace uprostřed rozpětí 8,65 mm (oteplení horního povrchu) směrem nahoru – tz. $L/\delta = 1157$, směrem dolů jsou hodnoty deformací 2,31 mm (ochlazení horního povrchu) – tz. $L/\delta = 4332$. Hodnoty jsou vyhovující.

5.2. Deformace koncového průřezu konstrukce

Pootočení podporového průřezu opěry

Limitní pootočení

$$\Phi_{p,lim} = 6,5 \text{ mrad}$$

Od zatížení železniční dopravou (vlak Z, včetně dynamického součinitele).

$$\Phi_p = 2,56 \cdot 1,10 \cdot 1,46 = 4,11 \text{ mrad} < \Phi_{p,lim} = 6,5 \text{ mrad}$$

VYHOVUJE

$$\Phi_{p,UIC,k} = 4,11/1,10 = 3,74 \text{ mrad}$$

$$Z_{UIC} = \Phi_{p,lim} / \Phi_{p,UIC,k} = 6,5 / 3,69 = 1,74$$

Svislý posun konce podélné konzoly

Limitní posun

$$\delta_{v,p,lim} = 3 \text{ mm}$$

Od zatížení železniční dopravou (vlak Z, včetně dynamického součinitele).

$$\Phi_p = 4,11 \text{ mrad}$$

$$L_0 = 620 \text{ mm}$$

$$\delta_{v,p,k} = 620 \cdot 0,00411 = 2,55 \text{ mm} < \delta_{v,p,lim} = 3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$\delta_{v,UIC,k} = 2,55/1,10 = 2,32 \text{ mm}$$

$$Z_{UIC} = \delta_{v,p,lim} / \delta_{v,UIC,k} = 3,00 / 2,32 = 1,29$$

Vodorovný posun konce podélné konzoly

Limitní posun

$$\delta_{h,p,lim} = 10 \text{ mm}$$

Od zatížení železniční dopravou (vlak ČD-Z, včetně dynamického součinitele).

$$\Phi_p = 4,11 \text{ mrad}$$

$$\delta_{h,p,k} = \alpha \times h = 4,11 \cdot 10^{-3} \times 790 = 3,25 \text{ mm} < \delta_{h,p,lim} = 10 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$\delta_{v,UIC,k} = 3,25/1,10 = 2,95 \text{ mm}$$

$$Z_{UIC} = \delta_{v,p,lim} / \delta_{v,UIC,k} = 10 / 2,95 = 3,39$$

Z hlediska **zkroucení koleje** je posudek u tohoto podle svislé osy symetrického mostu s kolmým liniovým uložením bezvýznamný a z výsledných průhybů na deskovém modelu je zřejmé, že vyhovuje i pro kolej na začátku přechodnice.

6. Uložení, úložný práh

Konstrukce bude uložena na obou opěrách pomocí ozubu.

6.1. Reakce

Vyčísleny jsou max. reakce od celé nosné konstrukce na 1 opěru. Vzhledem k symetrii konstrukce jsou reakce nosné konstrukce stejné na obě opěry.

Charakteristické hodnoty

Podélná Příčná Svislá

		γ_F	ϕ_B	ČSD-T α	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení OK	$G_{k1,Ok}$	1,35			-37,5	0,0	179,9	0,0	0,0	0,0
Zbytek stálého	G_{k2}	1,35			-17,9	0,0	37,9	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71	Q_{71}	1,45	1,46	1,10	-317,7	0,0	712,4	-71,3	0,0	-1,5
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	-22,1	0,0	58,3	0,0	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{lak}	1,45		1,10	-192,3	0,0	28,7	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	X_{Sk}	1,45		1,10	0,0	100,0	0,0	-54,4	0,0	-0,3
Vítr	X_w	1,50			0,0	34,4	0,0	-53,3	0,0	-1,1
Teplota	X_t	1,50			-611,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	1,50			-35,3	0,0	62,7	0,0	0,0	0,0
Náraz vozidla	A_d	1,00			0,6	195,8	0,0	55,1	0,0	-116,4
Bezstyková kolej	K	1,50			0,0	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Návrhové hodnoty

Podélná Příčná Svislá

		X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Rx [kNm]	Ry [kNm]	Rz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	-50,6	0,0	242,8	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	-24,1	0,0	51,1	0,0	0,0	0,0
Vlak LM-71 (vč.ods.sil)	Q_{71}	-739,9	0,0	1659,0	-166,1	0,0	-3,4
Nezatížený vlak	Q_{NV}	-22,1	0,0	58,3	0,0	0,0	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-306,7	0,0	45,7	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	Q_{Sk}	0,0	159,5	0,0	-86,7	0,0	-0,5
Vítr	Q_w	0,0	51,6	0,0	-80,0	0,0	-1,7
Teplota	Q_t	-917,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Užitné zatížení	Q_u	-53,0	0,0	94,0	0,0	0,0	0,0
Náraz vozidla	A_d	0,6	195,8	0,0	55,1	0,0	-116,4
Bezstyková kolej	K_d	0,0	54,0	0,0	0,0	0,0	0,0

LM-71

gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-1046,6	79,8	1704,7
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-893,2	159,5	1681,9
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-1046,6	79,8	1704,7
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-893,2	159,5	1681,9
Nezatížený vlak				
gr15 - boční satbilita	$Q_{gr15-NV}$	-22,1	159,5	58,3

LM-71 max My

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Vlak SW0	0,8	0,8	0,0					
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzdné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,0
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	1,0	0,5	0,0					
Teplota	0,6	0,6	0,5					
Užitné zatížení	0,8	0,5	0,0					
gr_{11}	0,8	0,8	0,0					
gr_{12}	0,8	0,8	0,0					
gr_{13}	0,8	0,8	0,0					
gr_{14}	0,8	0,8	0,0					
gr_{15}	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

Podélná Příčná Svislá

	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Rx [kNm]	Ry [kNm]	Rz [kNm]
$G_k + Q_{71} + (\psi_0 \cdot Q_{Lak} + \psi_0 Q_{Sk} + \psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T + \psi_0 Q_u)$	-1653	244	2065	-333	0	-6
$G_k + Q_{gr11-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1672	164	1999	-80	0	-2
$G_k + Q_{gr12-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1519	244	1976	-80	0	-2
$G_k + Q_{gr13-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1672	164	1999	-80	0	-2
$G_k + Q_{gr14-71} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-1519	244	1976	-80	0	-2
$G_k + Q_{gr15-NV} + (\psi_0 Q_W + \psi_0 Q_T)$	-647	244	352	-80	0	-2

N
3
5

Min -1672 kN

Maximální návrhové hodnoty zatížení

komb. č.	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Rx [kNm]	Ry [kNm]	Rz [kNm]
3	-1671,9	163,8	1998,7	-80,0	0,0	-1,7

6.2. Úložný práh opěr – napětí pod ozubem, příčné tahy

Úložné prahy budou z betonu C30/37

Maximální svislá reakce $R_{zd} = 1998,7$ kNPříčná reakce $R_{yd} = 163,8$ kNPodélná reakce $R_{xd} = -1671,9$ kNŠikmost mostu činí: $\alpha = 88,58^\circ$ Svislá síla na ozub $F_{zd} = 1998,7$ kNPříčná síla na ozub $F_{xd} = R_{xd} \cdot \sin \alpha - R_{yd} \cdot \cos \alpha = -1671,9 \cdot 0,9997 - 163,8 \cdot 0,0248 = -1675,46$ kNPodélná síla na ozub $F_{yd} = R_{xd} \cdot \cos \alpha + R_{yd} \cdot \sin \alpha = -1671,9 \cdot 0,0248 + 163,8 \cdot 0,9997 = 122,29$ kN

Napětí pod ozubem

plocha ozubu

$$A_{C0} = 0,25 \cdot 3,0 = 0,75 \text{ m}^2$$

roznesená plocha

$$A_{C1} = 0,76 \cdot 3,0 = 2,28 \text{ m}^2$$

pevnost betonu v tlaku

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{c,d} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_M = 0,85 * 30 / 1,5 = 17,0 \text{ MPa}$$

Soustředěná síla na mezi únosnosti

$$F_{Rdu} = A_{C0} * f_{c,d} * (A_{C1} / A_{C0})^{0,5} = 0,75 * 17 * (2,28 / 0,75)^{0,5} = 22,23 \text{ MN}$$

$$>> F_{zd} = 1,9987 \text{ MN} \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

Příčné tahy – ve směru osy mostu

šířka ozubu

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

roznesená šířka

$$b = 0,76 \text{ m}$$

příčná tahová síla

$$T = 1/4 * F_{zd} * (b-a) / b + F_{xd} = 0,25 * 1998,7 * (0,76 - 0,25) / 0,76 + 1675,46 = 335,31 + 1675,46 = 2010,77 \text{ kN}$$

mez kluzu betonářské výztuže

$$f_{sk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{s,d} = f_{sk} / \gamma_s = 500 / 1,5 = 434 \text{ MPa}$$

nutná plocha výztuže

$$A_{a,nutná} = 1,5 * T / f_{s,d} = 1,5 * 2,01077 / 434 = 6,950 * 10^{-3} \text{ m}^2 = 6950 \text{ mm}^2$$

navržená výztuž (3000/150=15 ks)

15x2φR16

$$A_a = 20 * 2 * 201,1 = 8044 \text{ mm}^2$$

Dvoustržné třmínky Ø16/150 mm, ocel B500B vyhovují.**Podélné tahy u liniového uložení nerozhodují.**

6.3. Posuny a natočení

Většina posuzovaných hodnot viz. kapitola 5.2 Deformace koncového průřezu konstrukce

Posuny od teploty

Konstrukce typ 1

Rovnoměrná teplota - charakteristické hodnoty – maxima a minima

 $T_0 = + 10 \text{ °C}$... účinná teplota při osazení $T_{e,max} = 56 \text{ °C}$... max. teplota mostu $T_{e,min} = -35 \text{ °C}$... min. teplota mostu

$$\Delta t_{max} = 46 \text{ °C}$$

$$\Delta t_{min} = -45 \text{ °C}$$

$$\delta_{t,max} = 12 \times 10^{-6} \times 46 \times 11,28 / 2 = 3,11 \text{ mm}$$

$$\delta_{t,min} = 12 \times 10^{-6} \times (-45) \times 11,28 / 2 = -3,05 \text{ mm}$$

Tyto posuny budou realizovány v zásypu za opěrou a čelem nosné konstrukce.

6.4. Úložný práh opěr – únosnost zadního ústupku ozubu na vodorovnou sílu

Charakteristické hodnoty

Podélná Příčná Svislá

			ČSD-T α	X [kN]	Y [kN]	Z [kN]	Mx [kN]	My [kN]	Mz [kNm]
		ϕ_8							
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{lak}		1,10	-192,3	0,0	28,7	0,0	0,0	0,0
Boční rázy	X_{Sk}		1,10	0,0	100,0	0,0	-49,4	0,0	-0,3
Vítr	X_w			0,0	34,4	0,0	-53,3	0,0	-1,1
Teplota	X_t			-611,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Náraz vozidla	A_d			0,6	195,8	0,0	55,1	0,0	-116,4
Bezстыková kolej				0,0	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0

6.4.1.1 Přetížení za opěrou

Svislé zatížení od vlaku se roznese na celou délku ozubu.

a) čtveřice sil 1,10 x 250 kN na délku 6,40 m od rubu opěry

$$f = 1,10 \cdot 250 / (6,40 \cdot 5,9) = 29,13 \text{ kN/m}^2$$

b) rovnoměrné zatížení 1,10 x 80 kN/m' na ostatní délku

$$f = 1,10 \cdot 80 / 5,9 = 14,91 \text{ kN/m}^2$$

Síla na ozub od svislého přetížení za opěrou je stanovena 43,5 kN/m.

6.4.1.2 Přehled sil působících na jeden metr délky ozubu [kN/m']

Šikmost mostu $\alpha = 88,58^\circ$

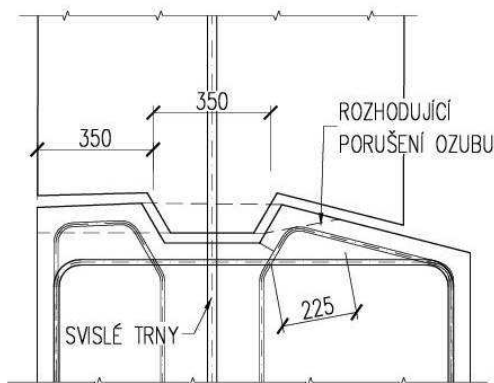
$$f_{xd} = F_{xd} \cdot \sin \alpha - F_{yd} \cdot \cos \alpha$$

$$F_{yd} = F_{xd} \cdot \cos \alpha + F_{yd} \cdot \sin \alpha$$

		Charakteristická		γ_Q	Návrhová		Součinitele kombinace			
		kolmo na ozub	rovnoběžně s ozubem		kolmo na ozub	rovnoběžně s ozubem	γ_f	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Přetížení za opěrou	p	43,50	0,00							
Odstředivá síla	o	0,00	0,00							
Brzdná síla	a	70,51	0,00							
Boční ráz	s	0,00	36,67							
Bezстыková kolej	k	0,00	12,00	1,5	0,00	18,00	1,5	0,6	0,6	0,5
Vítr	w	0,00	11,47	1,5	0,01	17,20	1,5	0,75	0,5	0
Teplota	t	203,93	0,00	1,5	305,90	0,00	1,5	0,6	0,6	0,5
Náraz silničního vozidla	d	0,19	65,28	1	0,19	65,28				
gr11 (p+a+0,5o+0,5s)		114,01	18,33	1,45	165,32	26,58	1,45	0,8	0,8	
gr12 (p+o+s+0,5a)		78,76	36,67	1,45	114,20	53,17	1,45	0,8	0,8	
Návrhová kombinace $f_d = \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot f_{gr11-71} + \gamma_Q \cdot f_t + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot f_w$					438,2	66,2				
Mimořádná kombinace $f_d = f_d + \psi_1 \cdot f_{gr11-71} + \psi_2 \cdot f_t + \psi_2 \cdot f_w$		193,4	94,6							

6.4.2. Posouzení

Posouzení je provedeno pro jeden metr délky ozubu.



beton C30/37, $f_{ctk} = 2,0 \text{ MPa}$

$A_{cc} = 0,225 \cdot 1,0 = 0,225 \text{ m}^2/\text{m}$

ocel B500B, $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

$3 \times R39 \dots A_s = 3 \cdot (0,039/2)^2 \cdot \pi / 3,0 = 1,194 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{m}$

Součinitel tření mezi betonovými dílci ve spáře vyplněné polymerbetonem a elektroizolačními deskami:
 $f = 0,3$.

Svislá reakce od vlastní tíhy a zbytku stálého zatížení $\gamma_F = 0,95$ (1,0 pro mimořádnou situaci)

$Z_{G, sd, 0,95} = (179,9 + 24) \cdot 0,95 / 3 = 64,57 \text{ kN/m}$

$Z_{G, sd, 1,00} = (179,9 + 24) \cdot 1,0 / 3 = 67,97 \text{ kN/m}$

a) beton ozubu, návrhová kombinace

Únosnost ozubu je stanovena dle /6/, čl. 12.6.3 - únosnost průřezu z prostého betonu ve smyku.

$$\sigma_{cp} = N_{ed} / A_{cc} = 0$$

$$\tau_{cp} = k \cdot V_{Ed} / A_{cc}$$

$$k = 1,5$$

$$\tau_{cp} = f_{ctd} = f_{ctk} \cdot \alpha_{ct} / \gamma_c = 2,0 \cdot 1,0 / 1,5 = 1,33 \text{ MPa}$$

$$A_{cc} = 0,225 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$V_{Rcd} = f_{ctd} \cdot A_{cc} / k = 1,33 \cdot 0,225 / 1,5 = 0,1995 \text{ MN}$$

$$V_{Rcd} = 199,5 \text{ kN} < V_{Ed} = 438,2 \text{ kN/m} - \text{NEVYHOVUJE, rozdíl je } 238,7 \text{ kN/m}$$

b) svislé reakce, návrhová kombinace

Vzdorující vodorovná síla:

$$V_{Rd, min} = 0,3 \cdot (64,57) = 19,37 \text{ kN/m} < V_{Ed} = 66,2 \text{ kN/m} - \text{NEVYHOVUJE, rozdíl je } 46,83 \text{ kN/m}$$

a + b) rozdíly (výslednici a, b) přeberou navržené svislé trny

$$V_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} / 3^{0,5} = 1,194 \cdot 500 / 1,15 / 3^{0,5} = 299,7 \text{ kN/m} > V_{Ed} = (238,7^2 + 45,73^2)^{0,5} = 243,3 \text{ kN/m}$$

c) beton ozubu, mimořádná kombinace

$$V_{Rcd} = f_{ctd} \cdot A_{cc} / k = 1,67 \cdot 0,225 / 1,5 = 0,2505 \text{ MN/m}$$

pro mimořádnou kombinaci $\gamma_c = 1,20$

$$f_{ctd} = 2,0 \cdot 1,0 / 1,2 = 1,67$$

$$V_{Rcd} = 250,5 \text{ kN/m} < V_{Ed} = 193,4 \text{ kN/m} - \text{VYHOVUJE}$$

d) svislé trny, mimořádná kombinace

pro mimořádnou kombinaci $\gamma_s = 1,00$

$$V_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} / 3^{0,5} = 0,490 \cdot 500 / 1,00 / 3^{0,5} = 141,45 \text{ kN/m} > V_{Ed} = 94,6 \text{ kN/m} - \text{VYHOVUJE}$$

6.5. Náraz vozidla – únosnost Hl. nosníku a příčné výztuhy

Jedná se o mimořádné zatížení, kdy se lokálním poškozením, zejména příčných výztuh pravděpodobně nevyhne. Každá mimořádná událost na mostě bude následně vyhodnocena po mimořádné prohlídce objektu.

Největší změna napětí a deformace ocelových prvků konstrukce vznikne při nárazu vozidla předepsanou silou $F_{dx} = 250 \text{ kN}$ ($\gamma_f = 1,0$) do dolní pásnice hlavního nosníku prvků. Ty ale nemají takové hodnoty, aby toto mělo vliv na bezpečnost kolejového provozu

6.5.1. Hlavní nosníky

Změna svislého průhybu hlavního nosníku činí 17 mm, což nemá na použitelnost konstrukce vliv. Změna napětí v dolní pásnici o 72 MPa je díky vysoké zatížitelnosti rovněž zanedbatelná.

6.5.2. Příčné výztuhy

Příčné výztuhy jsou posouzeny podrobněji.

Charakteristické hodnoty

		γ_F	ϕ_s	vlak-T α	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	1,00			0,1	1,2	1,1	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	1,00			36,2	16,1	1,5	-0,2	-3,7	2,5
Vlak LM-71	Q_{71}	0,00	2,00	1,10	3,5	-37,9	32,6	-3,9	0,6	-0,8
Nezatížený vlak	Q_{NV}	1,00		1,00	0,1	-10,2	6,1	0,0	0,1	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{lak}	1,00		1,10	-0,1	-0,6	2,4	-0,1	0,0	0,1
Boční rázy	X_{Sk}	1,00		1,10	0,0	-5,5	0,0	0,0	-0,1	-0,1
Vítr	X_w	1,00			-0,3	5,0	2,1	0,0	-0,5	0,0
Teplota	X_t	1,00			-39,1	55,3	3,4	0,0	-0,9	0,1
Užitné zatížení	$Q_{u,k}$	1,00			35,7	21,0	-0,8	-0,2	-3,7	2,8
Náraz vozidla	A_d	1,00			-101,1	994,9	40,5	2,0	-30,4	-51,1

Návrhové hodnoty

		N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Stálé zatížení	G_{k1}	0,1	1,2	1,1	0,0	0,0	0,0
Ostatní trvalé zatížení	G_{k2}	36,2	16,1	1,5	-0,2	-3,7	2,5
Vlak LM-71	Q_{71}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nezatížený vlak	Q_{NV}	0,1	-10,2	6,1	0,0	0,1	0,0
Rozjezdové a brzdné síly	Q_{Lak}	-0,1	-0,7	2,6	-0,1	0,0	0,1
Boční rázy	Q_{Sk}	0,0	-6,1	0,0	0,0	-0,2	-0,1
Vítr	Q_w	-0,3	5,0	2,1	0,0	-0,5	0,0
Teplota	Q_t	-39,1	55,3	3,4	0,0	-0,9	0,1
Užitné zatížení	Q_u	35,7	21,0	-0,8	-0,2	-3,7	2,8
LM-71							
gr11 - max. svislá 1	$Q_{gr11-71}$	-0,1	-3,7	2,6	0,0	-0,1	0,0
gr12 - max. svislá 2	$Q_{gr12-71}$	-0,1	-6,4	1,3	0,0	-0,2	0,0
gr13 - maximální podélná	$Q_{gr13-71}$	-0,1	-3,7	2,6	0,0	-0,1	0,0
gr14 - maximální boční	$Q_{gr14-71}$	-0,1	-6,4	1,3	0,0	-0,2	0,0
Nezatížený vlak							
gr15 - boční stabilita	$Q_{gr15-NV}$	0,1	-16,2	6,1	0,0	-0,1	-0,1

LM-71 max

Nez. vlak

	ψ_0	ψ_1	ψ_2	gr_{11}	gr_{12}	gr_{13}	gr_{14}	gr_{15}
Vlak LM-71	0,8	0,8	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Nezatížený vlak	1,0							1,0
Rozjezdové a brzděné síly	0,8	0,8	0,0	1,0	0,5	1,0	0,5	0,0
Boční rázy	1,0	0,8		0,5	1,0	0,5	1,0	1,0
Vítr	1,0	0,5	0,0					
Teplota	0,6	0,6	0,5					
Užitné zatížení	0,8	0,5	0,0					
gr_{11}	0,8	0,8	0,0					
gr_{12}	0,8	0,8	0,0					
gr_{13}	0,8	0,8	0,0					
gr_{14}	0,8	0,8	0,0					
gr_{15}	0,8	0,8	0,0					

Nebezpečné kombinace

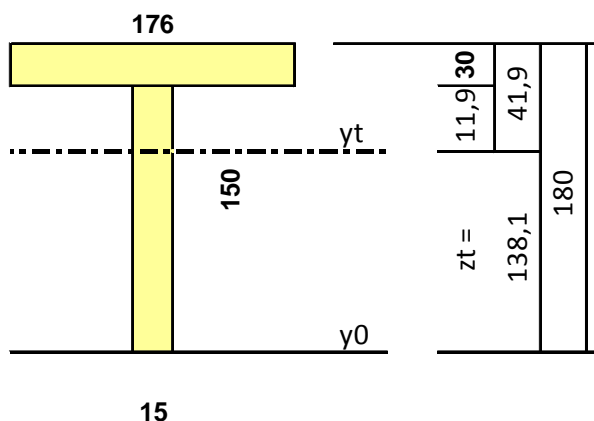
	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1 $G_k+Q_{71}+(\psi_0*Q_{Lak}+\psi_0Q_{Sk}+\psi_0Q_W+\psi_0Q_T+\psi_0Q_u)$	-89	1044	49	2	-35	-49
3 $G_k+Q_{gr11-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-88,6	1046,7	49,9	1,7	-35,3	-48,5
4 $G_k+Q_{gr12-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-88,5	1044,0	48,5	1,8	-35,3	-48,6
5 $G_k+Q_{gr13-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-88,6	1046,7	49,9	1,7	-35,3	-48,5
6 $G_k+Q_{gr14-71}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-88,5	1044,0	48,5	1,8	-35,3	-48,6
7 $G_k+Q_{gr15-NV}+(\psi_0Q_W+\psi_0Q_T)$	-88,4	1034,2	53,3	1,8	-35,3	-48,6

My
1
4
6

Max		1046,7	53,3			
Min	-88,6				-35,35	kNm

Příčná výztuha

plocha A =	7530 mm ²
Sy0 =	1039950 mm ³
zt =	138,1 mm
Iy =	1,739E+07 mm ⁴
iy =	48,1 mm
Wh =	4,152E+05 mm ³
Wd =	1,259E+05 mm ³
fy =	355 MPa
Vpl.Rd =	481,6 kN
Sy1 =	62792,0 mm ³
velikost svaru	6 mm

**Výpočet napětí - lokální účinky**

Vnitřní síly:		$\alpha = 1,10$
		$\Phi 3 = 2,0$
		G+Q+P
Mmax	kNm	-35,3
Qmax	kN	1047,7
N	kN	-88,4
σ_h	MPa	73,4
σ_d	MPa	-292,4
σ_{wh}	MPa	12,43
τ_{1max} (svar)	MPa	315,17

7. Zatížitelnost

Nová nosná konstrukce byla v tomto statickém výpočtu počítána dle norem EC, zatížitelnost je určena dle dokumentu Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů. Fakt, že limitním prvkem pro návrh mostu byl průhyb od nahodilého zatížení, znamená v důsledku vyšší zatížitelnost mostu v MSÚ. Jednotlivé zatížitelnosti jsou vypočítány v příslušných kapitolách.

1.MSU Zatížitelnost z vnitřních sil se určí dle vztahu:

$$Z_{UIC} = \frac{S_{lim} - S_{rs}}{S_{UIC}}$$

S_{lim} hodnota vnitřní síly, odpovídající mezi únosnosti

S_{rs} hodnota stejné vnitřní síly pro všechna zatížení mimo zatěžovací schémata UIC-71, včetně součinitele kombinace zatížení.

S_{UIC} hodnota stejné vnitřní síly pro zatížení zatěžovacím schématem UIC-71 včetně dynamického součinitele a součinitele kombinace

2.MSP Zatížitelnost se určí z napětí dle vztahu:

$$Z_{UIC} = \frac{R_d - \sigma_{rs}}{\sigma_{UIC}}$$

8. Závěr

Statický výpočet prokázal, že navržená konstrukce vyhovuje pro všechna uvažovaná zatížení.

Příloha P1: Tabulky zatížitelnosti

Přehled zatížitelnosti částí mostu

A Identifikace mostu

TÚ (číslo, název): 1431 Mladá Boleslav hl.n. (mimo) – DÚ: 02 – Mladá Boleslav hl.n. – Mladá Boleslav město km 15,288
Stará Paka (mimo)

B Identifikace části mostu

část mostu: nosná konstrukce / opěra / pilíř, poř. číslo (ve směru staničení): pod koleji č. 1

C Doplnující data pro část mostu

Kategorie zatížitelnosti: D, C Výpočetní model: prostorový

Geometrie koleje uvažovaná v přepočtu pro část mostu v jejím profilu (ve směru staničení)

	na začátku	uprostřed	na konci
poloměr oblouku [m]	299	299	299
převýšení koleje [mm]	18 mm	29 mm	39,5 mm
excentricita koleje vůči ose mostu [m]	14,5 mm vpravo	26 mm vlevo	16,6 mm vpravo

Popis závad uvažovaných v přepočtu:

Datum zjištění technického stavu mostu: - SŽDC, s.o.:
- zpracovatelem přepočtu:

Poznámka k části mostu: Výpočet proveden pro novou nosnou konstrukci a novou spodní stavbu.

Poř. č.	Prvek	Detail	Namáhání	k_i	typ	L_p	ϕ_i	L_ϕ	$\gamma_{Q,LM71}$	$\gamma_{Q,LM71,E}$	Viz číslo str. přepočtu	Z_{LM71}	$Z_{LM71,E}$	Poznámky
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Hl. nosník - v poli	horní vlákna	ohyb M_y , MSU	0,70	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	19-20	2,28	-	-
			ohyb M_z , MSU	0,30	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	19-20			
			tlak N , MSU	0,00	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	19-20			
2	Hl. nosník - v poli	dolní vlákna	ohyb M_y , MSU	0,87	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	20-21	2,23	-	-
			ohyb M_z , MSU	0,12	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	20-21			
			tlak N , MSU	0,01	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	20-21			
3	Hl. nosník - u opěry	stěna	smyk	1,00	Q	10,05	1,46	10,05	1,45	-	23	3,00	-	-
4	Kce. - střed rozpětí	-	deformace u_z , MSP	1,00	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	35	1,25	-	-
5	Kce. - na opěře	-	deformace ϕ_y , MSP	1,00	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	35	1,74	-	-
5	konec Kce. - nad opěrou	-	deformace u_z , MSP	1,00	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	35	1,29	-	-
5	konec Kce. - nad opěrou	-	deformace u_x , MSP	1,00	M	10,05	1,46	10,05	1,45	-	36	3,39	-	-
6	Spodní stavba	-	napětí v zákl. spáře	1,00	Q	-	-	-	-	-	-	1,10	-	-

Dne: zatížitelnost určil: Ing. I. Heinz