

Přepočet a stanovení zatížitelnosti

mostního objektu provedené dle platných norem a Metodického pokynu SŽ, s.o. pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů z roku 2020

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)		DÚ 12 Zbraslavice - Zruč n/Sázavou		evd. km	27,918
Objekt most		Šířá trať	Vžitý název:	Hodkov zast.	
délka mostu 14,12 m	počet otvorů	1	počet kolejí na mostě	1	elektrizace: ne
Objednatel: SŽ, s.o., OŘ Praha		rychlost na mostě / rychlost traťová [km/h]: 40/60		Traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí C3 - 60	
hodnocení stavebního stavu		3/2	Vedoucí EČMO Ing. Luboš Dejmek		Rok podrobné prohlídky 2020
Vypracoval Ing. Michal Kábrt				Datum	měsíc 1 rok 2021



Pohled zleva

Obchodní firma:

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Sídlo: Praha 1-Nové Město, Dlážďená 1003/7, PSČ 110 00
Zápis v obch. rejstříku: Městský soud v Praze, spis. značka A 48384
www.szdc.cz

Doručovací adresa:

Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Technická ústředna dopravní cesty,
Malletova 10/2363, 190 00 Praha 9 – Libeň
www.tudc.cz

Technická ústředna založena 1957



URS is a member of Registrar of Standards (Předseda URS). URS is a member of Registrar of Standards (Předseda URS).
Tato logo prokazuje, že TUDC má zaveden integrovaný systém managementu zajišťující soulad s normou ISO 9001 a ISO 27001.
Nevztahují se na dodávky služeb nebo výrobků.

OBSAH:

1	Technická zpráva.....	5
1.1	Rozsah posuzovaných konstrukcí.....	5
1.2	Základní údaje.....	5
1.2.1	Umístění objektu.....	5
1.2.2	Členění nosných konstrukcí.....	5
1.2.3	Členění spodní stavby.....	5
1.2.4	Charakteristické rozměry mostu.....	5
1.2.5	Geometrická poloha koleje.....	5
1.2.6	Požadavky na zatížení mostu.....	6
1.3	Podklady.....	6
1.3.1	Existující dokumentace.....	6
1.3.2	Výsledky diagnostiky.....	6
1.3.3	Výsledky prohlídek.....	6
1.3.4	Zvláštní požadavky zadavatele.....	6
1.4	Technický popis jednotlivých částí konstrukce.....	7
1.4.1	Nosná konstrukce K01.....	7
1.4.2	Spodní stavba.....	8
1.4.3	Železniční svršek.....	9
1.4.4	Závady uvažované ve výpočtu.....	9
1.5	Výpočetní pomůcky.....	10
1.5.1	Výpočetní programy.....	10
1.6	Přehled použité norem a literatury.....	10
1.7	Identifikace autora.....	10
2	Grafické přílohy.....	11
2.1	Příčný řez objektem.....	11
2.2	Schéma ložisek.....	11
2.3	Půdorysné schéma a podélný řez.....	12
2.4	Fotodokumentace.....	13
3	Výpočetní model.....	14
4	Zatížení.....	17
4.1	Stálé.....	17
4.1.1	ZS1.1 - Vlastní tíha.....	17
4.1.2	ZS1.2 - Ostatní stálé.....	17
4.2	Proměnné.....	18
4.2.1	ZS2 - Zatížení větrem.....	18
4.2.2	ZS3 - Zatížení teplotou.....	19
4.2.3	Zatížení železniční dopravou.....	20
4.2.3.1	Vliv excentricity.....	20
4.2.3.2	Kolová síla pro lokální účinky.....	20
4.2.3.3	ZS4 - Zatížení bočními rázy.....	21
4.2.3.4	ZS5 - Vliv odstředivých sil.....	21
4.2.3.5	ZS6 - Rozjezdové a brzdné síly.....	22
4.2.3.6	Model zatížení 71.....	22
5	Stanovení zatížitelnosti - MSÚ.....	26
5.1	Zatěžovací stavy a kombinace.....	28
5.2	Popis vláken průřezu.....	30
5.3	Levý hlavní nosník K01.....	31
5.3.1	Levý hlavní nosník v místě maximální posouvající síly Vz.....	31
5.3.2	Levý hlavní nosník v místě maximálního ohybového momentu My.....	34

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

5.3.3	Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 1-2 pro max Vz.....	38
5.3.4	Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 1-2 pro max My.....	42
5.3.5	Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 2-3 pro max My.....	46
5.3.6	Pravý hlavní nosník v místě maximálního ohybového momentu My.....	50
5.4	Vliv klopení.....	54
5.5	Lokální stabilita stojiny.....	54
5.5.1	Interakce účinků spolu s namáháním ohybovým momentem a osovou silou.....	55
5.6	Únosnost krčních nýtů.....	55
5.7	Příčné a podélné ztužení.....	58
5.7.1	Příčné ztužení č. 7 - dolní pas vlevo.....	58
5.7.2	Příčné ztužení č. 7 - dolní pas vpravo.....	60
5.7.3	Příčné ztužení č. 6 - horní pas vlevo.....	62
5.7.4	Příčné ztužení č. 1 - diagonály č. 1 a č. 4.....	64
5.7.5	Dolní podélné ztužení v poli č. 1 a č. 6.....	66
5.7.6	Horní podélné ztužení v poli č. 1	68
5.8	Posouzení na překlopení.....	70
5.9	Zatížitelnost spodní stavby.....	70
6	Stanovení zatížitelnosti - MSP.....	71
6.1	Svislé přetvoření hlavního nosníku K01.....	71
6.2	Svislé přetvoření hlavního nosníku K01 - pohodlí cestujících.....	71
6.3	Vodorovné přetvoření hlavního nosníku K01.....	72
6.4	Svislé pootočení hlavního nosníku K01.....	72
6.5	Vodorovné pootočení hlavního nosníku K01.....	73
7	Stanovení výjimečné zatížitelnosti.....	74
7.1	Stanovení výjimečné zatížitelnosti v místě max. ohybového momentu pro pravý hl.n.....	74
8	Shrnutí výsledků.....	78
9	Závěr.....	80
	Příloha č.1 - Přehled zatížitelnosti částí mostu.....	81

1 Technická zpráva

1.1 Rozsah posuzovaných konstrukcí

Předmětem statického výpočtu je stanovení zatížitelnosti ocelové nosné konstrukce K01 na TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo) v evd. km 27,918.

Zadavatel požaduje ověření přechodnosti pro provozní zatížení odpovídající traťové třídě C3 s přidruženou rychlostí 60 km/h.

1.2 Základní údaje

1.2.1 Umístění objektu

Evidenční km	27,918		
Traťový úsek	Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)	č.TÚ	1751
Definiční úsek	Zbraslavice - Zruč n/Sázavou	č.DÚ	12
Vžitý název	Hodkov zast.		
Přemostřovaná překážka	trvalý vodní tok (vtok zprava)		
Počet mostních otvorů	1	počet převáděných železničních kolejí	1
Šikmost mostu	kolmý	Úhel šikmosti	90°

1.2.2 Členění nosných konstrukcí

č.	Ozn.	Rozpětí	Typ
1	K01	10,92 m	ocelová trámová, plnostěnná, nýtovaná, bez mostovkou

1.2.3 Členění spodní stavby

č.	Ozn.	Materiál opěr	Materiál úložných prahů
1	O01	kamenné, hrubé řádkování	úložné kamenné kvádry
2	O02	kamenné, hrubé řádkování	úložné kamenné kvádry

1.2.4 Charakteristické rozměry mostu

Šířka mostu	4,37 m
Délka konstrukce	11,30 m
Stavební výška	1,37 m
Výška konstrukce	1,22 m
Rozpětí konstrukce K01	10,92 m
Výška mostu nad terénem	3,20 m
Osová vzdálenost hlavních nosníků	1,80 m

1.2.5 Geometrická poloha koleje

Výškový průběh koleje:

Kolej na mostě klesá.

Směrový průběh koleje:

Kolej na mostě se nachází v přímé.

vzdálenost osy koleje od osy konstrukce K01		
na začátku	1,0 mm	vlevo
uprostřed	7,50 mm	vlevo
na konci	2,0 mm	vpravo

1.2.6 Požadavky na zatížení mostu

Požadavkem zadavatele přepočtu je stanovení zatížitelnosti mostu a ověření jeho přechodnosti pro provozní zatížení odpovídající traťové třídě C3 s přidruženou rychlostí 60 km/h.

Pro určení zatížitelnosti je konstrukce zatížena modelem zatížení 71 dle 6.3.2 ČSN EN 1991-2 - Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou.

Zatížitelnost je určena dle Metodického pokynu SŽ, s.o. pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů. Pro určení přechodnosti provozního zatížení je použito zatěžovací schéma pro traťovou třídu C3 dle ČSN EN 15528.

Zadavatel přepočtu:



SŽ, s.o., OŘ Praha
Partyzánská 24
170 00 Praha 7

IČ: 709 94 234
DIČ: CZ 709 94 234

1.3 Podklady

1.3.1 Existující dokumentace

Zpracovateli byla poskytnuta archivní dokumentace z roku 1905.

1.3.2 Výsledky diagnostiky

Speciální diagnostický průzkum byl proveden spolu s podrobnou prohlídkou mostního objektu, při kterém byla získána data, důležitá pro statický výpočet.

1.3.3 Výsledky prohlídek

Klasifikace stavu dle předpisu SŽDC S5

Nosná konstrukce **K 3**

Spodní stavba **S 2**

1.3.4 Zvláštní požadavky zadavatele

Zadavatel nemá žádné zvláštní požadavky.

1.4 Technický popis jednotlivých částí konstrukce

1.4.1 Nosná konstrukce K01

Nosná konstrukce mostu je kolmá ocelová plnostěnná trámová nýtovaná bez mostovky a s kolejnicemi na mostnicích s plošným uložením s mostnicovými šrouby.

Rozpětí nosníků je 10,92 m s proměnným průřezem. Jsou tvořeny nýtovaným profilem I výšky 950 - 980 mm s tloušťkou stojiny 10 mm. Horní i dolní pásnice jsou tvořeny krčními úhelníky L 100x10 a pásovinou 220x10 mm. V uložení je dolní pásnice tvořena pouze krčními úhelníky.

Příčné ztužení je osově vzdálené 1,82 m. Je příhradové nýtované výšky 885 mm. Horní i dolní pas příčného ztužení je tvořen úhelníky 2x L 70x8. Diagonály jsou tvořeny úhelníky 70x8 mm.

Vodorovné ztužení je výškově umístěno při dolních i horních pasech hlavních nosníků. Dolní ztužení je tvořeno diagonálami z válcovaných profilů L 60/7 a horní ztužení je tvořeno diagonálami z válcovaných profilů L 90/9.

Ložiska jsou ocelová tangenciální s úložnou deskou, na O 01 pohyblivá a na O 02 pevná.

Závady nosné konstrukce K01:

Hlavní nosníky

- Oba hlavní nosníky jsou zapřené do závěrné zdi O01 i O02.
- Horní pásnice jsou pod mostnicemi oslabeny korozí o 1 - 2 mm, hlavy nýtů jsou na horních pásnicích oslabeny až ze 3/4 tl., místy již hlavy skoro nejsou.
- U mostnice č. 01 a 02 jsou nezaslepené otvory po nýtech.
- Levý hlavní nosník mezi mostnicí č. 14 a 15 má zprava oslabenou pásnici o 2 mm a u 15. mostnice zleva je pásnice oslabena až o 10 mm
- Stojina levého hlavního nosníku je oslabena až o 2 mm z vnitřní části, nad uložením na O 02 v délce cca 300 mm až na výšku 80 mm.
- Pravý hlavní nosník mezi mostnicí č. 12 a 13 je oslaben až o 3 mm v ploše 50/50 mm, horní pás je shora oslaben místy až o 1 - 2 mm.
- Stojina pravého hlavního nosníku je oslabena až o 2 mm z vnitřní části, nad uložením na O 02 v délce cca 300 mm až výšku 50 mm.
- Dolní krční úhelníky jsou z vnitřní strany, v místě napojení příčného ztužení, oslabeny o 2 - 3 mm důlkovou korozí, nad ložisky narůstá plátková koroze o tl. až 5 mm.
- Hlavy nýtů na dolních krčních úhelnících jsou oslabeny až 2/3 tl.
- Stav PKO: koroze cca 30 % (Ri 5).

Příčné ztužení

- Horní úhelníky jsou u stykových desek oslabené o 1 - 2 mm.
- U 2. příčného ztužení jsou svislé příruby oslabené o 1 - 2 mm.
- Mezi horními styčnickovými deskami a úhelníky narůstá štěrbinová koroze.
- Mezi úhelníky narůstá štěrbinová koroze o tl. až 10 mm, úhelníky mají v těchto místech hrany zkorodované do hl. až 5 mm.
- Dolní úhelníky jsou, u stykových desek oslabené o 2 - 4 mm.
- Ztužení č. 1 má konce dolních úhelníků oslabené do hl. až 10 mm s okraji do ostra.
- Horní úhelníky ztužení č. 5 u levého hlavního nosníku mají konce svislých částí zkorodované až o 10 mm.
- Horní úhelníky ztužení č. 6 u levého hlavního nosníku mají konce svislých částí zkorodované až o 8 mm.
- Ztužení č. 6 je vlevo u stykové desky shora oslabené až o 7 mm (Ø o 6 mm)
- Ztužení č. 7 má vlevo vodorovnou přírubu úhelníku prokorodovanou směrem do otvoru v délce 100 mm a směrem k závěrné zdi v délce 120 mm.
- Hlavy nýtů jsou oslabené až z 2/3 tl.
- Stav PKO: koroze cca 30 % (Ri 5).

Vodorovné ztužení

- Stykové desky (horní i dolní) jsou oslabené důlkovou korozí o 3 - 4 mm, hrany korodují do ostra, do hl. až 10 mm
- Úhelníky jsou v koncích oslabené o 2 - 4 mm
- Dolní úhelník u 6. příčného ztužení vpravo je prokorodovaný.
- Dolní úhelník u 7. příčného ztužení je silně oslabený, téměř prokorodovaný.
- Hlavy nýtů jsou oslabeny až ze 70 % tloušťky.
- Stav PKO: koroze cca 35 % (Ri 5).

Ložiska

- Na ložisku na O02 vlevo narůstá plátková koroze.
- Ložiska povrchově korodují.
- Ložiska jsou silně zanesená nečistotami.
- Stav PKO: koroze cca 15 % (Ri 5).

Chování konstrukce při průjezdu vlaku

- Klidné.

1.4.2 Spodní stavba

Opěra O 01

Materiál opěry je kámen s hrubým řádkováním o výšce dříku vlevo i vpravo 3,30 m a šířce 4,40 m.

Úložné kamenné kvádry.

Závěrná zeď je kamenná s hrubým řádkováním, výšky 1,35 m.

Křídla vlevo i vpravo jsou kolmé, kamenné, s hrubým řádkováním.

Závady opěry O 01:

Opěra

- Spárování opěry bylo místy opraveno - spáry jsou popraskané.
- Opěra je pomalovaná spreji.
- Ojedinělý nárůst vegetace a mechu.

Úložný práh

- Na horní ploše se drží nečistoty.

Závěrná zeď

- Spárování závěrné zdi bylo místy opraveno, mezi nosíky jsou spáry popraskané, místy vypadané.
- U nosníku vlevo je vypadlý 1 ks kamene z vnější strany.
- Kvádry jsou jednotlivě prasklé.

Křídlo vlevo

- Na křídle je místy popraskané spárování.
- Spáry místy prorůstají drobnou vegetací a mechem.

Křídlo vpravo

- Spárování křídla je místy opraveno, staré spáry jsou místy popraskané.
- Místy spáry prorůstají drobnou vegetací a mechem.

Opěra O 02

Materiál opěry je kámen s hrubým řádkováním o výšce dříku vlevo i vpravo 3,30 m a šířce 4,40 m.

Úložné kamenné kvádry.

Závěrná zeď je kamenná s hrubým řádkováním, výšky 1,35 m.

Křídla vlevo i vpravo jsou kolmé, kamenné, s hrubým řádkováním.

Závady opěry O 02:

Opěra

- Spárování opěry bylo místy opraveno - spáry jsou popraskané.

Úložný práh

- Na horní ploše se drží nečistoty.

Závěrná zeď

- Z vnějších částí bylo spárování obnoveno.
Mezi nosníky je spárování hloubkově vypadané.
- Dvě horní řady kvádrů se tlačí ven o 30 - 40 mm.

Křídlo vlevo

- Na křídle je místy popraskané spárování.
- Spáry místy prorůstají drobnou vegetací a mechem.

Křídlo vpravo

- Na křídle je místy popraskané spárování.
- Spáry místy prorůstají drobnou vegetací a mechem.

1.4.3 Železniční svršek

Na mostní konstrukci jsou použity kolejnice tvaru S49 s rozponovými podkladnicemi na dřevěných mostnicích s plošným uložením. Kolejnice jsou stykované, kolejnicový styk na konstrukci není. nejbližší styky jsou 8,69 m před objektem a 5,05 m za objektem.

Závady železničního svršku:

Držebnost upevňovadel

- Většina mostnicových šroubů je uvolněna.

Mostnice

- Mostnice jsou podélně popraskané a silně nahnílé.
- Mostnicové šrouby se prorážejí skrz mostnice.

Pozednice

- Pozednice jsou povrchově nahnílé.
- Dřevěné podložky pod pozednicemi jsou vyhnílé, pozednice drží na kolejnicích

Štěrkové lože

- Před i za konstrukcí je nedostatečně zasypané a mírně prorůstá vegetací.

1.4.4 Závady uvažované ve výpočtu

V přepočtu jsou zohledněny všechny staticky významné poruchy. Konkrétně to jsou:

- U všech posudků hlavního nosníku je uvažováno oslabení horní pásnice pod mostnicemi o 1 mm. U posudku pro změnu průřezu 2-3 je oslabení o 2 mm.
- V posudku pro max Vz je uvažováno oslabení stojiny nad dolními krčními úhelníky o výšce 80 mm a hloubce 2 mm a oslabení svislé stěny krčního úhelníku o 2 mm po celé jeho výšce.
- V posudku změny průřezu 2-3 ke uvažováno oslabení celé tloušťky horní pásnice o 10 mm zleva a o 2 mm zprava.
- V posudku pro max My hlavního nosníku vpravo je uvažováno z vnitřní části oslabení stojiny nad dolním krčním úhelníkem hl. 1 mm o výšce 30 mm. Oslabení dolního krčního úhelníku v celé ploše do hloubky ve svislé části 3 mm a vodorovné 2 mm.
- Oslabení dolního pasu příčného ztužení č. 7 vlevo i vpravo.
- Oslabení horního pasu příčného ztužení č. 6 vlevo.

1.5 Výpočetní pomůcky

1.5.1 Výpočetní programy

Výpočty vnitřních sil byly stanoveny ve výpočtovém modelu SCIA Engineer 19.1.

Zatížitelnost jednotlivých částí je vypočtena jednoduchými programy vytvořenými v tabulkovém procesu Microsoft Excel.

Kompletní počítačové výpočty jsou archivovány u zpracovatele statického výpočtu.

1.6 Přehled použité norem a literatury

Použité normy

ČSN 73 6203 Zatížení mostů

ČSN EN 1900 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1900 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, Změna A1. Příloha A2: Použití pro mosty

ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou - Změna Z4

ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-5 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-5: Boulení stěn

ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčnicků

ČSN EN 1993-1-9 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-9: Únava

ČSN EN 1993-2 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2 : Ocelové mosty

ČSN EN 15528 Železniční aplikace - Traťové třídy zatížení pro určení vztahu mezi dovoleným zatížením infrastruktury a maximálním zatížením vozidel

Použitá literatura

MP SŽ - 2020 Metodický pokyn SŽ, s.o. pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů

1.7 Identifikace autora

autor: Ing. Michal Kábrt

vedoucí EČMO: Ing. Luboš Dejmek

firma:



SŽ, s.o.

Dlážděná 1003/7

110 00 Praha 1 – Nové Město

IČ: 709 94 234

DIČ: CZ 709 94 234

organizační jednotka:

TÚDC

Malletova 10/2363

190 00 Praha 9 – Libeň

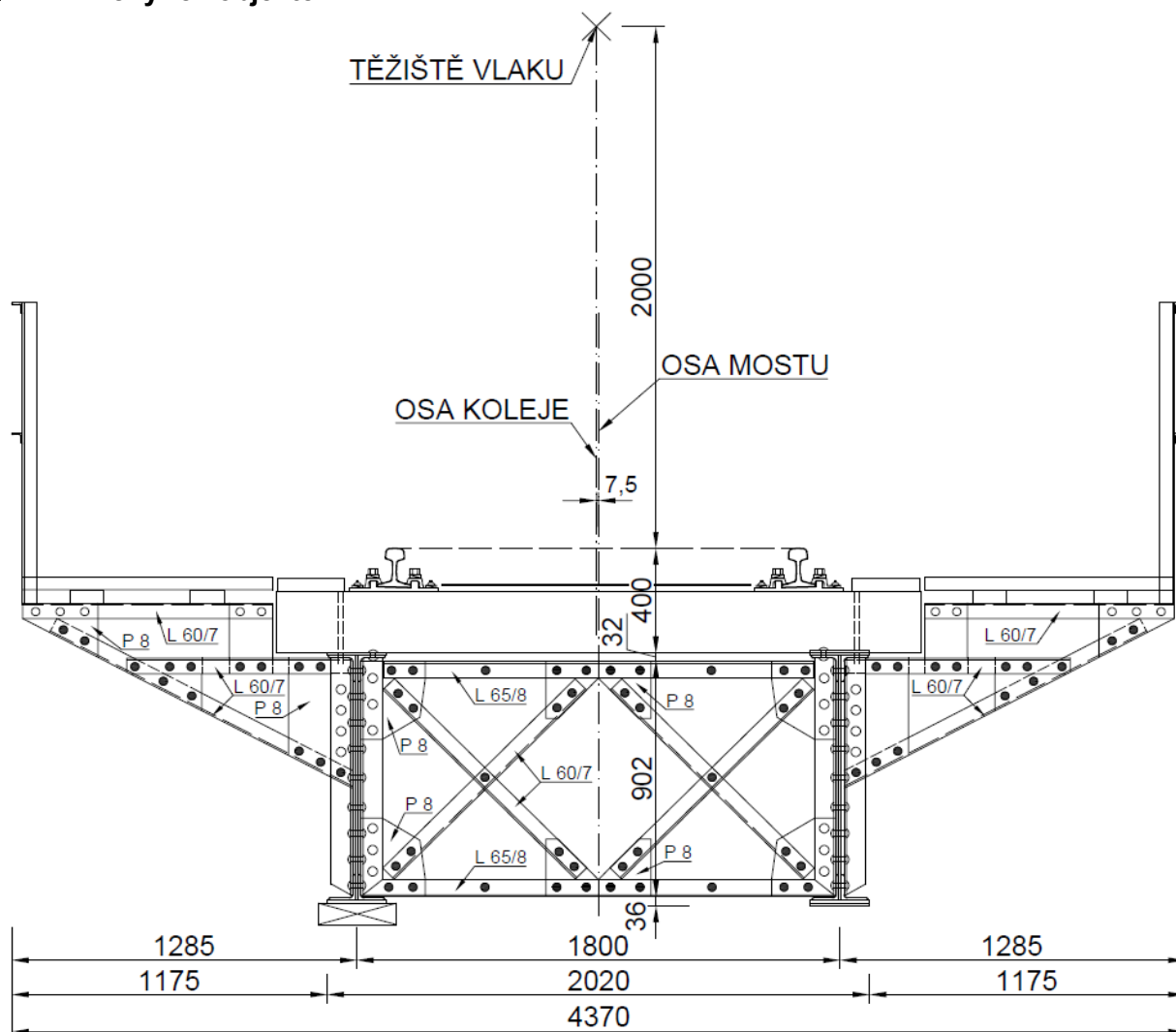
kontrolující statik: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

autorizovaný inženýr v oboru mosty a inženýrské konstrukce

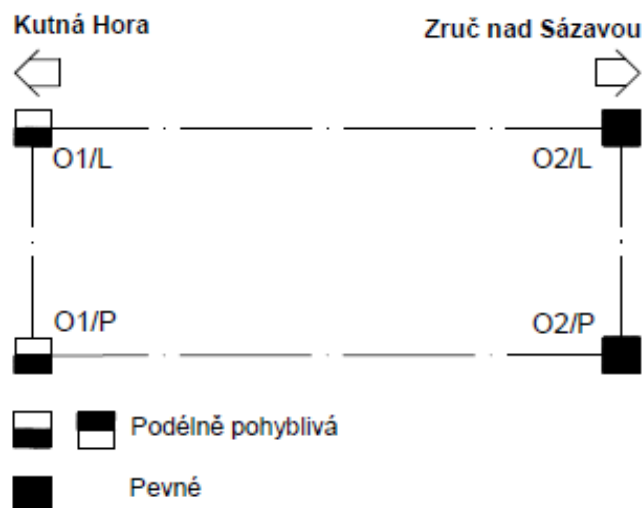
Podpisy a razítka jsou uvedeny na konci statického výpočtu.

2 Grafické přílohy

2.1 Příčný řez objektem



2.2 Schéma ložisek



Evd. km **27,918**

12 z 82

2.4 Fotodokumentace



K01 - podhled



K01 - příčné ztužení / pohled do konstrukce



K01 - podélné ztužení



K01 - hlavní nosník vlevo - oslabení horní pásnice u mostnice č. 15



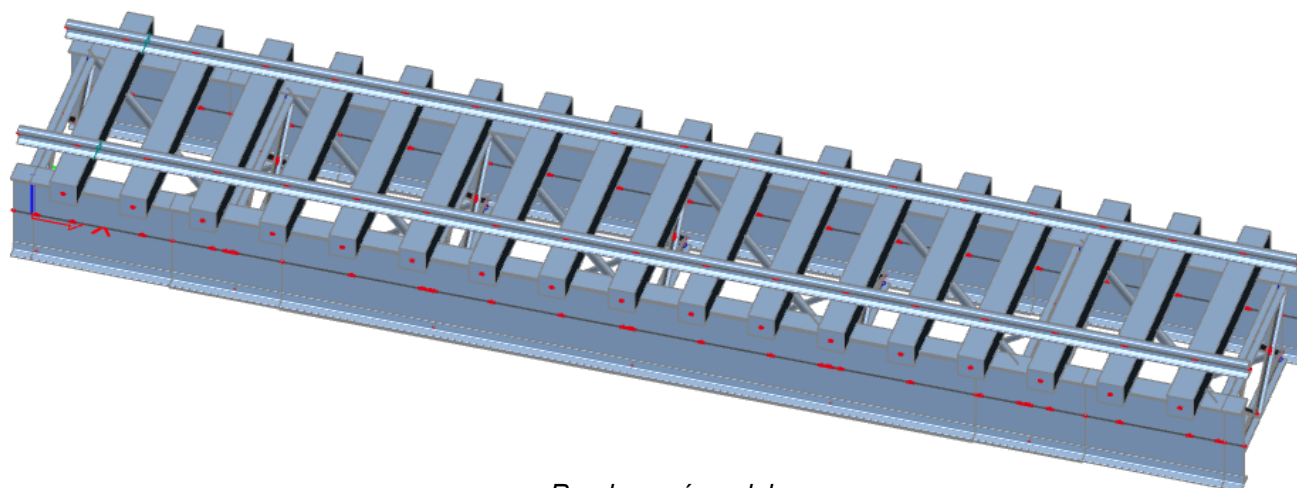
K01 - styčník nad uložením na O02 vlevo - korozní oslabení



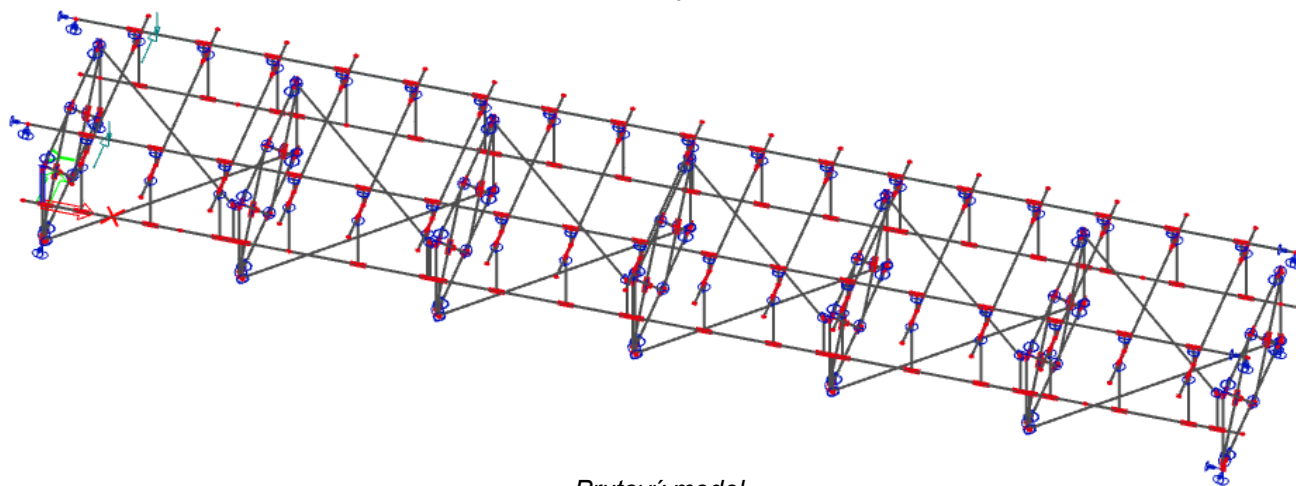
K01 - příčné ztužení č. 7 vlevo - korozní oslabení

3 Výpočetní model

Výpočetní model nosné konstrukce mostu byl vytvořen v programu SCIA Engineer 19.1. Jedná se o 3D prutový model, který je tvořen jak nosnou konstrukcí, tak i mostnicemi a kolejnicemi, které s nosnou konstrukcí spolupůsobí.

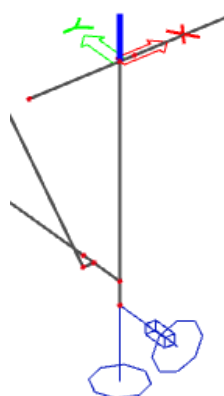


Rendrovaný model



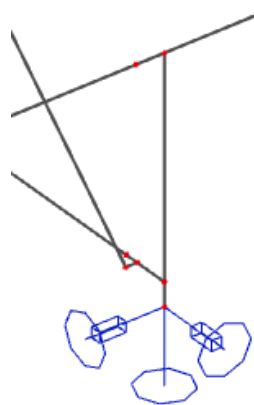
Prutový model

Hlavní nosníky - jsou uloženy na pružných podporách reprezentujících reálné uložení v ložiscích. Na opěře O 01 je pevné ložisko, na opěře O 02 je pohyblivé ložisko.



Opěra O 01

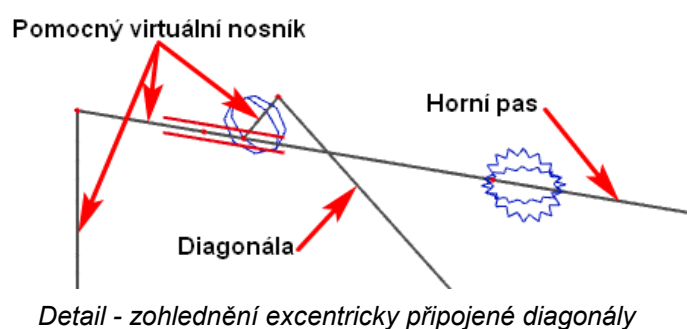
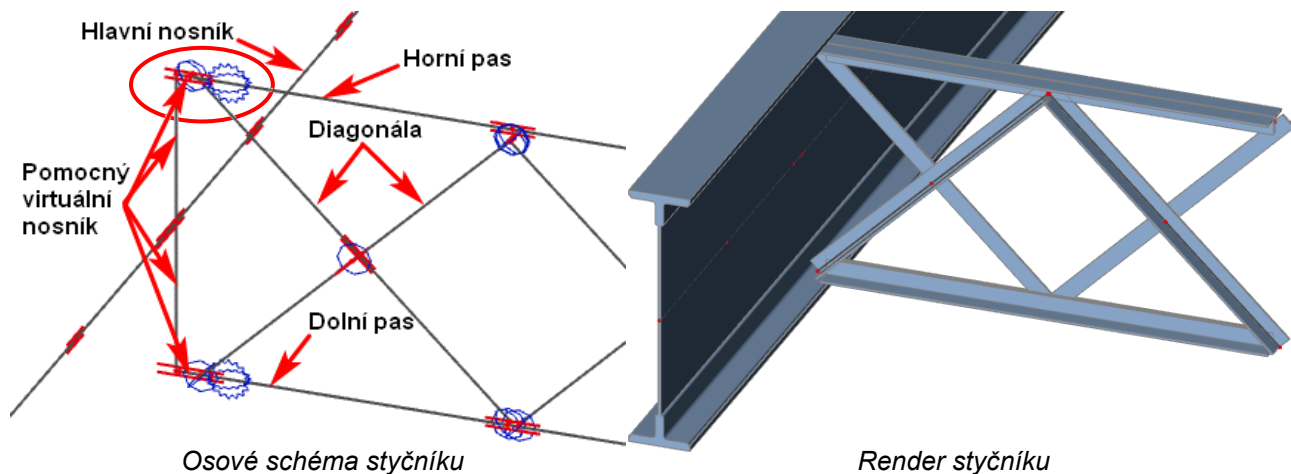
X = volný
Y = pružný
tuhost Y = 45 MN/m
Z = tuhý
Rx = volný
Ry = volný
Rz = volný



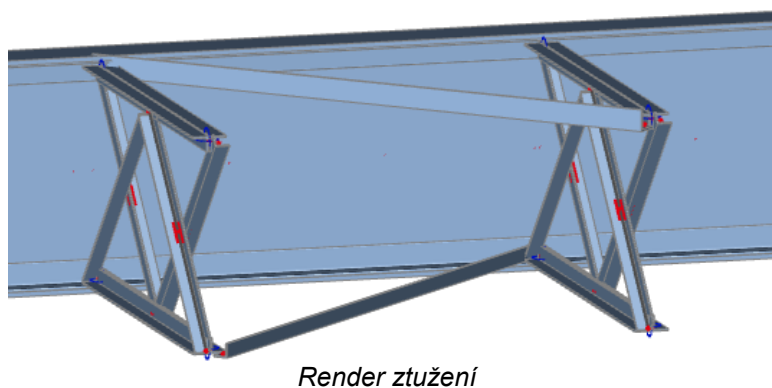
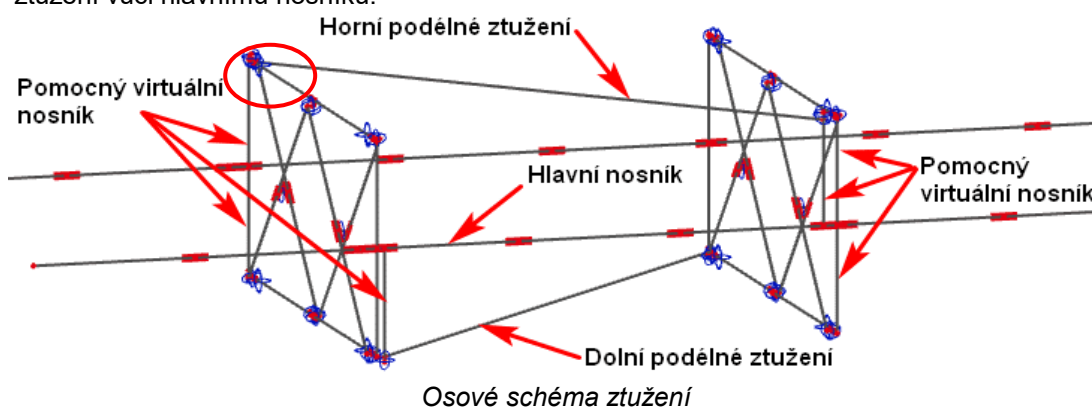
Opěra O 02

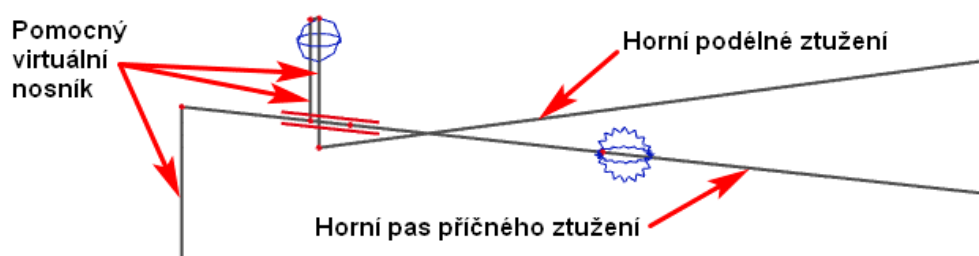
X = pružný
tuhost X = 110 MN/m
Y = pružný
tuhost Y = 45 MN/m
Z = tuhý
Rx = volný
Ry = volný
Rz = volný

Styčník - příčné ztužení / hlavní nosník (vodorovné ztužení) - pro výstižnost modelu je použit virtuální pomocný nosník, který reprezentuje styčnickový plech a excentrické umístění jednotlivých prvků příčného ztužení vůči hlavnímu nosníku. Dále pak byl použit pro zohlednění excentricity od jednostranného připojení úhelníku.



Styčník - vodorovné ztužení / hlavní nosník (příčné ztužení) - pro výstižnost modelu je použit virtuální pomocný nosník, který reprezentuje styčnickový plech a excentrické umístění vodorovného ztužení vůči hlavnímu nosníku.

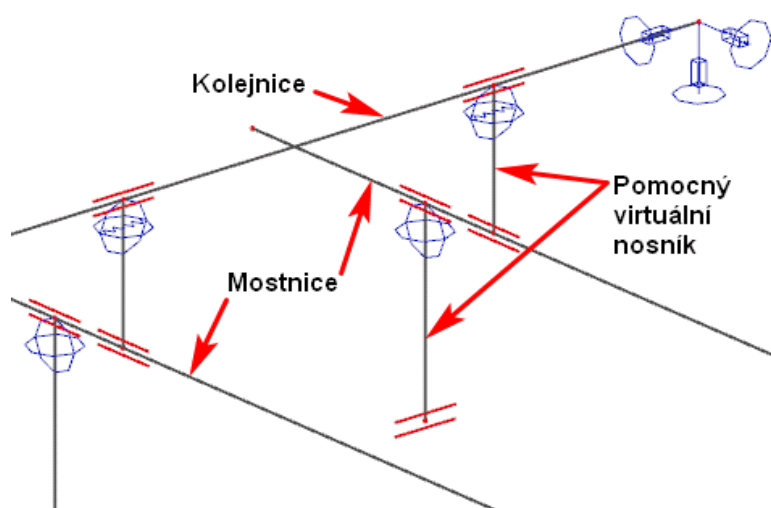




Detail - zohlednění excentricky připojené diagonály podélného ztužení

Upevnění mostnic - mostnice jsou přes virtuální nosníky uloženy na hlavní nosníky. Mostnicím je dovoleno pootočení kolem osy y a z .

Upevnění kolejnic - kolejnice jsou na mostnici upevněné pomocí virtuálních nosníků. Kolejnicím je dovoleno pootočení kolem osy y a z , zároveň je dovolený pružný posun ve směru x s tuhostí 1,1 MN/m. Konce kolejnic jsou uloženy pružně s tuhostmi v x 4,2 MN/m, y 5,0 MN/m a z 1,0 MN/m.



Detail upevnění mostnic a kolejnic

4 Zatížení

4.1 Stálé

Dílčí součinitele účinků stálého zatížení γ_G					
Prvky nebo části mladší než 30 let		Prvky nebo části starší než 30 let			
Ocelové a prefabrikované betonové prvky	Prvky z ostatních materiálů	Ocelové a prefabrikované betonové prvky		Prvky z ostatních materiálů	
		Kontrola měřením rozměrů	Bez kontroly	Kontrola měřením rozměrů	Bez kontroly
1,25	1,3	1,2	1,25	1,25	1,3

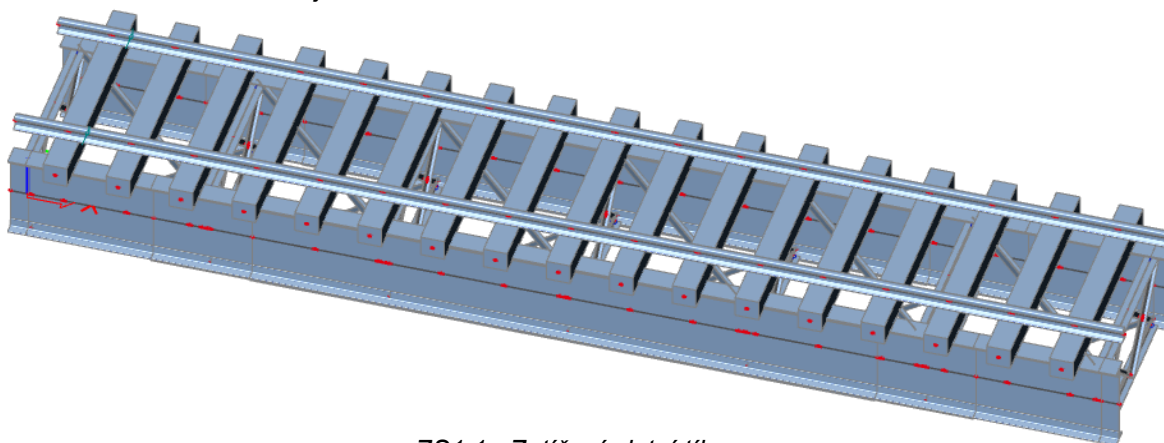
V přepočtu se uvažuje

$$\gamma_G = 1,20$$

4.1.1 ZS1.1 - Vlastní tíha

Vlastní tíha byla automaticky generovaná programem Scia Engineer 19.1.

Vlastní tíha konstrukce je 84,19 kN.



ZS1.1 - Zatížení vlatní tíhou

4.1.2 ZS1.2 - Ostatní stálé

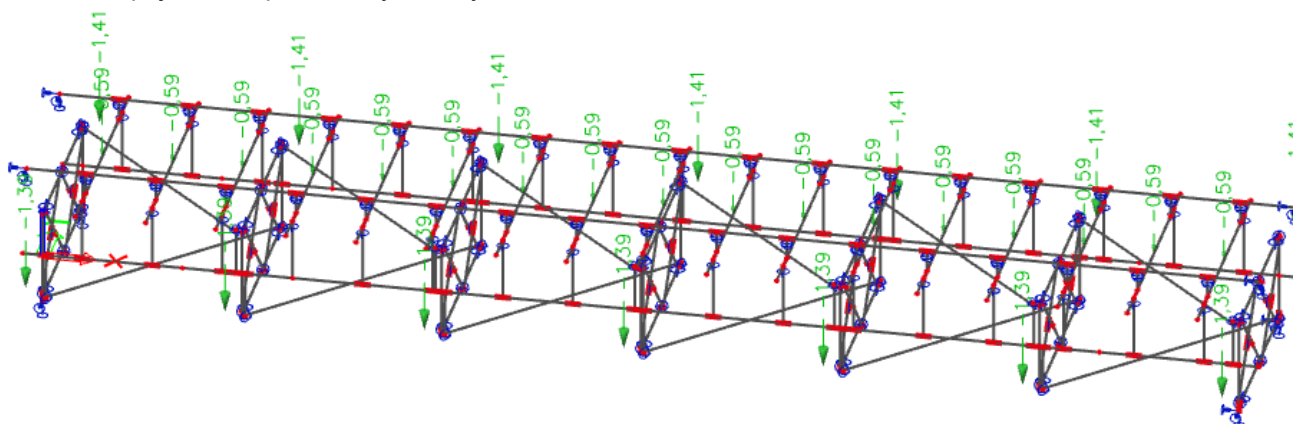
Ostatní stálé zatížení, jako jsou podlahové plechy a nosníky jsou uvažované jako bodové zatížení v místě působíště příčníků a mostnic.

Železniční svršek

Na objektu jsou použity tyto prvky:

- Kolejnice S49
- Mostnice dub 235x240

Veškeré stálé zatížení je ve výpočtovém modelu zohledněno. Je modelováno, nebo v modelu vystupuje jako zatížení. Vlastní tíha prvků nosné konstrukce je zvětšena o 20%, pro zohlednění spojovacích prvků a styčnickových desek.



ZS1.2 - Ostatní stálé zatížení

4.2 Proměnné

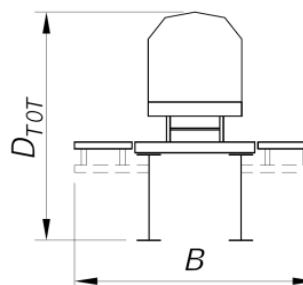
4.2.1 ZS2 - Zatížení větrem

Dílčí součinitel účinků zatížení větrem

 $\gamma_Q = 1,35$ pro prvky starší 30 let (dle 4.3.30 metodického pokynu)

Z důvodů nepříznivých výsledků, se postupovalo dle Metodického pokynu přílohy G, s přesnějšími vstupními daty stanovenými z experimentálních zkoušek.

Korekční součinitel pro zatížení ocelových mostů dle přílohy G Metodického pokynu.					
Typ konstrukce	Kategorie výšky dopravy	Výška dopravy	Korekční součinitel	Součinitel pro nézké mosty	Výsledný korekční součinitel
7	KVD 2	4,30	0,67	1,05	0,70



Účinky větru

$v_b = 25,00$ m/s	základní rychlost větru
$\rho = 1,25$ kg/m ³	měrná hmotnost vzduchu
$b = 4,37$ m	šířka konstrukce
$h_w = 4,00$ m	výška vlaku
$d_{tot} = 1,37$ m	výška konstrukce
$z_e = 3,20$ m	výška konstrukce nad terénem
$b/d_{tot} = 0,81$	
$C_{kor,x} = 0,70$	korekční součinitel pro zatížení větrem ve vodorovném směru
$C_{fx,0} = 1,53$	součinitel síly
$C_e = 1,60$	součinitel expozice
$C = 2,45$	součinitel zatížení větrem (součinitel tvaru konstrukce)
$L = 11,30$ m	délka konstrukce
$e_{w,g} = 2,20$ m	rameno působíště zatížení větru na vlak od těžiště hl. n.
$A_{ref,x} = 15,48$ m ²	referenční plocha návětrné strany konstrukce
$A_{ref,x} = 45,20$ m ²	referenční plocha návětrné strany vlaku

Vodorovné zatížení

$F_{w,k} = 0,5 \rho v_b^2 C =$	0,96 kN/m ²	Celkové zatížení od větru.
$f_{w,k} = F_{w,k} \cdot A_{ref,x} / L =$	1,31 kN/m	Spojité zatížení od větru na konstrukci.
$f_{w,k} = F_{w,k} \cdot A_{ref,x} / L =$	3,83 kN/m	Spojité zatížení od větru na vlak.

Svislé přitížení

$s = 1,50 \text{ m}$	osová vzdálenost kolejnic
$e_{w,g} = 2,00 \text{ m}$	rameno působení větru k temenu kolejnice
$f_{w,v,k} = f_{w,h,k} e_{w,g} / s =$	5,10 kN/m svislé přitížení od větru působícího na vlak

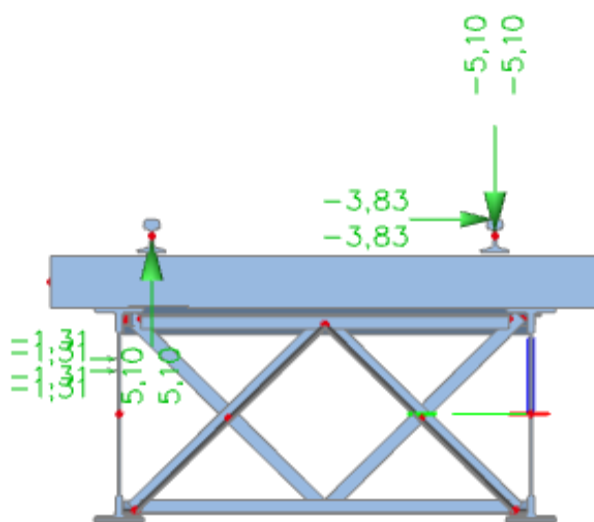


schéma zatížení větrem

4.2.2 ZS3 - Zatížení teplotou

Dílčí součinitel účinků zatížení větrem

$$Y_Q = 1,5$$

Zatížení rovnoměrnou teplotou

Typ NK dle ČSN EN 1991-1-5

předpokládaná teplota při osazování

minimální teplota vzduchu ve stínu

maximální teplota vzduchu ve stínu

minimální rovnoměrná složka teploty

maximální rovnoměrná složka teploty

maximální rozsah záporných teplot - charakter.

- návrh

maximální rozsah kladných teplot - charakter.

- návrh

Typ 1

$$T_0 = 10,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\min} = -32,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} = 38,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,\min} = -35,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{e,\max} = 54,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,\text{con},k} = -42,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,\text{con},D} = -62,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,\text{exp},K} = 44,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{N,\text{exp},D} = 64,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Zatížení nerovnoměrnou teplotou - dle ČSN EN 1991-1-5

část konstrukce - horní povrch teplejší než dolní	$\Delta T_{M,\text{heat}}$ [°C]	K_{sur} -	$\Delta T_{M,\text{heat}}$ [°C]	Zima [°C]	Léto [°C]
hlavní nosník	18,00	0,70	12,60	-49,40	64,00
mostovka	9,00	0,70	6,30	-55,70	57,70
příčné a podélné ztužení	0,00	0,70	0,00	-62,00	51,40

část konstrukce - dolní povrch teplejší než horní	$\Delta T_{M,\text{heat}}$ [°C]	K_{sur} -	$\Delta T_{M,\text{cool}}$ [°C]	Zima [°C]	Léto [°C]
hlavní nosník	0,00	0,90	0,00	-62,00	52,30
mostovka	6,50	0,90	5,85	-56,15	58,15
příčné a podélné ztužení	13,00	0,90	11,70	-50,30	64,00

Současné působení rovnoměrné teploty T_N a nerovnoměrné teploty T_{M+E}

Vychází ze vzájemné kombinace dle ČSN EN 1991-1-5 kap. 6.1.5:

$$\Delta T_{M,\text{heat}}(\text{nebo} \Delta T_{M,\text{cool}}) + \omega_N \Delta T_{N,\text{exp}}(\text{nebo} \Delta T_{M,\text{con}})$$

$$\omega_M \Delta T_{M,\text{heat}}(\text{nebo} \Delta T_{M,\text{cool}}) + \Delta T_{N,\text{exp}}(\text{nebo} \Delta T_{M,\text{con}})$$

Hlavní nosník na slunečné straně		Hlavní nosník na stinné straně		Svršek		Mostovka		Ztužení	
Zima	Léto	Zima	Léto	Zima	Léto	Zima	Léto	Zima	Léto
[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]
-14,70	28,00	-29,70	13,00	-14,70	28,00	-8,40	21,70	-14,70	15,40
-42,00	53,45	-57,00	38,45	-42,00	53,45	-37,28	48,73	-42,00	44,00

4.2.3 Zatížení železniční dopravou

4.2.3.1 Vliv excentricity

Vliv excentricity svislého proměnného zatížení železniční dopravou je zohledněn zaměřením skutečné polohy koleje na mostním objektu. Současně se uvažuje i excentricita svislého proměnného zatížení v důsledku nerovnoměrnosti kolových sil dle 6.3.5 v krajní poloze dle 6.8.1 v ČSN EN 1991-2.

Osa koleje na mostě je vůči ose mostu vedena excentricky. Největší naměřená excentricita na mostě je 7,5 mm.

$$e_{\text{teor}} = 1500 / 18 = 83,33 \text{ mm}$$

$$e_{\text{skut}} = 7,50 \text{ mm}$$

Vliv excentricity

$$Q = 250 \text{ kN}$$

$$q = 80 \text{ kN}$$

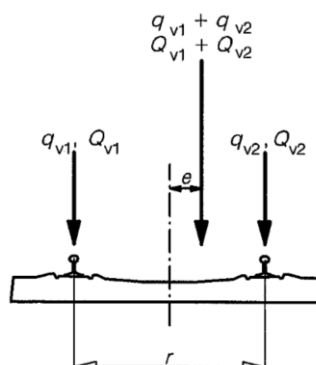
$$r = 1500 \text{ mm}$$

$$e_p = 7,50 \text{ mm}$$

$$e = 83,33 \text{ mm}$$

$$a_p = 990,83 \text{ mm}$$

$$b_p = 809,17 \text{ mm}$$



$$q_{v1}, q_{v2}, Q_{v1}, Q_{v2} = (1)$$

$$q_{v1} + q_{v2}, Q_{v1} + Q_{v2} = (2)$$

$$\frac{q_{v2}}{q_{v1}}, \frac{Q_{v2}}{Q_{v1}} \leq 1,25$$

$$e \leq \frac{r}{18}$$

$$r = (3)$$

Teoretické hodnoty z podmínky rovnováhy momentů

$$Q_{v1} = 137,62 \text{ kN}$$

$$q_{v1} = 44,04 \text{ kN}$$

$$Q_{v2} = 112,38 \text{ kN}$$

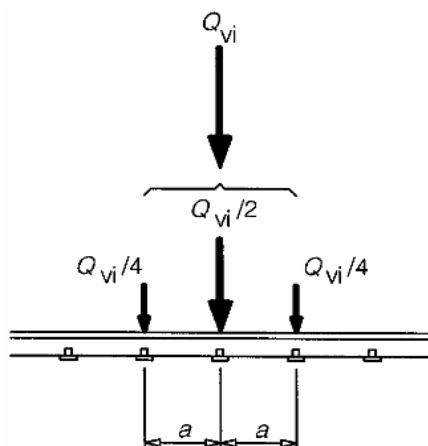
$$q_{v2} = 35,96 \text{ kN}$$

$$\text{poměr } 1,22$$

$$\text{poměr } 1,22$$

4.2.3.2 Kolová síla pro lokální účinky

Osamělé síly od dopravy lze pro případy uvedené v metodickém pokynu odst. 4.3.10, 4.3.22 a obr. 6.4. v ČSN EN 1991-2 rozdělit na tři sousední kolejnicové podpory v poměru 0,25 : 0,5 : 0,25.



Rozdělení je uplatněno pro všechny případy výskytu nápravových sil.

4.2.3.3 ZS4 - Zatížení bočními rázy

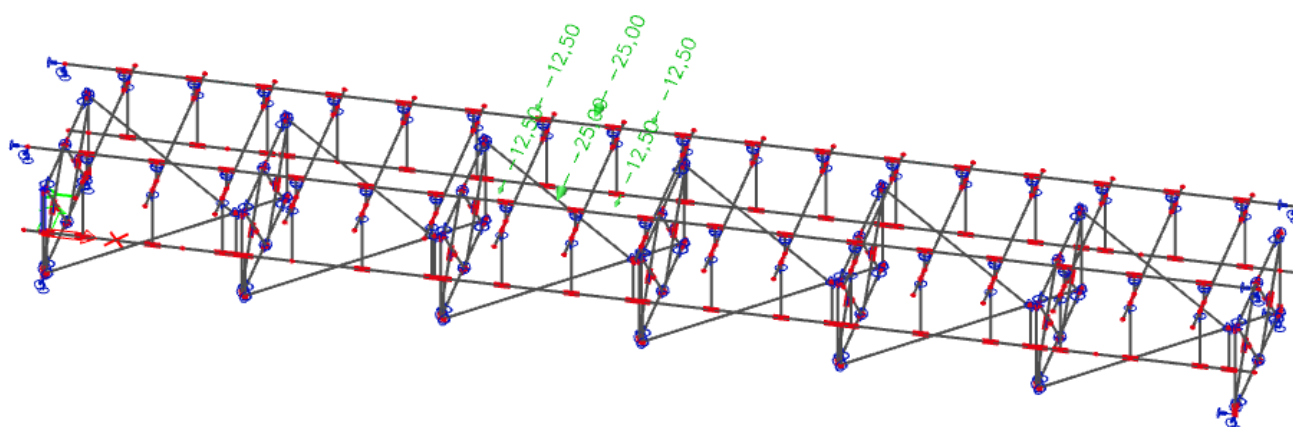
Boční ráz

Zatížení působí vodorovně v úrovni temene kolejnice kolmo na osu koleje, jako osamělá síla.

$Q_{sk} = 100,00 \text{ kN}$	charakteristická hodnota bočního rázu
$\alpha = 1,00$	klasifikační součinitel
$Q_{nt} = 100,00 \text{ kN}$	charakteristická klasifikovaná hodnota bočního rázu

Zatížení bočním rázem se rozdělí na tři kolejnicové podpory dle 4.3.10 metodického pokynu (dle obr. 6.4 v ČSN EN 1991-2). Vzdálenost sil je uvažována 0,533 m. Zároveň se předpokládá rozdělení do dvou hlavních nosníků.

$Q_{sk} = 100,00 \text{ kN}$	vodorovná složka bočního rázu
$Q_{sk} / 4 = 100 / 4 = 25 \text{ kN}$	prostřední síla působící na jeden hl. nosník
$Q_{sk} / 8 = 100 / 8 = 12,5 \text{ kN}$	krajní síly působící na jeden hl. nosník
$\gamma_{Qab} = 1,30$	(dle 4.3.13 metodického pokynu)



ZS4 - Zatížení bočním rázem

4.2.3.4 ZS5 - Vliv odstředivých sil

Kolej na mostě se nachází v přímé.

Odstředivé síly působí ve výšce 1,8 m nad spojnici temen kolejnic.

Redukční součinitel dle 6.5.1 ČSN EN 1991-2, $f = 1$

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{127r} \cdot (f \cdot Q_{vk}) \quad q_{tk} = \frac{v^2}{127r} \cdot (f \cdot q_{vk})$$

$r = -$ poloměr oblouku
 $v = 60,00 \text{ km/h}$ traťová rychlost

	Zatížení	Působící moment	Svislé přetížení	
			vnitřní kolej	vnější kolej
Q_{tk}	0,00 kN	0,00 kNm	0,00 kN	0,00 kN
q_{tk}	0,00 kN/m	0,00 kNm/m	0,00 kN/m	0,00 kN/m

4.2.3.5 ZS6 - Rozjezdové a brzdné síly

Rozjezdové a brzdné síly působí v úrovni temene kolejnice.

Dílčí součinitel účinků zatížení dopravou

$$\gamma_Q = 1,30$$

(dle 4.3.13 / příloha F metodického pokynu)

Rozjezdová síla

$$L_t = 10,92 \text{ m}$$

$$q_{iak} = 33,00 \text{ kN/m koleje}$$

$$\alpha = 1,00$$

$$q_{ia,LM,k} = 33,00 \text{ kN/m koleje}$$

$$L_{ia,LM} = 30,30 \text{ m}$$

příčinná délka

charakteristické zatížení rozjezdovou silou

klasifikační součinitel

charakteristické klasifikované zatížení - normálová složka

maximální délka zatížení

Brzdná síla

$$q_{ibk} = 20,00 \text{ kN/m koleje}$$

$$\alpha = 1,00$$

$$q_{ib,LM,k} = 20,00 \text{ kN/m koleje}$$

$$L_{ib,LM} = 300,00 \text{ m}$$

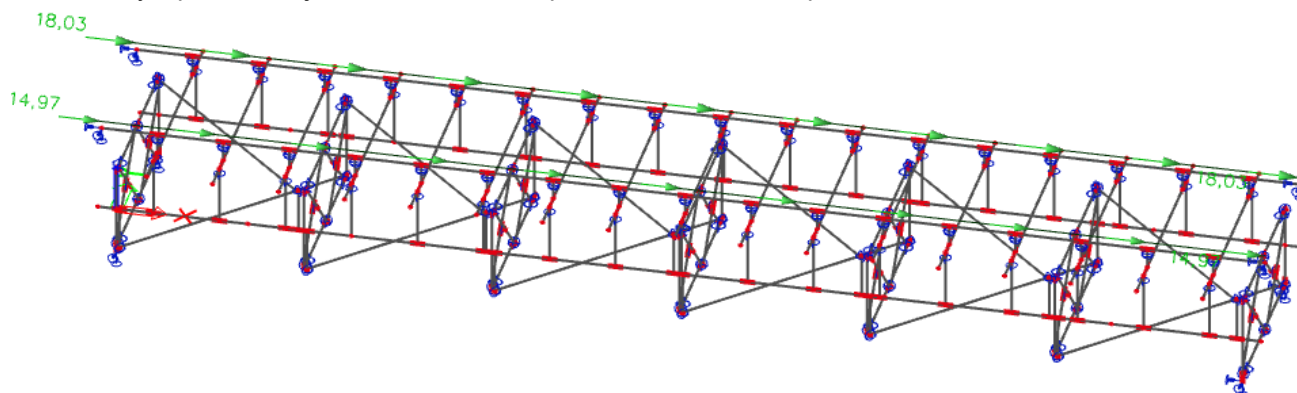
charakteristické zatížení brzdou silou

klasifikační součinitel

charakteristické klasifikované zatížení - normálová složka

maximální délka zatížení

Byla použita rozjezdová síla. Ta se upravila dle velikosti impulsů na 18,03 a 14,97.



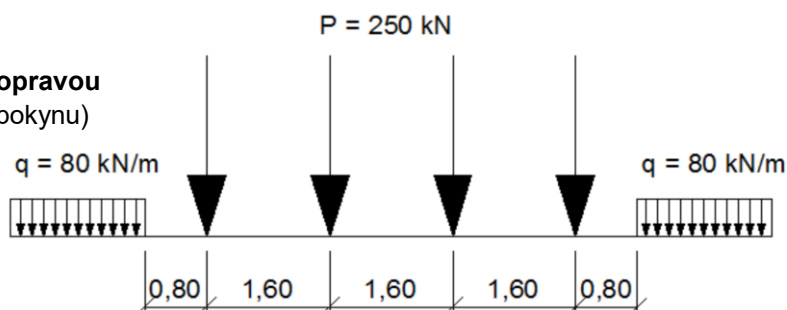
ZS6 - Zatížení rozjezdovými / brzdnými silami

4.2.3.6 Model zatížení 71

Zatížení dle 6.3.2 ČSN EN 1991-2

Dílčí součinitel účinků zatížení dopravou

$\gamma_Q = 1,30$ (dle 4.3.13 metodického pokynu)



Stanovení dynamických účinků

Dynamický součinitel

Kvalita jízdní dráhy - standardně udržovaná kolej

=> dyn. součinitel ϕ_3

Hlavní nosník - prostě podepřený nosník

rozpětí ve směru hlavních nosníků

Náhradní délka $L_\phi = 10,92 \text{ m}$

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82 = 1,28$$

$$\left. \begin{array}{l} \phi_{\min} = 1,00 \\ \phi_{\max} = 1,67 \end{array} \right\} \phi = 1,28$$

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L\Phi} - 0,2} + 0,73 = 1,43$$

$$\Phi_{\min} = 1,00$$

$$\Phi_{\max} = 2,00$$

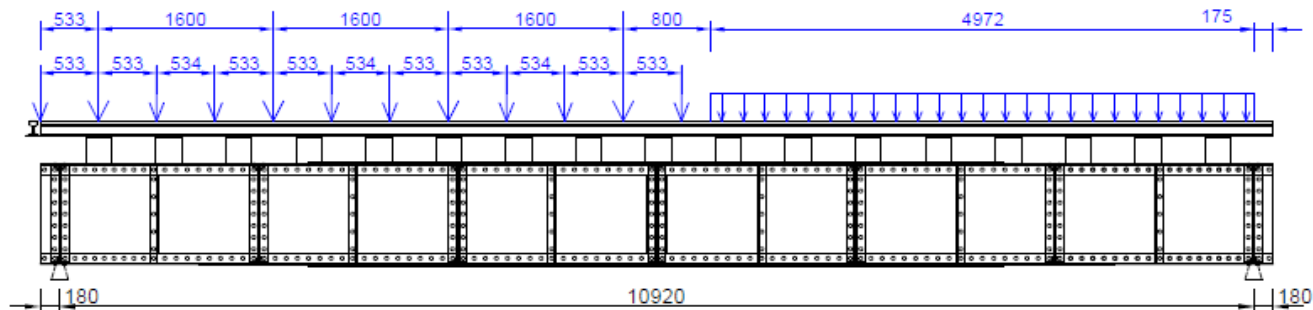
$$\Phi = 1,43$$

$$\text{Náhradní délka } L\Phi = 10,92 \text{ m} \Rightarrow \delta = 1,43$$

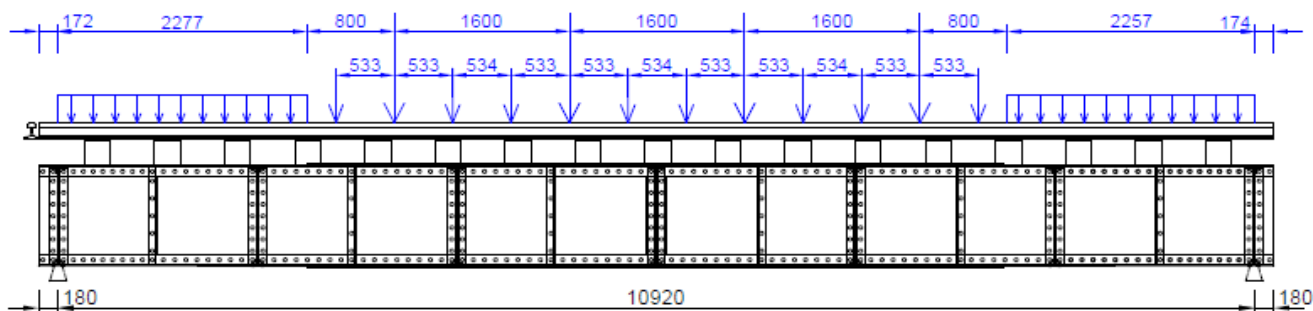
Zatížení modelem LM71

Zatížení od náprav v modelu LM 71 je rozloženo na tři osamělé síly v poměru 0,25 : 0,5 : 0,25.

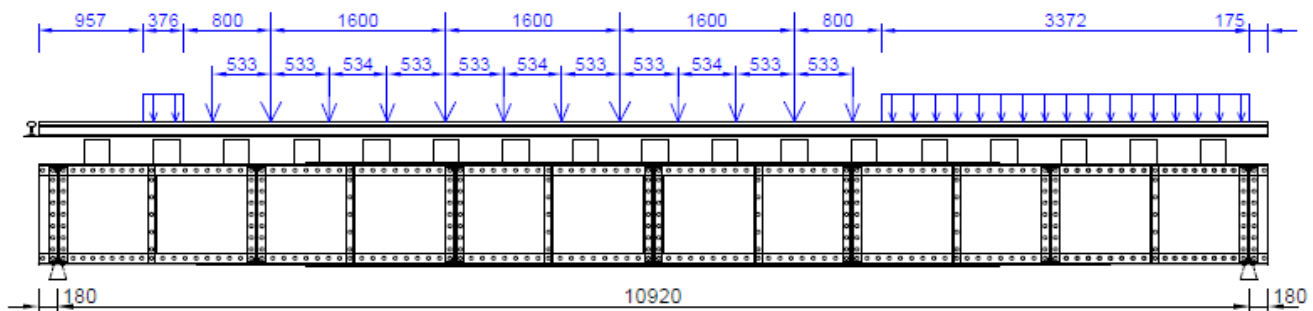
ZS7.1 - Poloha vlaku pro max Vz - hl. n. vlevo



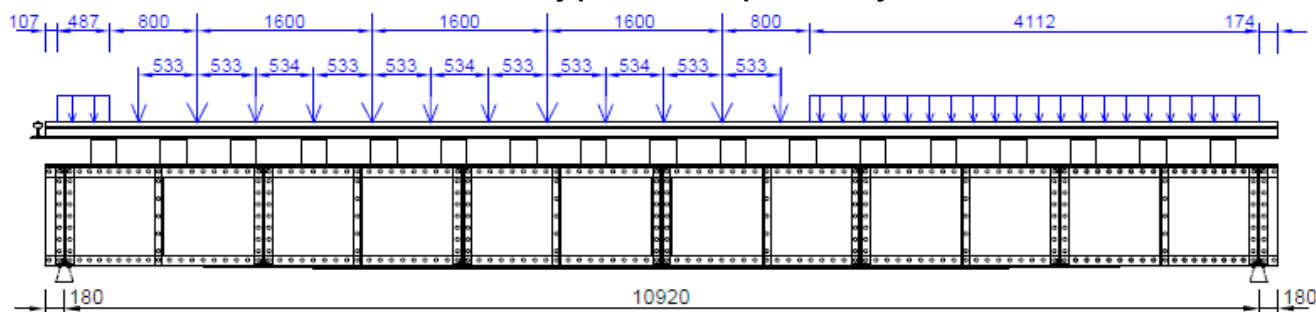
ZS7.2 - Poloha vlaku pro max My - hl. n. vlevo



ZS7.3 - Poloha vlaku v místě změny průřezu 1 - 2 pro max Vz - hl. n. vlevo



ZS7.4 - Poloha vlaku v místě změny průřezu 1 - 2 pro max My - hl. n. vlevo

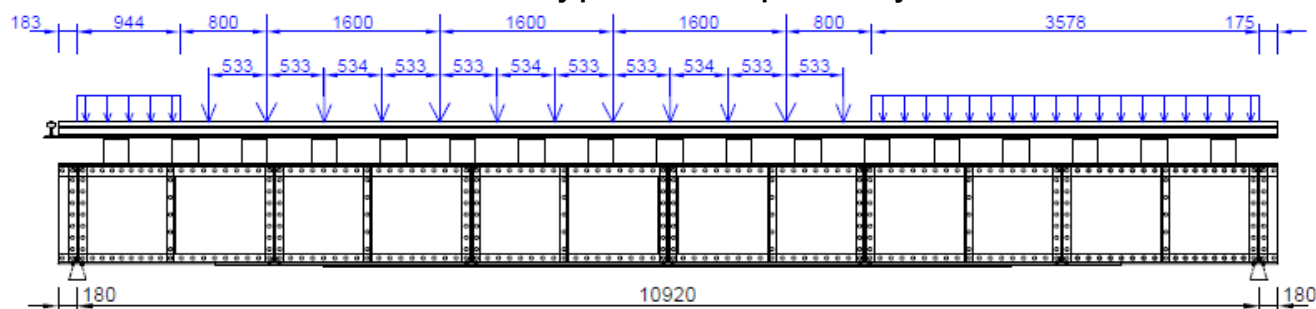


STATICKÝ VÝPOČET

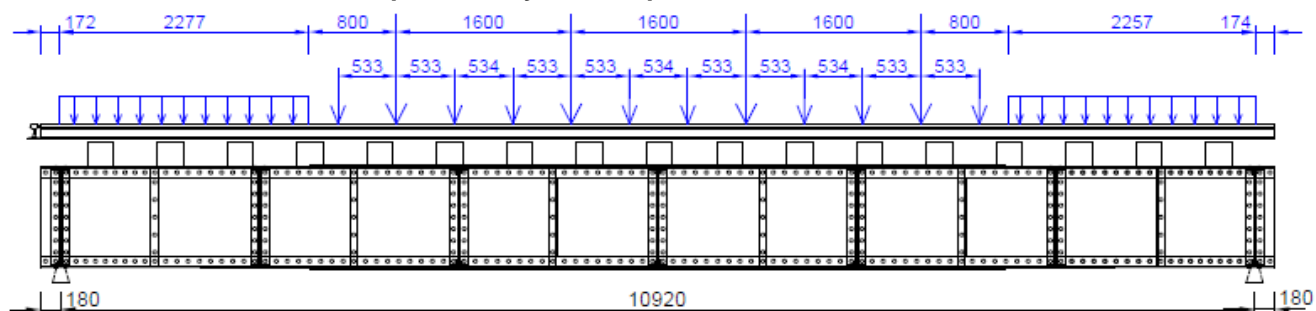
TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

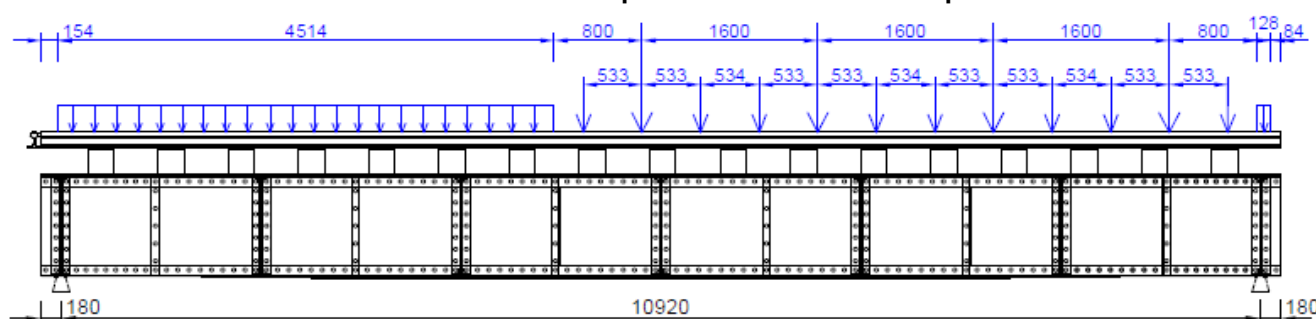
ZS7.5 - Poloha vlaku v místě změny průřezu 2 - 3 - pro max M_y - hl. n. vlevo



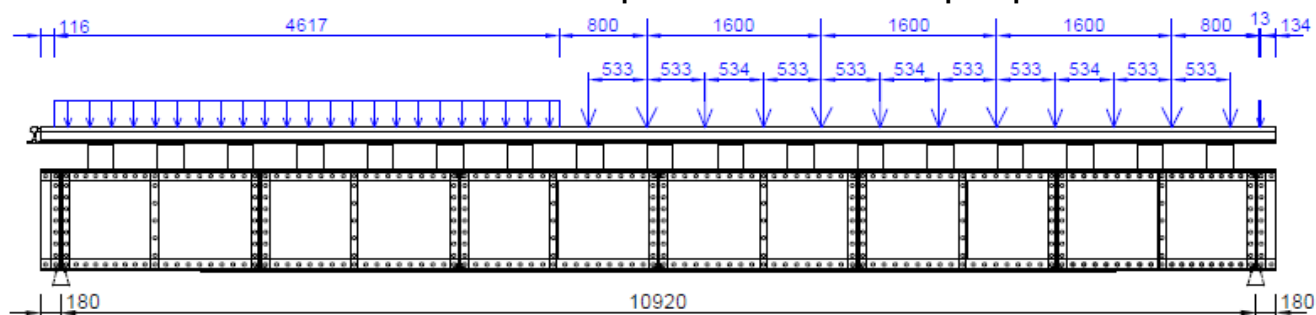
ZS7.6 - Poloha vlaku pro max M_y - hl. n. vpravo



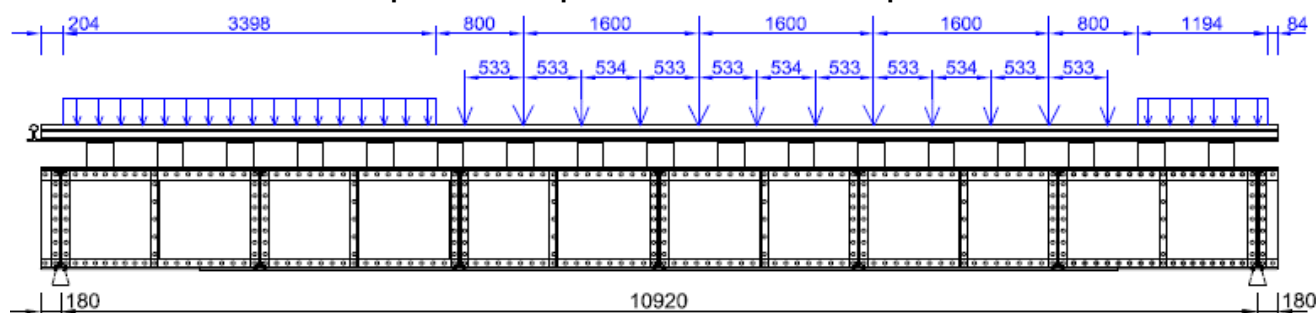
ZS7.7 - Poloha vlaku v místě oslabení - příčné ztužení č. 7 - dolní pas vlevo



ZS7.8 - Poloha vlaku v místě oslabení - příčné ztužení č. 7 - dolní pas vpravo



ZS7.9 - Poloha vlaku pro max VS - příčné ztužení č. 6 - horní pas vlevo v oslabení

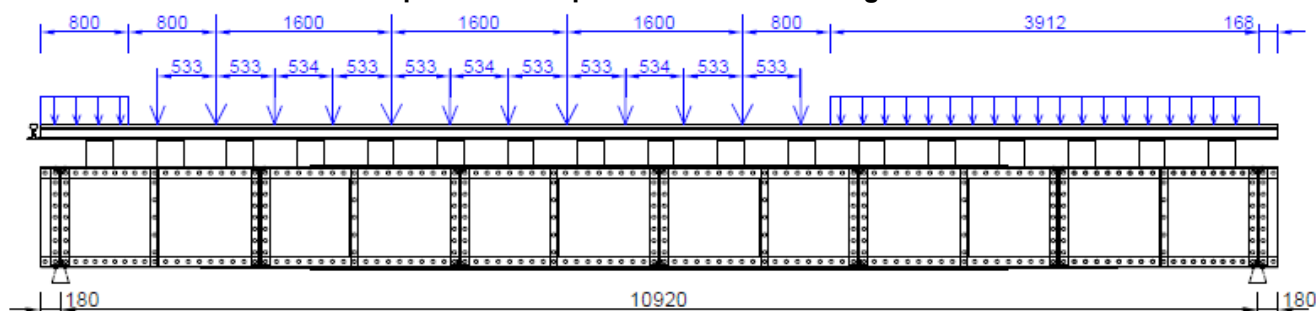


STATICKÝ VÝPOČET

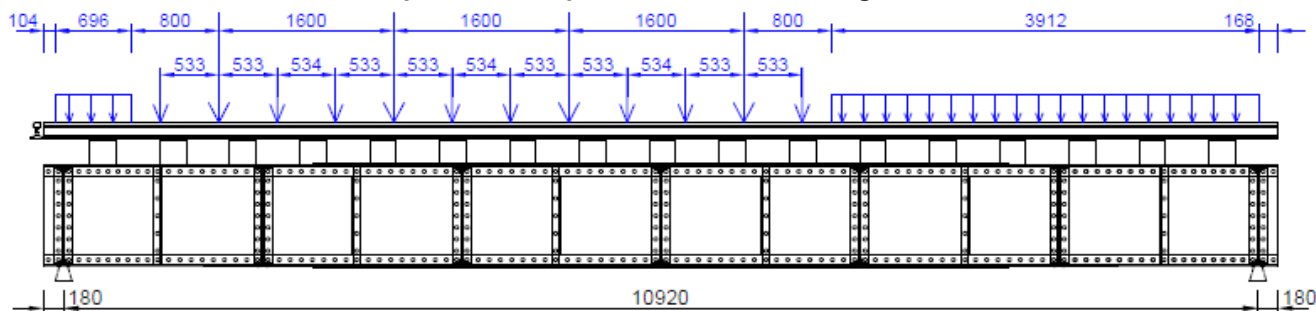
TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

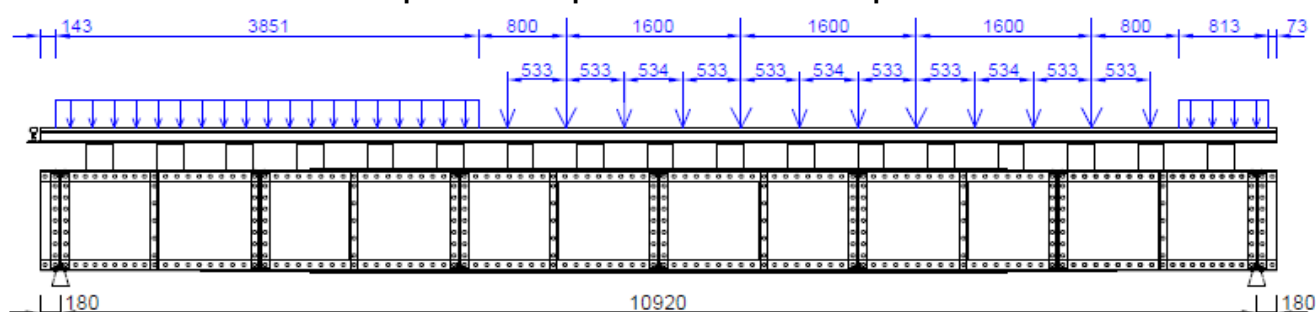
ZS7.10 - Poloha vlaku pro max N+ - příčné ztužení č. 1 - diagonála



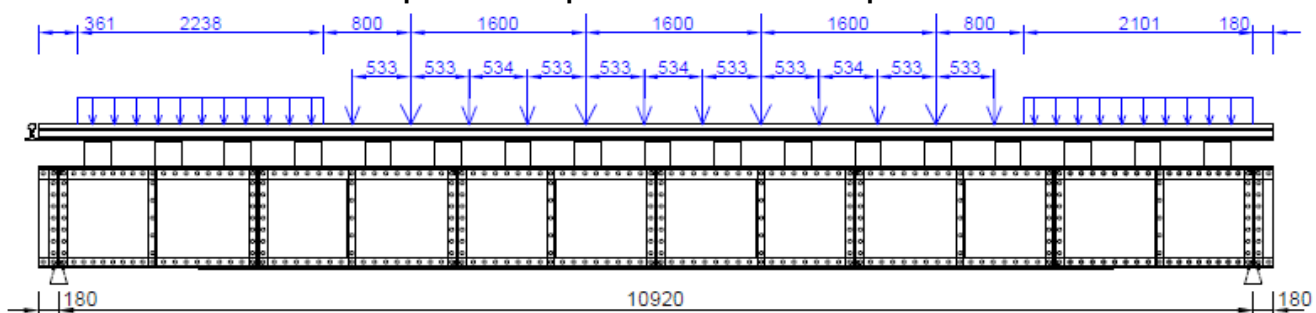
ZS7.11 - Poloha vlaku pro max N- - příčné ztužení č. 1 - diagonála



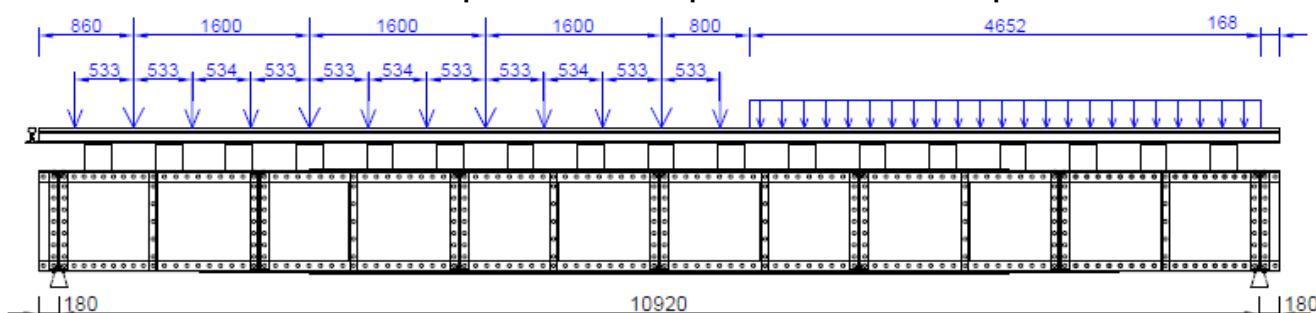
ZS7.12 - Poloha vlaku pro max N+ - podélné dolní ztužení v poli č. 6



ZS7.13 - Poloha vlaku pro max N- - podélné dolní ztužení v poli č. 1



ZS7.14 + 15 - Poloha vlaku pro max N+ a N- - podélné horní ztužení v poli č. 1



5 Stanovení zatížitelnosti - MSÚ

Předpoklady výpočtu

Při výpočtu zatížitelnosti bylo postupováno dle metodického pokynu SŽ, s.o. a norem v něm odkazovaných.

Materiálové charakteristiky

Rok výroby nosné konstrukce K01 je 1905. Vzhledem k tomu, že nebyla provedena zkouška materiálu, bylo při určení pevnosti postupováno dle A.1.1.1. b) metodického pokynu.

Materiál je uvažován bezpečně jako plávková ocel.

Rok výroby	Materiál pevnostní třídy		Dovolené namáhání σ_{adm} [MPa]	Zaručená mez kluzu f_y [MPa]	Mez pevnosti f_u [MPa]	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}	Norma
do 1894	svárkové železo		130	210	340	1,10	1,20	1,30	
1895-1904	svárkové železo		130	210	340	1,10	1,20	1,30	Nařízení 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
1938-1950	37 (S235)		140	230	360	1,10	1,20	1,30	ČSN 1232
	52 (S355)		195	335	490	1,10	1,25	1,30	
1951-1968	37 (S235)	tloušťka $t \leq 25$ mm	140	230	360	1,10	1,20	1,30	Směrnice pro navrhování mostů, ČSN 73 6202 ČSN 73 6204
		> 25	130	210	340	1,10	1,20	1,30	
	52 (S355)	≤ 16	210	360	510	1,10	1,25	1,30	
		> 17	200	340	490	1,10	1,25	1,30	
1969-1985	37 (S235)	≤ 25		235	360	1,00	1,10	1,25	ČSN 73 6205 ČSN ISO 13822 ČSN EN 10025-2
		> 25		215	360				
	52 (S355)	≤ 50		355	510				
1986-1998	37 (S235)	≤ 25		235	360	1,00	1,10	1,25	
		> 25		215	360				
	52 (S355)	≤ 25		355	510				
		> 25		335	470				
Po roku 1998	S235	≤ 40		235	360	1,00	1,10	1,25	
	S235	$40 < t \leq 80$		215	360				
	S275	≤ 40		275	430				
	S275	$40 < t \leq 80$		255	410				
	S355	≤ 40		355	510				
	S355	$40 < t \leq 80$		335	470				

Zatížitelnost vypočtena pro zatěžovací model LM 71

Dílčí součinitel bezpečnosti $\gamma_G = 1,20$

Dynamický součinitel

Hlavní nosník K01 $\delta = 1,43$

Příčné ztužení $\delta = 1,43$

Kombinace zatížení

Jednotlivá proměnná zatížení železniční dopravou, reprezentovaná modelem LM 71 včetně zatížení bočním rázem, rozjezdovými a brzdnými silami a odstředivou silou pro mostní objekty s kolejí v oblouku, se v přepočtech stávajících mostních objektů považují za skupinové více složkové zatížení železniční dopravou s pravidly tvoření skupin dle tab. 6.11 v ČSN EN 1991-2. Každá z těchto skupin zatížení, vzájemně se vylučujících, představuje jedno charakteristické proměnné zatížení pro kombinaci s nedopravními zatíženími.

Kombinace zatížení současně se vyskytujících spolu se zatížením železniční dopravou se v přepočtech stávajících mostních objektů stanoví dle A2.2.4 v ČSN EN 1990. Součinitelé kombinace zatížení ψ pro trvalé a dočasné situace se určí z tab. A2.3 ČSN EN 1990. V souladu s národní přílohou k ČSN EN 1990 se při výběru kombinačních pravidel z hlediska mezních stavů únosnosti upřednostňuje méně příznivá kombinace z 6.10a nebo 6.10b dle ČSN EN 1990. V mezních stavech použitelnosti se uvažují kombinace zatížení v trvalých a dočasných návrhových situacích dle A.2.4 ČSN EN 1990.

$$\left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad (6.10a)$$

$$\left\{ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad (6.10b)$$

Pravidla kombinování účinků zatížení větrem s účinky proměnného zatížení železniční dopravou se uvažují v souladu s ČSN EN 1990. Součinitel kombinace zatížení větrem ψ se bere z tab. A2.3 v ČSN EN 1990.

Globální posouzení konstrukce

Vnitřní síly na jednotlivých prutech byly stanoveny ve výpočtovém programu SCIA Engineer 19.1.

Pro výpočet kombinací a následného posudku byly použity tyto předpoklady:

- mez kluzu materiálu $f_y = 230,00 \text{ MPa}$
- mez pevnosti materiálu $f_u = 360,00 \text{ MPa}$
- dílčí součinitele γ účinků zatížení dle metodického pokynu SŽ, s.o.
- součinitelé kombinací dle ČSN EN 1990/A2
- dynamický součinitel pro celou konstrukci dle hl. nosníku - tj. $\delta = 1,43$
- posouzení provedeno dle ČSN EN 1993-1-1, 1993-1-8, 1993-2
- vzpěrné délky a délky pro stanovení součinitele klopení zadány dle 6.3.1 a 6.3.2 v ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-2

Detailní stanovení zatížitelnosti je pro rozhodující profily provedeno ručně dle postupů a norem odkazovaných v metodickém pokynu SŽ, s.o.

5.1 Zatěžovací stavy a kombinace

Zatěžovací stavy

č. zs	Název zatěžovacího stavu
1	Stálé zatížení
1.1	Vlastní tíha
1.2	Ostatní stálé zat.
2	Vítr
2.1	Vítr zleva
2.2	Vítr zprava
2.3	Vítr reduk. zleva
2.4	Vítr reduk. zprava
2.5	Vítr, výjimečná zat
2.6	Vítr na konstrukci
2.7	Vítr na vlak
3	Teplota
3.1	Teplota léto L+
3.2	Teplota zima L+
3.3	Teplota léto P+
3.4	Teplota zima P+
4	Boční ráz
4.1	BR - L max Vz
4.2	BR - P max Vz
4.3	BR - L max My
4.4	BR - P max My
4.5	BR pr. 1-2 mVz
4.6	BR pr. 1-2 mMy
4.7	BR pr. 2-3 mMy
4.8	BR příčné ztuž. 7 dolní pas vlevo
4.9	BR příčné ztuž. 7 dolní pas vpravo
4.10	BR příčné ztuž. 7 horní pas vpravo
4.11	BR příčné ztuž. 1 diagonála N+
4.12	BR příčné ztuž. 1 diagonála N-
4.13	BR podélné ztuž. 6 dolní N+
4.14	BR podélné ztuž. 1 dolní N-
4.15	BR podélné ztuž. 1 horní N+
4.16	BR podélné ztuž. 1 horní N-
5	Odstředivé síly
6	Rozjezdové / brzděné síly
6.1	Rozj. ve směru
6.2	Rozj. proti směru

č. zs	Název zatěžovacího stavu
7	LM71
7.1	LM71 - max Vz
7.2	LM71 -max My
7.3	LM71 změna průřezu 1-2 pro Vz
7.4	LM71 změna průřezu 1-2 pro My
7.5	LM71 změna průřezu 2-3 pro My
7.6	LM71 - Pravý hl.n. max My
7.7	LM71 příčné zt.7 Dolní pas L
7.8	LM71 příčné zt.7 Dolní pas P
7.9	LM71 příčné zt.7 Horní pas P
7.10	LM71 příčné zt.1 Diagonála N+
7.11	LM71 příčné zt.1 Diagonála N-
7.12	LM71 podélné zt.6 Dolní N+
7.13	LM71 podélné zt.1 Dolní N-
7.14	LM71 podélné zt.1 Horní N+
7.15	LM71 podélné zt.1 Horní N-
8	TTZ - C3
8.1	C3 - max Vz
8.2	C3 -max My
8.3	C3 změna průřezu 1-2 pro Vz
8.4	C3 změna průřezu 1-2 pro My
8.5	C3 změna průřezu 2-3 pro My
8.6	C3 - Pravý hl.n. max My
8.7	C3 příčné zt.7 Dolní pas L
8.8	C3 příčné zt.7 Dolní pas P
8.9	C3 příčné zt.7 Horní pas P
8.10	C3 příčné zt.1 Diagonála N+
8.11	C3 příčné zt.1 Diagonála N-
8.12	C3 podélné zt.6 Dolní N+
8.13	C3 podélné zt.1 Dolní N-
8.14	C3 podélné zt.1 Horní N+
8.15	C3 podélné zt.1 Horní N-
9	Nezatížený vlak
10.1	Kolej. rošt vl. tíha
10.2	Kolej. příč. odpor

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Součinitele zatížení a kombinace									
zatížení	součinitel zatížení $\gamma_{G/Q}$	ξ/ϕ	Součinitel kombinace			Sestava zatížení			
			ψ_0	ψ_1	ψ_2	GR 11	GR 12	GR13	GR14
Stálé zatížení	1,20	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vítr	1,35	1,00	0,75	0,50	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Teplota	1,50	1,00	0,60	0,60	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
Boční ráz	1,30/1,10*	1,00	0,80	0,80	0,00	0,50	1,00	0,50	1,00
Odstředivá síla	1,30/1,10*	1,00	0,80	0,80	0,00	0,50	1,00	0,50	1,00
Rozjezd/brzné síly	1,30/1,10*	1,00	0,80	0,80	0,00	1,00	0,50	1,00	0,50
Vlak	1,30/1,10*	1,43	0,80	0,80	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Nezatížený vlak	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Kolej	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

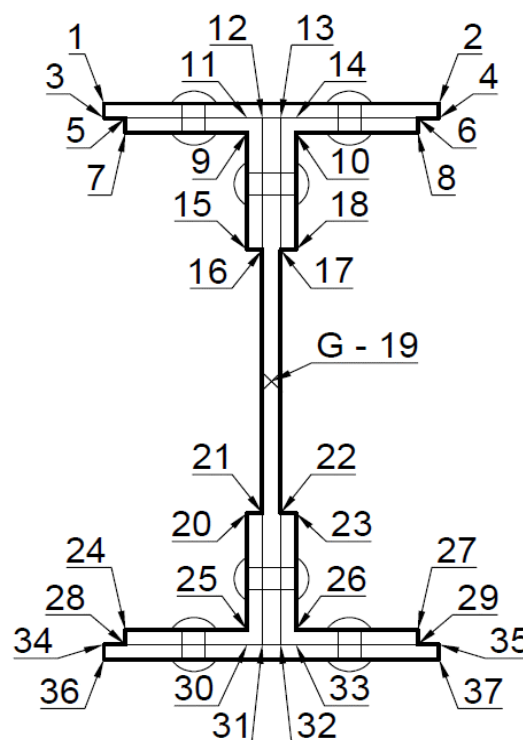
* součinitel $\gamma_Q = 1,10$ je v případě výjimečné zatížitelnosti

Kombinace

Kombinační předpis									
Zatěž. stav	ZS1	ZS2	ZS3	ZS4	ZS5	ZS6	ZS7	ZS9/10	Popis kombinace
	Stále $\gamma_G/\gamma_Q^*\xi$	Vítr $\gamma_{Q,i}^*\psi_{0,i}$	Teplota $\gamma_{Q,i}^*\psi_{0,i}$	Boční ráz $GR^*\gamma_{Q,1}^*\psi_{0,i}$	Odstředivé síly $GR^*\gamma_{Q,1}^*\psi_{0,i}$	rozjezd./brzd. síly $GR^*\gamma_{Q,1}^*\psi_{0,i}$	LM71 $GR^*\gamma_{Q,1}^*\psi_{0,i}^*\phi$	nezatížený vlak / kolej	
Komb.č.									
01	1,20	1,01	0,75	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	6.10a
02	1,20	0,68	0,75	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
03	1,20	0,00	0,90	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
04	1,20	0,00	0,90	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
05	1,20	1,01	0,75	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
06	1,20	0,68	0,75	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
07	1,20	0,00	0,90	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
08	1,20	0,00	0,90	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
09	1,20	1,01	0,75	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
10	1,20	0,68	0,75	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
11	1,20	0,00	0,90	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
12	1,20	0,00	0,90	0,52	0,52	1,04	1,48	0,00	
13	1,20	1,01	0,75	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	6.10b
14	1,20	0,68	0,75	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
15	1,20	0,00	0,90	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
16	1,20	0,00	0,90	1,04	1,04	0,52	1,48	0,00	
17	1,14	1,01	0,90	0,65	0,65	1,30	1,85	0,00	
18	1,14	0,68	0,90	0,65	0,65	1,30	1,85	0,00	
19	1,14	0,00	0,90	1,30	1,30	0,65	1,85	0,00	
20	1,14	0,00	0,90	1,30	1,30	0,65	1,85	0,00	
21	1,14	1,01	0,90	0,65	0,65	1,30	1,85	0,00	
22	1,14	0,68	0,90	0,65	0,65	1,30	1,85	0,00	
23	1,14	0,00	0,90	1,30	1,30	0,65	1,85	0,00	
24	1,14	0,00	0,90	1,30	1,30	0,65	1,85	0,00	
25	1,14	1,35	0,90	1,10	1,10	0,55	1,57	0,00	Výjimečná zat.
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,43	0,00	MSP
27	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,43	0,00	MSP - pohodlí cest.
28	0,95	1,35	0,00	1,30	1,30	0,00	0,00	0,95	překlopení

5.2 Popis vláken průřezu

číslo vlákna	popis vlákna
1	Pásnice horní L
2	Pásnice horní P
3	Pásnice horní L
4	Pásnice horní P
5	Krční úhelník horní L / pásnice
6	Krční úhelník horní P / pásnice
7	Krční úhelník horní L
8	Krční úhelník horní P
9	Krční úhelník horní L
10	Krční úhelník horní P
11	Krční úhelník horní L / pásnice
12	Krční úhelník horní L / pásnice / stojina
13	Krční úhelník horní P / pásnice / stojina
14	Krční úhelník horní P / pásnice
15	Krční úhelník horní L
16	Krční úhelník horní L / stojina
17	Krční úhelník horní P / stojina
18	Krční úhelník horní P
19	Těžiště (stojina)
20	Krční úhelník dolní L
21	Krční úhelník dolní L / stojina
22	Krční úhelník dolní P / stojina
23	Krční úhelník dolní P
24	Krční úhelník dolní L
25	Krční úhelník dolní L
26	Krční úhelník dolní P
27	Krční úhelník dolní P
28	Krční úhelník dolní L / pásnice
29	Krční úhelník dolní P / pásnice
30	Krční úhelník dolní L / pásnice
31	Krční úhelník dolní L / pásnice / stojina
32	Krční úhelník dolní P / pásnice / stojina
33	Krční úhelník dolní P / pásnice
34	Pásnice dolní L
35	Pásnice dolní P
36	Pásnice dolní L
37	Pásnice dolní P



ilustrační schéma průřezu

5.3 Levý hlavní nosník K01

5.3.1 Levý hlavní nosník v místě maximální posouvající síly Vz

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$	mez kluzu
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$	mez pevnosti
$\varepsilon = 1,01$	
$\gamma_{M0} = 1,10$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M1} = 1,20$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M2} = 1,30$	součinitel spolehlivosti

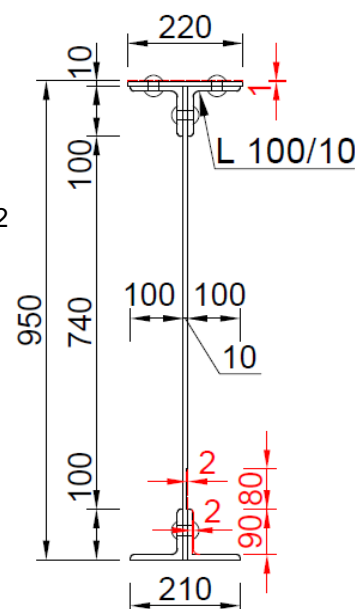
Podmínka pro tažené části.

$$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{\gamma_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$2172,56 \text{ kN} \geq 1911,11 \text{ kN}$$

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Geometrické vlastnosti

$L = 1,80 \text{ m}$	vzpěrná délka hlavního nosníku
$L_\phi = 10,92 \text{ m}$	náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2
$\phi = 1,43$	dynamický součinitel
$h = 950,00 \text{ mm}$	výška nosníku
$t_{f,h} = 20,00 \text{ mm}$	tloušťka horní pásnice
$t_{f,d} = 10,00 \text{ mm}$	tloušťka dolní pásnice
$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$	šířka horní pásnice
$b_{f,d} = 210,00 \text{ mm}$	šířka dolní pásnice
$h_w = 940,00 \text{ mm}$	výška stojiny účinná na smyk
$t = 10,00 \text{ mm}$	tloušťka stojiny
Tř.pr. = 3	třída průřezu

Průřezové charakteristiky

Celkové	Nejvíce namáhané vlákno č. 19	
$A = 1,864\text{E-}2 \text{ m}^2$	$A = 1,864\text{E-}2 \text{ m}^2$	plocha průřezu
$I_y = 2,516\text{E-}3 \text{ m}^4$	$I_y = 2,516\text{E-}3 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$I_z = 2,385\text{E-}5 \text{ m}^4$	$I_z = 2,385\text{E-}5 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$i_y = 367,4 \text{ mm}$	$i_y = 367,4 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$i_z = 35,8 \text{ mm}$	$i_z = 35,8 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$W_{el,y} = -4,771\text{E-}3 \text{ m}^3$	$W_{el,y} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{el,z} = -2,167\text{E-}4 \text{ m}^3$	$W_{el,z} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{pl,y} = 6,518\text{E-}3 \text{ m}^3$	$W_{pl,y} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$W_{pl,z} = 3,990\text{E-}4 \text{ m}^3$	$W_{pl,z} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$S_y = 2,535\text{E-}3 \text{ m}^3$	$S_y = 2,535\text{E-}3 \text{ m}^3$	statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$	klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2
$\xi = 0,95$	redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽ, s.o.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Rozhodující skupina zatížení
Kombinace zatížení dle výrazu

GR12
GR12

ZS	Zatížení	V_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charakteristické vnitřní síly			
						N	V _z	My	M _z
						[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,02	19,49	7,11	0,01
1.2	Ostatní stáie zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,01	6,03	2,16	0,00
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	17,66	30,12	4,09	0,63
3.4	Teplota zima P+	1,50	0,60	1,00	1,00	5,17	3,75	-0,66	0,51
4.2	BR - P max V _z	1,30	1,00	1,00	1,00	49,31	29,84	-7,26	1,59
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	-0,70	16,03	6,02	-0,06
7.1	LM71 - max V _z	1,30	1,00	1,43	1,00	4,68	449,83	159,62	-0,33
8.1	C3 - max V _z	1,30	1,00	1,51	1,00	2,81	285,29	101,32	-0,19

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	V _z	My	M _z	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	0,02	22,22	8,11	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	2,80	4,85
1.2	0,01	6,87	2,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	1,50
2.4	17,88	30,50	4,14	0,64	-0,96	0,00	0,00	-0,96	3,84	6,72
3.4	4,65	3,38	0,00	0,46	-0,25	0,00	0,00	-0,25	0,43	0,78
4.2	64,10	38,79	0,00	2,07	-3,44	0,00	0,00	-3,44	4,89	9,13
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	0,00	10,42	3,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,31	2,27
7.1	8,67	833,75	295,85	0,00	-0,47	0,00	0,00	-0,47	105,00	181,87
8.1	5,51	559,21	198,60	-0,37	-0,30	0,00	0,00	-0,30	70,43	121,99

Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí										
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	V _z	My	M _z	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	86,67	112,18	18,62	3,18	-4,65	0,00	0,00	-4,65	14,13	25,25
LM71,Ed	8,67	833,75	295,85	0,00	-0,47	0,00	0,00	-0,47	105,00	181,87
Celkem	95,35	945,93	314,47	3,18	-5,12	0,00	0,00	-5,12	119,13	206,41

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 945,93 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
R _d =	120,72 MPa
τ_{rs} =	14,13 MPa
τ_{LM71} =	105,00 MPa
Z_{LM71} =	1,02

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,758 > 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-86670,95}{3897454,55} + \frac{18621,93}{-997518,59} + \frac{3175,28}{-47705,48} = 0,107$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-8674,29}{3897454,55} + \frac{295852,66}{-997518,59} + \frac{0,00}{-47705,48} = 0,299$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 2,99$$

KROK 3 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 1,01$$

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 60 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	2,99	$Z_{LM71} =$	1,02	$Z_{LM71} =$	1,01
$\eta_1 =$	0,41	$\eta_3 =$	0,99	$\eta =$	0,99
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	0,06	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00
$\sigma_{x,My} =$	0,78	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,00
$\sigma_{x,Mz} =$	0,16	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00
$t =$	0,00	$t =$	1,00	$t =$	1,00

Výsledná zatížitelnost

$$Z_{LM71} = 1,01$$

Ověření přechodnosti

Vnitřní síly					
Vlak	Y_f	N	Vz	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	2,81	285,29	101,32	-0,19
E_{LM71}	1,30	4,68	449,83	159,62	-0,33
Poměr $\lambda_{C3/LM71}$		0,60	0,63	0,63	0,58
K_i		0,00	1,00	0,00	0,00

Traťová třída	C3	
Rychlost	60	[km/h]
Dynamický souč.	1,43	LM71
Dynamický souč.	1,51	TTZ
$\psi =$	1,06	
$\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$		

$$C3: Z_{LM71} > \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{C3/LM71,i}$$

$$1,01 > 0,67 \quad \text{Přechodné}$$

5.3.2 Levý hlavní nosník v místě maximálního ohybového momentu M_y

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

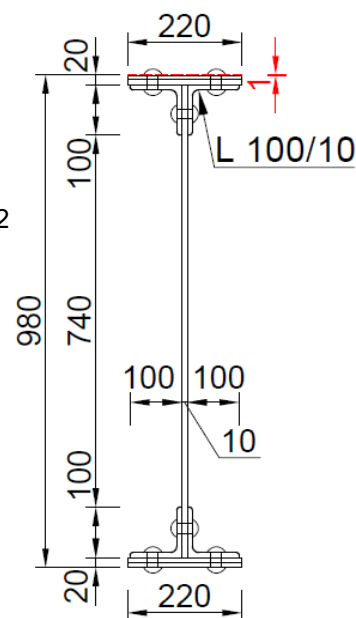
$f_y = 230,00 \text{ MPa}$	mez kluzu
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$	mez pevnosti
$\varepsilon = 1,01$	
$\gamma_{M0} = 1,10$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M1} = 1,20$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M2} = 1,30$	součinitel spolehlivosti

Podmínka pro tažené části.

$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{\gamma_{M2}}$	\geq	$\frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}}$
2879,25 kN	\geq	2721,58 kN

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Geometrické vlastnosti

$L = 1,80 \text{ m}$	vzpěrná délka hlavního nosníku
$L_\phi = 10,92 \text{ m}$	náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2
$\phi = 1,43$	dynamický součinitel
$h = 980,00 \text{ mm}$	výška nosníku
$t_{f,h} = 30,00 \text{ mm}$	tloušťka horní pásnice
$t_{f,d} = 30,00 \text{ mm}$	tloušťka dolní pásnice
$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$	šířka horní pásnice
$b_{f,d} = 220,00 \text{ mm}$	šířka dolní pásnice
$h_w = 940,00 \text{ mm}$	výška stojiny účinná na smyk
$t = 10,00 \text{ mm}$	tloušťka stojiny
Tř.pr. = 3	třída průřezu

Průřezové charakteristiky

Celkové	Nejvíce namáhané vlákno č. 37	
$A = 2,558E-2 \text{ m}^2$	$A = 2,558E-2 \text{ m}^2$	plocha průřezu
$I_y = 4,154E-3 \text{ m}^4$	$I_y = 4,154E-3 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$I_z = 5,051E-5 \text{ m}^4$	$I_z = 5,051E-5 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$i_y = 403,0 \text{ mm}$	$i_y = 403,0 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$i_z = 44,4 \text{ mm}$	$i_z = 44,4 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$W_{el,y} = 8,406E-3 \text{ m}^3$	$W_{el,y} = -8,551E-3 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{el,z} = -4,592E-4 \text{ m}^3$	$W_{el,z} = 4,592E-4 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{pl,y} = 9,818E-3 \text{ m}^3$	$W_{pl,y} = 9,818E-3 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$W_{pl,z} = 7,320E-4 \text{ m}^3$	$W_{pl,z} = 7,320E-4 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$S_y = 4,839E-3 \text{ m}^3$	$S_y = 0,000E+0 \text{ m}^3$	statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$	klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2
$\xi = 0,95$	redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽ, s.o.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Rozhodující skupina zatížení
Kombinace zatížení dle výrazu

GR12
GR12

ZS	Zatížení	V_f	ψ_0	ϕ	Z_{uvaz} / GR_{xx}	Charakteristické vnitřní síly			
						N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,50	-0,12	56,33	0,01
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,36	-0,59	18,03	0,00
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	33,20	1,49	67,33	-1,40
3.2	Teplota zima L+	1,50	0,60	1,00	1,00	0,69	-0,35	8,97	1,22
4.4	BR - P max M _y	1,30	1,00	1,00	1,00	91,90	-10,73	81,36	-8,88
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	57,17	14,83	32,15	-0,08
7.2	LM71 -max M _y	1,30	1,00	1,43	1,00	20,76	22,35	1119,37	-0,26
8.2	C3 -max M _y	1,30	1,00	1,51	1,00	12,47	20,59	641,34	-0,19

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
1.1	0,57	0,11	64,22	0,01	-0,02	-7,51	0,02	-7,51	0,00	7,51
1.2	0,41	0,53	20,55	0,00	-0,02	-2,40	0,00	-2,42	0,00	2,42
2.4	33,62	1,51	68,17	-1,42	-1,31	-7,97	-3,09	-12,37	0,00	12,37
3.2	0,62	0,00	8,07	0,00	-0,02	-0,94	0,00	-0,97	0,00	0,97
4.4	119,47	0,00	105,77	-11,54	-4,67	-12,37	-25,14	-42,18	0,00	42,18
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	37,16	9,64	20,90	-0,05	-1,45	-2,44	-0,11	-4,01	0,00	4,01
7.2	38,48	41,43	2074,73	-0,48	-1,50	-242,62	-1,05	-245,17	0,00	245,17
8.2	24,44	40,36	1257,12	-0,37	-0,96	-147,01	-0,81	-148,77	0,00	148,77

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
rs,Ed	191,85	11,79	287,68	-13,00	-7,50	-33,64	-28,32	-69,46	0,00	69,46
LM71,Ed	38,48	41,43	2074,73	-0,48	-1,50	-242,62	-1,05	-245,17	0,00	245,17
Celkem	230,33	53,21	2362,41	-13,49	-9,00	-276,26	-29,37	-314,64	0,00	314,64

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 53,21 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
R _d =	120,72 MPa
τ_{rs} =	1,37 MPa
τ_{LM71} =	4,83 MPa
Z_{LM71} =	24,73

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,043 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-191846,90}{5348545,45} + \frac{287680,53}{-1788014,47} + \frac{-13004,50}{96006,31} = 0,332$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-38478,27}{5348545,45} + \frac{2074731,19}{-1788014,47} + \frac{-481,91}{96006,31} = 1,173$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,57$$

KROK 3 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,57$$

Jelokož je zatížitelnost menší než 1,0 můžeme dle metodického pokynu SŽ, s.o. redukovat účinky bočních rázů, odstředivých sil a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem

	iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs} =$	0,33	0,24	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	$\eta_{1,LM71} =$	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
	$Z_{LM71} =$	0,57	0,65	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Srov. σ_x	$\sigma_{e,rs} =$	69,46	49,58	53,33	52,62	52,75	52,73	52,73	52,73	52,73	52,73
	$\sigma_{e,LM71} =$	245,17	245,17	245,17	245,17	245,17	245,17	245,17	245,17	245,17	245,17
	$Z_{LM71} =$	0,57	0,65	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64

Hodnoty vnitřních sil a napětí pro iteraci č. 9

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	0,57	0,11	64,22	0,01	-0,02	-7,51	0,02	-7,51	0,00	7,51
1.2	0,41	0,53	20,55	0,00	-0,02	-2,40	0,00	-2,42	0,00	2,42
2.4	33,62	1,51	68,17	-1,42	-1,31	-7,97	-3,09	-12,37	0,00	12,37
3.2	0,62	0,00	8,07	0,00	-0,02	-0,60	0,00	-0,97	0,00	0,97
4.4	76,19	0,00	67,45	-7,36	-2,98	-7,89	-16,03	-26,90	0,00	26,90
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	23,70	6,15	13,33	-0,03	-0,93	-1,56	-0,07	-2,56	0,00	2,56
7.2	38,48	41,43	2074,73	-0,48	-1,50	-242,62	-1,05	-245,17	0,00	245,17
8.2	12,47	20,59	641,34	-0,19	-0,96	-147,01	-0,81	-148,77	0,00	148,77

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	135,11	8,30	241,80	-8,80	-5,27	-27,93	-19,17	-52,73	0,00	52,73
LM71,Ed	38,48	41,43	2074,73	-0,48	-1,50	-242,62	-1,05	-245,17	0,00	245,17
Celkem	173,59	49,72	2316,53	-9,29	-6,78	-270,55	-20,22	-297,90	0,00	314,64

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 60 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,64	$Z_{LM71} =$	> 5	$Z_{LM71} =$	0,64
$\eta_1 =$	1,42	$\eta_3 =$	0,05	$\eta =$	1,42
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	0,02	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	0,02
$\sigma_{x,My} =$	0,92	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,92
$\sigma_{x,Mz} =$	0,06	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,06
t =	0,00	t =	1,00	t =	0,00

Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = 0,64$

Ověření přechodnosti

Vnitřní síly					
Vlak	Y_f	N	Vz	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	12,47	20,59	641,34	-0,19
E_{LM71}	1,30	20,76	22,35	1119,37	-0,26
Poměr $\lambda_{C3/LM71}$		0,60	0,92	0,57	0,73
K_i		0,02	0,00	0,92	0,06

Traťová třída C3
 Rychlost 60 [km/h]
 Dynamický souč. 1,43 LM71
 Dynamický souč. 1,51 TTZ
 $\psi = 1,06$
 $\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$

C3: $Z_{LM71} > \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{C3/LM71,i}$
0,64 > 0,62 Přechodné

5.3.3 Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 1-2 pro max Vz

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$	mez kluzu
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$	mez pevnosti
$\varepsilon = 1,01$	
$\gamma_{M0} = 1,10$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M1} = 1,20$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M2} = 1,30$	součinitel spolehlivosti

Geometrické vlastnosti

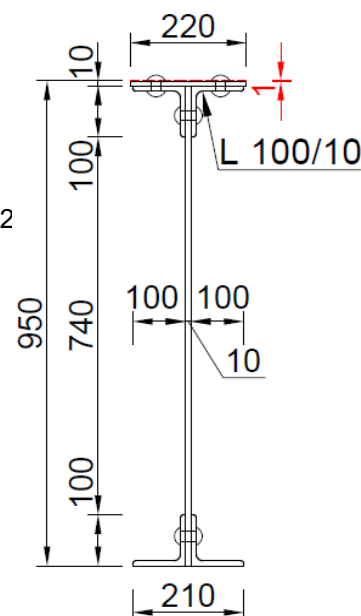
$L = 1,80 \text{ m}$	vzpěrná délka hlavního nosníku
$L_\phi = 10,92 \text{ m}$	náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2
$\phi = 1,43$	dynamický součinitel
$h = 950,00 \text{ mm}$	výška nosníku
$t_{f,h} = 20,00 \text{ mm}$	tloušťka horní pásnice
$t_{f,d} = 10,00 \text{ mm}$	tloušťka dolní pásnice
$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$	šířka horní pásnice
$b_{f,d} = 210,00 \text{ mm}$	šířka dolní pásnice
$h_w = 940,00 \text{ mm}$	výška stojiny účinná na smyk
$t = 10,00 \text{ mm}$	tloušťka stojiny
Tř.pr. = 3	třída průřezu

Podmínka pro tažené části.

$\frac{A_{f,net}}{Y_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{Y_{M0}}$	
$\frac{2175,70 \text{ kN}}{1,30} \geq \frac{1920,04 \text{ kN}}{1,10}$	

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Průřezové charakteristiky

Celkové	Nejvíce namáhané vlákno č. 29	
$A = 1,898E-2 \text{ m}^2$	$A = 1,898E-2 \text{ m}^2$	plocha průřezu
$I_y = 2,579E-3 \text{ m}^4$	$I_y = 2,579E-3 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$I_z = 2,389E-5 \text{ m}^4$	$I_z = 2,389E-5 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$i_y = 368,6 \text{ mm}$	$i_y = 368,6 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$i_z = 35,5 \text{ mm}$	$i_z = 35,5 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$W_{el,y} = -4,964E-3 \text{ m}^3$	$W_{el,y} = -4,964E-3 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{el,z} = -2,172E-4 \text{ m}^3$	$W_{el,z} = 2,275E-4 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{pl,y} = 6,518E-3 \text{ m}^3$	$W_{pl,y} = 6,518E-3 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$W_{pl,z} = 3,990E-4 \text{ m}^3$	$W_{pl,z} = 3,990E-4 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$S_y = 3,215E-3 \text{ m}^3$	$S_y = 0,000E+0 \text{ m}^3$	statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$	klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2
$\xi = 0,95$	redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽ, s.o.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Rozhodující skupina zatížení
Kombinace zatížení dle výrazu

GR12
GR12

ZS	Zatížení	V_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charakteristické vnitřní síly			
						N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,36	16,12	22,74	-0,03
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,12	5,39	7,19	-0,01
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	17,91	23,26	26,32	-1,29
3.4	Teplota zima P+	1,50	0,60	1,00	1,00	13,90	4,91	-2,74	0,47
4.5	BR pr. 1-2 mVz	1,30	1,00	1,00	1,00	49,40	29,68	19,40	-6,63
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	14,67	14,44	7,31	0,02
7.3	LM71 pr. 1-2 Vz	1,30	1,00	1,43	1,00	11,31	331,58	442,52	-0,55
8.3	C3 pr. 1-2 Vz	1,30	1,00	1,51	1,00	6,97	210,83	277,22	-0,33

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
1.1	0,41	18,38	25,92	-0,03	-0,02	-5,22	-0,15	-5,39	0,00	5,39
1.2	0,14	6,14	8,20	-0,01	-0,01	-1,65	-0,05	-1,71	0,00	1,71
2.4	18,13	23,55	26,65	-1,31	-0,96	-5,37	-5,74	-12,06	0,00	12,06
3.4	12,51	4,42	0,00	0,00	-0,66	0,00	0,00	-0,66	0,00	0,66
4.5	64,22	38,58	25,22	-8,62	-3,38	-5,08	-37,89	-46,35	0,00	46,35
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	9,54	9,39	4,75	0,00	-0,50	-0,96	0,00	-1,46	0,00	1,46
7.3	20,96	614,58	820,20	-1,02	-1,10	-165,23	-4,48	-170,81	0,00	170,81
8.3	13,66	413,26	543,39	-0,65	-0,72	-109,46	-2,84	-113,03	0,00	113,03

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
rs,Ed	104,95	100,46	90,74	-9,97	-5,53	-18,28	-43,83	-67,64	0,00	67,64
LM71,Ed	20,96	614,58	820,20	-1,02	-1,10	-165,23	-4,48	-170,81	0,00	170,81
Celkem	125,91	715,04	910,94	-10,99	-6,63	-183,51	-48,31	-238,45	0,00	238,45

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 715,04 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
R _d =	120,72 MPa
τ_{rs} =	12,52 MPa
τ_{LM71} =	76,61 MPa
Z_{LM71} =	1,41

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,573 > 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-104946,58}{3968545,45} + \frac{90740,70}{-1037940,87} + \frac{-9970,73}{47568,51} = 0,323$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-20962,87}{3968545,45} + \frac{820202,48}{-1037940,87} + \frac{-1019,41}{47568,51} = 0,817$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,83$$

KROK 3 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,83$$

Jelokož je zatížitelnost menší než 1,0 můžeme dle metodického pokynu SŽ, s.o. redukovat účinky bočních rázů, odstředivých sil a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem

	iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs} =$	0,32	0,28	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	$\eta_{1,LM71} =$	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
	$Z_{LM71} =$	0,83	0,88	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
Srov. σ_x	$\sigma_{e,rs} =$	67,64	59,42	61,72	61,07	61,26	61,20	61,22	61,21	61,22	61,22
	$\sigma_{e,LM71} =$	170,81	170,81	170,81	170,81	170,81	170,81	170,81	170,81	170,81	170,81
	$Z_{LM71} =$	0,83	0,88	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87

Hodnoty vnitřních sil a napětí pro iteraci č. 9

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	0,41	18,38	25,92	-0,03	-0,02	-5,22	-0,15	-5,39	0,00	5,39
1.2	0,14	6,14	8,20	-0,01	-0,01	-1,65	-0,05	-1,71	0,00	1,71
2.4	18,13	23,55	26,65	-1,31	-0,96	-5,37	-5,74	-12,06	0,00	12,06
3.4	12,51	4,42	0,00	0,00	-0,57	0,00	0,00	-0,66	0,00	0,66
4.5	55,60	33,40	21,83	-7,46	-2,93	-4,40	-32,80	-40,13	0,00	40,13
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	8,25	8,13	4,11	0,00	-0,43	-0,83	0,00	-1,26	0,00	1,26
7.3	20,96	614,58	820,20	-1,02	-1,10	-165,23	-4,48	-170,81	0,00	170,81
8.3	6,97	210,83	277,22	-0,33	-0,72	-109,46	-2,84	-113,03	0,00	113,03

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	95,04	94,02	86,72	-8,81	-4,92	-17,47	-38,74	-61,22	0,00	61,22
LM71,Ed	20,96	614,58	820,20	-1,02	-1,10	-165,23	-4,48	-170,81	0,00	170,81
Celkem	116,00	708,60	906,92	-9,83	-6,02	-182,70	-43,22	-232,03	0,00	314,64

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 60 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,87	$Z_{LM71} =$	1,41	$Z_{LM71} =$	0,87
$\eta_1 =$	1,11	$\eta_3 =$	0,74	$\eta =$	1,11
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	0,03	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	0,03
$\sigma_{x,My} =$	0,81	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,81
$\sigma_{x,Mz} =$	0,16	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,16
t =	0,00	t =	1,00	t =	0,00

Výsledná zatížitelnost

$$Z_{LM71} = 0,87$$

Ověření přechodnosti

Vlak	Vnitřní síly				
	Y_f	N	Vz	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	6,97	210,83	277,22	-0,33
E_{LM71}	1,30	11,31	331,58	442,52	-0,55
Poměr $\lambda_{C3/LM71}$		0,62	0,64	0,63	0,60
K_i		0,03	0,00	0,81	0,16

Traťová třída C3
 Rychlost 60 [km/h]
 Dynamický souč. 1,43 LM71
 Dynamický souč. 1,51 TTZ
 $\psi = 1,06$
 $\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$

$$C3: Z_{LM71} > \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{C3/LM71,i}$$

$$0,87 > 0,66 \quad \text{Přechodné}$$

5.3.4 Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 1-2 pro max M_y

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

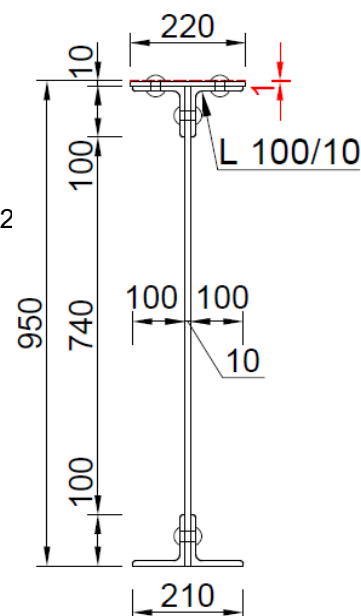
$f_y = 230,00 \text{ MPa}$	mez kluzu
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$	mez pevnosti
$\varepsilon = 1,01$	
$\gamma_{M0} = 1,10$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M1} = 1,20$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M2} = 1,30$	součinitel spolehlivosti

Podmínka pro tažené části.

$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{\gamma_{M2}}$	\geq	$\frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}}$
2164,75 kN	\geq	1910,67 kN

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Geometrické vlastnosti

$L = 1,80 \text{ m}$	vzpěrná délka hlavního nosníku
$L_\phi = 10,92 \text{ m}$	náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2
$\phi = 1,43$	dynamický součinitel
$h = 950,00 \text{ mm}$	výška nosníku
$t_{f,h} = 20,00 \text{ mm}$	tloušťka horní pásnice
$t_{f,d} = 10,00 \text{ mm}$	tloušťka dolní pásnice
$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$	šířka horní pásnice
$b_{f,d} = 210,00 \text{ mm}$	šířka dolní pásnice
$h_w = 940,00 \text{ mm}$	výška stojiny účinná na smyk
$t = 10,00 \text{ mm}$	tloušťka stojiny
Tř.pr. = 3	třída průřezu

Průřezové charakteristiky

Celkové	Nejvíce namáhané vlákno č. 29	
$A = 1,898\text{E-}2 \text{ m}^2$	$A = 1,898\text{E-}2 \text{ m}^2$	plocha průřezu
$I_y = 2,579\text{E-}3 \text{ m}^4$	$I_y = 2,579\text{E-}3 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$I_z = 2,389\text{E-}5 \text{ m}^4$	$I_z = 2,389\text{E-}5 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$i_y = 368,6 \text{ mm}$	$i_y = 368,6 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$i_z = 35,5 \text{ mm}$	$i_z = 35,5 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$W_{el,y} = -4,964\text{E-}3 \text{ m}^3$	$W_{el,y} = -4,964\text{E-}3 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{el,z} = -2,172\text{E-}4 \text{ m}^3$	$W_{el,z} = 2,275\text{E-}4 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{pl,y} = 6,518\text{E-}3 \text{ m}^3$	$W_{pl,y} = 6,518\text{E-}3 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$W_{pl,z} = 3,990\text{E-}4 \text{ m}^3$	$W_{pl,z} = 3,990\text{E-}4 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$S_y = 3,215\text{E-}3 \text{ m}^3$	$S_y = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$	statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$	klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2
$\xi = 0,95$	redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽ, s.o.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Rozhodující skupina zatížení
Kombinace zatížení dle výrazu

GR12
GR12

ZS	Zatížení	V_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charakteristické vnitřní síly			
						N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,36	16,12	22,74	-0,03
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,12	5,39	7,19	-0,01
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	17,91	23,26	26,32	-1,29
3.1	Teplota léto L+	1,50	0,60	1,00	1,00	-12,33	-4,14	2,95	-0,49
4.6	BR pr. 1-2 mMy	1,30	1,00	1,00	1,00	39,03	20,65	15,36	-6,64
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	14,67	14,44	7,31	0,02
7.4	LM71 pr. 1-2 My	1,30	1,00	1,43	1,00	11,23	314,23	464,00	-0,50
8.4	C3 pr. 1-2 My	1,30	1,00	1,51	1,00	6,87	191,44	290,67	-0,30

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
1.1	0,41	18,38	25,92	-0,03	-0,02	-5,22	-0,15	-5,39	0,00	5,39
1.2	0,14	6,14	8,20	-0,01	-0,01	-1,65	-0,05	-1,71	0,00	1,71
2.4	18,13	23,55	26,65	-1,31	-0,96	-5,37	-5,74	-12,06	0,00	12,06
3.1	0,00	0,00	2,66	-0,44	0,00	-0,53	-1,94	-2,47	0,00	2,47
4.6	50,74	26,85	19,97	-8,63	-2,67	-4,02	-37,94	-44,64	0,00	44,64
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	9,54	9,39	4,75	0,00	-0,50	-0,96	0,00	-1,46	0,00	1,46
7.4	20,81	582,42	860,02	-0,93	-1,10	-173,25	-4,07	-178,42	0,00	178,42
8.4	13,47	375,25	569,75	-0,59	-0,71	-114,78	-2,58	-118,07	0,00	118,07

Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí										
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
rs,Ed	78,96	84,30	88,14	-10,42	-4,16	-17,76	-45,82	-67,74	0,00	67,74
LM71,Ed	20,81	582,42	860,02	-0,93	-1,10	-173,25	-4,07	-178,42	0,00	178,42
Celkem	99,77	666,72	948,16	-11,35	-5,26	-191,00	-49,90	-246,16	0,00	246,16

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 666,72 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
Rd =	120,72 MPa
$\tau_{rs} =$	10,51 MPa
$\tau_{LM71} =$	72,60 MPa
$Z_{LM71} =$	1,52

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,534 > 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-78955,58}{3968545,45} + \frac{88143,70}{-1037940,87} + \frac{-10424,73}{47568,51} = 0,324$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-20814,59}{3968545,45} + \frac{860015,25}{-1037940,87} + \frac{-926,74}{47568,51} = 0,853$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,79$$

KROK 3 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,79$$

Jelokož je zatížitelnost menší než 1,0 můžeme dle metodického pokynu SŽ, s.o. redukovat účinky bočních rázů, odstředivých sil a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem

	iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs} =$	0,32	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	$\eta_{1,LM71} =$	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	$Z_{LM71} =$	0,79	0,85	0,83	0,84	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Srov. σ_x	$\sigma_{e,rs} =$	67,74	58,16	60,64	60,00	60,16	60,12	60,13	60,13	60,13	60,13
	$\sigma_{e,LM71} =$	178,42	178,42	178,42	178,42	178,42	178,42	178,42	178,42	178,42	178,42
	$Z_{LM71} =$	0,79	0,85	0,83	0,84	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83

Hodnoty vnitřních sil a napětí pro iteraci č. 9

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	0,41	18,38	25,92	-0,03	-0,02	-5,22	-0,15	-5,39	0,00	5,39
1.2	0,14	6,14	8,20	-0,01	-0,01	-1,65	-0,05	-1,71	0,00	1,71
2.4	18,13	23,55	26,65	-1,31	-0,96	-5,37	-5,74	-12,06	0,00	12,06
3.1	0,00	0,00	2,66	-0,44	0,00	-0,45	-1,62	-2,47	0,00	2,47
4.6	42,36	22,41	16,67	-7,21	-2,23	-3,36	-31,68	-37,27	0,00	37,27
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	7,96	7,84	3,97	0,00	-0,42	-0,80	0,00	-1,22	0,00	1,22
7.4	20,81	582,42	860,02	-0,93	-1,10	-173,25	-4,07	-178,42	0,00	178,42
8.4	6,87	191,44	290,67	-0,30	-0,71	-114,78	-2,58	-118,07	0,00	118,07

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	69,00	78,32	84,06	-9,00	-3,64	-16,85	-39,24	-60,13	0,00	60,13
LM71,Ed	20,81	582,42	860,02	-0,93	-1,10	-173,25	-4,07	-178,42	0,00	178,42
Celkem	89,82	660,74	944,08	-9,93	-4,73	-190,09	-43,31	-238,55	0,00	314,64

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 60 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,83	$Z_{LM71} =$	1,52	$Z_{LM71} =$	0,83
$\eta_1 =$	1,14	$\eta_3 =$	0,69	$\eta =$	1,14
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	0,02	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	0,02
$\sigma_{x,My} =$	0,82	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,82
$\sigma_{x,Mz} =$	0,16	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,16
t =	0,00	t =	1,00	t =	0,00

Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = 0,83$

Ověření přechodnosti

Vnitřní síly					
Vlak	Y_f	N	Vz	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	6,87	191,44	290,67	-0,30
E_{LM71}	1,30	11,23	314,23	464,00	-0,50
Poměr $\lambda_{C3/LM71}$		0,61	0,61	0,63	0,60
K_i		0,02	0,00	0,82	0,16

Traťová třída C3
 Rychlost 60 [km/h]
 Dynamický souč. 1,43 LM71
 Dynamický souč. 1,51 TTZ
 $\psi = 1,06$
 $\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$

C3: $Z_{LM71} > \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{C3/LM71,i}$
0,83 > 0,66 Přechodné

5.3.5 Levý hlavní nosník v místě změny průřezu 2-3 pro max M_y

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

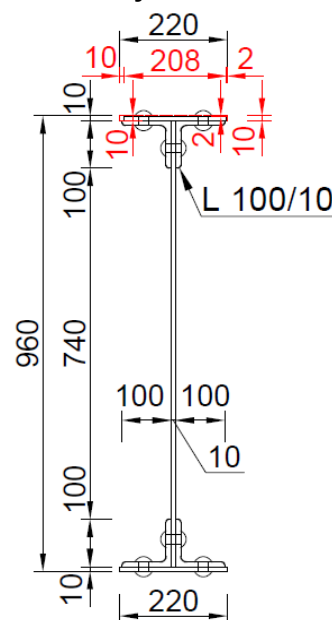
$f_y = 230,00 \text{ MPa}$	mez kluzu
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$	mez pevnosti
$\varepsilon = 1,01$	
$\gamma_{M0} = 1,10$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M1} = 1,20$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M2} = 1,30$	součinitel spolehlivosti

Podmínka pro tažené části.

$\frac{A_{f,net}}{Y_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{Y_{M0}}$	\geq	$\frac{A_f f_y}{Y_{M0}}$
$2400,39 \text{ kN}$	\geq	$2242,38 \text{ kN}$

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Geometrické vlastnosti

$L = 1,80 \text{ m}$	vzpěrná délka hlavního nosníku
$L_\phi = 10,92 \text{ m}$	náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2
$\phi = 1,43$	dynamický součinitel
$h = 960,00 \text{ mm}$	výška nosníku
$t_{f,h} = 20,00 \text{ mm}$	tloušťka horní pásnice
$t_{f,d} = 20,00 \text{ mm}$	tloušťka dolní pásnice
$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$	šířka horní pásnice
$b_{f,d} = 220,00 \text{ mm}$	šířka dolní pásnice
$h_w = 940,00 \text{ mm}$	výška stojiny účinná na smyk
$t = 10,00 \text{ mm}$	tloušťka stojiny
Tř.pr. = 3	třída průřezu

Průřezové charakteristiky

Celkové	Nejvíce namáhané vlákno č. 37	
$A = 2,084\text{E-}2 \text{ m}^2$	$A = 2,084\text{E-}2 \text{ m}^2$	plocha průřezu
$I_y = 3,041\text{E-}3 \text{ m}^4$	$I_y = 3,041\text{E-}3 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$I_z = 3,053\text{E-}5 \text{ m}^4$	$I_z = 3,053\text{E-}5 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$i_y = 382,0 \text{ mm}$	$i_y = 382,0 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$i_z = 38,3 \text{ mm}$	$i_z = 38,3 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$W_{el,y} = 6,168\text{E-}3 \text{ m}^3$	$W_{el,y} = -6,511\text{E-}3 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{el,z} = -2,748\text{E-}4 \text{ m}^3$	$W_{el,z} = 2,769\text{E-}4 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{pl,y} = 7,684\text{E-}3 \text{ m}^3$	$W_{pl,y} = 7,684\text{E-}3 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$W_{pl,z} = 5,200\text{E-}4 \text{ m}^3$	$W_{pl,z} = 5,200\text{E-}4 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$S_y = 3,375\text{E-}3 \text{ m}^3$	$S_y = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$	statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$	klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2
$\xi = 0,95$	redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽ, s.o.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Rozhodující skupina zatížení
Kombinace zatížení dle výrazu

GR12
GR12

ZS	Zatížení	V_f	ψ_0	ϕ	Z_{uvaz} / GR_{xx}	Charakteristické vnitřní síly			
						N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,39	12,71	36,89	-0,03
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,21	3,71	11,73	-0,01
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	34,64	17,63	40,44	-1,19
3.1	Teplota léto L+	1,50	0,60	1,00	1,00	-22,17	-3,44	3,93	-0,90
4.7	BR pr. 2-3 mMy	1,30	1,00	1,00	1,00	66,37	2,20	35,55	-7,93
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	21,07	14,77	15,24	-0,02
7.5	LM71 pr. 2-3 My	1,30	1,00	1,43	1,00	15,68	269,29	743,99	-0,83
8.5	C3 pr. 2-3 My	1,30	1,00	1,51	1,00	9,63	162,31	459,38	-0,49

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
1.1	0,44	14,49	42,05	-0,03	-0,02	-6,46	-0,12	-6,60	0,00	6,60
1.2	0,24	4,23	13,37	-0,01	-0,01	-2,05	-0,04	-2,11	0,00	2,11
2.4	35,07	17,85	40,95	-1,20	-1,68	-6,29	-4,35	-12,32	0,00	12,32
3.1	0,00	0,00	3,54	-0,81	0,00	-0,54	-2,93	-3,47	0,00	3,47
4.7	86,28	2,86	46,22	-10,31	-4,14	-7,10	-37,23	-48,47	0,00	48,47
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	13,70	9,60	9,91	-0,01	-0,66	-1,52	-0,05	-2,23	0,00	2,23
7.5	29,06	499,12	1378,97	-1,54	-1,39	-211,78	-5,56	-218,73	0,00	218,73
8.5	18,88	318,15	900,45	-0,96	-0,91	-138,29	-3,47	-142,66	0,00	142,66

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
rs,Ed	135,73	49,03	156,03	-12,38	-6,51	-23,96	-44,72	-75,19	0,00	75,19
LM71,Ed	29,06	499,12	1378,97	-1,54	-1,39	-211,78	-5,56	-218,73	0,00	218,73
Celkem	164,80	548,15	1535,00	-13,92	-7,91	-235,74	-50,27	-293,92	0,00	293,92

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 548,15 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
R _d =	120,72 MPa
τ_{rs} =	5,44 MPa
τ_{LM71} =	55,40 MPa
Z_{LM71} =	2,08

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,439 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-135733,50}{4357454,55} + \frac{156030,30}{-1361475,54} + \frac{-12382,48}{57899,31} = 0,360$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-29062,58}{4357454,55} + \frac{1378971,44}{-1361475,54} + \frac{-1538,39}{57899,31} = 1,046$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,61$$

KROK 3 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,61$$

Jelokož je zatížitelnost menší než 1,0 můžeme dle metodického pokynu SŽ, s.o. redukovat účinky bočních rázů, odstředivých sil a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem

	iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs} =$	0,36	0,27	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
	$\eta_{1,LM71} =$	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	$Z_{LM71} =$	0,61	0,70	0,68	0,69	0,68	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Srov. σ_x	$\sigma_{e,rs} =$	75,19	55,53	60,09	59,03	59,28	59,22	59,23	59,23	59,23	59,23
	$\sigma_{e,LM71} =$	218,73	218,73	218,73	218,73	218,73	218,73	218,73	218,73	218,73	218,73
	$Z_{LM71} =$	0,61	0,70	0,68	0,69	0,68	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69

Hodnoty vnitřních sil a napětí pro iteraci č. 9

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	0,44	14,49	42,05	-0,03	-0,02	-6,46	-0,12	-6,60	0,00	6,60
1.2	0,24	4,23	13,37	-0,01	-0,01	-2,05	-0,04	-2,11	0,00	2,11
2.4	35,07	17,85	40,95	-1,20	-1,68	-6,29	-4,35	-12,32	0,00	12,32
3.1	0,00	0,00	3,54	-0,81	0,00	-0,37	-2,00	-3,47	0,00	3,47
4.7	59,11	1,96	31,66	-7,06	-2,84	-4,86	-25,51	-33,21	0,00	33,21
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	9,38	6,58	6,79	-0,01	-0,45	-1,04	-0,03	-1,52	0,00	1,52
7.5	29,06	499,12	1378,97	-1,54	-1,39	-211,78	-5,56	-218,73	0,00	218,73
8.5	9,63	162,31	459,38	-0,49	-0,91	-138,29	-3,47	-142,66	0,00	142,66

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	104,25	45,11	138,36	-9,13	-5,00	-21,08	-32,06	-59,23	0,00	59,23
LM71,Ed	29,06	499,12	1378,97	-1,54	-1,39	-211,78	-5,56	-218,73	0,00	218,73
Celkem	133,32	544,23	1517,33	-10,67	-6,40	-232,86	-37,61	-277,96	0,00	314,64

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 60 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,69	$Z_{LM71} =$	2,08	$Z_{LM71} =$	0,69
$\eta_1 =$	1,33	$\eta_3 =$	0,50	$\eta =$	1,33
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	0,02	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	0,02
$\sigma_{x,My} =$	0,86	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,86
$\sigma_{x,Mz} =$	0,11	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,11
t =	0,00	t =	1,00	t =	0,00

Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = 0,69$

Ověření přechodnosti

Vnitřní síly					
Vlak	Y_f	N	Vz	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	9,63	162,31	459,38	-0,49
E_{LM71}	1,30	15,68	269,29	743,99	-0,83
Poměr $\lambda_{C3/LM71}$		0,61	0,60	0,62	0,59
K_i		0,02	0,00	0,86	0,11

Traťová třída C3
 Rychlost 60 [km/h]
 Dynamický souč. 1,43 LM71
 Dynamický souč. 1,51 TTZ
 $\psi = 1,06$
 $\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$

C3: $Z_{LM71} > \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{C3/LM71,i}$
0,69 > 0,65 Přechodné

5.3.6 Pravý hlavní nosník v místě maximálního ohybového momentu M_y

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$	mez kluzu
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$	mez pevnosti
$\varepsilon = 1,01$	
$\gamma_{M0} = 1,10$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M1} = 1,20$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M2} = 1,30$	součinitel spolehlivosti

Geometrické vlastnosti

$L = 1,80 \text{ m}$	vzpěrná délka hlavního nosníku
$L_\phi = 10,92 \text{ m}$	náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2
$\phi = 1,43$	dynamický součinitel
$h = 960,00 \text{ mm}$	výška nosníku
$t_{f,h} = 20,00 \text{ mm}$	tloušťka horní pásnice
$t_{f,d} = 20,00 \text{ mm}$	tloušťka dolní pásnice
$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$	šířka horní pásnice
$b_{f,d} = 220,00 \text{ mm}$	šířka dolní pásnice
$h_w = 940,00 \text{ mm}$	výška stojiny účinná na smyk
$t = 10,00 \text{ mm}$	tloušťka stojiny
Tř.pr. = 3	třída průřezu

Průřezové charakteristiky

Celkové	Nejvíce namáhané vlákno č. 37	
$A = 2,084\text{E-}2 \text{ m}^2$	$A = 2,084\text{E-}2 \text{ m}^2$	plocha průřezu
$I_y = 3,041\text{E-}3 \text{ m}^4$	$I_y = 3,041\text{E-}3 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$I_z = 3,053\text{E-}5 \text{ m}^4$	$I_z = 3,053\text{E-}5 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$i_y = 382,0 \text{ mm}$	$i_y = 382,0 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$i_z = 38,3 \text{ mm}$	$i_z = 38,3 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$W_{el,y} = 6,168\text{E-}3 \text{ m}^3$	$W_{el,y} = -6,511\text{E-}3 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{el,z} = -2,748\text{E-}4 \text{ m}^3$	$W_{el,z} = 2,769\text{E-}4 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{pl,y} = 7,684\text{E-}3 \text{ m}^3$	$W_{pl,y} = 7,684\text{E-}3 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$W_{pl,z} = 5,200\text{E-}4 \text{ m}^3$	$W_{pl,z} = 5,200\text{E-}4 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$S_y = 3,375\text{E-}3 \text{ m}^3$	$S_y = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$	statický moment

Ostatní součinitelé

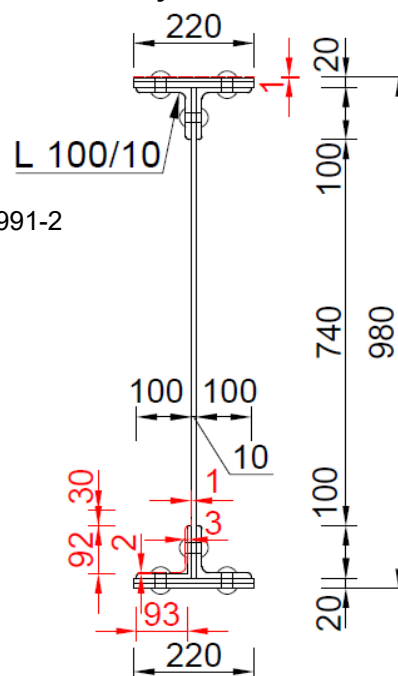
$\alpha = 1,00$	klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2
$\xi = 0,95$	redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽ, s.o.

Podmínka pro tažené části.

$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{\gamma_{M2}}$	\geq	$\frac{A_f f_y}{\gamma_{M0}}$
2400,39 kN	\geq	2242,38 kN

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Rozhodující skupina zatížení
Kombinace zatížení dle výrazu

GR12
GR12

ZS	Zatížení	V_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charakteristické vnitřní síly			
						N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	1,11	-0,10	56,56	0,01
1.2	Ostatní stáله zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,14	-0,60	17,84	-0,01
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	38,23	1,49	65,01	1,29
3.1	Teplota léto L+	1,50	0,60	1,00	1,00	-1,42	-0,06	9,92	-1,08
4.3	BR - L max M _y	1,30	1,00	1,00	1,00	120,94	-10,72	68,30	8,17
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	55,03	13,29	30,90	-0,06
7.6	LM71 - P max M _y	1,30	1,00	1,43	1,00	1,06	20,41	1100,48	-0,67
8.6	C3 - P max M _y	1,30	1,00	1,51	1,00	0,61	19,03	630,47	-0,42

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
1.1	1,27	0,09	64,48	0,01	-0,05	-7,83	-0,03	-7,91	0,00	7,91
1.2	0,16	0,54	20,34	-0,01	-0,01	-2,47	0,02	-2,46	0,02	2,46
2.3	38,71	1,51	65,82	1,31	-1,54	-8,00	-2,93	-12,47	0,07	12,47
3.1	0,00	0,00	8,93	0,00	0,00	-1,08	0,00	-1,08	0,00	1,08
4.3	157,22	0,00	88,79	10,62	-6,27	-10,79	-23,82	-40,88	0,00	40,88
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	35,77	8,64	20,09	0,00	-1,43	-2,44	0,00	-3,87	0,39	3,92
7.6	1,96	37,83	2039,72	0,00	-0,08	-247,84	0,00	-247,92	1,69	247,93
8.6	1,20	37,30	1235,81	-0,82	-0,05	-150,16	1,85	-148,36	1,67	148,39

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
rs,Ed	233,12	10,78	268,44	11,93	-9,29	-32,62	-26,76	-68,66	0,48	68,72
LM71,Ed	1,96	37,83	2039,72	0,00	-0,08	-247,84	0,00	-247,92	1,69	247,93
Celkem	235,09	48,61	2308,16	11,93	-9,37	-280,46	-26,76	-316,58	2,17	316,60

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 48,61 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
R _d =	120,72 MPa
$\tau_{rs} =$	1,26 MPa
$\tau_{LM71} =$	4,41 MPa
$Z_{LM71} =$	27,11

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,039 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-233124,38}{5246927,27} + \frac{268441,63}{-1720819,20} + \frac{11929,53}{-93222,32} = 0,328$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-1964,69}{5246927,27} + \frac{2039718,93}{-1720819,20} + \frac{0,00}{-93222,32} = 1,186$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle normálového napětí

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,57$$

KROK 3 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost Z_{LM71} dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,57$$

Jelokož je zatížitelnost menší než 1,0 můžeme dle metodického pokynu SŽ, s.o. redukovat účinky bočních rázů, odstředivých sil a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem

	iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs} =$	0,33	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	$\eta_{1,LM71} =$	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
	$Z_{LM71} =$	0,57	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
Srov. σ_x	$\sigma_{e,rs} =$	68,67	49,27	52,77	52,14	52,25	52,23	52,23	52,23	52,23	52,23
	$\sigma_{e,LM71} =$	247,93	247,93	247,93	247,93	247,93	247,93	247,93	247,93	247,93	247,93
	$Z_{LM71} =$	0,57	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63

Hodnoty vnitřních sil a napětí pro iteraci č. 9

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	1,27	0,09	64,48	0,01	-0,05	-7,83	-0,03	-7,91	0,00	7,91
1.2	0,16	0,54	20,34	-0,01	-0,01	-2,47	0,02	-2,46	0,02	2,46
2.3	38,71	1,51	65,82	1,31	-1,54	-8,00	-2,93	-12,47	0,07	12,47
3.1	0,00	0,00	8,93	0,00	0,00	-0,69	0,00	-1,08	0,00	1,08
4.3	99,48	0,00	56,18	6,72	-3,96	-6,83	-15,07	-25,86	0,00	25,86
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	22,63	5,47	12,71	0,00	-0,90	-1,54	0,00	-2,45	0,24	2,48
7.6	1,96	37,83	2039,72	0,00	-0,08	-247,84	0,00	-247,92	1,69	247,93
8.6	0,61	19,03	630,47	-0,42	-0,05	-150,16	1,85	-148,36	1,67	148,39

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	162,24	7,60	228,45	8,03	-6,46	-27,36	-18,01	-52,23	0,34	52,27
LM71,Ed	1,96	37,83	2039,72	0,00	-0,08	-247,84	0,00	-247,92	1,69	247,93
Celkem	164,20	45,43	2268,17	8,03	-6,54	-275,20	-18,01	-300,15	2,03	314,64

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 60 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,63	$Z_{LM71} =$	> 5	$Z_{LM71} =$	0,63
$\eta_1 =$	1,44	$\eta_3 =$	0,05	$\eta =$	1,44
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	0,02	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	0,02
$\sigma_{x,My} =$	0,92	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,92
$\sigma_{x,Mz} =$	0,06	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,06
t =	0,00	t =	1,00	t =	0,00

Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = 0,63$

Ověření přechodnosti

Vnitřní síly					
Vlak	Y_f	N	Vz	My	Mz
	-	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	0,61	19,03	630,47	-0,42
E_{LM71}	1,30	1,06	20,41	1100,48	-0,67
Poměr $\lambda_{C3/LM71}$		0,58	0,93	0,57	0,63
K_i		0,02	0,00	0,92	0,06

Traťová třída C3
 Rychlost 60 [km/h]
 Dynamický souč. 1,43 LM71
 Dynamický souč. 1,51 TTZ
 $\psi = 1,06$
 $\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$

C3: $Z_{LM71} > \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{C3/LM71,i}$
0,63 > 0,61 Přechodné

5.4 Vliv klopení

Posuzovaný prut nebyl posuzován na klopení, protože je jeho tlačný (horní) pás zabezpečen proti vybočení ve vzdálenosti menší než 40-ti násobek poloměru setrvačnosti konvenčního tlačného pásu nosníku. Přitom se zvažuje poloměr setrvačnosti z roviny ohybu konvenčního tlačného pásu nosníku, který je tvořen pásnicí a přilehlou částí stojiny, zahrnující 1/3 její tlačné plochy.

Tlačný pás hlavního nosníku je proti vybočení z roviny ohybu zabezpečen příčným ztužením po vzdálenostech $L = 1820$ mm. S ohledem na provedení příčného ztužení je vzpěrná délka na klopení 943 mm.

Vliv klopení jednotlivých průřezů hlavního nosníku				
Uvažované místo	$40 i_{zp}$	>	L příčných podpor	Posudek
Hl.n. L v místě max. Vz	1895,20 mm	>	943,00 mm	VYHOVUJE
Hl.n. L v místě max. My	2035,20 mm	>	943,00 mm	VYHOVUJE
Hl.n. L změna pr. 1-2 mVz	1882,00 mm	>	943,00 mm	VYHOVUJE
Hl.n. L změna pr. 1-2 mMy	1880,00 mm	>	943,00 mm	VYHOVUJE
Hl.n. L změna pr. 2-3 mVz	1760,00 mm	>	943,00 mm	VYHOVUJE
Hl.n. P v místě max. My	2038,40 mm	>	943,00 mm	VYHOVUJE

Není třeba uvažovat vliv klopení.

5.5 Lokální stabilita stojiny

Rozhodující skupina zatížení

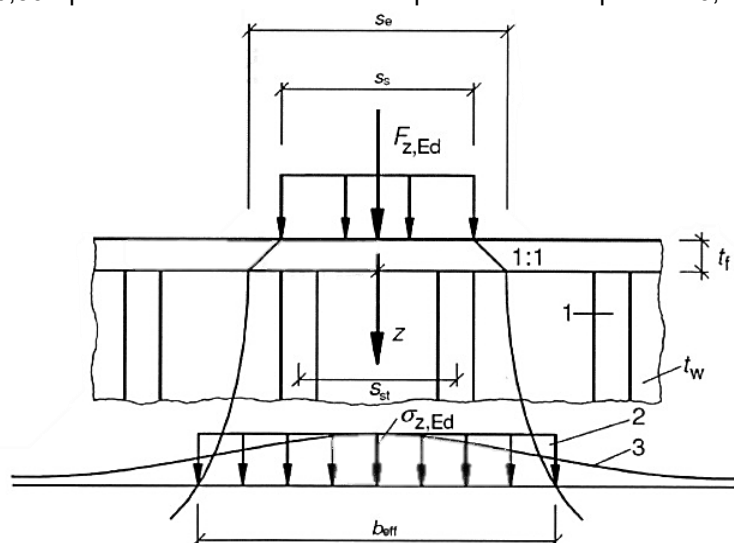
GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

ZS	Zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Síla		Napětí
						$F_{z,Ek}$ [kN]	$F_{z,Ed}$ [kN]	$\sigma_{z,Ed}$ [MPa]
2.4	Vítr reduk. zprava - Fw	1,35	0,75	1,00	0,50 *	8,16	4,13	1,48
4.2	BR - P max Vz - Qsk	1,50	1,00	1,00	0,50 *	20,31	15,23	5,44
5	Odstředivé síly - Qtk	1,30	1,00	1,00	0,50 *	0,00	0,00	0,00
7.1	LM71 - max Vz - Qk,1	1,30	1,00	2,00	0,50 *	137,62	178,90	63,89
8.1	C3 - max Vz - Qk,1	1,30	1,00	1,68	0,50 *	110,09	120,22	42,94

*0,50 - protože máme rozdělenou nápravovou sílu v poměru 0,25 : 0,50 : 0,25


 $t_w = 10,00$ mm

 $t_f = 20,00$ mm

 $s_s = 240,00$ mm

 $s_{st} = 943,00$ mm

 $s_w = 1,60$ m

tloušťka stojiny

tloušťka pásnice

šířka mostnice

vzdálenost svislých výztuh

vzdálenost náprav

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

$$s_e = s_s + 2 t_f = 280,00 \text{ mm} \quad \text{roznášení šířka}$$

$$a_{st} = 1064,69 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha svislých výztuh}$$

$$z = 0,00 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost od pásnice}$$

$$b_{eff} = s_e \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{z}{s_e \cdot n} \right)^2} = 280,00 \text{ mm} \quad \text{efektivní šířka}$$

$$n = 0,636 \sqrt{1 + \frac{0,878 a_{st,l}}{t_w}} = 0,667$$

$$a_{st,l} = 1,13 \text{ m}^2/\text{m}$$

plocha výztuhy rozprostřena na délku s_e

$$F_{LM71,Ed} = 0,5 \cdot Q_{k,1} \cdot \gamma_f \cdot \phi$$

$$F_{LM71,Ed} = 178,90 \text{ kN}$$

$$\sigma_{z,LM71,Ed} = 57,41 \text{ MPa}$$

$$F_{rs,Ed} = 0,5 \cdot (Q_{sk} \cdot \gamma_f + Q_{tk} \cdot \phi \cdot \gamma_f + F_w \cdot \gamma_f \cdot s_w \cdot \psi)$$

$$F_{rs,Ed} = 19,36 \text{ kN}$$

$$\sigma_{z,rs,Ed} = 6,21 \text{ MPa}$$

$$\eta_{2,LM71} = \frac{\sigma_{z,LM71,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}$$

$$\eta_{2,LM71} = 0,275 \quad (A.17)$$

$$\eta_{2,rs} = \frac{\sigma_{z,rs,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}$$

$$\eta_{2,rs} = 0,030 \quad (A.18)$$

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{2,rs}}{\eta_{2,LM71}}$$

$$Z_{LM71} = 3,53$$

5.5.1 Interakce účinků spolu s namáháním ohybovým momentem a osovou silou

$$Z_{LM71} = \frac{1,4 - (\eta_{2,rs} + 0,8 \eta_{1,rs})}{\eta_{2,LM71} + 0,8 \eta_{1,LM71}} \quad (A.19)$$

$$Z_{LM71} = 1,21$$

5.6 Únosnost krčních nýtů

Rozhodující skupina zatížení

GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

ZS	Zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Síla	
						$F_{b,Ek}$ [kN]	$F_{b,Ed}$ [kN]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	19,49	22,22
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	6,03	6,87
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	30,12	30,50
3.4	Teplota zima P+	1,50	0,60	1,00	1,00	3,75	3,38
4.2	BR - P max Vz	1,30	1,00	1,00	1,00	29,84	38,79
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	16,03	10,42
7.1	LM71 - max Vz	1,30	1,00	1,43	1,00	449,83	833,75
8.1	C3 - max Vz	1,30	1,00	1,51	1,00	285,29	559,21

$$s = 90,00 \text{ mm}$$

rozteč nýtů

$$n = 3,20 \text{ ks}$$

počet nýtů

$$n_s = 2$$

počet střížných rovin

$$\emptyset = 20,00 \text{ mm}$$

průměr nýtů

$$f_{ub} = 310,00 \text{ MPa}$$

mez pevnosti materiálu nýtů

$$f_u = 360,00 \text{ MPa}$$

mez pevnosti spojovaného materiálu

$$e_1 = 40,00 \text{ mm}$$

$$e_2 = 50,00 \text{ mm}$$

$$p_1 = 90,00 \text{ mm}$$

$$p_2 = 0,00 \text{ mm}$$

$$A_0 = 314,16 \text{ mm}^2 \quad \text{plocha nýtů}$$

$$S_y = 2534598,32 \text{ mm}^3 \quad \text{statický moment horní pásnice včetně krčních úhelníků a části stojiny}$$

$$I_y = 2,516 \text{E-3 m}^4 \quad \text{moment setrvačnosti celého průřezu}$$

$$Y_{M2} = 1,30 \quad \text{součinitel spolehlivosti}$$

$$z = 45,00 \quad \text{vzdálenost od pásnice}$$

$$b_{\text{eff}} = s_e \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{z}{s_e \cdot n} \right)^2} = 288,02 \text{ mm} \quad \text{efektivní šířka}$$

Zatížení lokálním břemenem

$$F_{v,rs,Ed} = 19,36 \text{ kN}$$

$$F_{v,LM71,Ed} = 178,90 \text{ kN}$$

$$F_{v,C3,Ed} = 120,22 \text{ kN}$$

Zatížení smykovou silou

$$F_{b,rs,Ed} = 112,18 \text{ kN}$$

$$F_{b,LM71,Ed} = 833,75 \text{ kN}$$

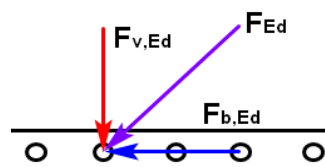
$$F_{b,C3,Ed} = 559,21 \text{ kN}$$

Výslednice zatížení

$$F_{rs,Ed} = 113,83 \text{ kN}$$

$$F_{LM71,Ed} = 852,73 \text{ kN}$$

$$F_{C3,Ed} = 571,99 \text{ kN}$$



Součinitelé potřebné pro posudek na otláčení

Šrouby	krajní	vnitřní
k_1	5,3	-
k_1	-1,7	-1,7
k_1	2,5	2,5
α_d	0,667	1,250

nýt kolmo na zatížení

$$\alpha_b = \min(f_{ub} / f_u; 1)$$

$$\alpha_b = \min(0,861; 1)$$

$$\alpha_b = 0,861$$

nýt ve směru zatížení

$$\alpha_b = \min(\alpha_d; f_{ub} / f_u; 1)$$

$$\alpha_b = \min(0,667; 0,861; 1)$$

$$\alpha_b = 0,667$$

Únosnost na střih

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_0 \cdot n_s}{Y_{M2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot 310 \cdot 314,16 \cdot 2}{1,30}$$

$$F_{v,Rd} = 89,90 \text{ kN}$$

Únosnost na otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{Y_{M2}}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,861 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 10}{1,30}$$

$$F_{b,Rd} = 119,23 \text{ kN}$$

pro nýty na konci

$$F_{b,Rd} = 119,23 \text{ kN}$$

pro vnitřní nýty

Síla působící na jeden nýt

$$F_{ed} = a \sqrt{\left(\frac{F_b \cdot S_{3,y}}{I_y} \right)^2 + \left(\frac{\alpha \cdot F_v}{b_{\text{eff}}} \right)^2} \leq \begin{cases} F_{v,Rd} \\ F_{b,Rd} \end{cases}$$

$$F_{Ed} = 105,81 \text{ kN}$$

$$F_{rs,Ed} = 11,84 \text{ kN}$$

$$F_{LM71,Ed} = 94,03 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 105,81 \text{ kN}$$

>

$$F_{Rd} = 89,90 \text{ kN}$$

Nevyhovuje

Zatížitelnost

$$Z_{LM71} = \frac{F_{Rd} - F_{rs,Ed}}{F_{LM71,Ed}}$$

$$Z_{LM71} = 0,83$$

Charakteristické síly působící na jeden nýt

Smyková síla

$$F_{b,rs} = 9,54 \text{ kN}$$

$$F_{b,LM71} = 40,79 \text{ kN}$$

$$F_{b,TTZ,C3} = 25,87 \text{ kN}$$

Lokální zatížení

$$F_{v,rs} = 8,90 \text{ kN}$$

$$F_{v,LM71} = 21,50 \text{ kN}$$

$$F_{v,TTZ,C3} = 17,20 \text{ kN}$$

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Jelokož je zatížitelnost menší než 1,0 můžeme dle metodického pokynu SŽ, s.o. redukovat účinky bočních rázů, odstředivých sil a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem

iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F_{ed}	105,30	104,25	104,32	104,32	104,32	104,32	104,32	104,32	104,32	104,32
$F_{rs,Ed}$	11,30	10,27	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34	10,34
F_{LM71}	94,03	94,03	94,03	94,03	94,03	94,03	94,03	94,03	94,03	94,03
Z_{LM71}	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85

Hodnoty vnitřních sil pro iteraci č. 9

Lokální zatížení - F_v	
ZS	[kN]
2.4	4,13
4.2	12,89
5	0,00
7.1	178,90

Smykové zatížení - F_b	
ZS	[kN]
1.1	22,22
2.4	30,50
3.4	3,38
4.2	32,82
5	0,00
6.1	8,82
7.1	833,75

Charakteristické síly působící na jeden nýt

Smyková síla

$$F_{b,rs} = 84,47 \text{ kN}$$

$$F_{b,LM71} = 40,79 \text{ kN}$$

$$F_{b,TTZ,C3} = 25,87 \text{ kN}$$

Lokální zatížení

$$F_{v,rs} = 5,32 \text{ kN}$$

$$F_{v,LM71} = 21,50 \text{ kN}$$

$$F_{v,TTZ,C3} = 17,20 \text{ kN}$$

Výsledná zatížitelnost krčních nýtů

$$Z_{LM71} = 0,85$$

Přechodnost

Síly působící na nýt			
Vlak	Y_f	F_{v,E_k}	F_{b,E_k}
	-	[kN]	[kN]
$E_{TTZ,C3}$	1,30	17,20	25,87
E_{LM71}	1,30	21,50	40,79
Poměr $\lambda_{C3/LM71}$		0,80	0,63
Ki =		0,34	0,66

Traťová třída C3

Rychlost 60 [km/h]

Dynamický souč. pro lokální účinky 2,00 LM71

Dynamický souč. pro lokální účinky 1,68 TTZ

Dynamický souč. pro krční nýty 1,43 LM71

Dynamický souč. pro krční nýty 1,51 TTZ

$$\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$$

$$\begin{array}{lll} \text{C3: } Z_{LM71} & > & \sum k_i \cdot \psi_i \cdot \lambda_{LM71,i} \\ 0,85 & > & 0,67 \quad \text{Přechodné} \end{array}$$

5.7 Příčné a podélné ztužení

5.7.1 Příčné ztužení č. 7 - dolní pas vlevo

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

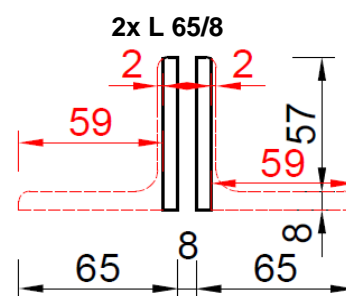
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

$\varepsilon = 1,01$

$\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti



Geometrické vlastnosti

$L_{cr,y} = 0,805 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru y

$L_{cr,z} = 1,610 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru z

$\alpha = 0,49$ součinitel imperfekce ve směru y

$\alpha = 0,49$ součinitel imperfekce ve směru z

Průřezové charakteristiky

$A = 7,787\text{E-}4 \text{ m}^2$ plocha průřezu

$A_{net} = 5,387\text{E-}4 \text{ m}^2$ oslabená plocha průřezu

$A_{eff} = 5,387\text{E-}4 \text{ m}^2$ efektivní plocha průřezu

$I_y = 2,733\text{E-}7 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti

$I_z = 4,045\text{E-}8 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti

$I_{y,eff} = 2,733\text{E-}7 \text{ m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$I_{z,eff} = 4,045\text{E-}8 \text{ m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

$i_y = 19,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$i_z = 7,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

$I_w = 1,415\text{E-}11 \text{ m}^6$ výsečový moment setrvačnosti

$I_t = 8,701\text{E-}9 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti v prosté kroucení

$G = 81,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku

$E = 210,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti v tahu

$W_{y,el} = 8,396\text{E-}6 \text{ m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{z,el} = 4,045\text{E-}6 \text{ m}^3$ elastický průřezový modul

$W_{y,pl} = 1,263\text{E-}5 \text{ m}^3$ plastický průřezový modul

$W_{z,pl} = 5,448\text{E-}6 \text{ m}^3$ plastický průřezový modul

Max. tlak - příčné ztužení č.7 dolní pas vlevo						Charakteristické vnitřní síly		
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,34	-0,01	-0,02
1.2	Ostatní stálo zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	-1,13	0,00	0,00
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	-2,95	-0,09	0,55
3.1	Teplota léto L+	1,50	0,60	1,00	1,00	-21,29	0,01	0,11
4.8	BR příč. zt. 7 Dolní pas L	1,30	1,00	1,00	0,63*	-6,81	-0,23	2,09
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	0,63*	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,32*	-0,47	-0,01	0,06
7.7	LM71 př.zt.7 Dolní pas L	1,30	1,00	1,43	1,00	-4,04	-0,03	-0,06

* Účinky bočního rázu, odstředivých a rozjezdových sil jsou redukovány maximální zatížitelností.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

zs	Návrhové vnitřní síly		
	N	My	Mz
	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	-0,35	0,01	-0,02
1.2	1,29	0,00	0,00
2.4	2,99	0,09	0,56
3.1	19,16	0,00	0,10
4.8	5,60	0,19	1,72
5	0,00	0,00	0,00
6.1	0,19	0,00	0,02
7.7	7,49	0,06	0,00

Souhrn návrhových vnitřních sil					
N _{LM71,Ed}	N _{rs,Ed}	M _{y,LM71,Ed}	M _{y,rs,Ed}	M _{z,LM71,Ed}	M _{z,rs,Ed}
[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
7,49	28,88	0,06	0,30	0,00	2,38

Posouzení na prostorový vzpěr

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

Interakční součinitelé dle ČSN EN 1993-1-1 Příloha B

$$k_{yy} = 0,567 \quad c_{my} = 0,40$$

$$k_{yz} = 0,795 \quad c_{mz} = 0,40$$

$$k_{zy} = 0,780 \quad c_{mLT} = 1,00$$

$$k_{zz} = 1,325$$

Součinitelé vzpěrnosti χ

$$\chi_y = 0,869$$

$$\chi_z = 0,148$$

$$\chi_{LT} = 0,900$$

Charakteristické únosnosti průřezu

$$N_{Rk} = 22,03 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 1,93 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = 0,93 \text{ kNm}$$

Vyčíslení rovnice

$$0,280 + 0,138 + 2,439 = 2,857 \leq 1,000 \text{ Nevyhovuje}$$

$$1,651 + 0,189 + 4,065 = 5,905 \leq 1,000 \text{ Nevyhovuje}$$

5.7.2 Příčné ztužení č. 7 - dolní pas vpravo

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

 $f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

 $f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

 $\varepsilon = 1,01$
 $\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

 $\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

 $\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti

Geometrické vlastnosti

 $L_{cr,y} = 0,805 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru y

 $L_{cr,z} = 1,610 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru z

 $\alpha = 0,49$ součinitel imperfekce ve směru y

 $\alpha = 0,49$ součinitel imperfekce ve směru z

Průřezové charakteristiky

 $A = 1,157\text{E-}3 \text{ m}^2$ plocha průřezu

 $A_{net} = 8,765\text{E-}4 \text{ m}^2$ oslabená plocha průřezu

 $A_{eff} = 8,765\text{E-}4 \text{ m}^2$ efektivní plocha průřezu

 $I_y = 8,259\text{E-}7 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti

 $I_z = 2,398\text{E-}7 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti

 $I_{y,eff} = 8,259\text{E-}7 \text{ m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

 $I_{z,eff} = 2,398\text{E-}7 \text{ m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

 $i_y = 27,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

 $i_z = 14,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

 $I_w = 5,195\text{E-}11 \text{ m}^6$ výsečový moment setrvačnosti

 $I_t = 1,897\text{E-}8 \text{ m}^4$ moment setrvačnosti v prosté kroucení

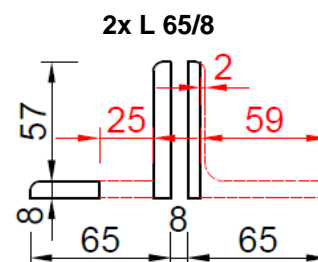
 $G = 81,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku

 $E = 210,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti v tahu

 $W_{y,el} = 1,373\text{E-}5 \text{ m}^3$ elastický průřezový modul

 $W_{z,el} = 6,931\text{E-}6 \text{ m}^3$ elastický průřezový modul

 $W_{y,pl} = 2,385\text{E-}5 \text{ m}^3$ plastický průřezový modul

 $W_{z,pl} = 1,383\text{E-}5 \text{ m}^3$ plastický průřezový modul


Max. Tlak - příčné ztužení č.7 dolní pas vpravo						Charakteristické vnitřní síly		
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,29	-0,01	0,02
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	-1,13	0,00	0,00
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	-7,57	-0,09	0,56
3.2	Teplota zima L+	1,50	0,60	1,00	1,00	-23,66	0,01	0,13
4.9	BR příč. zt. 7 Dolní pas P	1,30	1,00	1,00	0,63*	-21,90	-0,24	2,13
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	0,63*	0,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směru	1,30	1,00	1,00	0,32*	-0,12	-0,01	0,06
7.8	LM71 př.zt.7 Dolní pas P	1,30	1,00	1,43	1,00	-1,33	0,00	0,05

* Účinky bočního rázu, odstředivých a rozjezdových sil jsou redukovány maximální zatížitelností.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

zs	Návrhové vnitřní síly		
	N	My	Mz
	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	-0,30	0,01	0,02
1.2	1,29	0,00	0,00
2.3	7,66	0,09	0,57
3.2	21,29	0,00	0,12
4.9	18,01	0,20	1,75
5	0,00	0,00	0,00
6.2	0,05	0,00	0,02
7.8	2,47	0,00	0,09

Souhrn návrhových vnitřních sil					
N _{LM71,Ed}	N _{rs,Ed}	M _{y,LM71,Ed}	M _{y,rs,Ed}	M _{z,LM71,Ed}	M _{z,rs,Ed}
[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
2,47	48,01	0,00	0,30	0,09	2,48

Posouzení na prostorový vzpěr

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

Interakční součinitelé dle ČSN EN 1993-1-1 Příloha B

$$k_{yy} = 0,424 \quad c_{my} = 0,40$$

$$k_{yz} = 0,412 \quad c_{mz} = 0,40$$

$$k_{zy} = 0,932 \quad c_{mLT} = 1,00$$

$$k_{zz} = 0,687$$

Součinitelé vzpěrnosti χ

$$\chi_y = 0,940$$

$$\chi_z = 0,444$$

$$\chi_{LT} = 0,983$$

Charakteristické únosnosti průřezu

$$N_{Rk} = 98,53 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 3,16 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = 1,59 \text{ kNm}$$

Vyčíslení rovnice

$$0,242 + 0,050 + 0,799 = 1,091 \leq 1,000 \text{ Nevyhovuje}$$

$$0,512 + 0,109 + 1,332 = 1,954 \leq 1,000 \text{ Nevyhovuje}$$

5.7.3 Příčné ztužení č. 6 - horní pas vlevo

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

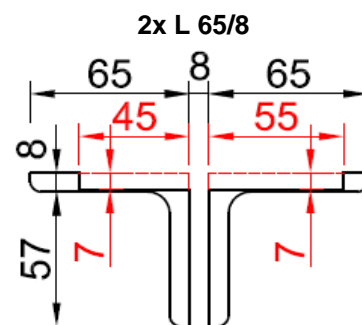
$f_y = 230,00 \text{ MPa}$	mez kluzu
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$	mez pevnosti
$\varepsilon = 1,01$	
$\gamma_{M0} = 1,10$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M1} = 1,20$	součinitel spolehlivosti
$\gamma_{M2} = 1,30$	součinitel spolehlivosti

Geometrické vlastnosti

$L_{cr,y} = 0,805 \text{ m}$	vzpěrná délka ve směru y
$L_{cr,z} = 1,610 \text{ m}$	vzpěrná délka ve směru z
$\alpha = 0,49$	součinitel imperfekce ve směru y
$\alpha = 0,49$	součinitel imperfekce ve směru z

Průřezové charakteristiky

$A = 1,270\text{E-}3 \text{ m}^2$	plocha průřezu
$A_{net} = 9,097\text{E-}4 \text{ m}^2$	oslabená plocha průřezu
$A_{eff} = 9,097\text{E-}4 \text{ m}^2$	efektivní plocha průřezu
$I_y = 1,030\text{E-}6 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$I_z = 4,749\text{E-}7 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$I_{y,eff} = 1,030\text{E-}6 \text{ m}^4$	efektivní moment setrvačnosti
$I_{z,eff} = 4,749\text{E-}7 \text{ m}^4$	efektivní moment setrvačnosti
$i_y = 28,00 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$i_z = 19,00 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$I_w = 3,909\text{E-}11 \text{ m}^6$	výsečový moment setrvačnosti
$I_t = 2,209\text{E-}8 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti v prosté kroucení
$G = 81,00 \text{ GPa}$	modul pružnosti ve smyku
$E = 210,00 \text{ GPa}$	modul pružnosti v tahu
$W_{y,el} = 1,480\text{E-}5 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{z,el} = 1,224\text{E-}5 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{y,pl} = 2,452\text{E-}5 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$W_{z,pl} = 2,104\text{E-}5 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul



Max. Tlak - příčné ztužení č.7 horní pas vpravo						Charakteristické vnitřní síly		
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	N [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,13	0,00	0,01
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	1,22	0,00	0,00
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	-13,68	0,00	-0,53
3.3	Teplota léto P+	1,50	0,60	1,00	1,00	-3,35	0,03	-0,09
4.10	BR příč. zt. 7 Horní pas P	1,30	1,00	1,00	0,63*	-31,04	-0,01	-1,52
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	0,63*	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,32*	-1,12	0,00	-0,05
7.9	LM71 př.zt.7 Horní pas P	1,30	1,00	1,43	1,00	-4,22	-0,01	-0,29

* Účinky bočního rázu, odstředivých a rozjezdových sil jsou redukovány maximální zatížitelností.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

zs	Návrhové vnitřní síly		
	N	My	Mz
	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	0,15	0,00	-0,01
1.2	-1,10	0,00	0,00
2.4	13,85	0,00	0,54
3.3	3,02	0,03	0,08
4.10	25,53	0,00	1,25
5	0,00	0,00	0,00
6.1	0,46	0,00	0,02
7.9	7,82	0,00	0,54

Souhrn návrhových vnitřních sil					
N _{LM71,Ed}	N _{rs,Ed}	M _{y,LM71,Ed}	M _{y,rs,Ed}	M _{z,LM71,Ed}	M _{z,rs,Ed}
[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
7,82	41,91	0,00	0,03	0,54	1,88

Posouzení na prostorový vzpěr

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

Interakční součinitelé dle ČSN EN 1993-1-1 Příloha B

$$k_{yy} = 0,488 \quad c_{my} = 0,47$$

$$k_{yz} = 0,332 \quad c_{mz} = 0,40$$

$$k_{zy} = 0,961 \quad c_{mLT} = 1,00$$

$$k_{zz} = 0,554$$

Součinitelé vzpěrnosti χ

$$\chi_y = 0,950$$

$$\chi_z = 0,614$$

$$\chi_{LT} = 1,000$$

Charakteristické únosnosti průřezu

$$N_{Rk} = 149,44 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 3,40 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = 2,81 \text{ kNm}$$

Vyčíslení rovnice

$$0,215 + 0,005 + 0,342 = 0,562 \leq 1,000 \text{ Vyhovuje}$$

$$0,333 + 0,009 + 0,570 = 0,912 \leq 1,000 \text{ Vyhovuje}$$

5.7.4 Příčné ztužení č. 1 - diagonály č. 1 a č. 4

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

 $f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

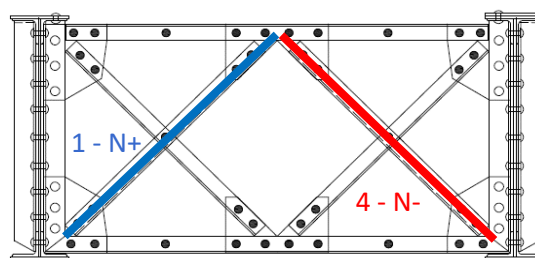
 $f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

 $\varepsilon = 1,01$
 $\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

 $\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

 $\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti

Schéma



Geometrické vlastnosti

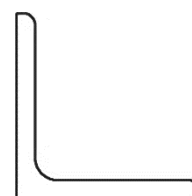
 $L_{cr,y} = 0,456 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru y

 $L_{cr,z} = 0,456 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru z

 $\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru y

 $\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru z

L 60/7



Průřezové charakteristiky

 $A = 7,980 \text{E-4 m}^2$ plocha průřezu

 $A_{net} = 6,580 \text{E-4 m}^2$ oslabená plocha průřezu

 $A_{eff} = 6,580 \text{E-4 m}^2$ efektivní plocha průřezu

 $I_y = 4,134 \text{E-7 m}^4$ moment setrvačnosti

 $I_z = 1,076 \text{E-7 m}^4$ moment setrvačnosti

 $I_{y,eff} = 4,134 \text{E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

 $I_{z,eff} = 1,076 \text{E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

 $i_y = 23,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

 $i_z = 12,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

 $I_w = 2,938 \text{E-12 m}^6$ výsečový moment setrvačnosti

 $I_t = 1,383 \text{E-8 m}^4$ moment setrvačnosti v prosté kroucení

 $G = 81,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku

 $E = 210,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti v tahu

 $W_{y,el} = 9,727 \text{E-6 m}^3$ elastický průřezový modul

 $W_{z,el} = 4,423 \text{E-6 m}^3$ elastický průřezový modul

 $W_{y,pl} = 1,558 \text{E-5 m}^3$ plastický průřezový modul

 $W_{z,pl} = 8,022 \text{E-6 m}^3$ plastický průřezový modul

Max. tah - příčné ztužení č.1 diagonála 1						Vnitřní síly	
						Charak.	Návrh.
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	Z_{uvaz} / GR_{xx}	N [kN]	N [kN]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,23	-0,26
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,02	0,00
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	8,29	8,39
3.1	Teplota léto L+	1,50	0,60	1,00	1,00	3,45	3,11
4.11	BR příč. zt. 1 Diagon. N+	1,30	1,00	1,00	1,00	23,56	30,63
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	0,25	0,16
7.10	LM71 př.zt.1 Diagon. N+	1,30	1,00	1,43	0,00	-2,72	0,00

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Max. tlak - příčné ztužení č.1 diagonála 4						Charakteristické vnitřní síly		
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	N	My	Mz
						[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,21	0,00	0,00
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,01	0,00	0,00
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	-8,35	-0,13	-0,13
3.1	Teplota léto L+	1,50	0,60	1,00	1,00	-3,47	-0,05	-0,05
4.12	BR příč. zt. 1 Diagon. N-	1,30	1,00	1,00	1,00	-23,67	-0,36	-0,36
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	-0,26	0,00	0,00
7.11	LM71 př.zt.1 Diagon. N-	1,30	1,00	1,43	1,00	2,63	0,04	0,04

Návrhové vnitřní síly			
zs	N	My	Mz
	[kN]	[kNm]	[kNm]
1.1	0,24	0,00	0,00
1.2	-0,01	0,00	0,00
2.3	8,45	0,13	0,13
3.1	3,12	0,05	0,05
4.12	30,77	0,47	0,47
5	0,00	0,00	0,00
6.1	0,17	0,00	0,00
7.11	0,00	0,00	0,00

Souhrn návrhových vnitřních sil					
Tah					
N _{LM71,Ed}			N _{rs,Ed}		
[kN]			[kN]		
0,00			42,03		
Tlak					
N _{LM71,Ed}	N _{rs,Ed}	M _{y,LM71,Ed}	M _{y,rs,Ed}	M _{z,LM71,Ed}	M _{z,rs,Ed}
[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
0,00	42,75	0,00	0,64	0,00	0,64

Posouzení na maximální účinky tahu

Neoslabený průřez

$$N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

$$N_{pl,Rd} = 166,85 \text{ kN}$$

$$0,25 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Oslabený průřez

$$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 72,89 \text{ kN}$$

$$0,58 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na prostorový vzpěr

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

Interakční součinitelé dle ČSN EN 1993-1-1 Příloha B

$$k_{yy} = 0,984 \quad c_{my} = 0,98$$

$$k_{yz} = 0,257 \quad c_{mz} = 0,40$$

$$k_{zy} = 0,983 \quad c_{mLT} = 1,00$$

$$k_{zz} = 0,428$$

Součinitelé vzpěrnosti χ

$$\chi_y = 0,996$$

$$\chi_z = 0,921$$

$$\chi_{LT} = 1,000$$

Charakteristické únosnosti průřezu

$$N_{Rk} = 140,81 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 2,24 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = 1,02 \text{ kNm}$$

Vyčíslení rovnice

$$0,281 + 0,340 + 0,195 = 0,816 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$0,304 + 0,340 + 0,325 = 0,969 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.7.5 Dolní podélné ztužení v poli č. 1 a č. 6

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Schéma

Materiálové vlastnosti

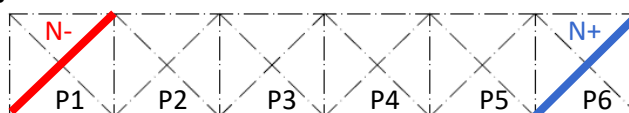
druh oceli - plávková ocel

 $f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu

 $f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

 $\varepsilon = 1,01$
 $\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

 $\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

 $\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti


Geometrické vlastnosti

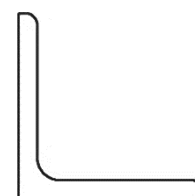
 $L_{cr,y} = 1,870 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru y

 $L_{cr,z} = 1,870 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru z

 $\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru y

 $\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru z

L 60/7



Průřezové charakteristiky

 $A = 7,980 \text{E-4 m}^2$ plocha průřezu

 $A_{net} = 6,580 \text{E-4 m}^2$ oslabená plocha průřezu

 $A_{eff} = 6,580 \text{E-4 m}^2$ efektivní plocha průřezu

 $I_y = 4,134 \text{E-7 m}^4$ moment setrvačnosti

 $I_z = 1,076 \text{E-7 m}^4$ moment setrvačnosti

 $I_{y,eff} = 4,134 \text{E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

 $I_{z,eff} = 1,076 \text{E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti

 $i_y = 23,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

 $i_z = 12,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti

 $I_w = 2,938 \text{E-12 m}^6$ výsečový moment setrvačnosti

 $I_t = 1,383 \text{E-8 m}^4$ moment setrvačnosti v prosté kroucení

 $G = 81,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku

 $E = 210,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti v tahu

 $W_{y,el} = 9,727 \text{E-6 m}^3$ elastický průřezový modul

 $W_{z,el} = 4,423 \text{E-6 m}^3$ elastický průřezový modul

 $W_{y,pl} = 1,558 \text{E-5 m}^3$ plastický průřezový modul

 $W_{z,pl} = 8,022 \text{E-6 m}^3$ plastický průřezový modul

Max. tah - podélné dolní ztužení - pole 6 - diagonála						Vnitřní síly	
						Charak.	Návrh.
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	Z_{uvaz} / GR_{xx}	N [kN]	N [kN]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,38	-0,43
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,03	0,00
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	6,82	6,91
3.1	Teplota léto L+	1,50	0,60	1,00	1,00	3,69	3,32
4.13	BR pod. zt. 6 Dolní N+	1,30	1,00	1,00	1,00	31,95	41,54
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	0,53	0,34
7.12	LM71 pod.zt.6 Dolní N+	1,30	1,00	1,43	1,00	8,52	15,79

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Max. tlak - podélné dolní ztužení - pole 1 - diagonála						Vnitřní síly	
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charak.	Návrh.
						N	N
						[kN]	[kN]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,32	0,36
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,01	-0,01
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	-3,86	3,91
3.3	Teplota léto P+	1,50	0,60	1,00	1,00	-4,27	3,84
4.14	BR pod. zt. 1 Dolní N-	1,30	1,00	1,00	0,63*	-26,15	21,51
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	0,63*	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,32*	-0,54	0,22
7.13	LM71 pod.zt.1 Dolní N-	1,30	1,00	1,43	1,00	-5,62	10,42

* Účinky bočního rázu, odstředivých a rozjezdových sil jsou redukovány maximální zatížitelností.

Souhrn návrhových vnitřních sil			
Tah		Tlak	
$N_{LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$	$N_{LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$
[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
15,79	51,67	10,42	29,84

Posouzení na maximální účinky tahu

Neoslabený průřez

$$N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

$$N_{pl,Rd} = 166,85 \text{ kN}$$

$$0,31 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Oslabený průřez

$$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 112,97 \text{ kN}$$

$$0,60 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na maximální účinky tlaku (vzpěr)

Excentrické připojení výplňových prutů z úhelníků bylo zohledněno a posouzeno dle ČSN EN 1993-1-1 Přílohy BB článku BB 1.2.

Kolmo k ose y

$$N_{cr,y} = \pi^2 E I_y / L^2$$

$$N_{cr,y} = 245,02 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$\bar{\lambda} = 0,865$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,988$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_y = 0,68$$

$$\chi = \min (\chi_y; \chi_z; \chi_v)$$

$$\chi = \min (0,68; 0,28; 0,33)$$

$$\chi = 0,28$$

Kolmo k ose z

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / L^2$$

$$N_{cr,z} = 63,77 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$\bar{\lambda} = 1,696$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 2,193$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_z = 0,28$$

Excentricita připojení

osa z \rightarrow v

$$\bar{\lambda}_v = 0,35 + 0,7 \bar{\lambda}$$

$$\bar{\lambda}_v = 1,5375$$

$$\phi_v = 1,909$$

$$\chi_v = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_v = 0,33$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_y / \gamma_{M1}$$

$$N_{b,Rd} = 42,68 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} < 1,00$$

$$0,94 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.7.6 Horní podélné ztužení v poli č. 1

Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Schéma

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

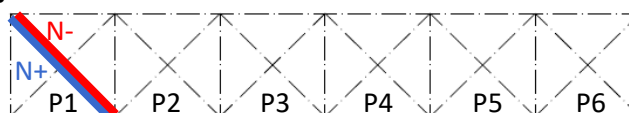
$f_y = 230,00 \text{ MPa}$ mez kluzu
 $f_u = 360,00 \text{ MPa}$ mez pevnosti

$\varepsilon = 1,01$

$\gamma_{M0} = 1,10$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,20$ součinitel spolehlivosti

$\gamma_{M2} = 1,30$ součinitel spolehlivosti



Geometrické vlastnosti

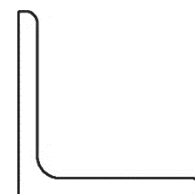
$L_{cr,y} = 1,870 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru y

$L_{cr,z} = 1,870 \text{ m}$ vzpěrná délka ve směru z

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru y

$\alpha = 0,34$ součinitel imperfekce ve směru z

L 90/9



Průřezové charakteristiky

$A = 1,550 \text{E-3 m}^2$ plocha průřezu
 $A_{net} = 1,370 \text{E-3 m}^2$ oslabená plocha průřezu
 $A_{eff} = 1,370 \text{E-3 m}^2$ efektivní plocha průřezu
 $I_y = 1,840 \text{E-6 m}^4$ moment setrvačnosti
 $I_z = 4,765 \text{E-7 m}^4$ moment setrvačnosti
 $I_{y,eff} = 1,840 \text{E-6 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti
 $I_{z,eff} = 4,765 \text{E-7 m}^4$ efektivní moment setrvačnosti
 $i_y = 34,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti
 $i_z = 18,00 \text{ mm}$ poloměr setrvačnosti
 $I_w = 2,192 \text{E-11 m}^6$ výsečový moment setrvačnosti
 $I_t = 4,457 \text{E-8 m}^4$ moment setrvačnosti v prosté kroucení
 $G = 81,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti ve smyku
 $E = 210,00 \text{ GPa}$ modul pružnosti v tahu
 $W_{y,el} = 2,887 \text{E-5 m}^3$ elastický průřezový modul
 $W_{z,el} = 1,334 \text{E-5 m}^3$ elastický průřezový modul
 $W_{y,pl} = 4,586 \text{E-5 m}^3$ plastický průřezový modul
 $W_{z,pl} = 2,358 \text{E-5 m}^3$ plastický průřezový modul

Max. tah - podélné horní ztužení - pole 1 - diagonála						Vnitřní síly	
						Charak.	Návrh.
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	N [kN]	N [kN]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,02	0,02
1.2	Ostatní stáje zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,02	0,00
2.3	Vítr reduk. zleva	1,35	0,75	1,00	1,00	23,26	23,55
3.2	Teplota zima L+	1,50	0,60	1,00	1,00	5,34	4,81
4.15	BR pod. zt. 1 Horní N+	1,30	1,00	1,00	1,00	65,08	84,60
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,30	1,00	1,00	0,50	0,89	0,58
7.14	LM71 pod.zt.1 Horní N+	1,30	1,00	1,43	0,00	-7,51	0,00

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Max. tlak - podélné horní ztužení - pole 1 - diagonála						Vnitřní síly	
zs	zatížení	γ_f	ψ_0	ϕ	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	Charak.	Návrh.
						N	N
						[kN]	[kN]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	0,02	-0,02
1.2	Ostatní stáje zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	-0,02	0,02
2.4	Vítr reduk. zprava	1,35	0,75	1,00	1,00	-23,31	23,60
3.4	Teplota zima P+	1,50	0,60	1,00	1,00	-6,79	6,11
4.16	BR pod. zt. 1 Horní N-	1,30	1,00	1,00	1,00	-65,08	84,60
5	Odstředivé síly	1,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směru	1,30	1,00	1,00	0,50	-0,89	0,58
7.15	LM71 pod.zt.1 Horní N-	1,30	1,00	1,43	1,00	-7,51	13,92

Souhrn návrhových vnitřních sil			
Tah		Tlak	
$N_{LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$	$N_{LM71,Ed}$	$N_{rs,Ed}$
[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
0,00	113,56	13,92	114,90

Posouzení na maximální účinky tahu

Neoslabený průřez

$$N_{pl,Rd} = A f_y / \gamma_{M0}$$

$$N_{pl,Rd} = 324,09 \text{ kN}$$

$$0,35 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Oslabený průřez

$$N_{u,Rd} = \beta A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 235,22 \text{ kN}$$

$$0,48 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na maximální účinky tlaku (vzpěr)

Excentrické připojení výplňových prutů z úhelníků bylo zohledněno a posouzeno dle ČSN EN 1993-1-1 Přílohy BB článku BB 1.2.

Kolmo k ose y

$$N_{cr,y} = \pi^2 E I_y / L^2$$

$$N_{cr,y} = 1090,57 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,y}}}$$

$$\bar{\lambda} = 0,572$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 0,727$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_y = 0,85$$

$$\chi = \min(\chi_y; \chi_z; \chi_v)$$

$$\chi = \min(0,85; 0,52; 0,51)$$

$$\chi = 0,51$$

Kolmo k ose z

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / L^2$$

$$N_{cr,z} = 282,42 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr,z}}}$$

$$\bar{\lambda} = 1,124$$

$$\phi = 0,5 [1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\phi = 1,288$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_z = 0,52$$

Excentricita připojení

osa z \rightarrow v

$$\bar{\lambda}_v = 0,35 + 0,7 \bar{\lambda}$$

$$\bar{\lambda}_v = 1,1365$$

$$\phi_v = 1,305$$

$$\chi_v = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

$$\chi_v = 0,51$$

$$N_{b,Rd} = \chi A f_y / \gamma_{M1}$$

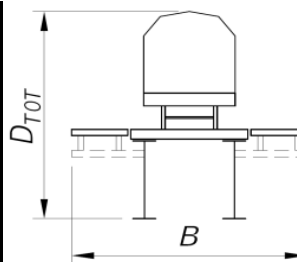
$$N_{b,Rd} = 152,63 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} < 1,00$$

$$0,84 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

5.8 Posouzení na překlpení

Korekční součinitel pro zatížení ocelových mostů dle přílohy G Metodického pokynu					
Typ konstrukce	Kategorie výšky dopravy	Vška dopravy	Korekční součinitel	Součinitel pro nízké mosty	Výsledný korekční součinitel
7	KVD 2	4,3 m	0,67	1,05	0,70



						Působící zatížení	
						Charakteristické	Návrhové
zs	zatížení	γ_g / γ_q	ψ_0	r	$Z_{uvaž} / GR_{xx}$	F [kN]	F [kN]
1.1	Vlastní tíha - F_{g0}	0,95	1,00	-	1,00	84,19	79,98
1.2	Ostatní stálé - F_{g1}	0,95	1,00	-	1,00	29,64	28,16
2.6	Vítr - na kci - F_{wGk}	1,35	1,00	0,69	1,00	14,80	19,99
2.7	Vítr - na vlak - F_{wpk}	1,35	1,00	3,37	1,00	43,23	196,65
4	Boční ráz - F_{sk}	1,30	1,00	1,37	1,00	35,00	62,34
5	Odstř. síly 50 - F_{tk}	1,30	1,00	3,17	1,00	0,00	0,00
9	Nezat. vlak - F_{pk}	0,95	1,00	-	1,00	158,20	150,29
10.1 *	Kolej. Rošt vl. t. - F_{g2}	0,95	1,00	-	1,00	14,90	14,16
10.2 **	Kolej - F_{kl}	0,95	1,00	1,29	1,00	20,00	24,42

* Je uvažovaná vlastní tíha kolejového roštu v předpolí konstrukce v délce 2 m před i za objektem.

** Je počítáno s příčným odporem koleje, který je dle předpisu SŽDC S3/2 pro dřevěnné pražce min. 5 kN/m. Je uvažováno se spolupůsobící délkou koleje před i za objektem v délce 2 m.

Rameno stabilizující síly je vztaženo ke kraji dolní pásnice hlavního nosníku včetně zohlednění excentricit.

$$\begin{aligned}
 & \text{Stabilizační účinky} \geq \text{Destabilizační účinky} \\
 & (F_{g0} \cdot \gamma_g + F_{g1} \cdot \gamma_g) \cdot (b/2) + (F_{pk} \cdot \gamma_q + F_{g2} \cdot \gamma_g) \cdot ((b/2) - e) + F_{kl} \cdot r_{kl} \geq F_{wGd} \cdot r_{wG} \cdot \gamma_q + F_{wpd} \cdot r_{wp} \cdot \gamma_q + F_{sd} \cdot r_s \cdot \gamma_q \cdot \psi_0 + F_{tk} \cdot r_{tk} \cdot \gamma_q \\
 & 79,98 + 28,16 \cdot (2,02/2) + (150,29 + 14,16) \cdot ((2,02/2) - 0,09) + 24,42 \geq 19,99 + 196,65 + 62,34 + 0 \\
 & \mathbf{284,79 \text{ kN} > 278,97 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}}
 \end{aligned}$$

5.9 Zatížitelnost spodní stavby

Spodní stavba svým stavem nelimituje zatížitelnost objektu a bude odpovídat stanovené nejmenší rozhodující zatížitelnosti nosné konstrukce.

6 Stanovení zatížitelnosti - MSP

6.1 Svislé přetvoření hlavního nosníku K01

Při stanovení zatížitelnosti z hlediska mezního stavu použitelnosti bylo postupováno dle metodického pokynu SŽ, s.o.

Stanovení zatížitelnosti z průhybů

$E = 210,000E+9$ Pa - modul pružnosti

$I_y = 41,542E-4$ m⁴ - moment setrvačnosti jednoho hlavního nosníku

$l = 10,92$ m - rozpětí nosníku

Mezní průhyb stanoven ČSN EN 1990/A1, příloha A2:

$$f_{lim} = \frac{L}{600} = \frac{10,92}{600} = 18,20 \text{ mm}$$

zs	zatížení	ϕ	Průhyb	
			charakteristické	návrhové
			w [mm]	w [mm]
7.2	LM71 -max My	1,43	17,40	24,81
Σw			17,40	24,81

$$f_{max} = 24,81$$

$$f_{lim} > f_{max}$$

$$18,20 \text{ mm} < 24,81 \text{ mm}$$

Nevyhovuje

Zatížitelnost z průhybů

$$Z_{LM71} = (f_{lim} - f_{rs})/F_{lm71}$$

$$Z_{LM71} = (18,2 - 0) / 24,81$$

$$Z_{LM71} = 0,73$$

6.2 Svislé přetvoření hlavního nosníku K01 - pohodlí cestujících

$E = 210,000E+9$ Pa - modul pružnosti

$I_z = 41,542E-4$ m⁴ - moment setrvačnosti jednoho hlavního nosníku

$l = 10,92$ m - rozpětí nosníku

zs	zatížení	součin. ψ / ϕ	Průhyb	
			charakteristické	návrhové
			w [mm]	w [mm]
2.4	Vítr reduk. zprava	1,00	1,10	1,10
3.2	Teplota zima L+	1,00	0,30	0,30
4.4	BR - P max My	1,00	1,00	1,00
5	Odstředivé síly	1,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,00	0,50	0,50
7.2	LM71 -max My	1,43	17,40	24,81
Σw			20,30	27,71

Souhrn průhybů	
f_{rs}	f_{LM71}
[mm]	[mm]
2,90	24,81

Zatížitelnost z průhybů

$$Z_{LM71} = (f_{lim} - f_{rs})/F_{LM71}$$

$$Z_{LM71} = (18,2 - 2,9) / 24,81$$

$$Z_{LM71} = 0,62$$

6.3 Vodorovné přetvoření hlavního nosníku K01

$E = 210,000 \text{E}+9 \text{ Pa}$ - modul pružnosti
 $I_z = 415,406 \text{E}-4 \text{ m}^4$ - moment setrvačnosti obou hlavních nosníků, jako celku
 $l = 10,92 \text{ m}$ - rozpětí nosníku

zs	zatížení	součin. Ψ / ϕ	Průhyb	
			charakteristické	návrhové
			w [mm]	w [mm]
2.3	Vítr reduk. zleva	1,00	2,20	2,20
3.4	Teplota zima P+	1,00	1,80	1,80
4.3	BR - L max My	1,00	6,20	6,20
5	Odstředivé síly	1,00	0,00	0,00
6.2	Rozj. proti směru	1,00	0,10	0,10
7.2	LM71 -max My	1,43	0,20	0,29
Σw			10,50	10,59

Souhrn průhybů	
f_{rs}	f_{LM71}
[mm]	[mm]
10,30	0,29

$f_{lim} = 18,2 \text{ mm} < f_{max} = 10,6 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

Zatížitelnost z průhybů

$$Z_{LM71} = (f_{lim} - f_{rs}) / F_{LM71}$$

$$Z_{LM71} = (18,2 - 10,3) / 0,29$$

$$Z_{LM71} = > 5$$

Maximální změna poloměru křivosti

$$r < r_{lim}$$

$$r = L^2 / 8 \delta_h \quad r = 1408$$

$$r_{lim} = 1700 \text{ m dle ČSN EN 1990/A2 Tab. A2.8}$$

$$f_{lim} = 8,77 \text{ mm} < f = 10,59 \text{ mm} \quad \text{Nevyhovuje}$$

6.4 Svislé pootočení hlavního nosníku K01

Stanovení zatížitelnosti z průhybů

$E = 210,000 \text{E}+9 \text{ Pa}$ - modul pružnosti
 $I_y = 41,542 \text{E}-4 \text{ m}^4$ - moment setrvačnosti jednoho hlavního nosníku
 $l = 10,92 \text{ m}$ - rozpětí nosníku
 $\phi_{lim} = 0,0065 \text{ rad}$ - dle MP 4.7.18

zs	zatížení	ϕ	Průhyb	
			charakteristické	návrhové
			ϕ [rad]	ϕ [rad]
7.2	LM71 -max My	1,43	0,0049	0,007
$\Sigma \phi$			0,0049	0,007

$\phi_{lim} = 0,0065 \text{ rad} < 0,0070 \text{ rad}$ **Nevyhovuje**

Zatížitelnost z průhybů

$$Z_{LM71} = (f_{lim} - f_{rs}) / F_{LM71}$$

$$Z_{LM71} = (0,007 - 0) / 0,007$$

$$Z_{LM71} = 0,93$$

6.5 Vodorovné pootočení hlavního nosníku K01

- $E = 210,000E+9 \text{ Pa}$ - modul pružnosti
 $I_z = 415,406E-4 \text{ m}^4$ - moment setrvačnosti obou hlavních nosníků, jako celku
 $l = 10,92 \text{ m}$ - rozpětí nosníku

			Průhyb	
			charakteristické	návrhové
			φ	φ
zs	zatížení	součin. ψ / ϕ	[rad]	[rad]
2.4	Vítr reduk. zprava	1,00	0,0005	0,0005
3.1	Teplota léto L+	1,00	0,0005	0,0005
4.4	BR - P max My	1,00	0,0013	0,0013
5	Odstředivé síly	1,00	0,0000	0,0000
6.1	Rozj. ve směru	1,00	0,0000	0,0000
7.2	LM71 -max My	1,43	0,0002	0,0003
$\Sigma \varphi$			0,0025	0,0026

Souhrn průhybů	
f_{rs}	f_{LM71}
[mm]	[mm]
0,0023	0,0003

$\varphi_{lim} = 0,0035 \text{ rad} > 0,0026 \text{ rad}$ **Vyhovuje**

Zatížitelnost z průhybů

$$Z_{LM71} = (f_{lim} - f_{rs}) / F_{lm71}$$

$$Z_{LM71} = (0,0035 - 0,0023) / 0,0003$$

$$Z_{LM71} = 4,208$$

7 Stanovení výjimečné zatížitelnosti

7.1 Stanovení výjimečné zatížitelnosti v místě max. ohybového momentu pro pravý hl.n. Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel

$f_y = 230,00 \text{ MPa}$	mez kluzu
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$	mez pevnosti
$\varepsilon = 1,01$	
$Y_{M0} = 1,10$	součinitel spolehlivosti
$Y_{M1} = 1,20$	součinitel spolehlivosti
$Y_{M2} = 1,30$	součinitel spolehlivosti

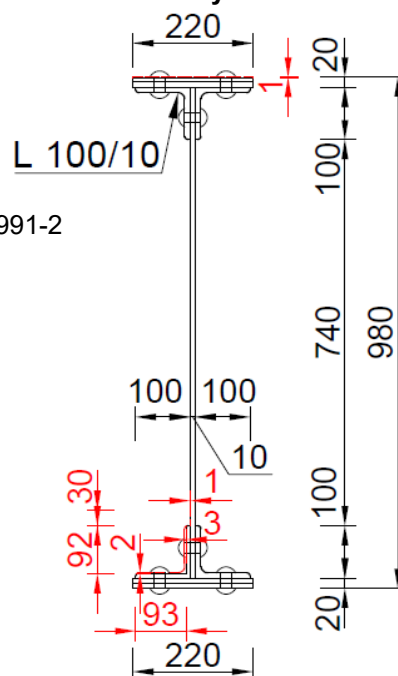
Podmínka pro tažené části.

$$\frac{A_{f,net} 0,9 f_u}{Y_{M2}} \geq \frac{A_f f_y}{Y_{M0}}$$

$$2172,56 \text{ kN} \geq 1911,11 \text{ kN}$$

Není třeba počítat s oslabeným průřezem

Nýtované I



Geometrické vlastnosti

$L = 1,80 \text{ m}$	vzpěrná délka hlavního nosníku
$L_\phi = 10,92 \text{ m}$	náhradní délka dle tab. 6.2 ČSN EN 1991-2
$\phi = 1,43$	dynamický součinitel
$h = 980,00 \text{ mm}$	výška nosníku
$t_{f,h} = 30,00 \text{ mm}$	tloušťka horní pásnice
$t_{f,d} = 30,00 \text{ mm}$	tloušťka dolní pásnice
$b_{f,h} = 220,00 \text{ mm}$	šířka horní pásnice
$b_{f,d} = 220,00 \text{ mm}$	šířka dolní pásnice
$h_w = 940,00 \text{ mm}$	výška stojiny účinná na smyk
$t = 10,00 \text{ mm}$	tloušťka stojiny
Tř.pr. = 3	třída průřezu

Průřezové charakteristiky

Celkové	Nejvíce namáhané vlákno č. 19	
$A = 2,509E-2 \text{ m}^2$	$A = 2,509E-2 \text{ m}^2$	plocha průřezu
$I_y = 4,064E-3 \text{ m}^4$	$I_y = 4,064E-3 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$I_z = 4,968E-5 \text{ m}^4$	$I_z = 4,968E-5 \text{ m}^4$	moment setrvačnosti
$i_y = 402,4 \text{ mm}$	$i_y = 402,4 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$i_z = 44,5 \text{ mm}$	$i_z = 44,5 \text{ mm}$	poloměr setrvačnosti
$W_{el,y} = -8,224E-3 \text{ m}^3$	$W_{el,y} = -8,230E-3 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{el,z} = -4,458E-4 \text{ m}^3$	$W_{el,z} = -4,458E-4 \text{ m}^3$	elastický průřezový modul
$W_{pl,y} = 6,518E-3 \text{ m}^3$	$W_{pl,y} = 0,000E+0 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$W_{pl,z} = 3,990E-4 \text{ m}^3$	$W_{pl,z} = 0,000E+0 \text{ m}^3$	plastický průřezový modul
$S_y = 4,735E-3 \text{ m}^3$	$S_y = 1,818E-3 \text{ m}^3$	statický moment

Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$	klasifikační součinitel dle 6.3.2 (3)P ČSN EN 1991-2
$\xi = 0,95$	redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení dle Metodického pokynu SŽ, s.o.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Rozhodující skupina zatížení
Kombinace zatížení dle výrazu

GR12
6.10b

zs	zatížení	V_f	ψ_0	ϕ	Z_{uvaz} / GR_{xx}	Charakteristické vnitřní síly			
						N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
1.1	Vlastní tíha	1,14	1,00	1,00	1,00	1,11	-0,10	56,56	0,01
1.2	Ostatní stále zat.	1,14	1,00	1,00	1,00	0,14	-0,60	17,84	-0,01
2.5*	Vítr, výjimečná zat	1,35	1,00	1,00	1,00	2,18	0,08	3,70	0,07
3.1	Teplota léto L+	1,50	0,60	1,00	1,00	-1,42	-0,06	9,92	-1,08
4.3	BR - L max M _y	1,10	1,00	1,00	1,00	120,94	-10,72	68,30	8,17
5	Odstředivé síly	1,10	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	Rozj. ve směru	1,10	1,00	1,00	0,50	55,03	13,29	30,90	-0,06
7.6	LM71 - P max M _y	1,10	1,00	1,43	1,00	1,06	20,41	1100,48	-0,67

zs	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
1.1	1,27	0,09	64,48	0,01	-0,05	-7,83	-0,03	-7,91	0,00	7,91
1.2	0,16	0,54	20,34	-0,01	-0,01	-2,47	0,02	-2,46	0,00	2,46
2.5	2,94	0,11	5,00	0,09	-0,12	-0,61	-0,21	-0,94	0,00	0,94
3.1	0,00	0,00	8,93	0,00	0,00	-1,08	0,00	-1,08	0,00	1,08
4.3	133,03	0,00	75,13	8,99	-5,30	-9,13	-20,16	-34,59	0,00	34,59
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	30,27	7,31	17,00	0,00	-1,21	-2,07	0,00	-3,27	0,01	3,27
7.6	1,66	32,01	1725,92	0,00	-0,07	-209,71	0,00	-209,78	0,07	209,78

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N [kN]	V _z [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	$\sigma_{x,Nx}$ [MPa]	$\sigma_{x,My}$ [MPa]	$\sigma_{x,Mz}$ [MPa]	σ_x [MPa]	τ [MPa]	σ_e [MPa]
rs,Ed	167,67	8,05	190,86	9,08	-6,68	-23,19	-20,37	-50,25	0,02	50,25
LM71,Ed	1,66	32,01	1725,92	0,00	-0,07	-209,71	0,00	-209,78	0,07	209,78
Celkem	169,33	40,06	1916,78	9,08	-6,75	-232,90	-20,37	-260,02	0,08	260,02

* Rychlost větru uvažovaná ve výpočtu je 5 m/s.

KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad $Z_{LM71} = 1,00$

$$V_{Ed} = Z_{LM71} \cdot V_{LM71,Ed} + V_{rs,Ed} \quad (A.10)$$

$$V_{Ed} = 40,06 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 1248,23 \text{ kN}$$

Smyková zatížitelnost	
R _d =	120,72 MPa
τ_{rs} =	0,94 MPa
τ_{LM71} =	3,73 MPa
Z_{LM71} =	32,12

Vliv boulení není třeba zahrnovat

$$\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} < 0,5 \quad (A.2)$$

$$\eta_3 = 0,032 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

$$\eta_{1,rs} = \frac{N_{rs,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,rs,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,rs,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.8)$$

$$\eta_{1,rs} = \frac{-167668,50}{5246927,27} + \frac{190864,00}{-1720819,20} + \frac{9083,90}{-93222,32} = 0,240$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{N_{LM71,Ed}}{A f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,LM71,Ed}}{W_{el,y} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,LM71,Ed}}{W_{el,z} f_y / \gamma_{M0}} \quad (A.9)$$

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-1662,43}{5246927,27} + \frac{1725916,02}{-1720819,20} + \frac{0,00}{-93222,32} = 1,003$$

Zatížitelnost Z_{LM71}

$$Z_{LM71} = \frac{1 - \eta_{1,rs}}{\eta_{1,LM71}} \quad (A.7)$$

$$Z_{LM71} = 0,76$$

KROK 3 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI DLE SROVNÁVACÍHO NAPĚTÍ

$$Z_{LM71}^2 (\sigma_{x,LM71}^2 + 3 \tau_{LM71}^2) + Z_{LM71} (2 \sigma_{x,rs} \sigma_{x,LM71} + 6 \tau_{x,rs} \tau_{x,LM71}) + \sigma_{x,rs}^2 + 3 \tau_{rs}^2 \leq \left(\frac{f_y}{\gamma_{m0}} \right)^2$$

Zatížitelnost dle srovnávacího napětí

$$Z_{LM71} = 0,76$$

Jelokož je zatížitelnost menší než 1,0 můžeme dle metodického pokynu SŽ, s.o. redukovat účinky bočních rázů, odstředivých sil a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem

	iterace	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normál. σ_x	$\eta_{1,rs} =$	0,24	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	$\eta_{1,LM71} =$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	$Z_{LM71} =$	0,76	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Srov. σ_x	$\sigma_{e,rs} =$	50,25	41,06	42,71	42,41	42,47	42,46	42,46	42,46	42,46	42,46
	$\sigma_{e,LM71} =$	209,78	209,78	209,78	209,78	209,78	209,78	209,78	209,78	209,78	209,78
	$Z_{LM71} =$	0,76	0,80	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79

Hodnoty vnitřních sil a napětí pro iteraci č. 9

ZS	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
1.1	1,27	0,09	64,48	0,01	-0,05	-7,83	-0,03	-7,91	0,00	7,91
1.2	0,16	0,54	20,34	-0,01	-0,01	-2,47	0,02	-2,46	0,00	2,46
2.5	2,94	0,11	5,00	0,09	-0,12	-0,61	-0,21	-0,94	0,00	0,94
3.1	0,00	0,00	8,93	0,00	0,00	-0,86	0,00	-1,08	0,00	1,08
4.3	105,67	0,00	59,68	7,14	-4,21	-7,25	-16,01	-27,47	0,00	27,47
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6.1	24,04	5,81	13,50	0,00	-0,96	-1,64	0,00	-2,60	0,01	2,60
7.6	1,66	32,01	1725,92	0,00	-0,07	-209,71	0,00	-209,78	0,07	209,78

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

	Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí									
	Návrhové vnitřní síly				Návrhové napětí					
	N	Vz	My	Mz	$\sigma_{x,Nx}$	$\sigma_{x,My}$	$\sigma_{x,Mz}$	σ_x	τ	σ_e
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
rs,Ed	134,08	6,54	171,92	7,24	-5,34	-20,67	-16,23	-42,46	0,01	42,46
LM71,Ed	1,66	32,01	1725,92	0,00	-0,07	-209,71	0,00	-209,78	0,07	209,78
Celkem	135,74	38,55	1897,83	7,24	-5,41	-230,38	-16,23	-252,24	0,08	314,64

Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

Zatížitelnost pro v = 50 km/h					
Normálové napětí		Smykové napětí		Srovnávací napětí	
$Z_{LM71} =$	0,79	$Z_{LM71} =$	> 5	$Z_{LM71} =$	0,79
$\eta_1 =$	1,21	$\eta_3 =$	0,04	$\eta =$	1,21
K_i		K_i		K_i	
$\sigma_{x,Nx} =$	0,02	$\sigma_{x,Nx} =$	0,00	$\sigma_{x,Nx} =$	0,02
$\sigma_{x,My} =$	0,91	$\sigma_{x,My} =$	0,00	$\sigma_{x,My} =$	0,91
$\sigma_{x,Mz} =$	0,07	$\sigma_{x,Mz} =$	0,00	$\sigma_{x,Mz} =$	0,07
$\tau =$	0,00	$\tau =$	1,00	$\tau =$	0,00

Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = 0,79$

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

8 Shrnutí výsledků

Prvek	Redukce součinitelů	Součinitelé zatížení			Součinitelé materiálu			Z_{LM71}	$\psi \cdot \lambda_{lm71}$	Přechodný
		γ_G	$\gamma_{Q,LM71}$	γ_Q	γ_{M0}	γ_{M1}	γ_{M2}			
Hlavní nosník v místě max Vz	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	1,01	0,67	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hlavní nosník v místě max My	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,64	0,62	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hl. n. změna průřezu 1-2 mVz	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,87	0,66	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hl. n. změna průřezu 1-2 mMy	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,83	0,66	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hl. n. změna průřezu 2-3 mMy	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,69	0,65	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hlavní nosník v místě max My P	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,63	0,61	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-
Hl. n. - max M P - výjimečná zat.	Ne	1,20	1,10	1,35	1,10	1,20	1,30	0,79	-	-
		Součinitelé nejsou u výjimečné zatížitelnosti redukovány						-	-	-
Únosnost krčních nýtů	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,85	0,67	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-	-

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Posudek ztužení pro LM71/60									
Typ ztužení / prvek - typ namáhání	Redukce součinitelů	Součinitelé zatížení			Součinitelé materiálu			Posudek	Přechodný
		Y _G	Y _{Q,LM71}	Y _Q	Y _{M0}	Y _{M1}	Y _{M2}		
Příčné zt. č.7 - Dol.Pas L - prostor. vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	2,86*	Ne
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné zt. č.7 - Dol.Pas L - prostor. vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	5,90*	Ne
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné zt. č.7 - Dol.Pas P - prostor. vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	1,09*	Ne
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné zt. č.7 - Dol.Pas P - prostor. vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	1,95*	Ne
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné zt. č.6 - Hor.Pas P - prostor. vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,56*	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné zt. č.6 - Hor.Pas P - prostor. vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,91*	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné zt. č.1 - Diagonála - tah	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,58	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné zt. č.1 - Diagonála - prostor. vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,82	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Příčné zt. č.1 - Diagonála - prostor. vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,97	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné zt. č.6 - dolní - tah	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,60	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné zt. č.1 - dolní - prostý vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,39*	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné zt. č.1 - dolní - prostý vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,94*	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné zt. č.1 - horní - tah	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,48	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné zt. č.1 - horní - prostý vzpěr - osa y	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,51	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-
Podélné zt. č.1 - horní - prostý vzpěr - osa z	Ne	1,20	1,30	1,35	1,10	1,20	1,30	0,83	Ano
	Ano	Není třeba použít přílohu F metodického pokynu.						-	-

* Účinky bočního rázu, odstředivých a rozjezdových sil jsou redukovány maximální zatížitelností.

9 Závěr

Přepočtem byla zjištěna maximální zatížitelnost hlavního nosníku K01 $Z_{\max} = 0,63$ v místě maximálního ohybového momentu na pravém hlavním nosníku v místě oslabení nosníku.

Nosná konstrukce je v současné podobě nepřechodná. Aby byla zajištěna přechodnost konstrukce pro traťovou třídu zatížení C3 s přidruženou rychlostí 60 km/h dle EN 15528 je nutné vyměnit zkorodované prvky ztužení.

V Brně 1/2021



Ing. Michal Kábrt
CTD - EČMO

kontrolující statik:

V Praze 1/2021

.....
doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

autorizovaný inženýr v oboru mosty a inženýrské konstrukce

PŘÍLOHA č.1 - Přehled zatížitelnosti části mostu

A. Identifikace mostu

TÚ (číslo, název): 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou km: 27,918
(mimo)

DÚ (číslo, název): 12 Zbraslavice - Zruč n/Sázavou

B. Identifikace části mostu

Část mostu: nosná konstrukce / opěra / pilíř, K01

poř. číslo 1 pod kolejí č. 1
(ve směru staničení)

C. Doplnující údaje části mostu

Kategorie zatížitelnosti: C

Výpočtový model: 3D model - Scia Engineer 19.1

Geometrie koleje, uvažovaná v přepočtu části mostu (ve směru staničení):

Kolej v přímé.

	na začátku	uprostřed	na konci
poloměr oblouku	- [m]	- [m]	- [m]
převýšení koleje	0 [mm]	0 [mm]	0 [mm]
excentricita osy koleje	1 [mm]	7,5 [mm]	2 [mm]

Směrná úroveň spolehlivosti $\beta =$ - zbytková životnost: -

Popis použitých úlev:

V přepočtu se využívá zpřesněný výpočet zatížení větrem dle metodického pokynu SŽ, s.o. přílohy G.

Popis závad uvažovaných v přepočtu části mostu:

- U všech posudků hlavního nosníku je uvažováno oslabení horní pásnice pod mostnicemi o 1 mm. U posudku pro změnu průřezu 2-3 je oslabení o 2 mm.
- V posudku pro max Vz je uvažováno oslabení stojiny nad dolními krčními úhelníky o výšce 80 mm a hloubce 2 mm a oslabení svislé stěny krčního úhelníku o 2 mm po celé jeho výšce.
- V posudku změny průřezu 2-3 je uvažováno oslabení celé tloušťky horní pásnice o 10 mm zleva a o 2 mm zprava.
- V posudku pro max My hlavního nosníku vpravo je uvažováno z vnitřní části oslabení stojiny nad dolním krčním úhelníkem hl. 1 mm o výšce 30 mm. Oslabení dolního krčního úhelníku v celé ploše do hloubky ve svislé části 3 mm a vodorovné 2 mm.
- Oslabení dolního pasu příčného ztužení č. 7 vlevo i vpravo.
- Oslabení horního pasu příčného ztužení č. 6 vlevo.

Datum zjištění technického stavu mostu: SŽ, s.o.: 21 / 9 / 2020

zpracovatelem přepočtu: 21 / 9 / 2020

Poznámka k části mostu:

Nosná konstrukce je v současné podobě nepřechodná. Aby byla zajištěna přechodnost konstrukce pro traťovou třídu zatížení C3 s přidruženou rychlostí 60 km/h dle EN 15528 je nutné vyměnit zkorodované prvky ztužení.



Posudky ztužení jsou v kapitole 5.7 a shrnutí výsledků je v kapitole 8.

STATICKÝ VÝPOČET

TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo)

Evd. km 27,918

Poř. Číslo	Prvek	Detail	Namáhání	ki	typ	Lp	ϕ i	Lϕ	γF,LM7I	γF,LM7I,E	Viz str.	ZLM7I	ZLM7I,E	Poznámky	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Hlavní nosník vlevo v místě maximální posouvající síly	Těžiště	Smyk	1,00	V	10,92	1,43	10,92	1,30	-	31	1,01	-		
2	Hlavní nosník vlevo v místě maximálního svislého ohybového momentu	Dolní pásnice vlevo	Srov. napětí	σx,Nx	0,02	M	10,92	1,43	10,92	1,30	-	34	0,64	-	
				σx,My	0,92	M									
				σx,Mz	0,06	M									
				τ	0,00	M									
3	Hlavní nosník vlevo v místě změny průřezu 1-2 Vz	Dolní pásnice vpravo	Srov. napětí	σx,Nx	0,03	M	10,92	1,43	10,92	1,30	-	38	0,87	-	
				σx,My	0,81	M									
				σx,Mz	0,16	M									
				τ	0,00	M									
4	Hlavní nosník vlevo v místě změny průřezu 1-2 My	Horní pásnice vpravo	Srov. napětí	σx,Nx	0,02	M	10,92	1,43	10,92	1,30	-	42	0,83	-	
				σx,My	0,82	M									
				σx,Mz	0,16	M									
				τ	0,00	M									
5	Hlavní nosník vlevo v místě změny průřezu 2-3 My	Horní pásnice vpravo	Srov. napětí	σx,Nx	0,02	M	10,92	1,43	10,92	1,30	-	46	0,69	-	
				σx,My	0,86	M									
				σx,Mz	0,11	M									
				τ	0,00	M									
6	Hlavní nosník vpravo v místě maximálního svislého ohybového momentu	Horní pásnice vpravo	Srov. napětí	σx,Nx	0,02	M	10,92	1,43	10,92	1,30	1,1	50	0,63	0,79	pro vyjíměčnou zatížitelnost je uvažovaná vb,0 = 5 m/s
				σx,My	0,92	M									
				σx,Mz	0,06	M									
				τ	0,00	M									
7	Hlavní nosník	krční nýty	Lokální napětí	0,34	S	1,28	1,43	1,28	1,30	-	55	0,85	-		
			Smyk	0,66	V	10,92	1,43	10,92							
8	Lokální stabilita stojiny levého hl. n.	Horní vlákna	σx	0,86	M	10,92	1,43	10,92	1,30	-	54	1,21	-		
			τ	0,14	S	-	2,00	1,28							
9	Hlavní nosník - průhyb	Těžiště průřezu	Ohyb	1,00	M	10,92	1,43	10,92	1,0	-	71	0,73	-	Ve středu rozpětí	
10	Hlavní nosník - pootočení	Těžiště průřezu	Ohyb	1,00	M	10,92	1,43	10,92	1,0	-	72	0,93	-	V místě uložení	
11	Hlavní nosník - průhyb - pohodlí cestujících	Těžiště průřezu	Ohyb	1,00	M	10,92	1,43	10,92	1,0	-	71	0,62	-	Nelimituje celkovou zatížitelnost	

 Správa železnic
 státní organizace
 Centrum telematiky a diagnostiky
 Malletova 2363/10, 190 00 Praha 9
 IČO: 70994234 DIČ: CZ70994234
 [05] 

Dne: 12 / 1 / 2021

zatížitelnost určil:

Ing. Michal Kábrt
 CTD - EČMO