

# 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

|  |   |            |  |  |                               |                              |
|--|---|------------|--|--|-------------------------------|------------------------------|
| <b>TU 1751</b>                             | Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo) |            | <b>DÚ 08</b>                                       | Malešov - Červené Janovice                             | <b>evd. km</b>                | <b>17,245</b>                |
| <b>Objekt</b>                              | <b>most</b>                                       | Širá trať  | <b>Vžitý název:</b>                                | Předbořice - OK  |                               |                              |
| délka mostu 7,55 m                         | počet otvorů                                      | <b>1</b>   | počet kolejí na mostě                              | <b>1</b>   | elektrizace:                  | ne                           |
| <b>Objednatel:</b><br>SŽDC, s.o., OŘ Praha |   |            | rychlost na mostě / rychlost traťová [km/h]: 50/50 | Traťová třída zatížení s přidruženou rychlostí C3 - 50 |                               |                              |
| <b>hodnocení stavebního stavu</b>          |   | <b>3/2</b> | Vedoucí EČMO                                       | Ing. Luboš Dejmek                                      | <b>Rok podrobné prohlídky</b> | <b>2020</b>                  |
| Vypracoval Ing. Luboš Dejmek               |   |            |  |  | <b>Datum</b>                  | <b>měsíc 10<br/>rok 2020</b> |



Pohled zprava

Obchodní firma:

Správa železnic, 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 železnic, státní organizace

Centrum telematiky a diagnostiky,

Malletova 10/2363, 190 00 Praha 9 – Libeň

www.tudc.cz

Technická ústředna založena 1957



UKAS is a member of Registrar of Standards (Protektus) Ltd. UKAS is a member of Registrar of Standards (Protektus) Ltd.

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.....                | 6  |
| 1.4.1   | Nosná konstrukce K01.....   | 6  |
| 1.4.2   | Spodní stavba.....  | 7  |
| 1.4.3   | Železniční svršek.....  | 8  |
| 1.4.4   | Závady uvažované ve výpočtu.....                                  | 9  |
| 1.5     | Výpočetní pomůcky.....  | 9  |
| 1.5.1   | Výpočetní programy.....   | 9  |
| 1.6     | Přehled použité norem a literatury.....                           | 9  |
| 1.7     | Identifikace autora.....  | 10 |
| 2       | Grafické přílohy.....   | 11 |
| 2.1     | Příčný řez objektem.....  | 11 |
| 2.2     | Podélný řez.....  | 11 |
| 2.3     | Schéma ložisek.....   | 11 |
| 2.4     | Půdorysné schéma.....   | 12 |
| 2.5     | Fotodokumentace.....  | 13 |
| 3       | Výpočetní model.....  | 14 |
| 4       | Zatížení.....   | 16 |
| 4.1     | Stálé.....  | 16 |
| 4.1.1   | ZS1.1 - Vlastní tíha.....   | 16 |
| 4.1.2   | ZS1.2 - Ostatní stálé.....  | 17 |
| 4.2     | Proměnné.....   | 17 |
| 4.2.1   | ZS2 - Zatížení větrem.....  | 17 |
| 4.2.2   | ZS3 - Zatížení teplotou.....                                      | 18 |
| 4.2.3   | Zatížení železniční dopravou.....                                 | 19 |
| 4.2.3.1 | Vliv excentricity.....  | 19 |
| 4.2.3.2 | Kolová síla pro lokální účinky.....                               | 19 |
| 4.2.3.3 | ZS4 - Zatížení bočními rázy.....                                  | 20 |
| 4.2.3.4 | ZS5 - Vliv odstředivých sil.....                                  | 20 |
| 4.2.3.5 | ZS6 - Rozjezdové a brzdné síly.....                               | 20 |
| 4.2.3.6 | ZS7 - Model zatížení 71.....                                      | 21 |
| 5       | Stanovení zatížitelnosti - MSÚ.....                               | 23 |
| 5.1     | Zatěžovací stavy a kombinace.....                                 | 25 |
| 5.2     | Popis vláken průřezu.....   | 27 |
| 5.3     | Posouzení hlavních nosníků.....                                   | 28 |
| 5.3.1   | Pravý nosník N4 v místě maximálního ohybového momentu $M_y$ ..... | 28 |

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 5.3.2 | Pravý nosník N3 v místě maximální příčné momentu $M_z$ .....                    | 32 |
| 5.3.3 | Pravý nosník N3 v místě maximální posouvající síly $V_z$ .....                  | 35 |
| 5.3.4 | Pravý nosník N4 v 1/4 rozpětí v pro max $V_z$ .....                             | 38 |
| 5.3.5 | Pravý nosník N4 v 1/4 rozpětí v pro max $M_y$ .....                             | 41 |
| 5.3.6 | Stolička - vpravo nad O 02 pro max $M_y$ .....                                  | 44 |
| 5.4   | Vliv klopení.....   | 47 |
| 5.5   | Lokální stabilita stojiny.....  | 48 |
| 5.5.1 | Interakce účinků spolu s namáháním ohybovým momentem a osovou silou.....        | 49 |
| 5.6   | Únosnost krčních nýtů.....  | 49 |
| 5.7   | Napojení stoličky a hlavního nosníku.....                                       | 51 |
| 5.8   | Posouzení ztužení.....  | 54 |
| 5.8.1 | Příčné ztužení - horní úhelníky.....  | 54 |
| 5.8.2 | Příčné ztužení - diagonály.....   | 56 |
| 5.8.3 | Příčné ztužení - dolní krajní úhelníky.....                                     | 58 |
| 5.8.4 | Příčné ztužení - dolní mezilehlé úhelníky.....                                  | 60 |
| 5.8.5 | Podélné ztužení oslabené.....   | 62 |
| 5.9   | Posouzení na překlopení.....  | 64 |
| 5.10  | Zatížitelnost spodní stavby.....  | 64 |
| 6     | Stanovení zatížitelnosti - MSP.....   | 65 |
| 6.1   | Svislé přetvoření hlavního nosníku K01.....                                     | 65 |
| 6.2   | Svislé přetvoření hlavního nosníku K01 - pohodlí cestujících.....               | 65 |
| 6.3   | Vodorovné přetvoření hlavního nosníku K01.....                                  | 66 |
| 6.4   | Svislé pootočení hlavního nosníku K01.....                                      | 66 |
| 6.5   | Vodorovné pootočení hlavního nosníku K01.....                                   | 67 |
| 7     | Stanovení výjimečné zatížitelnosti.....   | 68 |
| 7.1   | Stanovení výjimečné zatížitelnosti stoliček v místě max. ohybového momentu..... | 68 |
| 8     | Shrnutí výsledků.....   | 72 |
| 8.1   | Shrnutí výsledků pro TTZ C3/60.....   | 72 |
| 8.2   | Shrnutí výsledků pro prvky ztužení.....   | 72 |
| 9     | Závěr.....  | 73 |
|       | Příloha č.1 - Přehled zatížitelnosti částí mostu.....                           | 74 |

## 1 Technická zpráva

### 1.1 Rozsah posuzovaných konstrukcí

Předmětem statického výpočtu je stanovení zatížitelnosti ocelové nosné konstrukce na TU 1751 Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo) v ev. km 17,245.

Zadavatel požaduje ověření přechodnosti pro provozní zatížení odpovídající traťové třídě C3 s přidruženou rychlostí 50 km/h.

### 1.2 Základní údaje

#### 1.2.1 Umístění objektu

|                        |   |                                       |      |
|------------------------|---|---------------------------------------|------|
| Evidenční km           | 17,245  |                                       |      |
| Traťový úsek           | Kutná Hora hl.n. (mimo) - Zruč nad Sázavou (mimo) | č.TÚ                                  | 1751 |
| Definiční úsek         | Malešov - Červené Janovice                        | č.DÚ                                  | 08   |
| Vžitý název            | Předbořice - OK                                   |                                       |      |
| Přemostňovaná překážka | trvalý vodní tok                                  |                                       |      |
| Počet mostních otvorů  | 1   | počet převáděných železničních kolejí | 1    |
| Šikmost mostu          | -   | Úhel šikmosti                         | 90°  |

#### 1.2.2 Členění nosných konstrukcí

| č. | Ozn. | Rozpětí | Typ                           |
|----|------|---------|-------------------------------|
| 1  | K01  | 3,60 m  | ocelová, dvojčítá, plnostěnná |

#### 1.2.3 Členění spodní stavby

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

#### 1.2.4 Charakteristické rozměry mostu

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Šířka mostu                       | 4,33 m |
| Délka konstrukce                  | 3,88 m |
| Stavební výška                    | 0,44 m |
| Výška konstrukce                  | 0,59 m |
| Rozpětí konstrukce K01            | 3,60 m |
| Výška mostu nad terénem           | 2,34 m |
| Osová vzdálenost hlavních nosníků | 1,52 m |

#### 1.2.5 Geometrická poloha koleje

**Výškový průběh koleje:**

Kolej na mostě stoupá.

**Směrový průběh koleje:**

Kolej na mostě se nachází v přímé.

| vzdálenost osy koleje od osy konstrukce K01 |         |       |
|---|---------|-------|
| na začátku                                  | 0,00 mm | -     |
| uprostřed                                   | 3,00 mm | vlevo |
| na konci                                    | 0,00 mm | -     |

## 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 50 km/h.

Pro určení zatížitelnosti je konstrukce zatížena modelem zatížení LM71 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:



Správa železnic, statní organizace - 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 a 2001.

### 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 SŽ, s.o. 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 je ocelová, dvojčitá, trámová plnostěnná, nýtovaná. Statické působení prosté. Mezi každou dvojicí hlavních nosníku jsou přínýtované příčné plnostěnné stoličky a podélné ztužení z L profilů. Příčné ztužení je příhradové, nýtované z L profilů. K vnějším hlavním nosníkům jsou přínýtované chodníkové konzole z L profilu. Na stoličky jsou plošně upevněna podélná dřeva se svislými mostnicovými šrouby.

Rozpětí nosníků je 3,6 m s konstantní výškou průřezu. Jsou tvořeny nýtovaným profilem I výšky 430 mm. Stojina je z plechu 430/10 mm, horní i dolní pásnice jsou tvořeny jen krčnými úhelníky z 2xL 70/70/8 mm.

Příčné ztužení je osově vzdálené 1,2 m. Krajní příčné ztužení má horní i dolní úhelníky z 2xL 70/70/8, ztužení v poli má dolní úhelníky pouze jednoduché. Diagonály jsou z pásků 60/8 mm.



Podélné ztužení je výškově umístěno v horní části stoliček, a je tvořeno rovnoramennými profily L 60/8 mm.

Ložiska jsou ocelová, desková. Na O 01 jsou ložiska pevná, na O 02 jsou ložiska pohyblivá.

## **Závady nosné konstrukce:**

Hlavní nosníky

- dolní pasové úhelníky jsou zejména v krajních polích (mezi stoličkami č. 1 - 2 a 6 - 7) silně oslabené do hl. 3 - 5 mm, s okraji do ostra, v těchto místech narůstá plátková koroze. Stojina 3. nosníku nad O 02 z vnější části je nad dolními úhelníkem oslabená na výšku 30 mm, v délce 150 mm do hl. 3 - 4 mm. Stojina 3. hlavního nosníku nad O 02 je z vnitřní strany ve střední části oslabená o 2 - 3 mm, na výšku 100 mm a nad dolními úhelníkem o 2 - 4 mm na výšku 50 mm. 3. nosník má dolní úhelník u 6. stoličky zkorodovaný s okraji do ostra do hl. až 10 mm. 4. nosník má u střední konzoli oslabený dolní úhelník do hl. až 4 mm s okraji do ostra.
- Stav PKO: koroze 30 % (Ri 5).

Příčné ztužení

- 1. příčné ztužení má u třetího nosníku zkorodovaný dolní úhelník s okraji do ostra, hrana je zkorodovaná do hl. až 30 mm. V těchto místech narůstá plátková koroze o tl. až 10 mm. Ztužení č. 4 má dolní úhelníky oslabené s okraji do ostra. Horní úhelníky pod fošnami podlah mají vodorovné příruby oslabené s okraji do ostra do hl. až 5 mm.
- Stav PKO: koroze 20 % (Ri 5).

Podélné ztužení

- úhelníky u stykových desek jsou oslabené do hl. až 2 mm. Stykové desky jsou oslabené s okraji do ostra, místy do hl. až 10 mm.
- Stav PKO: koroze 20 % (Ri 5).

Ložiska

- nadložiskové desky jsou oslabené do hl. 3 - 4 mm s okraji do ostra. Z vnitřní strany ložisek se drží nečistoty. Místy narůstá plátková koroze.
- Stav PKO: koroze 25 % (Ri 5).

Chodníkové konzoly

- Stav dobrý.
- Stav PKO: koroze < 1 % (Ri 3).

Chování konstrukce při průjezdu vlak

- Klidné.

## **1.4.2 Spodní stavba**

### **Opěra O 01**

Opěra je kamenná, hrubé řádkování, výška dříku opěry 2,20 m, šířka opěry: 4,38 m.

Úložné kvádry kamenné

Závěrná zeď kamenná, pravidelné řádkování, výška 0,55 m.

Křídlo vlevo i vpravo je rovnoběžné, kamenné, hrubé řádkování.

### **Závady opěry O 01:**

Opěra

- u pravé hrany opěry v dolní části je spárování vyplavené do hl. až 400 mm, dolní rohový kvádr je podemletý. Spárování v dolní části opěry je vymleté, v horní části je místy vypadané. V pravé horní části je vedle úložného kvádru svislá stupňovitá trhlina ve spáře po celé výšce opěry, trhlina je rozevřena 1 - 2 mm. Vpravo z líce je místy spárování popraskané a vypadané.

Úložný práh

- oko pravého kvádru je popraskané spárování.

Závěrná zeď

- spárování je místy popraskané.

Křídlo vlevo

- křídlo má místy popraskané a vypadaná spárování.
- přílehlý svahový kužel je porostlý vegetací.

Křídlo vpravo

- křídlo má místy popraskané a vypadaná spárování. Rohový horní kvádr má vyštíplou hranu do hl. až 230 mm. Zídka za křídlem je silně rozvolněná.

## **Opěra O 02**

Opěra je kamenná, hrubé řádkování, výška dříku opěry 2,20 m, šířka opěry: 4,38 m.

Úložné kvádry kamenné

Závěrná zeď kamenná, pravidelné řádkování, výška 0,48 - 0,55 m.

Křídlo vlevo i vpravo je rovnoběžné, kamenné, hrubé řádkování.

## **Závady opěry O 02:**

**Opěra**

- v dolní části opěry nad hladinou vodního toku je vyplavené spárování.

Úložný práh

- okolo úložných kvádrů je popraskané spárování.

Závěrná zeď

- místy je popraskané spárování.

Křídlo vlevo

- na křídle je místy popraskané a vypadané spárování. Za křídlem je kamenná zídka rozvolněná.
- přílehlý svahový kužel je částečně odtěžený z důvodu funkčnosti trativodu.

Křídlo vpravo

- na křídle je místy popraskané a vypadané spárování.
- přílehlý svahový kužel je porostlý vegetací.

## **1.4.3 Železniční svršek**

Na mostní konstrukci jsou použity kolejnice tvaru 49E1 s rozponovými podkladnicemi na dřevěných mostnicích (podélná dřeva). Kolej je svařovaná.

## **Závady železničního svršku:**

Držebnost upevňovadel

- držebnost upevňovadel je v dobrém stavu.

Kolejnicové podpory

- pražce jsou v dobrém stavu.
- podélná dřeva jsou v dobrém stavu.
- pozednice neleží na celou plochu na závěrné zdi

Šterkové lože

- před a za objektem v dobrém stavu.



## 1.4.4 Závady uvažované ve výpočtu

- hlavní nosník nad ložiskem má uvažované oslabení stojiny na výšku 100 mm o 3 mm, na výšku 30 mm o 3 mm a na výšku 50 mm o 2,5 mm. Dolní úhelníky jsou oslabeny o 3 mm na celé ploše.
- hlavní nosník v poli má uvažované oslabení svislé i vodorovné příruby dolního úhelníku o 3 mm v šířce 42 mm.
- u stoliček je uvažované oslabení horních úhelníku - jeden kus úhelníku má vodorovnou přírubu zcela zkorodovanou, druhá je zkorodovaná ze 2/3 šířky. Dolní úhelníky mají vodorovné příruby oslabené až o 5 mm po celé šířce dolních úhelníků.
- horní úhelníky příčného ztužení mají vodorovné příruby oslabené o 2 mm po celé ploše a hrany jsou oslabené do hloubky až 5 mm.
- úhelníky podélného ztužení dvojice nosníků mají horní vodorovnou přírubu oslabenou v průměru až o 1 mm.

## 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   |
| 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 vozidly |

### Použitá literatura

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

## 1.7 Identifikace autora

autor: Ing. Luboš Dejmek  
vedoucí EČMO: Ing. Luboš Dejmek

firma:



Správa železnic, státní organizace - Centrum telematiky a diagnostiky

Dlážděná 1003/7

110 00 Praha 1 – Nové Město

IČ: 709 94 234

DIČ: CZ 709 94 234

organizační jednotka: TÚDC

Malletova 10/2363

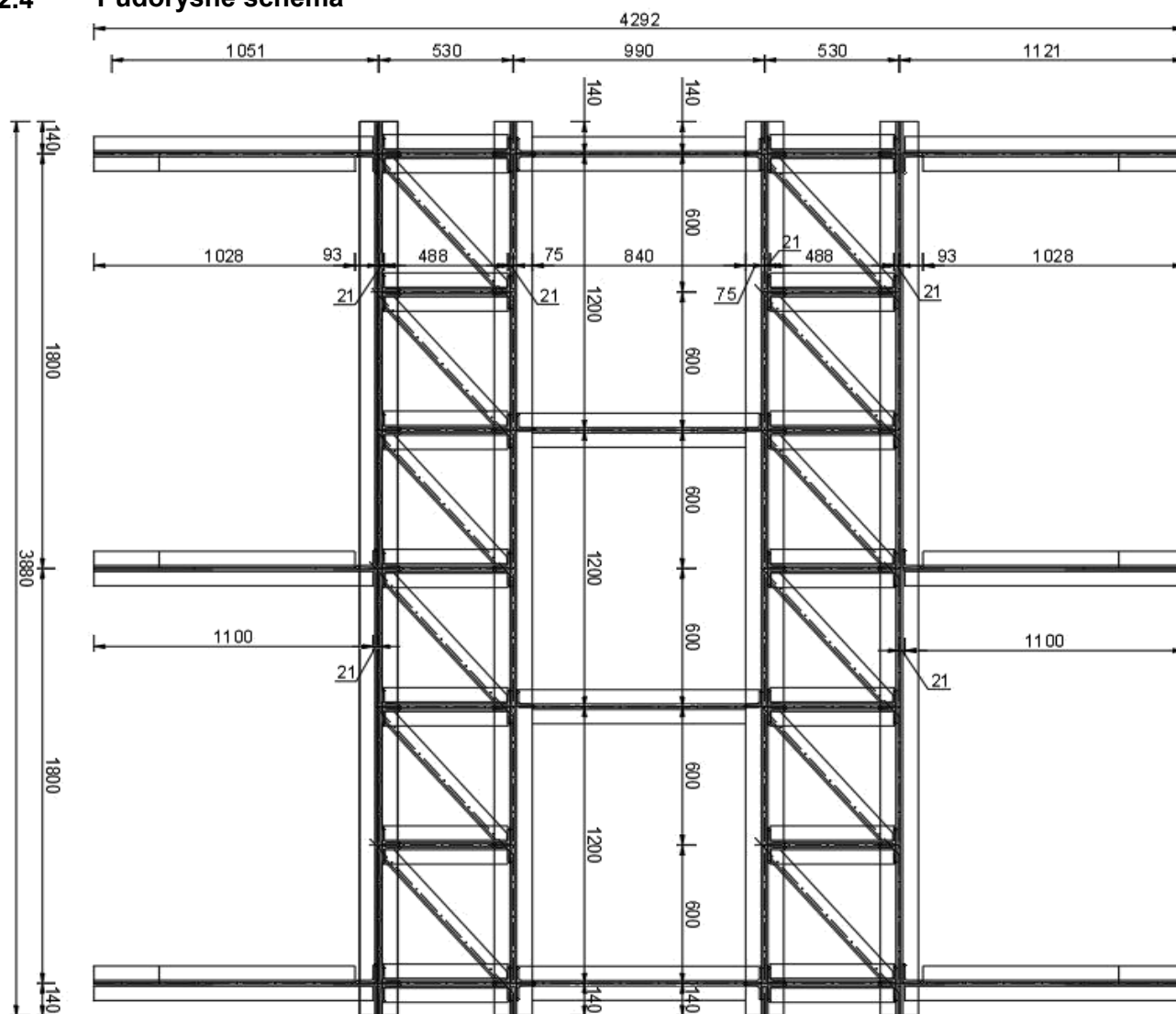
190 00 Praha 9 – Libeň

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



## 2.4 Půdorysné schéma



## 2.5 Fotodokumentace



*K01 - pohled*



*K01 - napojení chodníkové konzole vlevo.*



*K01 - oslabení příčného ztužení na O 01 vpravo.*



*K01 - oslabená stojina a dolní úhelník nosníku č. 3 nad O 02.*



*K01 - oslabení dolního úhelníku stoličky č. 7 vpravo.*

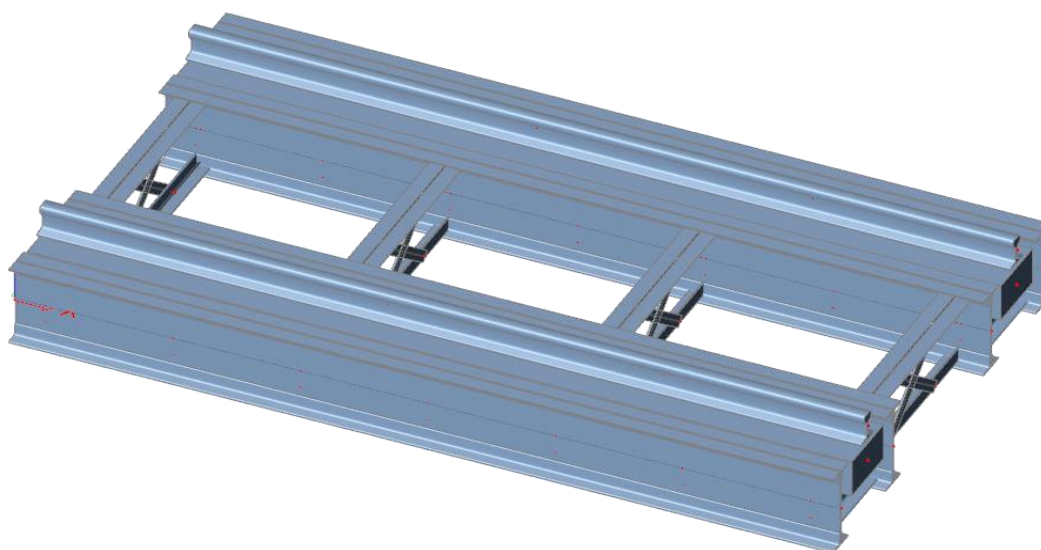


*K01 - silně zkorodovaný horní a dolní úhelník stoličky č. 3 vlevo.*

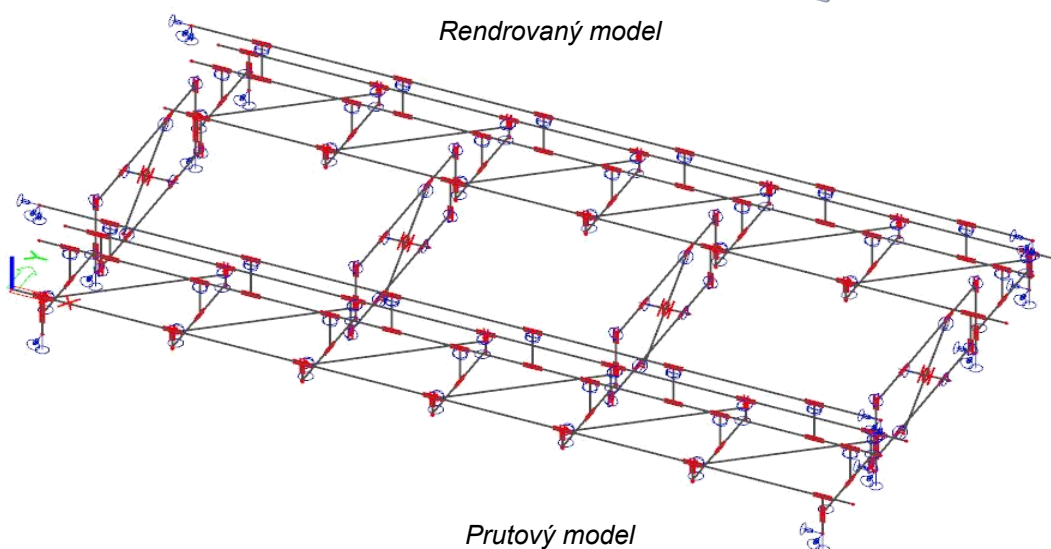


## 3 Výpočetní model

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 podélnými dřevy a kolejnicemi, které s nosnou konstrukcí spolupůsobí.

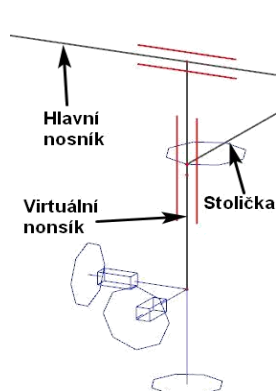


Rendrovaný model



Prutový model

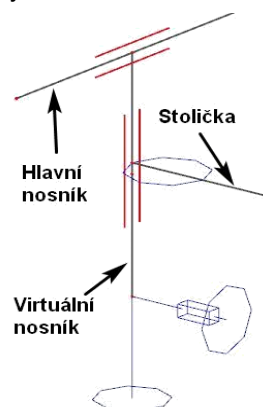
**Hlavní nosníky** - jsou uloženy na pružných podporách reprezentujících reálné uložení v ložiscích. Na opěře O 01 je pevné ložisko, na opěře O 02 je pohyblivé ložisko.



Uložení na O 01

### Opěra O 01

X = pružný  
 tuhost Y = 60 MN/m  
 Y = pružný  
 tuhost Y = 35 MN/m  
 Z = tuhý  
 Rx = volný  
 Ry = volný  
 Rz = volný



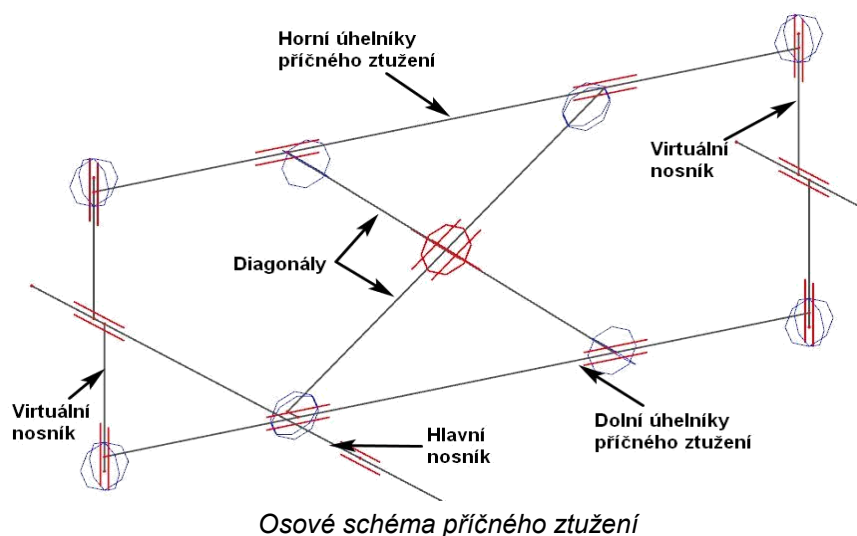
Uložení na O 02

### Opěra O 02

X = volný  
 Y = pružný  
 tuhost Y = 35 MN/m  
 Z = tuhý  
 Rx = volný  
 Ry = volný  
 Rz = volný

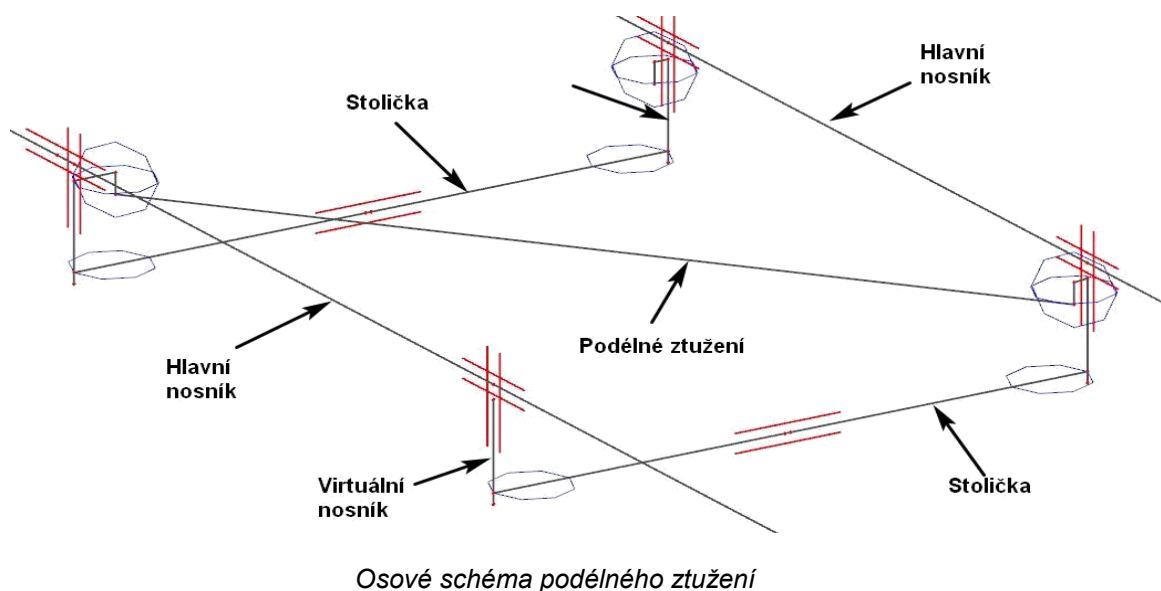


**Příčné ztužení** - je tvořeno horními a dolními úhelníky, ty jsou upevněny kloubově k hlavním nosníkům pomocí virtuálních nosníků s excentricitou 20,06 mm. Diagonály jsou tvořeny pásy, ty jsou k horním a dolním úhelníkům upevněny kloubově.



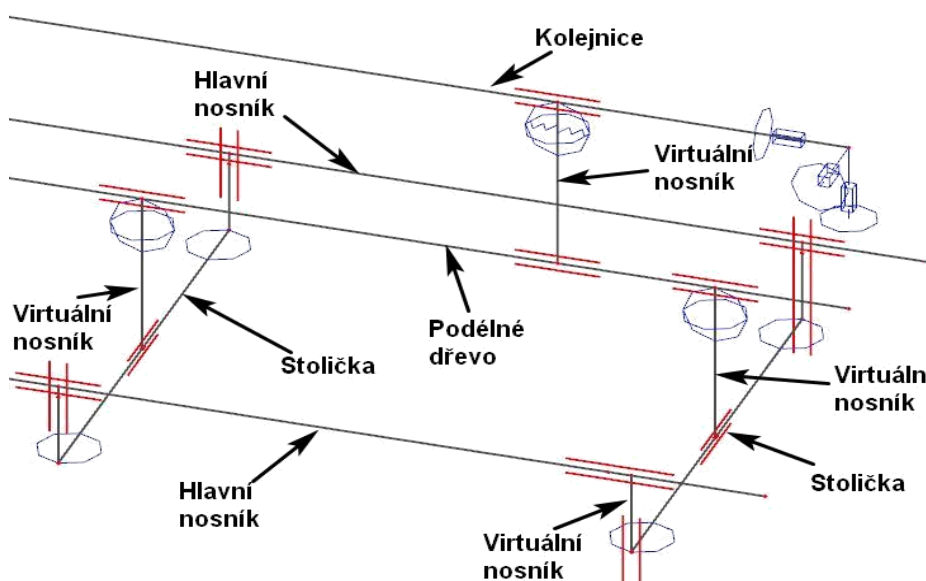
**Podélné ztužení** - pro výstižnost modelu jsou použity virtuální pomocné nosníky délky 20,06 mm, které zajišťují reálné výškové umístění diagonál ztužení. Tyto pomocné nosníky jsou upevněny kloubově.

**Stoličky** - stoličky jsou upevněny pomocí virtuálních nosníků k hlavním nosníkům kloubově v ose z.



**Upevnění podélných dřev** - podélná dřeva jsou upevněná ke stoličkám pomocí virtuálního nosníku. Je jim 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 4 MN/m. Konce kolejnic jsou uloženy pružně s tuhostmi v x: 2,5 MN/m; y: 2,5 MN/m; z: 1 MN/m.



Detail upevnění podélného dřeva a kolejnic

## 4 Zatížení

### 4.1 Stálé

| Dílčí součinitele účinků stálého zatížení $\gamma_G$ |                             |   |              |                             |              |
|--|-----------------------------|---|--------------|-----------------------------|--------------|
| 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          |

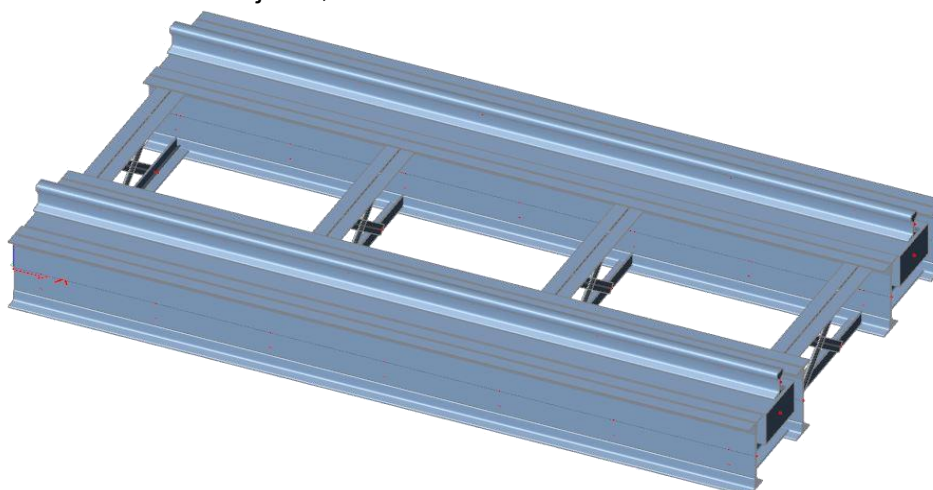
V přepočtu se uvažuje

$\gamma_G = 1,20$

#### 4.1.1 ZS1.1 - Vlastní tíha

Vlastní tíha byla automaticky generovaná programem Scia Engineer 19.1.

Vlastní tíha konstrukce je 26,86 kN.



ZS1.1 - Zatížení vlastní tíhou

## 4.1.2 ZS1.2 - Ostatní stálé

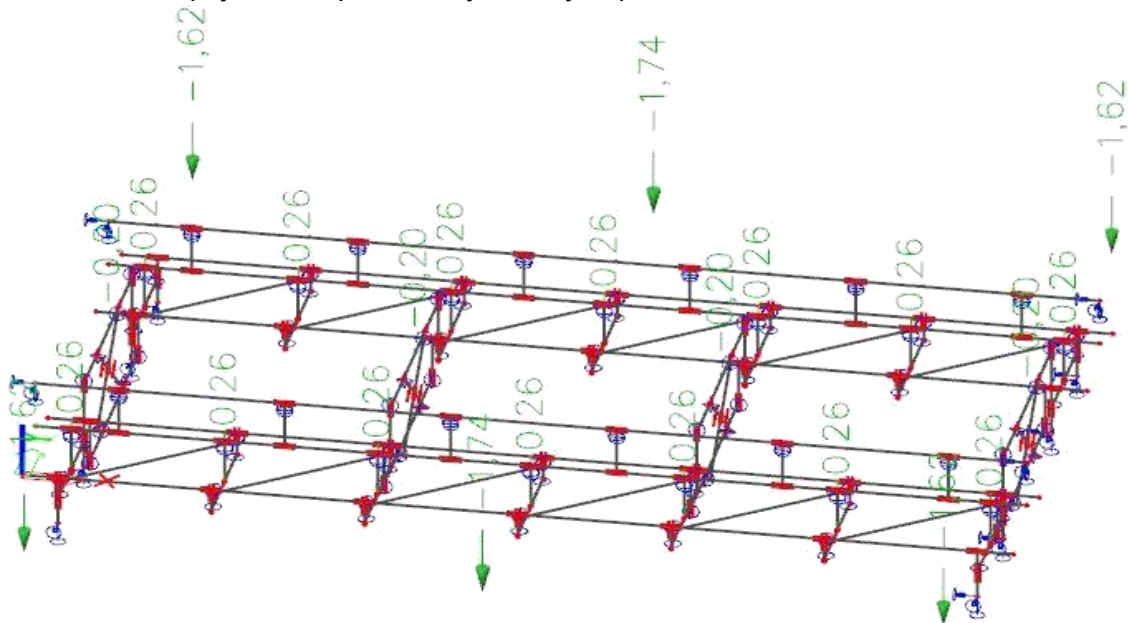
Ostatní stálé zatížení, jako jsou prvky konzol, podlahové plechy a fošny, prvky zábradlí a upnutí kolejnic jsou uvažované jako bodové zatížení v místě působení konzol a mostnic.

Železniční svršek

Na objektu jsou modelovány tyto prvky:

- Kolejnice 49E1
- Podélná dřeva rozměru 320x200x4050 mm

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 styčkových plechů.



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)

Není třeba použít úlev dle Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti mostních objektů přílohy G.

Účinky větru

$v_b = 25,00 \text{ m/s}$   
 $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$   
 $b = 4,33 \text{ m}$   
 $h_w = 4,00 \text{ m}$   
 $d_{\text{tot}} = 0,59 \text{ m}$   
 $z_e = 2,34 \text{ m}$   
 $b/d_{\text{tot}} = 0,94$

$C_{\text{kor},x} = 1$

$C_{\text{fx},0} = 2,3$

$C_e = 1,5$

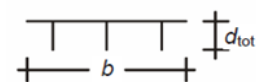
$C = 3,45$

$L = 3,88 \text{ m}$

$e_{w,g} = 2,08 \text{ m}$

základní rychlost větru  
 měrná hmotnost vzduchu  
 šířka konstrukce  
 výška vlaku  
 výška konstrukce  
 výška konstrukce nad terénem

korekční součinitel pro zatížení větrem ve vodorovném směru  
 součinitel síly  
 součinitel expozice  
 součinitel zatížení větrem (součinitel tvaru konstrukce)  
 délka konstrukce  
 rameno působení zatížení větru na vlak od těžiště hl. n.



# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

$$A_{\text{ref},x} = 2,27 \text{ m}^2$$

referenční plocha návětrné strany konstrukce

$$A_{\text{ref},x} = 15,52 \text{ m}^2$$

referenční plocha návětrné strany vlaku

## Vodorovné zatížení

$$F_{w,k} = 0,5 \rho v_b^2 C = 1,35 \text{ kN/m}^2$$

Celkové zatížení od větru.

$$f_{w,k} = F_{w,k} \cdot A_{\text{ref},x} / L = 0,79 \text{ kN/m}$$

Spojité zatížení od větru na konstrukci.

$$f_{w,k} = F_{w,k} \cdot A_{\text{ref},x} / L = 5,39 \text{ kN/m}$$

Spojité zatížení od větru na vlak.

## Svislé přitížení

$$s = 1,50 \text{ m}$$

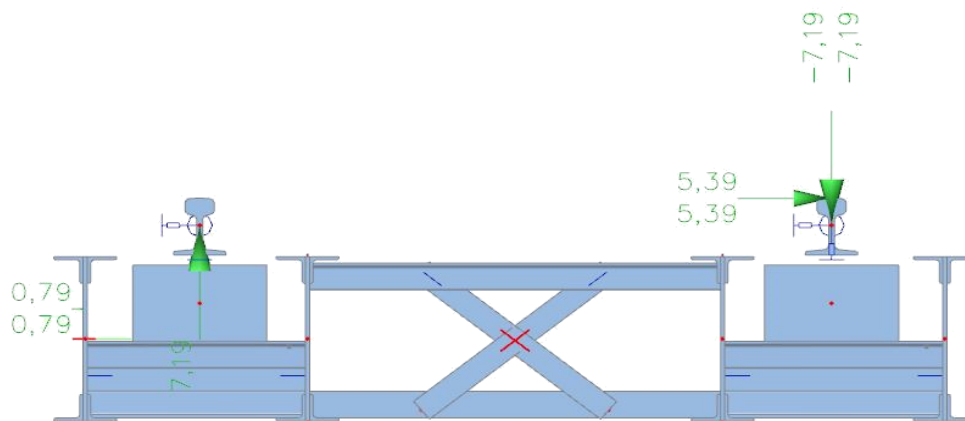
osová vzdálenost kolejnic

$$e_{w,g} = 2,00 \text{ m}$$

rameno působení větru k temenu kolejnice

$$f_{w,v,k} = f_{w,h,k} e_{w,g} / s = 7,19 \text{ kN/m}$$

svislé přitížení od větru působícího na vlak



ZS2.1 - schéma zatížení větrem

## 4.2.2 ZS3 - Zatížení teplotou

Dílčí součinitel účinků zatížení větrem

$$\gamma_Q = 1,5$$

### 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

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

$$T_{\text{min}} = -30,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{max}} = 36,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{e,\text{min}} = -33,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{e,\text{max}} = 52,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{N,\text{con},k} = -40,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{N,\text{con},D} = -60,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{N,\text{exp},K} = 42,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

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

| část konstrukce - horní povrch<br>teplejší než dolní | $\Delta T_{M,\text{heat}}$ | $K_{\text{sur}}$ |      | Zima  | Léto |
|--|----------------------------|------------------|------|-------|------|
|  | [°C]                       |                  |      | [°C]  | [°C] |
| hlavní nosník  | 18                         | 0,7              | 12,6 | -47,4 | 62   |
| mostovka   | 9                          | 0,7              | 6,3  | -53,7 | 55,7 |
| příčné a podélné ztužení                             | 0                          | 0,7              | 0    | -60   | 49,4 |

| část konstrukce - dolní povrch<br>teplejší než horní | $\Delta T_{M,\text{heat}}$ | $K_{\text{sur}}$ |      | Zima   | Léto  |
|--|----------------------------|------------------|------|--------|-------|
|  | [°C]                       |                  |      | [°C]   | [°C]  |
| hlavní nosník  | 0                          | 0,9              | 0    | -60    | 50,3  |
| mostovka   | 6,5                        | 0,9              | 5,85 | -54,15 | 56,15 |
| příčné a podélné ztužení                             | 13                         | 0,9              | 11,7 | -48,3  | 62    |

## 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:

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

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

| 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                              | 27,3  | -29                            | 12,3  | -14    | 27,3  | -7,7     | 21     | -14     | 14,7 |
| -40                              | 51,45 | -55                            | 36,45 | -40    | 51,45 | -35,28   | 46,725 | -40     | 42   |

## 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 3 mm.

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

$$e_{\text{skut}} = 3,00 \text{ mm}$$

#### Vliv excentricity

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

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

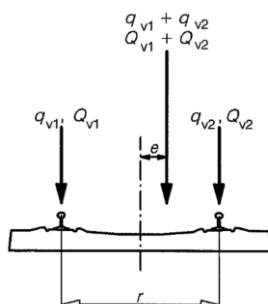
$$r = 1500 \text{ mm}$$

$$e_p = 3,00 \text{ mm}$$

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

$$a_p = 846,33 \text{ mm}$$

$$b_p = 673,67 \text{ mm}$$



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

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

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

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

$$r = (3)$$

Teoretické hodnoty z podmínky rovnováhy momentů

$$Q_{v1} = 139,20 \text{ kN}$$

$$q_{v1} = 44,54 \text{ kN}$$

$$Q_{v2} = 110,80 \text{ kN}$$

$$q_{v2} = 35,46 \text{ kN}$$

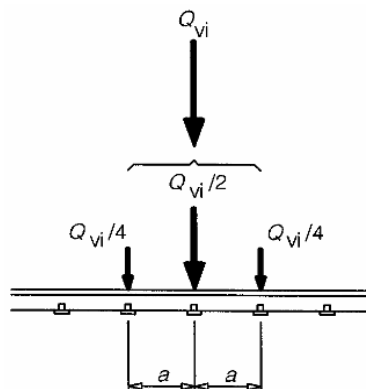
$$\text{poměr } 1,26$$

$$\text{poměr } 1,26$$

### 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

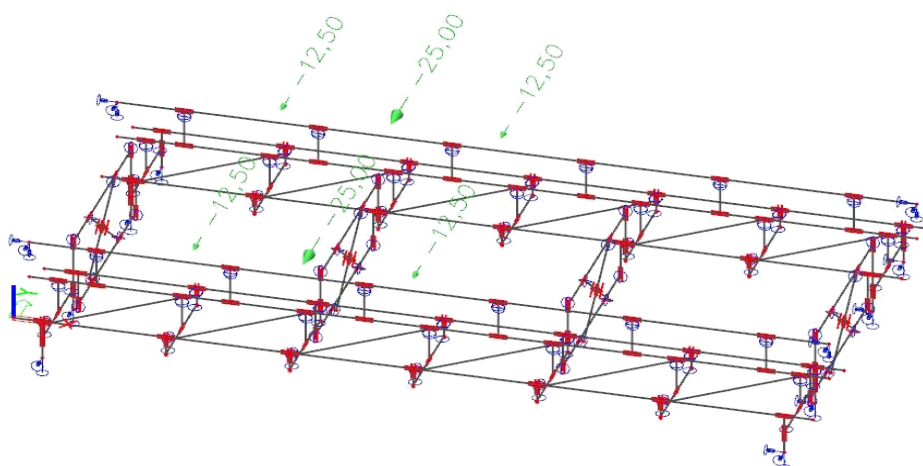
### Boční ráz

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 nevznikají.

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

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

## 4.2.3.5 ZS6 - Rozjezdové a brzdné síly

Rozjezdové a brzdné síly působí v úrovni temene kolejnice.

Dílčí součinitel účinků zatížení dopravou

$$\gamma_Q = 1,30 \quad (\text{dle 4.3.13 / příloha F metodického pokynu})$$

Rozjezdová síla

|  |  |
|--|--|
| $L_t = 3,60 \text{ m}$                     | příčinnující délka   |
| $q_{lak} = 33,00 \text{ kN/m koleje}$      | charakteristické zatížení rozjezdovou silou                |
| $\alpha = 1,00$                            | klasifikační součinitel                                    |
| $q_{la,L,M,k} = 33,00 \text{ kN/m koleje}$ | charakteristické klasifikované zatížení - normálová složka |
| $L_{la,L,M} = 30,30 \text{ m}$             | maximální délka zatížení                                   |



## Brzdná síla

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

$$\alpha = 1,00$$

$$q_{lb,L,M,k} = 20,00 \text{ kN/m koleje}$$

$$L_{lb,L,M} = 300,00 \text{ m}$$

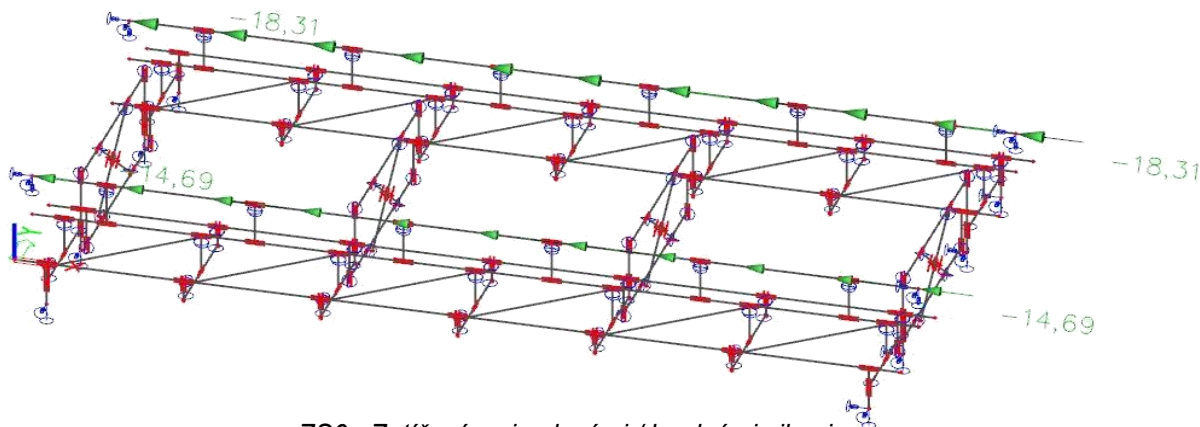
charakteristické zatížení brzdou silou

klasifikační součinitel

charakteristické klasifikované zatížení - normálová složka

maximální délka zatížení

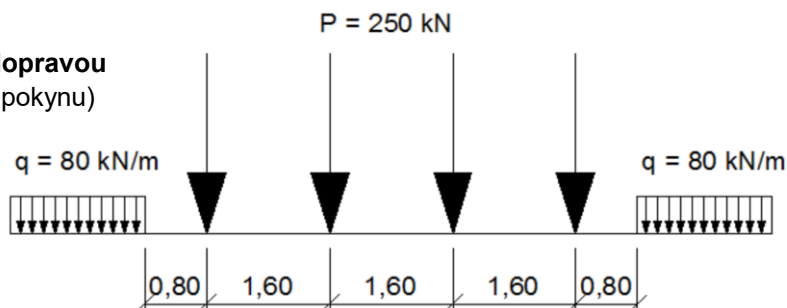
Byla použita rozjezdová síla. Ta se upravila dle velikosti impulzů na 18,03 kN/m a 14,97 kN/m.



ZS6 - Zatížení rozjezdovými / brzdnými silami

## 4.2.3.6 ZS7 - 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

 $\Rightarrow$  dyn. součinitel  $\phi_3$ 

Hlavní nosník - prostě podepřený nosník

rozpětí ve směru hlavních nosníků

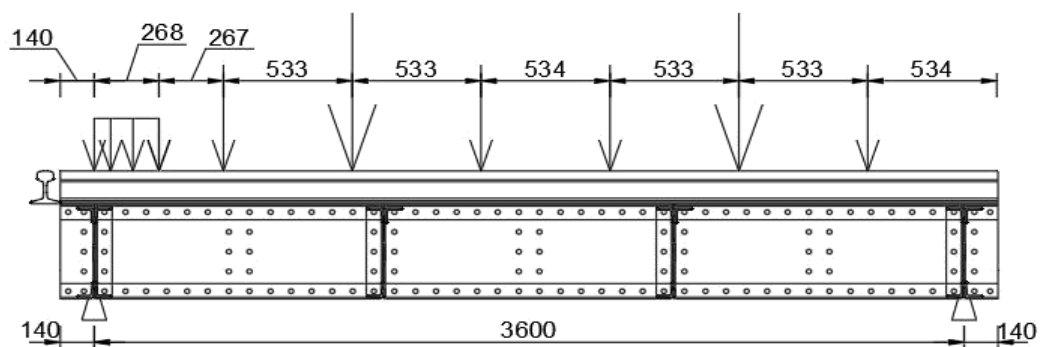
 Náhradní délka  $L_\phi = 3,60 \text{ m}$ 

|   |     |                      |   |               |
|---|-----|----------------------|---|---------------|
| $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,82 = 1,67$ | $>$ | $\phi_{\min} = 1,00$ | $\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$ | $\phi = 1,67$ |
|   | $<$ | $\phi_{\max} = 1,67$ |   |               |
| $\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi} - 0,2} + 0,73 = 2,00$ | $>$ | $\phi_{\min} = 1,00$ | $\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\}$ | $\phi = 2,00$ |
|   | $<$ | $\phi_{\max} = 2,00$ |   |               |
| Náhradní délka $L_\phi = 3,6 \text{ m} \Rightarrow$       |     | $\delta = 2,00$      |   |               |

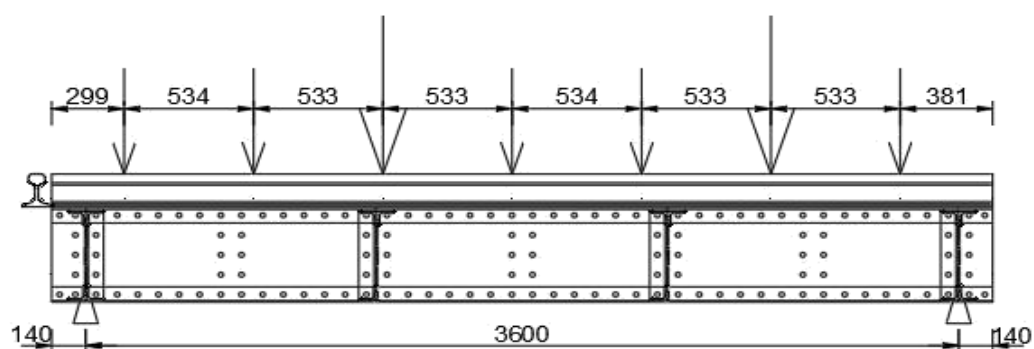
## Zatížení modelem LM71

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

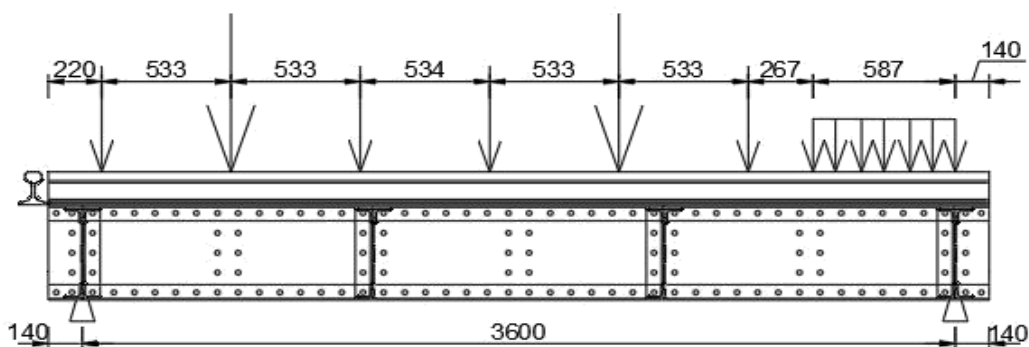
### ZS7.1 - vlak max. $M_y$



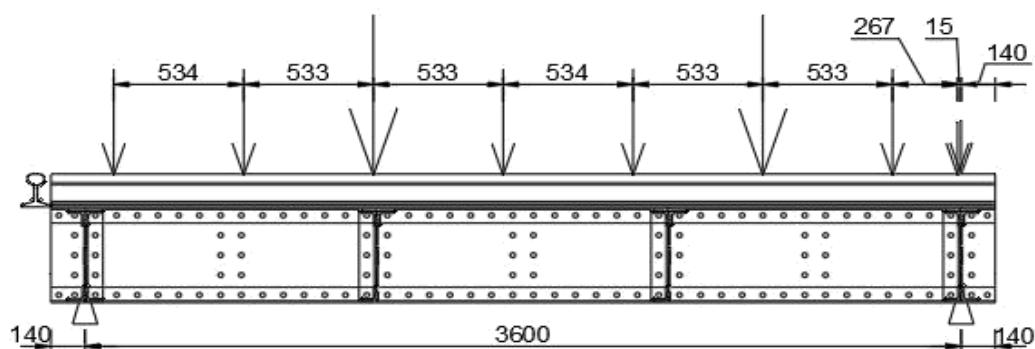
### ZS7.2 - vlak max. $V_z$



### ZS7.3 - vlak 1/4, $V_z$



### ZS7.4 - vlak 1/4, $M_y$



| Rok výroby   | Materiál<br>pevnostní třídy |                                    | Dovolené<br>namáhání<br>$\sigma_{adm}$<br>[MPa] | Zaručená<br>mez kluzu<br>$f_y$<br>[MPa] | Mez<br>pevnosti<br>$f_u$<br>[MPa] | $\gamma_{M0}$ | $\gamma_{M1}$ | $\gamma_{M2}$ | 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<br>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<br>$t \leq 25 \text{ mm}$ | 140   | 230                                     | 360                               | 1,10          | 1,20          | 1,30          | Směrnice pro<br>navrhování<br>mostů, |  |
|              |                             | $> 25$                             | 130   | 210                                     | 340                               | 1,10          | 1,20          | 1,30          |                                      |  |
|              | 52 (S355)                   | $\leq 16$                          | 210   | 360                                     | 510                               | 1,10          | 1,25          | 1,30          | ČSN 73 6202<br>ČSN 73 6204           |  |
|              |                             | $> 17$                             | 200   | 340                                     | 490                               | 1,10          | 1,25          | 1,30          |                                      |  |
|              | 37 (S235)                   | $\leq 25$                          |   | 235                                     | 360                               | 1,00          | 1,10          | 1,25          | ČSN 73 6205                          |  |
|              |                             | $> 25$                             |   | 215                                     | 360                               |               |               |               |                                      |  |
| 1986-1998    | 37 (S235)                   | $\leq 25$                          |   | 235                                     | 360                               | 1,00          | 1,10          | 1,25          |                                      |  |
|              |                             | $> 25$                             |   | 215                                     | 360                               |               |               |               |                                      |  |
|              | 52 (S355)                   | $\leq 25$                          |   | 355                                     | 510                               |               |               |               |                                      |  |
|              |                             | $> 25$                             |   | 335                                     | 470                               |               |               |               |                                      |  |
| Po roku 1998 | S235                        | $\leq 40$                          |   | 235                                     | 360                               | 1,00          | 1,10          | 1,25          | ČSN EN<br>10025-2                    |  |
|              | S235                        | $40 < t \leq 80$                   |   | 215                                     | 360                               |               |               |               |                                      |  |
|              | S275                        | $\leq 40$                          |   | 275                                     | 430                               |               |               |               |                                      |  |
|              | S275                        | $40 < t \leq 80$                   |   | 255                                     | 410                               |               |               |               |                                      |  |
|              | S355                        | $\leq 40$                          |   | 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  $\delta = 2,00$

Příčné ztužení  $\delta = 2,00$

## 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. Součinitel kombinace zatížení  $\psi$  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.

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

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

Pravidla kombinování účinků zatížení větrem s účinky proměnného zatížení železniční dopravou se uvažují v souladu s ČSN EN 1990. Součinitel kombinace zatížení větrem  $\psi$  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  $f_u = 360,00 \text{ MPa}$
- mez pevnosti materiálu nýtu  $f_{ub} = 310,00 \text{ MPa}$
- dílčí součinitele  $\gamma$  účinků zatížení dle metodického pokynu SŽ, s.o.
- součinitel kombinací dle ČSN EN 1990/A2
- dynamický součinitel pro celou konstrukci dle hl. nosníku - tj.  $\delta = 2,00$
- 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 | č. zs | Název zatěžovacího stavu |
|-------|--------------------------|-------|--------------------------|
| 1.1   | Vlastní tíha             | 4.16  | BR stolička P1           |
| 1.2   | Ostatní stáie zat.       | 4.17  | BR max Mz                |
| 2.1   | Vítr zleva               | 5.0   | odstřed. síly            |
| 2.2   | Vítr zprava              | 6.1   | Rozj. ve směru           |
| 2.3   | Vítr zleva -teduk        | 6.2   | Rozj. proti směr         |
| 2.4   | Vítr zprava - reduk      | 7.1   | LM71 max My              |
| 2.5   | Vítr, výjmečna zat       | 7.2   | LM71 max Vz              |
| 3.1   | Teplota léto             | 7.3   | LM71, 1/4, Vz            |
| 3.2   | Teplota zima             | 7.4   | LM71, 1/4, My            |
| 4.1   | BR max My L1             | 7.5   | LM71, stolička           |
| 4.2   | BR max My P1             | 7.6   | LM71, stolička max Mz    |
| 4.3   | BR max My L2             | 7.7   | LM71, stol. Max Mz O 02  |
| 4.4   | BR max My, P2            | 7.9   | LM71, max Mz             |
| 4.5   | BR max Vz, L             | 8.1   | C3, max My               |
| 4.6   | BR max Vz, P             | 8.2   | C3, max Vz               |
| 4.7   | BR 1/4 My, L1            | 8.3   | C3, 1/4, Vz              |
| 4.8   | BR 1/4 My, P1            | 8.4   | C3, 1/4, My              |
| 4.9   | BR 1/4 My, L2            | 8.5   | C3, stolička O02 My      |
| 4.10  | BR 1/4 My, P2            | 8.6   | C3, stolička O01 My      |
| 4.11  | BR 1/4 Vz, L             | 8.7   | C3, max Mz               |
| 4.12  | BR 1/4 Vz, P             | 10.1  | Kolej. rošt vl. tíha     |
| 4.13  | BR stolička L            | 10.2  | Kolej. příč. odpor       |
| 4.14  | BR stolička P            | 11.0  | Nezatížený vlak          |
| 4.15  | BR stolička L1           |       |                          |

| Součinitele zatížení a kombinace |                                     |                  |                             |          |          |                  |       |        |        |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------------|-----------------------------|----------|----------|------------------|-------|--------|--------|
| zatížení                         | Součinitele zatížení $\gamma_{G/Q}$ | $\xi/\Phi_{2,3}$ | součinitel kombinace $\psi$ |          |          | sestavy zatížení |       |        |        |
|                                  |                                     |                  | $\Psi_0$                    | $\Psi_1$ | $\Psi_2$ | 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                        | 1,3/1,10*                           | 1,00             | 0,80                        | 0,80     | 0,00     | 0,50             | 1,00  | 0,50   | 1,00   |
| Odstředivá síla                  | 1,3/1,10*                           | 1,00             | 0,80                        | 0,80     | 0,00     | 0,50             | 1,00  | 0,50   | 1,00   |
| Rozjez/brzné síly                | 1,3/1,10*                           | 1,00             | 0,80                        | 0,80     | 0,00     | 1,00             | 0,50  | 1,00   | 0,50   |
| Vlak                             | 1,3/1,10*                           | 2,00             | 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 výjmečné zatížitelnosti

\*\* V příznivých případech se může součinitel redukovat na 0,5, nemůže být nula.

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

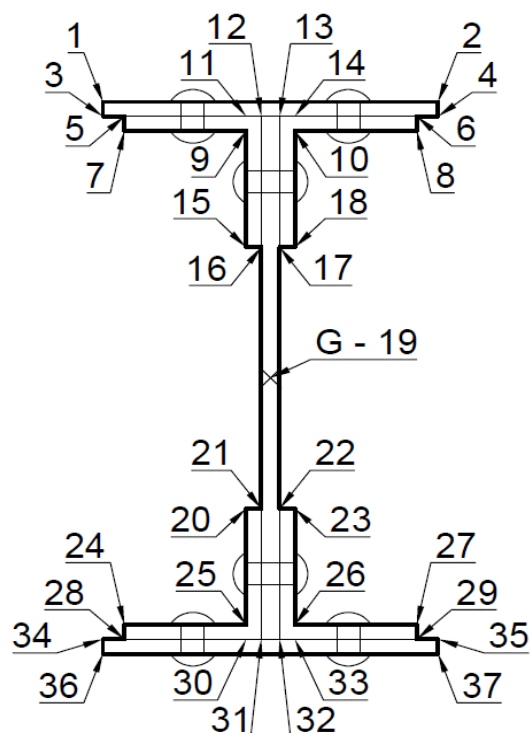
## Kombinační předpis

| ZS      | ZS1                                | ZS2                                 | ZS3                                    | ZS4  | ZS5   | ZS6   | ZS7   | ZS9/10                       | Popis kombinace     |       |
|---------|------------------------------------|-------------------------------------|--|--|---|---|---|------------------------------|---------------------|-------|
|         | Stále<br>$\gamma_G \gamma_G^* \xi$ | Vitr<br>$\gamma_{Q,i}^* \psi_{0,i}$ | Teplota<br>$\gamma_{Q,i}^* \psi_{0,i}$ | Boční ráz<br>$GR^* \gamma_Q, 1^* \psi_{0,i}$ | Boční ráz<br>$GR^* \gamma_{Q,1}^* \psi_{0,i}$ | Odstředivé síly<br>$GR^* \gamma_{Q,1}^* \psi_{0,i}$ | LM71<br>$GR^* \gamma_{Q,1}^* \psi_{0,i}^* \phi$ | nezatížený<br>vlak/<br>kolej |                     |       |
| Komb.č. |                                    |                                     |  |  |   |   |   |                              |                     |       |
| 01      | 1,20                               | 1,01                                | 0,75                                   | 0,52   | 0,52  | 1,04  | 2,08  | 0,00                         | GR 11               | 6.10a |
| 02      | 1,20                               | 0,68                                | 0,75                                   | 0,52   | 0,52  | 1,04  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 03      | 1,20                               | 0,00                                | 0,90                                   | 0,52   | 0,52  | 1,04  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 04      | 1,20                               | 0,00                                | 0,90                                   | 0,52   | 0,52  | 1,04  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 05      | 1,20                               | 1,01                                | 0,75                                   | 1,04   | 1,04  | 0,52  | 2,08  | 0,00                         | GR 12               |       |
| 06      | 1,20                               | 0,68                                | 0,75                                   | 1,04   | 1,04  | 0,52  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 07      | 1,20                               | 0,00                                | 0,90                                   | 1,04   | 1,04  | 0,52  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 08      | 1,20                               | 0,00                                | 0,90                                   | 1,04   | 1,04  | 0,52  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 09      | 1,20                               | 1,01                                | 0,75                                   | 0,52   | 0,52  | 1,04  | 2,08  | 0,00                         | GR 13               |       |
| 10      | 1,20                               | 0,68                                | 0,75                                   | 0,52   | 0,52  | 1,04  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 11      | 1,20                               | 0,00                                | 0,90                                   | 0,52   | 0,52  | 1,04  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 12      | 1,20                               | 0,00                                | 0,90                                   | 0,52   | 0,52  | 1,04  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 13      | 1,20                               | 1,01                                | 0,75                                   | 1,04   | 1,04  | 0,52  | 2,08  | 0,00                         | GR 14               |       |
| 14      | 1,20                               | 0,68                                | 0,75                                   | 1,04   | 1,04  | 0,52  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 15      | 1,20                               | 0,00                                | 0,90                                   | 1,04   | 1,04  | 0,52  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 16      | 1,20                               | 0,00                                | 0,90                                   | 1,04   | 1,04  | 0,52  | 2,08  | 0,00                         |                     |       |
| 17      | 1,14                               | 1,01                                | 0,90                                   | 0,65   | 0,65  | 1,30  | 2,60  | 0,00                         | GR 11               | 6.10b |
| 18      | 1,14                               | 0,68                                | 0,90                                   | 0,65   | 0,65  | 1,30  | 2,60  | 0,00                         | GR 12               |       |
| 19      | 1,14                               | 1,01                                | 0,90                                   | 1,30   | 1,30  | 0,65  | 2,60  | 0,00                         |                     |       |
| 20      | 1,14                               | 0,68                                | 0,90                                   | 1,30   | 1,30  | 0,65  | 2,60  | 0,00                         | GR 13               |       |
| 21      | 1,14                               | 1,01                                | 0,90                                   | 0,65   | 0,65  | 1,30  | 2,60  | 0,00                         |                     |       |
| 22      | 1,14                               | 0,68                                | 0,90                                   | 0,65   | 0,65  | 1,30  | 2,60  | 0,00                         | GR 14               |       |
| 23      | 1,14                               | 1,01                                | 0,90                                   | 1,30   | 1,30  | 0,65  | 2,60  | 0,00                         |                     |       |
| 24      | 1,14                               | 0,68                                | 0,90                                   | 1,30   | 1,30  | 0,65  | 2,60  | 0,00                         |                     |       |
| 25      | 1,14                               | 1,35                                | 0,90                                   | 1,10   | 1,10  | 0,55  | 2,20  | 0,00                         | Výjimečná zat.      |       |
| 26      | 0,00                               | 0,00                                | 0,00                                   | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 1,74  | 0,00                         | MSP                 |       |
| 27      | 0,00                               | 1,00                                | 0,00                                   | 1,00   | 1,00  | 0,00  | 1,74  | 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<br>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                           |



## 5.3 Posouzení hlavních nosníků

### 5.3.1 Právý nosník N4 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

$L = 0,60 \text{ m}$  vzpěrná délka hlavního nosníku

$L_\phi = 3,60 \text{ m}$  náhradní délka

$\phi = 2,00$  dynamický součinitel

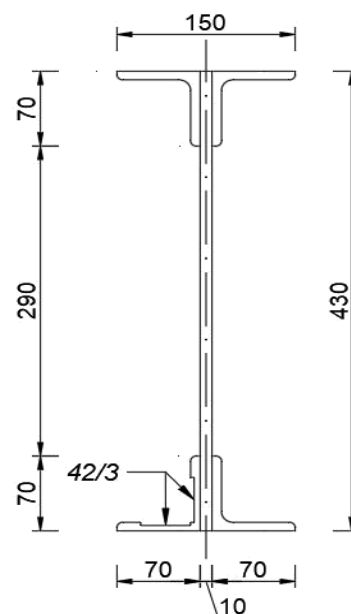
#### Průřezové charakteristiky

##### Celkové

|  |                                 |                           |
|--|---------------------------------|---------------------------|
| $A = 8,524 \text{E-}3 \text{ m}^2$         | $8,524 \text{E-}3 \text{ m}^2$  | plocha průřezu            |
| $I_y = 2,281 \text{E-}4 \text{ m}^4$       | $2,281 \text{E-}4 \text{ m}^4$  | moment setrvačnosti       |
| $I_z = 4,706 \text{E-}6 \text{ m}^4$       | $4,706 \text{E-}6 \text{ m}^4$  | moment setrvačnosti       |
| $i_y = 163,6 \text{ mm}$                   | $163,6 \text{ mm}$              | poloměr setrvačnosti      |
| $i_z = 23,5 \text{ mm}$                    | $23,5 \text{ mm}$               | poloměr setrvačnosti      |
| $W_{el,y} = 1,061 \text{E-}3 \text{ m}^3$  | $-1,061 \text{E-}3 \text{ m}^3$ | elastický průřezový modul |
| $W_{el,z} = -6,274 \text{E-}5 \text{ m}^3$ | $6,274 \text{E-}5 \text{ m}^3$  | elastický průřezový modul |
| $W_{pl,y} = 6,524 \text{E-}3 \text{ m}^3$  | $6,524 \text{E-}3 \text{ m}^3$  | plastický průřezový modul |
| $W_{pl,z} = 8,259 \text{E-}4 \text{ m}^3$  | $8,259 \text{E-}4 \text{ m}^3$  | plastický průřezový modul |
| $S_y = 6,420 \text{E-}4 \text{ m}^3$       | $0,000 \text{E+}0 \text{ m}^3$  | statický moment           |

##### nejvíce namáhané vlákno č. 29.

\* kurzívou je znázorněno oslabení



#### Rozměry nosníku

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| $h = 430,00 \text{ mm}$       | výška nosníku                |
| $t_{f,h} = 8,00 \text{ mm}$   | tloušťka horní pásnice       |
| $t_{f,d} = 8,00 \text{ mm}$   | tloušťka dolní pásnice       |
| $b_{f,h} = 150,00 \text{ mm}$ | šířka horní pásnice          |
| $b_{f,d} = 150,00 \text{ mm}$ | šířka dolní pásnice          |
| $h_w = 430,00 \text{ mm}$     | výška stojiny účinná na smyk |
| $t = 10,00 \text{ mm}$        | tloušťka stojiny             |
| Tř.pr. = 3                    | třída průřezu                |

#### 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 nas Sázavou (mimo)

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení

GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

| zs  | zatížení           | $V_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaž} / GR_{xx}$ | Charakteristické vnitřní síly |                        |             |             |
|-----|--------------------|-------|----------|--------|----------------------|-------------------------------|------------------------|-------------|-------------|
|     |                    |       |          |        |                      | N<br>[kN]                     | V <sub>z</sub><br>[kN] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] |
| 1.1 | Vlastní tíha       | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,13                          | -0,20                  | 2,37        | 0,00        |
| 1.2 | Ostatní stáje zat. | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,05                          | -2,07                  | 2,56        | 0,00        |
| 2.1 | Vítr zleva         | 1,35  | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | 0,25                          | -1,77                  | 8,11        | -0,33       |
| 3.1 | Teplota léto       | 1,50  | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | -8,65                         | -0,13                  | 0,36        | -0,04       |
| 4.3 | BR max My L2       | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 32,60                         | -7,54                  | 10,57       | -0,53       |
| 5.0 | odstřed. 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                 | 15,67                         | 2,35                   | 2,64        | 0,00        |
| 7.1 | LM71 max My        | 1,30  | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | 3,41                          | -11,43                 | 66,19       | 0,00        |
| 8.1 | C3, max My         | 1,30  | 1,00     | 1,56   | 1,00                 | 2,50                          | -7,17                  | 47,84       | -0,01       |

| zs  | Návrhové vnitřní síly |                        |             |             | Návrhové napětí          |                          |                          |                     |                 |                     |
|-----|-----------------------|------------------------|-------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|     | N<br>[kN]             | V <sub>z</sub><br>[kN] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] | $\sigma_{x,Nx}$<br>[MPa] | $\sigma_{x,My}$<br>[MPa] | $\sigma_{x,Mz}$<br>[MPa] | $\sigma_x$<br>[MPa] | $\tau$<br>[MPa] | $\sigma_e$<br>[MPa] |
| 1.1 | 0,15                  | 0,23                   | 2,70        | 0,00        | -0,02                    | -2,55                    | 0,00                     | -2,56               | 0,00            | 2,56                |
| 1.2 | 0,06                  | 2,36                   | 2,92        | 0,00        | -0,01                    | -2,75                    | 0,00                     | -2,76               | 0,00            | 2,76                |
| 2.1 | 0,25                  | 1,79                   | 8,21        | -0,33       | -0,03                    | -7,74                    | -5,33                    | -13,10              | 0,00            | 13,10               |
| 3.1 | 0,00                  | 0,12                   | 0,32        | -0,04       | 0,00                     | -0,31                    | -0,57                    | -0,88               | 0,00            | 0,88                |
| 4.3 | 42,38                 | 9,80                   | 13,74       | -0,69       | -4,97                    | -12,95                   | -10,98                   | -28,91              | 0,00            | 28,91               |
| 5.0 | 0,00                  | 0,00                   | 0,00        | 0,00        | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                | 0,00            | 0,00                |
| 6.1 | 10,19                 | 0,00                   | 1,72        | 0,00        | -1,19                    | -1,62                    | 0,00                     | -2,81               | 0,00            | 2,81                |
| 7.1 | 8,87                  | 29,72                  | 172,09      | 0,00        | -1,04                    | -162,22                  | 0,00                     | -163,26             | 0,00            | 163,26              |
| 8.1 | 5,07                  | 14,54                  | 97,02       | -0,02       | -0,59                    | -91,45                   | -0,32                    | -92,37              | 0,00            | 92,37               |

|         | Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí |                        |             |             |                          |                          |                          |                     |                 |                     |
|---------|--|------------------------|-------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|         | Návrhové vnitřní síly                    |                        |             |             | Návrhové napětí          |                          |                          |                     |                 |                     |
|         | N<br>[kN]                                | V <sub>z</sub><br>[kN] | My<br>[kNm] | Mz<br>[kNm] | $\sigma_{x,Nx}$<br>[MPa] | $\sigma_{x,My}$<br>[MPa] | $\sigma_{x,Mz}$<br>[MPa] | $\sigma_x$<br>[MPa] | $\tau$<br>[MPa] | $\sigma_e$<br>[MPa] |
| rs,Ed   | 53,02                                    | 14,30                  | 29,61       | -1,06       | -6,22                    | -27,91                   | -16,88                   | -51,01              | 0,00            | 51,014              |
| LM71,Ed | 8,87                                     | 29,72                  | 172,09      | 0,00        | -1,04                    | -162,22                  | 0,00                     | -163,26             | 0,00            | 163,26              |
| Celkem  | 61,89                                    | 44,02                  | 201,71      | -1,06       | -7,26                    | -190,13                  | -16,88                   | -214,27             | 0,00            | 214,27              |

## KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad  $Z_{LM71} = 1,00$

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

$$V_{Ed} = 44,02 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 475,83 \text{ kN}$$

| Smyková zatížitelnost |            |
|-----------------------|------------|
| $\tau_{Rd} =$         | 120,72 MPa |
| $\tau_{rs} =$         | 4,02 MPa   |
| $\tau_{LM71} =$       | 8,37 MPa   |
| $Z_{LM71} =$          | 13,95      |

Vliv boulení není třeba zahrnovat

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

$$\eta_3 = 0,093 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

## KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

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

$$\eta_{1,rs} = \frac{-53023,83}{1782290,91} + \frac{29612,58}{-221817,98} + \frac{-1059,13}{13119,16} = 0,244$$

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

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-8866,00}{1782290,91} + \frac{172094,00}{-221817,98} + \frac{0,00}{13119,16} = 0,781$$

## Zatížitelnost $Z_{LM71}$ dle normálového napětí

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

$$Z_{LM71} = 0,97$$

## 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

$$Z_{LM71} = 0,97$$

Jelikož je zatížitelnost menší než 1,0 může se dle metodického pokynu SŽ redukovat účinky bočních rázu, odstředivých a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem

|                       | iterace           | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Normál.<br>$\sigma_x$ | $\eta_{1,rs}$     | 0,24   | 0,24   | 0,24   | 0,24   | 0,24   | 0,24   | 0,24   | 0,24   | 0,24   | 0,24   |
|                       | $\eta_{1,LM71}$   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   |
|                       | $Z_{LM1}$         | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   |
| srov.<br>$\sigma_e$   | $\sigma_{e,rs}$   | 51,01  | 50,01  | 50,20  | 50,16  | 50,17  | 50,17  | 50,17  | 50,17  | 50,17  | 50,17  |
|                       | $\sigma_{e,LM71}$ | 163,26 | 163,26 | 163,26 | 163,26 | 163,26 | 163,26 | 163,26 | 163,26 | 163,26 | 163,26 |
|                       | $Z_{LM1}$         | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   | 0,97   |

## Hodnoty vnitřních sil pro iteraci č. 9

| zs  | Návrhové vnitřní síly |       |        |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|-----|-----------------------|-------|--------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|     | N                     | Vz    | My     | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|     | [kN]                  | [kN]  | [kNm]  | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| 1.1 | 0,15                  | 0,23  | 2,70   | 0,00  | 0,02            | -2,55           | 0,00            | -2,56      | 0,00   | 2,56       |
| 1.2 | 0,06                  | 2,36  | 2,92   | 0,00  | 0,01            | -2,75           | 0,00            | -2,76      | 0,00   | 2,76       |
| 2.1 | 0,25                  | 1,79  | 8,21   | -0,33 | 0,03            | -7,74           | -5,33           | -13,10     | 0,00   | 13,10      |
| 3.1 | 0,00                  | 0,12  | 0,32   | -0,04 | 0,00            | -0,31           | -0,57           | -0,88      | 0,00   | 0,88       |
| 4.3 | 41,25                 | 9,54  | 13,38  | -0,67 | 4,84            | -12,61          | -10,69          | -28,14     | 0,00   | 28,14      |
| 5.0 | 0,00                  | 0,00  | 0,00   | 0,00  | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00       | 0,00   | 0,00       |
| 6.1 | 9,91                  | 0,00  | 1,67   | 0,00  | 1,16            | -1,57           | 0,00            | -2,74      | 0,00   | 2,74       |
| 7.1 | 8,87                  | 29,72 | 172,09 | 0,00  | 1,04            | -162,22         | 0,00            | -163,26    | 0,00   | 163,26     |

|         | Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí |       |        |       |                 |                 |                 |            |        |            |
|---------|--|-------|--------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|         | Návrhové vnitřní síly                    |       |        |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|         | N  | Vz    | My     | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|         | [kN]                                     | [kN]  | [kNm]  | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| rs,Ed   | 51,63                                    | 14,04 | 29,20  | -1,04 | 6,06            | -27,53          | -16,59          | -38,06     | 0,00   | 38,058     |
| LM71,Ed | 8,87                                     | 29,72 | 172,09 | 0,00  | 1,04            | -162,22         | 0,00            | -161,18    | 0,00   | 161,18     |
| Celkem  | 60,49                                    | 43,76 | 201,30 | -1,04 | 7,10            | -189,75         | -16,59          | -199,24    | 0,00   | 199,24     |

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

## Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

| Zatížitelnost     |      |                   |      |                   |      |
|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|
| Normálové napětí  |      | Smykové napětí    |      | Srovnávací napětí |      |
| $Z_{LM71} =$      | 0,97 | $Z_{LM71} =$      | >5   | $Z_{LM71} =$      | 0,97 |
| $\eta_1 =$        | 1,02 | $\eta_3 =$        | 0,10 | $\eta =$          | 1,02 |
| $K_i$             |      | $K_i$             |      | $K_i$             |      |
| $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,03 | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,03 |
| $\sigma_{x,My} =$ | 0,89 | $\sigma_{x,My} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,My} =$ | 0,89 |
| $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,08 | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,08 |
| $\tau =$          | 0,00 | $\tau =$          | 1,00 | $\tau =$          | 0,00 |

## Výsledná zatížitelnost

$Z_{LM71} = 0,97$

## Ověření přechodnosti

| Vnitřní síly                |       |        |        |       |           |
|-----------------------------|-------|--------|--------|-------|-----------|
| Vlak                        | $Y_f$ | N      | Vz     | My    | Mz        |
|                             | -     | [kN]   | [kN]   | [kNm] | [kNm]     |
| $E_{TTZ,C3}$                | 1,30  | 2,50   | -7,17  | 47,84 | -0,01     |
| $E_{LM71}$                  | 1,30  | 3,41   | -11,43 | 66,19 | 0,00      |
| Poměr $\lambda_{C3 / LM71}$ |       | 0,73   | 0,63   | 0,72  | 0,00      |
| $\psi_{C3}$                 |       | 0,78   | 0,78   | 0,78  | 0,78      |
| $K_i$                       |       | 0,03   | 0,00   | 0,89  | 0,08      |
| Přechodnost C3/60           | 0,97  | $\geq$ |        | 0,52  | Přechodné |

Trat'ová třída C3

Rychlost 50 km/h

Dynamický souč. 2,00 LM71

Dynamický souč. 1,56 C3

$\psi = 0,780$

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

## 5.3.2 Pravý nosník N3 v místě maximální příčné momentu $M_z$

### Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

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

 $L = 0,60 \text{ m}$       vzpěrná délka hlavního nosníku

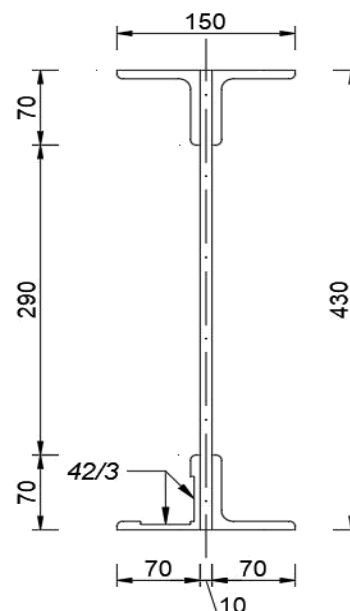
 $L_\phi = 3,60 \text{ m}$       náhradní délka

 $\phi = 2,00$       dynamický součinitel

### Průřezové charakteristiky

| Celkové                                   | nejvíce namáhané vlákno č. 28. |                           |
|---|--------------------------------|---------------------------|
| $A = 8,242\text{E-}3 \text{ m}^2$         | $8,242\text{E-}3 \text{ m}^2$  | plocha průřezu            |
| $I_y = 2,168\text{E-}4 \text{ m}^2$       | $2,168\text{E-}4 \text{ m}^2$  | moment setrvačnosti       |
| $I_z = 4,468\text{E-}6 \text{ m}^2$       | $4,468\text{E-}6 \text{ m}^2$  | moment setrvačnosti       |
| $i_y = 1,622\text{E+}2 \text{ m}^2$       | $1,622\text{E+}2 \text{ m}^2$  | poloměr setrvačnosti      |
| $i_z = 2,328\text{E+}1 \text{ m}^2$       | $2,328\text{E+}1 \text{ m}^2$  | poloměr setrvačnosti      |
| $W_{el,y} = -9,758\text{E-}4 \text{ m}^2$ | $-9,802\text{E-}4 \text{ m}^2$ | elastický průřezový modul |
| $W_{el,z} = -5,768\text{E-}5 \text{ m}^2$ | $-5,768\text{E-}5 \text{ m}^2$ | elastický průřezový modul |
| $W_{pl,y} = 6,524\text{E-}3 \text{ m}^2$  | $6,524\text{E-}3 \text{ m}^2$  | plastický průřezový modul |
| $W_{pl,z} = 8,259\text{E-}4 \text{ m}^2$  | $8,259\text{E-}4 \text{ m}^2$  | plastický průřezový modul |
| $S_y = 5,632\text{E-}4 \text{ m}^2$       | $0,000\text{E+}0 \text{ m}^2$  | statický moment           |

\* kurzívou je znázorněno oslabení



### Rozměry nosníku

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| $h = 430,00 \text{ mm}$       | výška nosníku                |
| $t_{f,h} = 8,00 \text{ mm}$   | tloušťka horní pásnice       |
| $t_{f,d} = 8,00 \text{ mm}$   | tloušťka dolní pásnice       |
| $b_{f,h} = 150,00 \text{ mm}$ | šířka horní pásnice          |
| $b_{f,d} = 150,00 \text{ mm}$ | šířka dolní pásnice          |
| $h_w = 430,00 \text{ mm}$     | výška stojiny účinná na smyk |
| $t = 10,00 \text{ mm}$        | tloušťka stojiny             |

Tř.pr. = 3      třída průřezu

### 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 nas Sázavou (mimo)

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení **GR12**  
Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| zs   | zatížení           | $V_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaž} / GR_{xx}$ | Charakteristické vnitřní síly |        |       |       |
|------|--------------------|-------|----------|--------|----------------------|-------------------------------|--------|-------|-------|
|      |                    |       |          |        |                      | N                             | Vz     | My    | Mz    |
|      |                    |       |          |        |                      | [kN]                          | [kN]   | [kNm] | [kNm] |
| 1.1  | Vlastní tíha       | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,03                          | -1,23  | 2,30  | 0,00  |
| 1.2  | Ostatní stále zat. | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,41                          | -0,22  | 0,34  | 0,03  |
| 2.2  | Vítr zprava        | 1,35  | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | 2,15                          | 1,95   | -3,54 | 0,38  |
| 3.2  | Teplota zima       | 1,30  | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | 12,84                         | 0,24   | -0,20 | 0,01  |
| 4.17 | BR max Mz          | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 14,81                         | -1,78  | 3,18  | 1,60  |
| 5.0  | odstřed. síly      | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,00                          | 0,00   | 0,00  | 0,00  |
| 6.2  | Rozj. proti směr   | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 0,50                 | -19,47                        | -2,51  | -3,52 | 0,09  |
| 7.9  | LM71, max Mz       | 1,30  | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | 2,14                          | -34,95 | 57,15 | -0,09 |
| 8.6  | C3,stolička O01 M  | 1,30  | 1,00     | 1,56   | 1,00                 | 1,79                          | -25,76 | 43,26 | -0,06 |

| zs   | Návrhové vnitřní síly |       |        |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|------|-----------------------|-------|--------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|      | N                     | Vz    | My     | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|      | [kN]                  | [kN]  | [kNm]  | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| 1.1  | 0,03                  | 1,40  | 2,62   | 0,00  | 0,00            | -2,67           | 0,00            | -2,68      | 0,00   | 2,68       |
| 1.2  | 0,47                  | 0,25  | 0,39   | 0,03  | -0,06           | -0,40           | -0,59           | -1,05      | 0,00   | 1,05       |
| 2.2  | 2,18                  | 0,00  | 0,00   | 0,38  | -0,26           | 0,00            | -6,67           | -6,94      | 0,00   | 6,94       |
| 3.2  | 10,02                 | 0,00  | 0,00   | 0,01  | -1,22           | 0,00            | -0,14           | -1,35      | 0,00   | 1,35       |
| 4.17 | 19,25                 | 2,31  | 4,13   | 2,08  | -2,34           | -4,22           | -36,06          | -42,62     | 0,00   | 42,62      |
| 5.0  | 0,00                  | 0,00  | 0,00   | 0,00  | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00       | 0,00   | 0,00       |
| 6.2  | 0,00                  | 1,63  | 0,00   | 0,06  | 0,00            | 0,00            | -1,01           | -1,01      | 0,00   | 1,01       |
| 7.9  | 5,56                  | 90,87 | 148,59 | 0,00  | -0,68           | -151,59         | 0,00            | -152,26    | 0,00   | 152,26     |
| 8.6  | 3,63                  | 52,24 | 87,73  | -0,12 | -0,44           | -89,50          | 2,11            | -87,83     | 0,00   | 87,83      |

|         | Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí |       |        |       |                 |                 |                 |            |        |            |
|---------|--|-------|--------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|         | Návrhové vnitřní síly                    |       |        |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|         | N  | Vz    | My     | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|         | [kN]                                     | [kN]  | [kNm]  | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| rs,Ed   | 31,95                                    | 5,60  | 7,14   | 2,57  | -3,88           | -7,29           | -44,48          | -55,64     | 0,00   | 55,64      |
| LM71,Ed | 5,56                                     | 90,87 | 148,59 | 0,00  | -0,68           | -151,59         | 0,00            | -152,26    | 0,00   | 152,26     |
| Celkem  | 37,51                                    | 96,47 | 155,73 | 2,57  | -4,55           | -158,87         | -44,48          | -207,90    | 0,00   | 207,9      |

## KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad  $Z_{LM71} = 1,00$

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

$$V_{Ed} = 96,47 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 475,83 \text{ kN}$$

| Smyková zatížitelnost |            |
|-----------------------|------------|
| $\tau_{Rd} =$         | 120,72 MPa |
| $\tau_{rs} =$         | 1,45 MPa   |
| $\tau_{LM71} =$       | 23,60 MPa  |
| $Z_{LM71} =$          | 5,05       |

**Vliv boulení není třeba zahrnovat**

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

$$\eta_3 = 0,388 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

## KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

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

$$\eta_{1,rs} = \frac{-31946,68}{1723327,27} + \frac{7143,60}{-204956,69} + \frac{2565,25}{-12059,54} = 0,266$$

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

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-5564,00}{1723327,27} + \frac{148590,00}{-204956,69} + \frac{0,00}{-12059,54} = 0,728$$

## Zatížitelnost $Z_{LM71}$ dle normálového napětí

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

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

## 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     |      |                   |      |                   |      |
|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|
| Normálové napětí  |      | Smykové napětí    |      | Srovnávací napětí |      |
| $Z_{LM71} =$      | 1,01 | $Z_{LM71} =$      | 5,05 | $Z_{LM71} =$      | 1,01 |
| $\eta_1 =$        | 0,99 | $\eta_3 =$        | 0,21 | $\eta =$          | 0,99 |
| $K_i$             |      | $K_i$             |      | $K_i$             |      |
| $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,02 | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,02 |
| $\sigma_{x,My} =$ | 0,76 | $\sigma_{x,My} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,My} =$ | 0,76 |
| $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,21 | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,21 |
| $\tau =$          | 0,00 | $\tau =$          | 1,00 | $\tau =$          | 0,00 |

## 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  | 1,79   | -25,76 | 43,26 | -0,06     |
| $E_{LM71}$                  | 1,30  | 2,14   | -34,95 | 57,15 | -0,09     |
| Poměr $\lambda_{C3 / LM71}$ |       | 0,84   | 0,74   | 0,76  | 0,67      |
| $\psi_{C3}$                 |       | 0,78   | 0,78   | 0,78  | 0,78      |
| $K_i$                       |       | 0,02   | 0,00   | 0,76  | 0,21      |
| Přechodnost C3/60           | 1,01  | $\geq$ |        | 0,58  | Přechodné |

Traťová třída C3

Rychlost 50 km/h

Dynamický souč. 2,00 LM71

Dynamický souč. 1,56 C3

$$\psi = 0,780$$

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

### 5.3.3 Právý nosník N3 v místě maximální posouvající síly Vz.

### Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

druh oceli - plávková ocel

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

## Geometrické vlastnosti

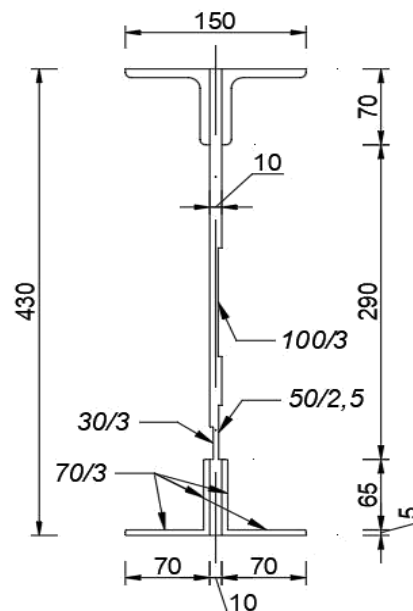
$L = 0,60 \text{ m}$       vzpěrná délka hlavního nosníku

 $L_{\phi} = 3,60 \text{ m}$  náhradní délka $\phi = 2,00$  dynamický součinitel

## Průřezové charakteristiky

| Celkové                                  | nejvíce namáhané<br>vlákno č. 19. | * kurzív                  |
|--|-----------------------------------|---------------------------|
| $A = 7,240\text{E-}3 \text{ m}^2$        | $7,240\text{E-}3 \text{ m}^2$     | plocha průřezu            |
| $I_y = 1,939\text{E-}4 \text{ m}^4$      | $1,939\text{E-}4 \text{ m}^4$     | moment setrvačnosti       |
| $I_z = 3,810\text{E-}6 \text{ m}^4$      | $3,810\text{E-}6 \text{ m}^4$     | moment setrvačnosti       |
| $i_y = 163,7 \text{ mm}$                 | $163,7 \text{ mm}$                | poloměr setrvačnosti      |
| $i_z = 22,9 \text{ mm}$                  | $22,9 \text{ mm}$                 | poloměr setrvačnosti      |
| $W_{el,y} = 8,540\text{E-}4 \text{ m}^3$ | $0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$     | elastický průřezový modul |
| $W_{el,z} = 5,058\text{E-}5 \text{ m}^3$ | $0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$     | elastický průřezový modul |
| $W_{pl,y} = 1,085\text{E-}3 \text{ m}^3$ | $0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$     | plastický průřezový modul |
| $W_{pl,z} = 9,660\text{E-}5 \text{ m}^3$ | $0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$     | plastický průřezový modul |
| $S_y = 4,982\text{E-}4 \text{ m}^3$      | $4,982\text{E-}4 \text{ m}^3$     | statický moment           |

\* kurzívou je znázorněno oslabení



## Rozměry nosníku

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| $h = 430,00 \text{ mm}$       | výška nosníku                |
| $t_{f,h} = 8,00 \text{ mm}$   | tloušťka horní pásnice       |
| $t_{f,d} = 8,00 \text{ mm}$   | tloušťka dolní pásnice       |
| $b_{f,h} = 150,00 \text{ mm}$ | šířka horní pásnice          |
| $b_{f,d} = 150,00 \text{ mm}$ | šířka dolní pásnice          |
| $h_w = 430,00 \text{ mm}$     | výška stojiny účinná na smyk |
| $t = 10,00 \text{ mm}$        | tloušťka stojiny             |

Tř.pr. = 3                      třída průřezu

### 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 ŠŽ, s.o.

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení **GR12**  
Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| zs  | zatížení                  | Y <sub>f</sub> | ψ <sub>0</sub> | φ    | Z <sub>uvaž</sub> / GRxx | Charakteristické vnitřní síly |                |       |                |
|-----|---------------------------|----------------|----------------|------|--------------------------|-------------------------------|----------------|-------|----------------|
|     |                           |                |                |      |                          | N                             | V <sub>z</sub> | My    | M <sub>z</sub> |
|     |                           |                |                |      |                          | [kN]                          | [kN]           | [kNm] | [kNm]          |
| 1.1 | Vlastní tíha              | 1,14           | 1,00           | 1,00 | 1,00                     | 0,04                          | -2,10          | 1,38  | 0,00           |
| 1.2 | Ostatní stále zat.        | 1,14           | 1,00           | 1,00 | 1,00                     | 0,02                          | -0,28          | 0,17  | -0,01          |
| 2.1 | Vítr zleva                | 1,35           | 0,75           | 1,00 | 1,00                     | 1,49                          | -2,47          | 1,18  | -0,38          |
| 3.1 | Teplota léto              | 1,50           | 0,60           | 1,00 | 1,00                     | -5,81                         | -0,15          | -0,06 | 0,03           |
| 4.6 | BR max V <sub>z</sub> , P | 1,30           | 1,00           | 1,00 | 1,00                     | -5,53                         | -10,18         | 5,87  | 1,40           |
| 5.0 | odstřed. 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                     | 23,68                         | 2,68           | 4,68  | 0,00           |
| 7.2 | LM71 max V <sub>z</sub>   | 1,30           | 1,00           | 2,00 | 1,00                     | 0,64                          | -63,83         | 37,81 | -0,02          |
| 8.2 | C3, max V <sub>z</sub>    | 1,30           | 1,00           | 1,56 | 1,00                     | 0,47                          | -47,48         | 28,13 | -0,02          |

| zs  | Návrhové vnitřní síly |                |       |                | Návrhové napětí   |                   |                   |                |        |                |
|-----|-----------------------|----------------|-------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------|----------------|
|     | N                     | V <sub>z</sub> | My    | M <sub>z</sub> | σ <sub>x,Nx</sub> | σ <sub>x,My</sub> | σ <sub>x,Mz</sub> | σ <sub>x</sub> | τ      | σ <sub>e</sub> |
|     | [kN]                  | [kN]           | [kNm] | [kNm]          | [MPa]             | [MPa]             | [MPa]             | [MPa]          | [MPa]  | [MPa]          |
| 1.1 | 0,05                  | 2,39           | 1,57  | 0,00           | -0,01             | 0,00              | 0,00              | -0,01          | 1,54   | 2,66           |
| 1.2 | 0,02                  | 0,32           | 0,19  | 0,01           | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00           | 0,21   | 0,36           |
| 2.1 | 1,51                  | 2,50           | 1,19  | 0,00           | -0,21             | 0,00              | 0,00              | -0,21          | 1,61   | 2,79           |
| 3.1 | 0,00                  | 0,14           | 0,00  | 0,03           | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00           | 0,09   | 0,15           |
| 4.6 | 0,00                  | 13,23          | 7,63  | 1,82           | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00           | 8,50   | 14,72          |
| 5.0 | 0,00                  | 0,00           | 0,00  | 0,00           | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00           | 0,00   | 0,00           |
| 6.1 | 15,39                 | 0,00           | 3,04  | 0,00           | -2,13             | 0,00              | 0,00              | -2,13          | 0,00   | 2,13           |
| 7.2 | 1,66                  | 165,96         | 98,31 | 0,00           | -0,23             | 0,00              | 0,00              | -0,23          | 106,60 | 184,64         |
| 8.2 | 0,95                  | 96,29          | 57,05 | -0,04          | -0,13             | 0,00              | 0,00              | -0,13          | 61,85  | 107,13         |

|         | Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí |                |        |                |                   |                   |                   |                |        |                |
|---------|--|----------------|--------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------|----------------|
|         | Návrhové vnitřní síly                    |                |        |                | Návrhové napětí   |                   |                   |                |        |                |
|         | N  | V <sub>z</sub> | My     | M <sub>z</sub> | σ <sub>x,Nx</sub> | σ <sub>x,My</sub> | σ <sub>x,Mz</sub> | σ <sub>x</sub> | τ      | σ <sub>e</sub> |
|         | [kN]                                     | [kN]           | [kNm]  | [kNm]          | [MPa]             | [MPa]             | [MPa]             | [MPa]          | [MPa]  | [MPa]          |
| rs,Ed   | 16,97                                    | 18,58          | 13,63  | 1,86           | -2,34             | 0,00              | 0,00              | -2,34          | 11,94  | 20,807         |
| LM71,Ed | 1,66                                     | 165,96         | 98,31  | 0,00           | -0,23             | 0,00              | 0,00              | -0,23          | 106,60 | 184,64         |
| Celkem  | 18,63                                    | 184,54         | 111,94 | 1,86           | -2,57             | 0,00              | 0,00              | -2,57          | 118,54 | 205,33         |

## KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad  $Z_{LM71} = 1,00$

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

$$V_{Ed} = 184,54 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 475,83 \text{ kN}$$

| Smyková zatížitelnost |            |
|-----------------------|------------|
| τ <sub>Rd</sub> =     | 120,72 MPa |
| τ <sub>rs</sub> =     | 11,94 MPa  |
| τ <sub>LM71</sub> =   | 106,60 MPa |
| Z <sub>LM71</sub> =   | 1,02       |

**Vliv boulení není třeba zahrnovat**

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

$$\eta_3 = 0,388 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

## KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

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

$$\eta_{1,rs} = \frac{-16969,03}{1513818,18} + \frac{13634,75}{178648,57} + \frac{1856,00}{10576,77} = 0,241$$

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

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-1664,00}{1513818,18} + \frac{98306,00}{178648,57} + \frac{0,00}{10576,77} = 0,549$$

### Zatížitelnost $Z_{LM71}$ dle normálového napětí

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

$$Z_{LM71} = 1,38$$

## 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

$$Z_{LM71} = 1,02$$

### Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

| Zatížitelnost     |       |                   |      |                   |      |
|-------------------|-------|-------------------|------|-------------------|------|
| Normálové napětí  |       | Smykové napětí    |      | Srovnávací napětí |      |
| $Z_{LM71} =$      | 1,38  | $Z_{LM71} =$      | 1,02 | $Z_{LM71} =$      | 1,02 |
| $\eta_1 =$        | 0,81  | $\eta_3 =$        | 0,98 | $\eta =$          | 0,98 |
| $K_i$             |       | $K_i$             |      | $K_i$             |      |
| $\sigma_{x,Nx} =$ | -0,02 | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,00 |
| $\sigma_{x,My} =$ | 0,79  | $\sigma_{x,My} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,My} =$ | 0,00 |
| $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,22  | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,00 |
| $\tau =$          | 0,00  | $\tau =$          | 1,00 | $\tau =$          | 1,00 |

### Výsledná zatížitelnost

$$Z_{LM71} = 1,02$$

### Ověření přechodnosti

| Vnitřní síly                |       |        |       |       |           |
|-----------------------------|-------|--------|-------|-------|-----------|
| Vlak                        | $Y_f$ | N      | Vz    | My    | Mz        |
|                             | -     | [kN]   | [kN]  | [kNm] | [kNm]     |
| $E_{TTZ,C3}$                | 1,30  | 0,47   | 47,48 | 28,13 | 0,02      |
| $E_{LM71}$                  | 1,30  | 0,64   | 63,83 | 37,81 | 0,02      |
| Poměr $\lambda_{C3 / LM71}$ |       | 0,73   | 0,74  | 0,74  | 1,00      |
| $\psi_{C3}$                 |       | 0,78   | 0,78  | 0,78  | 0,78      |
| $K_i$                       |       | 0,00   | 1,00  | 0,00  | 0,00      |
| Přechodnost C3/60           | 1,02  | $\geq$ |       | 0,58  | Přechodné |

Traťová třída C3

Rychlost 50 km/h

Dynamický souč. 2,00 LM71

Dynamický souč. 1,56 C3

$$\psi = 0,780$$

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

## 5.3.4 Pravý nosník N4 v 1/4 rozpětí v 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

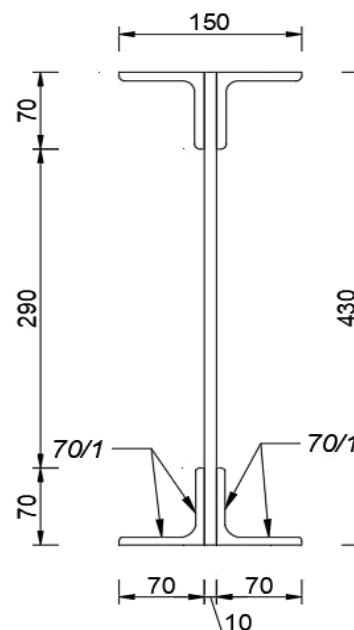
 $\gamma_{M1} = 1,20$  součinitel spolehlivosti

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

#### Geometrické vlastnosti

 $L = 0,60 \text{ m}$  vzpěrná délka hlavního nosníku

 $L_\phi = 3,60 \text{ m}$  náhradní délka

 $\phi = 2,00$  dynamický součinitel


#### Průřezové charakteristiky

| Celkové                                   | nejvíce namáhané vlákno č. 28. |                           |
|---|--------------------------------|---------------------------|
| $A = 8,276\text{E-}3 \text{ m}^2$         | $8,276\text{E-}3 \text{ m}^2$  | plocha průřezu            |
| $I_y = 2,186\text{E-}4 \text{ m}^4$       | $2,186\text{E-}4 \text{ m}^4$  | moment setrvačnosti       |
| $I_z = 4,407\text{E-}6 \text{ m}^4$       | $4,407\text{E-}6 \text{ m}^4$  | moment setrvačnosti       |
| $i_y = 162,5 \text{ mm}$                  | $162,5 \text{ mm}$             | poloměr setrvačnosti      |
| $i_z = 23,1 \text{ mm}$                   | $23,1 \text{ mm}$              | poloměr setrvačnosti      |
| $W_{el,y} = -9,903\text{E-}4 \text{ m}^3$ | $-9,903\text{E-}4 \text{ m}^3$ | elastický průřezový modul |
| $W_{el,z} = 5,875\text{E-}5 \text{ m}^3$  | $-5,875\text{E-}5 \text{ m}^3$ | elastický průřezový modul |
| $W_{pl,y} = 5,669\text{E-}3 \text{ m}^3$  | $5,669\text{E-}3 \text{ m}^3$  | plastický průřezový modul |
| $W_{pl,z} = 7,047\text{E-}4 \text{ m}^3$  | $7,047\text{E-}4 \text{ m}^3$  | plastický průřezový modul |
| $S_y = 5,653\text{E-}4 \text{ m}^3$       | $0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$  | statický moment           |

\* kurzívou je znázorněno oslabení

#### Rozměry nosníku

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| $h = 430,00 \text{ mm}$       | výška nosníku                |
| $t_{f,h} = 8,00 \text{ mm}$   | tloušťka horní pásnice       |
| $t_{f,d} = 8,00 \text{ mm}$   | tloušťka dolní pásnice       |
| $b_{f,h} = 150,00 \text{ mm}$ | šířka horní pásnice          |
| $b_{f,d} = 150,00 \text{ mm}$ | šířka dolní pásnice          |
| $h_w = 430,00 \text{ mm}$     | výška stojiny účinná na smyk |
| $t = 10,00 \text{ mm}$        | tloušťka stojiny             |
| Tř.pr. = 3                    | třída průřezu                |

#### 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 nas Sázavou (mimo)

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení **GR12**  
Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| zs  | zatížení                  | Y <sub>f</sub> | ψ <sub>0</sub> | φ    | Z <sub>uvaž</sub> / GRxx | Charakteristické vnitřní síly |                |       |                |
|-----|---------------------------|----------------|----------------|------|--------------------------|-------------------------------|----------------|-------|----------------|
|     |                           |                |                |      |                          | N                             | V <sub>z</sub> | My    | M <sub>z</sub> |
|     |                           |                |                |      |                          | [kN]                          | [kN]           | [kNm] | [kNm]          |
| 1.1 | Vlastní tíha              | 1,14           | 1,00           | 1,00 | 1,00                     | 0,09                          | -1,38          | 1,66  | 0,00           |
| 1.2 | Ostatní stáje zat.        | 1,14           | 1,00           | 1,00 | 1,00                     | 0,04                          | -1,09          | 0,93  | 0,01           |
| 2.1 | Vítr zleva                | 1,35           | 0,75           | 1,00 | 1,00                     | 0,19                          | -3,96          | 5,62  | -0,24          |
| 3.2 | Teplota zima              | 1,50           | 0,60           | 1,00 | 1,00                     | 9,82                          | 0,11           | -0,32 | 0,04           |
| 4.5 | BR max V <sub>z</sub> , L | 1,30           | 1,00           | 1,00 | 1,00                     | 28,09                         | -1,84          | 9,16  | 0,79           |
| 5.0 | odstřed. síly             | 1,30           | 1,00           | 1,00 | 1,00                     | 0,00                          | 0,00           | 0,00  | 0,00           |
| 6.2 | Rozj. proti směr          | 1,30           | 1,00           | 1,00 | 0,50                     | -19,63                        | -2,43          | -4,58 | 0,00           |
| 7.3 | LM71, 1/4, V <sub>z</sub> | 1,30           | 1,00           | 2,00 | 1,00                     | 2,45                          | -39,11         | 42,98 | 0,02           |
| 8.3 | C3, 1/4, V <sub>z</sub>   | 1,30           | 1,00           | 1,56 | 1,00                     | 1,69                          | -29,21         | 29,02 | 0,01           |

| zs  | Návrhové vnitřní síly |                |        |                | Návrhové napětí   |                   |                   |                |       |                |
|-----|-----------------------|----------------|--------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------|----------------|
|     | N                     | V <sub>z</sub> | My     | M <sub>z</sub> | σ <sub>x,Nx</sub> | σ <sub>x,My</sub> | σ <sub>x,Mz</sub> | σ <sub>x</sub> | τ     | σ <sub>e</sub> |
|     | [kN]                  | [kN]           | [kNm]  | [kNm]          | [MPa]             | [MPa]             | [MPa]             | [MPa]          | [MPa] | [MPa]          |
| 1.1 | 0,10                  | 1,57           | 1,89   | 0,00           | -0,01             | -1,91             | 0,00              | -1,92          | 0,00  | 1,92           |
| 1.2 | 0,05                  | 1,24           | 1,06   | 0,01           | -0,01             | -1,07             | -0,19             | -1,27          | 0,00  | 1,27           |
| 2.1 | 0,19                  | 4,01           | 5,69   | 0,00           | -0,02             | -5,75             | 0,00              | -5,77          | 0,00  | 5,77           |
| 3.2 | 8,84                  | 0,00           | 0,00   | 0,04           | -1,07             | 0,00              | -0,61             | -1,68          | 0,00  | 1,68           |
| 4.5 | 36,52                 | 2,39           | 11,91  | 1,03           | -4,41             | -12,03            | -17,48            | -33,92         | 0,00  | 33,92          |
| 5.0 | 0,00                  | 0,00           | 0,00   | 0,00           | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00           | 0,00  | 0,00           |
| 6.2 | 0,00                  | 1,58           | 0,00   | 0,00           | 0,00              | 0,00              | 0,00              | 0,00           | 0,00  | 0,00           |
| 7.3 | 6,37                  | 101,69         | 111,75 | 0,05           | -0,77             | -112,85           | -0,89             | -114,50        | 0,00  | 114,50         |
| 8.3 | 3,65                  | 59,24          | 62,63  | 0,02           | -0,44             | -63,24            | -0,37             | -64,05         | 0,00  | 64,05          |

|         | Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí |                |        |                |                   |                   |                   |                |       |                |
|---------|--|----------------|--------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|-------|----------------|
|         | Návrhové vnitřní síly                    |                |        |                | Návrhové napětí   |                   |                   |                |       |                |
|         | N  | V <sub>z</sub> | My     | M <sub>z</sub> | σ <sub>x,Nx</sub> | σ <sub>x,My</sub> | σ <sub>x,Mz</sub> | σ <sub>x</sub> | τ     | σ <sub>e</sub> |
|         | [kN]                                     | [kN]           | [kNm]  | [kNm]          | [MPa]             | [MPa]             | [MPa]             | [MPa]          | [MPa] | [MPa]          |
| rs,Ed   | 45,70                                    | 10,80          | 20,55  | 1,07           | -5,52             | -20,75            | -18,29            | -44,56         | 0,00  | 44,561         |
| LM71,Ed | 6,37                                     | 101,69         | 111,75 | 0,05           | -0,77             | -112,85           | -0,89             | -114,50        | 0,00  | 114,5          |
| Celkem  | 52,07                                    | 112,48         | 132,30 | 1,13           | -6,29             | -133,60           | -19,17            | -159,06        | 0,00  | 159,06         |

## KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad  $Z_{LM71} = 1,00$

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

$$V_{Ed} = 112,48 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 475,83 \text{ kN}$$

| Smyková zatížitelnost |            |
|-----------------------|------------|
| τ <sub>Rd</sub> =     | 120,72 MPa |
| τ <sub>rs</sub> =     | 2,79 MPa   |
| τ <sub>LM71</sub> =   | 26,30 MPa  |
| Z <sub>LM71</sub> =   | 4,48       |

**Vliv boulení není třeba zahrnovat**

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

$$\eta_3 = 0,236 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

## KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

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

$$\eta_{1,rs} = \frac{-45695,58}{1730436,36} + \frac{20550,85}{-207052,30} + \frac{1074,40}{-12285,11} = 0,213$$

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

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-6370,00}{1730436,36} + \frac{111748,00}{-207052,30} + \frac{52,00}{-12285,11} = 0,548$$

## Zatížitelnost $Z_{LM71}$ dle normálového napětí

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

$$Z_{LM71} = 1,44$$

## 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

$$Z_{LM71} = 1,44$$

## Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

| Zatížitelnost     |       |                   |      |                   |      |
|-------------------|-------|-------------------|------|-------------------|------|
| Normálové napětí  |       | Smykové napětí    |      | Srovnávací napětí |      |
| $Z_{LM71} =$      | 1,44  | $Z_{LM71} =$      | 4,48 | $Z_{LM71} =$      | 1,44 |
| $\eta_1 =$        | -0,35 | $\eta_3 =$        | 0,24 | $\eta =$          | 0,76 |
| $K_i$             |       | $K_i$             |      | $K_i$             |      |
| $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,04  | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,04 |
| $\sigma_{x,My} =$ | 0,84  | $\sigma_{x,My} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,My} =$ | 0,84 |
| $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,12  | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,12 |
| $\tau =$          | 0,00  | $\tau =$          | 1,00 | $\tau =$          | 0,00 |

## Výsledná zatížitelnost

$$Z_{LM71} = 1,44$$

## Ověření přechodnosti

| Vnitřní síly                |       |      |        |       |       |
|-----------------------------|-------|------|--------|-------|-------|
| Vlak                        | $Y_f$ | N    | Vz     | My    | Mz    |
|                             | -     | [kN] | [kN]   | [kNm] | [kNm] |
| $E_{TTZ,C3}$                | 1,30  | 1,69 | -29,21 | 29,02 | 0,01  |
| $E_{LM71}$                  | 1,30  | 2,45 | -39,11 | 42,98 | 0,02  |
| Poměr $\lambda_{C3 / LM71}$ |       | 0,69 | 0,75   | 0,68  | 0,50  |
| $\psi_{C3}$                 |       | 0,78 | 0,78   | 0,78  | 0,78  |
| $K_i$                       |       | 0,04 | 0,00   | 0,84  | 0,12  |
| Přechodnost C3/60           |       | 1,44 | ≥      | 0,51  |       |

Traťová třída C3

Rychlost 50 km/h

Dynamický souč. 2,00 LM71

Dynamický souč. 1,56 C3

$$\psi = 0,780$$

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

Přechodné

## 5.3.5 Pravý nosník N4 v 1/4 rozpětí v 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

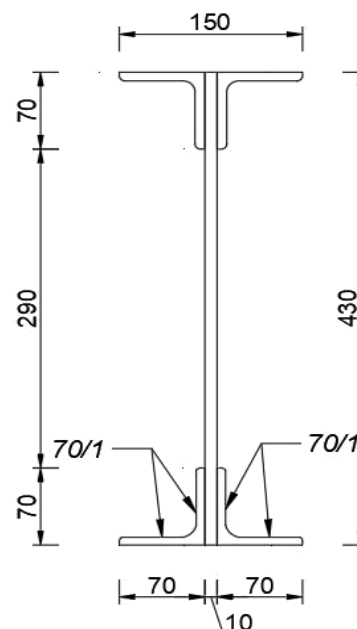
 $\gamma_{M1} = 1,20$  součinitel spolehlivosti

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

#### Geometrické vlastnosti

 $L = 0,60 \text{ m}$  vzpěrná délka hlavního nosníku

 $L_\phi = 3,60 \text{ m}$  náhradní délka

 $\phi = 2,00$  dynamický součinitel


#### Průřezové charakteristiky

| Celkové                                   | nejvíce namáhané vlákno č. 29. |                           |
|---|--------------------------------|---------------------------|
| $A = 8,276\text{E-}3 \text{ m}^2$         | $8,276\text{E-}3 \text{ m}^2$  | plocha průřezu            |
| $I_y = 2,186\text{E-}4 \text{ m}^4$       | $2,186\text{E-}4 \text{ m}^4$  | moment setrvačnosti       |
| $I_z = 4,407\text{E-}6 \text{ m}^4$       | $4,407\text{E-}6 \text{ m}^4$  | moment setrvačnosti       |
| $i_y = 162,5 \text{ mm}$                  | $162,5 \text{ mm}$             | poloměr setrvačnosti      |
| $i_z = 23,1 \text{ mm}$                   | $23,1 \text{ mm}$              | poloměr setrvačnosti      |
| $W_{el,y} = -9,903\text{E-}4 \text{ m}^3$ | $-9,903\text{E-}4 \text{ m}^3$ | elastický průřezový modul |
| $W_{el,z} = -5,875\text{E-}5 \text{ m}^3$ | $5,875\text{E-}5 \text{ m}^3$  | elastický průřezový modul |
| $W_{pl,y} = 5,660\text{E-}3 \text{ m}^3$  | $5,660\text{E-}3 \text{ m}^3$  | plastický průřezový modul |
| $W_{pl,z} = 7,003\text{E-}4 \text{ m}^3$  | $7,003\text{E-}4 \text{ m}^3$  | plastický průřezový modul |
| $S_y = 5,653\text{E-}4 \text{ m}^3$       | $0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$  | statický moment           |

\* kurzívou je znázorněno oslabení

#### Rozměry nosníku

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| $h = 430,00 \text{ mm}$       | výška nosníku                |
| $t_{f,h} = 8,00 \text{ mm}$   | tloušťka horní pásnice       |
| $t_{f,d} = 8,00 \text{ mm}$   | tloušťka dolní pásnice       |
| $b_{f,h} = 150,00 \text{ mm}$ | šířka horní pásnice          |
| $b_{f,d} = 150,00 \text{ mm}$ | šířka dolní pásnice          |
| $h_w = 430,00 \text{ mm}$     | výška stojiny účinná na smyk |
| $t = 10,00 \text{ mm}$        | tloušťka stojiny             |
| Tř.pr. = 3                    | třída průřezu                |

#### 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 nas Sázavou (mimo)

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení **GR12**  
Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| zs  | zatížení           | $V_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaž} / GR_{xx}$ | Charakteristické vnitřní síly |        |       |       |
|-----|--------------------|-------|----------|--------|----------------------|-------------------------------|--------|-------|-------|
|     |                    |       |          |        |                      | N                             | Vz     | My    | Mz    |
|     |                    |       |          |        |                      | [kN]                          | [kN]   | [kNm] | [kNm] |
| 1.1 | Vlastní tíha       | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,09                          | -1,38  | 1,66  | 0,00  |
| 1.2 | Ostatní stále zat. | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,04                          | -1,09  | 0,93  | 0,01  |
| 2.2 | Vítr zprava        | 1,35  | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | 0,19                          | -3,96  | 5,62  | -0,24 |
| 3.2 | Teplota zima       | 1,50  | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | -7,74                         | -0,10  | 0,17  | -0,05 |
| 4.7 | BR 1/4 My, L1      | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 29,06                         | -2,20  | 9,38  | -0,80 |
| 5.0 | odstřed. 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                 | 19,63                         | 2,43   | 4,58  | 0,00  |
| 7.4 | LM71, 1/4, My      | 1,30  | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | 2,54                          | -36,42 | 46,12 | 0,02  |
| 8.4 | C3, 1/4, My        | 1,30  | 1,00     | 1,56   | 1,00                 | 1,86                          | -25,62 | 33,99 | 0,02  |

| zs  | Návrhové vnitřní síly |       |        |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|-----|-----------------------|-------|--------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|     | N                     | Vz    | My     | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|     | [kN]                  | [kN]  | [kNm]  | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| 1.1 | 0,10                  | 1,57  | 1,89   | 0,00  | -0,01           | -1,91           | 0,00            | -1,92      | 0,00   | 1,92       |
| 1.2 | 0,05                  | 1,24  | 1,06   | -0,01 | -0,01           | -1,07           | -0,15           | -1,23      | 0,00   | 1,23       |
| 2.2 | 0,19                  | 4,01  | 5,69   | -0,24 | -0,02           | -5,75           | -4,14           | -9,91      | 0,00   | 9,91       |
| 3.2 | 0,00                  | 0,09  | 0,15   | -0,05 | 0,00            | -0,15           | -0,77           | -0,92      | 0,00   | 0,92       |
| 4.7 | 37,78                 | 2,86  | 12,19  | -1,04 | -4,56           | -12,31          | -17,70          | -34,58     | 0,00   | 34,58      |
| 5.0 | 0,00                  | 0,00  | 0,00   | 0,00  | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00       | 0,00   | 0,00       |
| 6.1 | 12,76                 | 0,00  | 2,98   | 0,00  | -1,54           | -3,01           | 0,00            | -4,55      | 0,00   | 4,55       |
| 7.4 | 6,60                  | 94,69 | 119,91 | 0,00  | -0,80           | -121,09         | 0,00            | -121,89    | 0,00   | 121,89     |
| 8.4 | 4,01                  | 51,96 | 73,35  | 0,04  | -0,49           | -74,07          | 0,73            | -73,82     | 0,00   | 73,82      |

|         | Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí |        |        |       |                 |                 |                 |            |        |            |
|---------|--|--------|--------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|         | Návrhové vnitřní síly                    |        |        |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|         | N  | Vz     | My     | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|         | [kN]                                     | [kN]   | [kNm]  | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| rs,Ed   | 50,88                                    | 9,78   | 23,97  | -1,34 | -6,15           | -24,20          | -22,76          | -53,11     | 0,00   | 53,106     |
| LM71,Ed | 6,60                                     | 94,69  | 119,91 | 0,00  | -0,80           | -121,09         | 0,00            | -121,89    | 0,00   | 121,89     |
| Celkem  | 57,48                                    | 104,47 | 143,88 | -1,34 | -6,95           | -145,30         | -22,76          | -175,00    | 0,00   | 175        |

## KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad  $Z_{LM71} = 1,00$

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

$$V_{Ed} = 104,47 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 475,83 \text{ kN}$$

| Smyková zatížitelnost |            |
|-----------------------|------------|
| $\tau_{Rd} =$         | 120,72 MPa |
| $\tau_{rs} =$         | 2,53 MPa   |
| $\tau_{LM71} =$       | 24,49 MPa  |
| $Z_{LM71} =$          | 4,83       |

Vliv boulení není třeba zahrnovat

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

$$\eta_3 = 0,22 < 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

## KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

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

$$\eta_{1,rs} = \frac{-50878,08}{1730436,36} + \frac{23966,85}{-207052,30} + \frac{-1337,00}{12285,11} = 0,254$$

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

$$\eta_{1,LM71} = \frac{-6604,00}{1730436,36} + \frac{119912,00}{-207052,30} + \frac{0,00}{12285,11} = 0,583$$

## Zatížitelnost $Z_{LM71}$ dle normálového napětí

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

$$Z_{LM71} = 1,28$$

## 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

$$Z_{LM71} = 1,28$$

## Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3

| Zatížitelnost     |      |                   |      |                   |      |
|-------------------|------|-------------------|------|-------------------|------|
| Normálové napětí  |      | Smykové napětí    |      | Srovnávací napětí |      |
| $Z_{LM71} =$      | 1,28 | $Z_{LM71} =$      | 4,83 | $Z_{LM71} =$      | 1,28 |
| $\eta_1 =$        | 0,84 | $\eta_3 =$        | 0,22 | $\eta =$          | 0,84 |
| $K_i$             |      | $K_i$             |      | $K_i$             |      |
| $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,04 | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,04 |
| $\sigma_{x,My} =$ | 0,83 | $\sigma_{x,My} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,My} =$ | 0,83 |
| $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,13 | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,00 | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,13 |
| $\tau =$          | 0,00 | $\tau =$          | 1,00 | $\tau =$          | 0,00 |

## Výsledná zatížitelnost

$$Z_{LM71} = 1,28$$

## Ověření přechodnosti

| Vnitřní síly                |       |      |        |       |       |
|-----------------------------|-------|------|--------|-------|-------|
| Vlak                        | $Y_f$ | N    | Vz     | My    | Mz    |
|                             | -     | [kN] | [kN]   | [kNm] | [kNm] |
| $E_{TTZ,C3}$                | 1,30  | 1,86 | -25,62 | 33,99 | 0,02  |
| $E_{LM71}$                  | 1,30  | 2,54 | -36,42 | 46,12 | 0,02  |
| Poměr $\lambda_{C3 / LM71}$ |       | 0,73 | 0,70   | 0,74  | 1,00  |
| $\psi_{C3}$                 |       | 0,78 | 0,78   | 0,78  | 0,78  |
| $K_i$                       |       | 0,04 | 0,00   | 0,83  | 0,13  |
| Přechodnost C3/60           |       | 1,28 | ≥      | 0,60  |       |
| Přechodné                   |       |      |        |       |       |

Traťová třída C3

Rychlost 50 km/h

Dynamický souč. 2,00 LM71

Dynamický souč. 1,56 C3

$$\psi = 0,780$$

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

## 5.3.6 Stolička - vpravo nad O 02 pro max My

### Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Ve výpočtu bylo uvážováno velké obecné oslabení stoliček viz obrázky

#### 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

$L = 0,53 \text{ m}$       vzpěrná délka stoličky  
 $L_\phi = 3,60 \text{ m}$       náhradní délka  
 $\phi = 2,00$       dynamický součinitel

#### Průřezové charakteristiky

| Celkové                                  | nejvíce namáhané<br>vlákno č. 37. |                           |
|--|-----------------------------------|---------------------------|
| $A = 5,901\text{E-}3 \text{ m}^2$        | $5,901\text{E-}3 \text{ m}^2$     | plocha průřezu            |
| $I_y = 2,642\text{E-}5 \text{ m}^4$      | $2,642\text{E-}5 \text{ m}^4$     | moment setrvačnosti       |
| $I_z = 1,574\text{E-}6 \text{ m}^4$      | $1,574\text{E-}6 \text{ m}^4$     | moment setrvačnosti       |
| $i_y = 67,0 \text{ mm}$                  | $67,0 \text{ mm}$                 | poloměr setrvačnosti      |
| $i_z = 16,0 \text{ mm}$                  | $16,0 \text{ mm}$                 | poloměr setrvačnosti      |
| $W_{el,y} = 2,375\text{E-}4 \text{ m}^3$ | $2,375\text{E-}4 \text{ m}^3$     | elastický průřezový modul |
| $W_{el,z} = 2,069\text{E-}5 \text{ m}^3$ | $2,069\text{E-}5 \text{ m}^3$     | elastický průřezový modul |
| $W_{pl,y} = 3,472\text{E-}4 \text{ m}^3$ | $3,472\text{E-}4 \text{ m}^3$     | plastický průřezový modul |
| $W_{pl,z} = 6,714\text{E-}5 \text{ m}^3$ | $6,714\text{E-}5 \text{ m}^3$     | plastický průřezový modul |
| $S_y = 1,788\text{E-}4 \text{ m}^3$      | $0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$     | statický moment           |

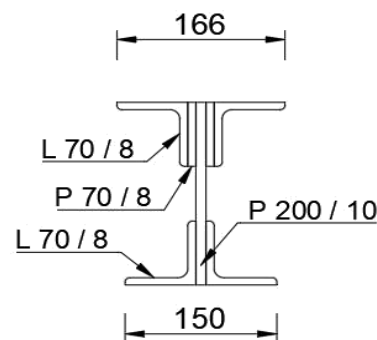
#### Rozměry nosníku

$h = 200,00 \text{ mm}$       výška nosníku  
 $t_{f,h} = 16,00 \text{ mm}$       tloušťka horní pásnice  
 $t_{f,d} = 16,00 \text{ mm}$       tloušťka dolní pásnice  
 $b_{f,h} = 166,00 \text{ mm}$       šířka horní pásnice  
 $b_{f,d} = 150,00 \text{ mm}$       šířka dolní pásnice  
 $h_w = 200,00 \text{ mm}$       výška stojiny účinná na smyk  
 $t = 10,00 \text{ mm}$       tloušťka stojiny  
Tř.pr. = 3      třída průřezu

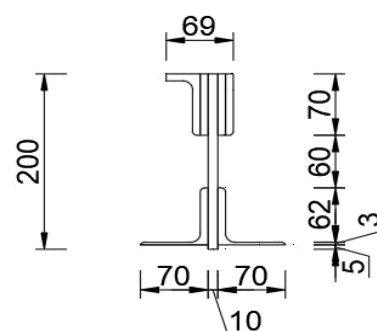
#### Ostatní součinitelé

$\alpha = 1,00$       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.

Neoslabená stolička



Oslabená stolička





# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení  
Kombinace zatížení dle výrazu

**GR12**  
**6.10b**

| zs   | zatížení           | $\gamma_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaž} / GR_{xx}$ | Charakteristické vnitřní síly |        |       |       |
|------|--------------------|------------|----------|--------|----------------------|-------------------------------|--------|-------|-------|
|      |                    |            |          |        |                      | N                             | Vz     | My    | Mz    |
|      |                    |            |          |        |                      | [kN]                          | [kN]   | [kNm] | [kNm] |
| 1.1  | Vlastní tíha       | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,02                          | -0,29  | 0,10  | 0,02  |
| 1.2  | Ostatní stále zat. | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -0,08                         | -2,18  | -0,47 | 0,01  |
| 2.1  | Vítr zleva         | 1,35       | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | 0,02                          | -6,06  | 0,99  | 0,03  |
| 3.2  | Teplota zima       | 1,50       | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | 14,05                         | 11,78  | -1,42 | 1,24  |
| 4.13 | BR stolička L      | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -12,87                        | -29,47 | 5,92  | 0,00  |
| 5.0  | odstřed. síly      | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,00                          | 0,00   | 0,00  | 0,00  |
| 6.2  | Rozj. proti směr   | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 0,50                 | 0,23                          | -1,10  | 0,30  | 1,08  |
| 7.5  | LM71, stolička     | 1,30       | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | 0,60                          | -38,97 | 10,48 | 0,44  |
| 8.6  | C3,stolička O01 My | 1,30       | 1,00     | 1,56   | 1,00                 | 0,68                          | -30,60 | 8,21  | 0,15  |

| zs   | Návrhové vnitřní síly |        |       |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|------|-----------------------|--------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|      | N                     | Vz     | My    | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|      | [kN]                  | [kN]   | [kNm] | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| 1.1  | 0,02                  | 0,33   | 0,11  | 0,02  | 0,00            | 0,48            | 1,10            | 1,58       | 0,00   | 1,58       |
| 1.2  | 0,09                  | 2,49   | -0,42 | 0,01  | -0,02           | -1,78           | 0,55            | -1,25      | 0,00   | 1,25       |
| 2.1  | 0,00                  | 6,14   | 1,00  | 0,03  | 0,00            | 4,22            | 1,47            | 5,69       | 0,00   | 5,69       |
| 3.2  | 0,00                  | 0,00   | 0,00  | 1,12  | 0,00            | 0,00            | 53,94           | 53,94      | 0,00   | 53,94      |
| 4.13 | -16,73                | 38,31  | 7,70  | 0,00  | 2,84            | 32,41           | 0,00            | 35,24      | 0,00   | 35,24      |
| 5.0  | 0,00                  | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00       | 0,00   | 0,00       |
| 6.2  | 0,00                  | 0,72   | 0,20  | 0,70  | 0,00            | 0,82            | 33,93           | 34,75      | 0,00   | 34,75      |
| 7.5  | 0,00                  | 101,32 | 27,25 | 1,14  | 0,00            | 114,74          | 55,30           | 170,04     | 0,00   | 170,04     |
| 8.6  | 1,47                  | 62,06  | 17,72 | 0,32  | -0,25           | 74,60           | 15,65           | 90,00      | 0,00   | 90,00      |

|         | Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí |        |       |       |                 |                 |                 |            |        |            |
|---------|--|--------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|         | Návrhové vnitřní síly                    |        |       |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|         | N  | Vz     | My    | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|         | [kN]                                     | [kN]   | [kNm] | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| rs,Ed   | -16,62                                   | 47,98  | 8,58  | 1,88  | 2,82            | 36,15           | 91,00           | 129,96     | 0,00   | 129,96     |
| LM71,Ed | 0,00                                     | 101,32 | 27,25 | 1,14  | 0,00            | 114,74          | 55,30           | 170,04     | 0,00   | 170,04     |
| Celkem  | -16,62                                   | 149,30 | 35,83 | 3,03  | 2,82            | 150,89          | 146,30          | 300,00     | 0,00   | 300        |

## KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad  $Z_{LM71} = 1,00$

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

$$V_{Ed} = 149,30 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 242,05 \text{ kN}$$

| Smyková zatížitelnost |            |
|-----------------------|------------|
| $\tau_{Rd} =$         | 120,72 MPa |
| $\tau_{rs} =$         | 32,48 MPa  |
| $\tau_{LM71} =$       | 68,59 MPa  |
| $Z_{LM71} =$          | 1,29       |

**Vliv boulení není třeba zahrnovat**

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

$$\eta_3 = 0,617 > 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

## KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

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

$$\eta_{1,rs} = \frac{16621,80}{1233803,64} + \frac{8584,38}{49654,91} + \frac{1882,58}{4325,67} = 0,622$$

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

$$\eta_{1,LM71} = \frac{0,00}{1233803,64} + \frac{27248,00}{49654,91} + \frac{1144,00}{4325,67} = 0,813$$

## Zatížitelnost $Z_{LM71}$ dle normálového napětí

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

$$Z_{LM71} = 0,47$$

## 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

$$Z_{LM71} = 0,47$$

Jelikož je zatížitelnost menší než 1,0 může se dle metodického pokynu SŽ redukovat účinky bočních rázu, odstředivých a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem

|                       | iterace           | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Normál.<br>$\sigma_x$ | $\eta_{1,rs}$     | 0,62   | 0,44   | 0,52   | 0,49   | 0,50   | 0,49   | 0,50   | 0,49   | 0,49   | 0,49   |
|                       | $\eta_{1,LM71}$   | 0,81   | 0,81   | 0,81   | 0,81   | 0,81   | 0,81   | 0,81   | 0,81   | 0,81   | 0,81   |
|                       | $Z_{LM1}$         | 0,47   | 0,69   | 0,59   | 0,63   | 0,62   | 0,62   | 0,62   | 0,62   | 0,62   | 0,62   |
| srov.<br>$\sigma_e$   | $\sigma_{e,rs}$   | 129,96 | 92,54  | 107,95 | 101,60 | 104,21 | 103,14 | 103,58 | 103,40 | 103,48 | 103,44 |
|                       | $\sigma_{e,LM71}$ | 170,04 | 170,04 | 170,04 | 170,04 | 170,04 | 170,04 | 170,04 | 170,04 | 170,04 | 170,04 |
|                       | $Z_{LM1}$         | 0,47   | 0,69   | 0,59   | 0,63   | 0,62   | 0,62   | 0,62   | 0,62   | 0,62   | 0,62   |

## Hodnoty vnitřních sil pro iteraci č. 9

| 0    | Návrhové vnitřní síly |       |       |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|------|-----------------------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|      | N                     | Vz    | My    | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|      | [kN]                  | [kN]  | [kNm] | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| 1.2  | 0,09                  | 2,49  | -0,42 | 0,01  | 0,01            | 0,40            | 0,18            | 1,58       | 0,00   | 1,58       |
| 2.1  | 0,00                  | 6,14  | 1,00  | 0,03  | 0,00            | -0,94           | 0,48            | -1,25      | 0,00   | 1,25       |
| 3.2  | 0,00                  | 0,00  | 0,00  | 1,12  | 0,00            | 0,00            | 17,79           | 5,69       | 0,00   | 5,69       |
| 4.13 | -16,73                | 38,31 | 7,70  | 0,00  | -1,96           | -7,25           | 0,00            | 53,94      | 0,00   | 53,94      |
| 5.0  | 0,00                  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 21,89      | 0,00   | 21,89      |
| 6.2  | 0,00                  | 0,70  | 0,19  | 0,68  | 0,00            | -0,18           | 10,89           | 0,00       | 0,00   | 0,00       |
| 7.5  | 0,00                  | 98,63 | 26,52 | 1,11  | 0,00            | -25,00          | 17,75           | 21,59      | 0,00   | 21,59      |
| 8.6  | 1,47                  | 62,06 | 17,72 | 0,32  | 0,17            | -16,70          | 5,16            | 170,04     | 0,00   | 170,04     |

|         | Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí |        |       |       |                 |                 |                 |            |        |            |
|---------|--|--------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|         | Návrhové vnitřní síly                    |        |       |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|         | N  | Vz     | My    | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|         | [kN]                                     | [kN]   | [kNm] | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| rs,Ed   | -16,64                                   | 146,26 | 34,99 | 2,95  | -1,95           | -32,98          | 47,09           | 12,16      | 0,00   | 12,158     |
| LM71,Ed | 1,47                                     | 62,06  | 17,72 | 0,32  | 0,17            | -16,70          | 5,16            | -11,37     | 0,00   | 11,369     |
| Celkem  | -15,17                                   | 208,31 | 52,71 | 3,28  | -1,78           | -49,68          | 52,25           | 0,79       | 0,00   | 0,7887     |

**Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3**

| Zatížitelnost     |             |                   |             |                   |             |
|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|
| Normálové napětí  |             | Smykové napětí    |             | Srovnávací napětí |             |
| $Z_{LM71} =$      | <b>0,62</b> | $Z_{LM71} =$      | <b>1,29</b> | $Z_{LM71} =$      | <b>0,62</b> |
| $\eta_1 =$        | 1,31        | $\eta_3 =$        | 0,84        | $\eta =$          | 1,31        |
| $K_i$             |             | $K_i$             |             | $K_i$             |             |
| $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,01        | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,00        | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,01        |
| $\sigma_{x,My} =$ | 0,51        | $\sigma_{x,My} =$ | 0,00        | $\sigma_{x,My} =$ | 0,63        |
| $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,49        | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,00        | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,36        |
| $\tau =$          | 0,00        | $\tau =$          | 1,00        | $\tau =$          | 0,00        |

**Výsledná zatížitelnost**
 $Z_{LM71} = 0,62$ 
**Ověření přechodnosti**

| Vnitřní síly              |       |      |        |       |       |
|---------------------------|-------|------|--------|-------|-------|
| Vlak                      | $V_f$ | N    | Vz     | My    | Mz    |
|                           | -     | [kN] | [kN]   | [kNm] | [kNm] |
| $E_{TTZ,C3}$              | 1,30  | 0,68 | -30,60 | 8,21  | 0,15  |
| $E_{LM71}$                | 1,30  | 0,60 | -38,97 | 10,48 | 0,44  |
| Poměr $\lambda_{C3/LM71}$ |       | 1,13 | 0,79   | 0,78  | 0,34  |
| $\psi_{C3}$               |       | 0,78 | 0,78   | 0,78  | 0,78  |
| $K_i$                     |       | 0,01 | 0,00   | 0,51  | 0,49  |
| Přechodnost C3/60         |       | 0,62 | ≥      | 0,44  |       |

Traťová třída C3

Rychlost 50 km/h

Dynamický souč. 2,00 LM71

Dynamický souč. 1,56 C3

 $\psi = 0,780$ 
 $\lambda_{LM71} = E_{TTZ} / E_{LM71}$ 

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 je proti vybočení z roviny ohybu zabezpečen příčnými ztužidly po vzdálenostech  $L = 1200$  mm.

| Vliv klopení jednotlivých průřezů hlavního nosníku |             |   |                   |                 |
|--|-------------|---|-------------------|-----------------|
| Uvažované místo                                    | $40 i_{zp}$ | > | L příčných podpor | Posudek         |
| V místě max. V                                     | 1128,80 mm  | > | 600,00 mm         | <b>VYHOVUJE</b> |
| V místě max. My                                    | 1124,00 mm  | > | 600,00 mm         | <b>VYHOVUJE</b> |
| Změna průřezu 1-2                                  | 1139,60 mm  | > | 600,00 mm         | <b>VYHOVUJE</b> |
| Změna průřezu 2-3                                  | 1141,20 mm  | > | 600,00 mm         | <b>VYHOVUJE</b> |

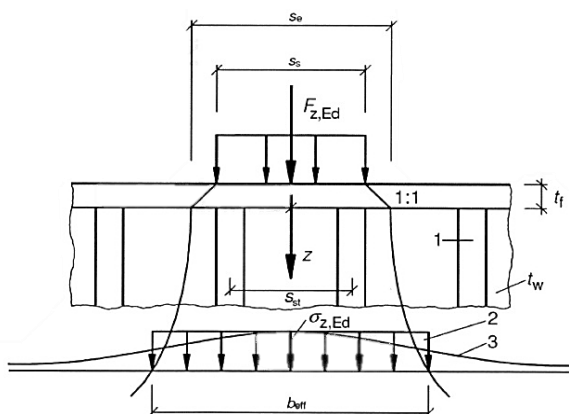
Není třeba uvažovat vliv klopení.

## 5.5 Lokální stabilita stojiny

Rozhodující skupina zatížení  
Kombinace zatížení dle výrazu

GR12  
6.10b

| zs | zatížení                   | $\gamma_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{\text{úvaž}} / \text{GRxx}$ | Síla               |                    | Napětí                   |
|----|----------------------------|------------|----------|--------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
|    |                            |            |          |        |                                 | $F_{z,Ek}$<br>[kN] | $F_{z,Ed}$<br>[kN] | $\sigma_{z,Ed}$<br>[MPa] |
| 2  | Vítr - $F_w$               | 1,35       | 0,75     | 1,00   | 1,00                            | 7,13               | 7,22               | 3,34                     |
| 4  | Boční ráz - $Q_{sk}$       | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                            | 12,20              | 15,86              | 7,34                     |
| 5  | Odstředivé síly - $Q_{tk}$ | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                            | 0,00               | 0,00               | 0,00                     |
| 7  | LM71 - $Q_{k,1}$           | 1,30       | 1,00     | 2,00   | 0,50 *                          | 139,20             | 180,96             | 83,78                    |
| 8  | TTZ C3 - Q                 | 1,30       | 1,00     | 1,56   | 0,50 *                          | 111,36             | 112,92             | 52,28                    |
|    |                            |            |          |        |                                 | $F_{v,rs,Ed} =$    | 12,5               | 18,583                   |
|    |                            |            |          |        |                                 | $F_{v,LM71,Ed} =$  | 63,83              | 165,96                   |
|    |                            |            |          |        |                                 | $F_{v,C3,Ed} =$    | 47,48              | 96,289                   |



$$t_w = 10,00 \text{ mm}$$

$$t_f = 8,00 \text{ mm}$$

$$s_s = 200,00 \text{ mm}$$

$$s_{st} = 530,00 \text{ mm}$$

$$s_w = 1,60 \text{ m}$$

$$s_e = s_s + 2 t_f = 216,00 \text{ mm}$$

$$a_{st} = 1230,00 \text{ mm}^2$$

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

$$b_{eff} = s_e \cdot \sqrt{1 + \left( \frac{z}{s_e \cdot n} \right)^2} = 216,00 \text{ mm} \text{ efektivní šířka}$$

$$n = 0,636 \sqrt{1 + \frac{0,878 a_{st,l}}{t_w}} = 0,698$$

$$a_{st,l} = 2,32 \text{ m}^2/\text{m}$$

tloušťka stojiny

tloušťka pásnice

šířka mostnice

vzdálenost svislých výztuh

vzdálenost náprav

roznášení šířky

plocha svislých výztuh

vzdálenost od pásnice

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

$$F_{LM71,Ed} = 180,96 \text{ kN}$$

$$\sigma_{z,LM71,Ed} = 68,00 \text{ MPa}$$

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

$$F_{rs,Ed} = 13,71 \text{ kN}$$

$$\sigma_{z,rs,Ed} = 5,15 \text{ MPa}$$

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

$$\eta_{2,LM71} = 0,325 \quad (\text{A.17})$$

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

$$\eta_{2,rs} = 0,025 \quad (\text{A.18})$$

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

$$Z_{LM71} = 3,00$$

## 5.5.1 Interakce účinků spolu s namáháním ohybovým momentem a osovou silou

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

$$Z_{LM71} = 1,17$$

## 5.6 Únosnost krčních nýtů

Rozhodující skupina zatížení

GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

| zs                | zatížení           | $V_f$ | $\Psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaz} / GR_{xx}$ | Charakter.    | Návrhové      |
|-------------------|--------------------|-------|----------|--------|----------------------|---------------|---------------|
|                   |                    |       |          |        |                      | $V_z$<br>[kN] | $V_z$<br>[kN] |
| 1.1               | Vlastní tíha       | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -2,1          | 2,39          |
| 1.2               | Ostatní stále zat. | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -0,28         | 0,32          |
| 2.1               | Vítr zleva         | 1,35  | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | -2,47         | 2,50          |
| 3.1               | Teplota léto       | 1,50  | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | -0,15         | 0,14          |
| 4.6               | BR max $V_z$ , P   | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -10,18        | 13,23         |
| 5.0               | odstřed. síly      | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0             | 0,00          |
| 6.1               | Rozj. ve směru     | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 0,50                 | 2,68          | 0,00          |
| 7.2               | LM71 max $V_z$     | 1,30  | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | -63,83        | 165,96        |
| 8.2               | C3, max $V_z$      | 1,30  | 1,00     | 1,56   | 1,00                 | -47,48        | -96,29        |
| $F_{b,rs,Ed} =$   |                    |       |          |        |                      | 12,50         | 18,58         |
| $F_{b,LM71,Ed} =$ |                    |       |          |        |                      | 63,83         | 165,96        |
| $F_{b,C3,Ed} =$   |                    |       |          |        |                      | 47,48         | 96,29         |

 $s = 56,25 \text{ mm}$ 
 $n = 3,97 \text{ ks}$ 
 $n_s = 4,00 \text{ ks}$ 
 $\varnothing = 20,00 \text{ mm}$ 
 $f_{ub} = 310,00 \text{ MPa}$ 
 $f_u = 360,00 \text{ MPa}$ 
 $e_1 = 40,00 \text{ mm}$ 
 $e_2 = 40,00 \text{ mm}$ 
 $p_1 = 56,25 \text{ mm}$ 
 $p_2 = 0,00 \text{ mm}$ 
 $A_0 = 314,16 \text{ mm}^2$ 
 $S_y = 178830,00 \text{ m}^3$ 
 $I_y = 2,642E-5 \text{ m}^4$ 
 $\gamma_{M2} = 1,30$ 
 $z = 40,00 \text{ mm}$ 

rozteč nýtů

počet nýtů

počet střižných rovin

průměr nýtů

mez pevnosti materiálu nýtů

mez pevnosti spojovaného materiálu

plocha nýtů

statický moment horní pásnice včetně krčních úhelníků a části stojiny

moment setrvačnosti celého průřezu

součinitel spolehlivosti

vzdálenost od pásnice

$$b_{eff} = s_e \cdot \sqrt{1 + \left( \frac{z}{s_e \cdot n} \right)^2} = 223,48 \text{ mm}$$

### Zatížení lokálním břemenem

$$F_{v,rs,Ed} = 18,58 \text{ kN}$$

$$F_{v,LM71,Ed} = 165,96 \text{ kN}$$

$$F_{v,C3,Ed} = 96,29 \text{ kN}$$

### Výslednice

$$F_{rs,ed} = 23,09 \text{ kN}$$

$$F_{LM71,ed} = 245,54 \text{ kN}$$

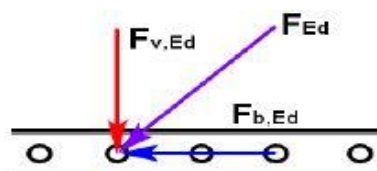
$$F_{C3,ed} = 148,40 \text{ kN}$$

### Zatížení smykovou silou

$$F_{b,rs,Ed} = 18,58 \text{ kN}$$

$$F_{b,LM71,Ed} = 165,96 \text{ kN}$$

$$F_{b,C3,Ed} = 96,29 \text{ kN}$$



# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

Součinitele potřebné pro posudek na otláčení

|              | krajní | vnitřní |
|--------------|--------|---------|
| $k_1 =$      | 3,9    | -       |
| $k_1 =$      | -1,7   | -1,7    |
| $k_1 =$      | 2,5    | 2,5     |
| $\alpha_d =$ | 0,67   | 0,69    |

nýt kolmo na zatížení

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

$$\alpha_b = 0,8611$$

nýt ve směru zatížení

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

$$\alpha_b = 0,6667$$

Únosnost na střih

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

$$F_{v,Rd} = 179,80 \text{ kN}$$

Únosnost na otláčení

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

$$F_{b,Rd} = 119,23 \text{ kN} \quad \text{pro krajní nýt}$$

$$F_{b,Rd} = 119,23 \text{ kN} \quad \text{pro vnitřní nýt}$$

Síla působící na jeden nýt

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

$$85,66 \text{ kN} < 119,23 \text{ kN}$$

Vyhovuje

$$F_{ed} = 85,66 \text{ kN}$$

$$F_{rs,ed} = 7,87 \text{ kN}$$

$$F_{LM71,ed} = 77,90 \text{ kN}$$

$$F_{C3,ed} = 46,39 \text{ kN}$$

Zatížitelnost spoje

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

$$Z_{LM71} = 1,43$$

Výsledná zatížitelnost krčních nýtů

$$Z_{LM71} = 1,40$$

Přechodnost

| Vnitřní síly          |       |                    |                    |
|-----------------------|-------|--------------------|--------------------|
| Vlak                  | $Y_f$ | $F_{v,Ed}$<br>[kN] | $F_{b,Ed}$<br>[kN] |
| $E_{C3}$              | 1,30  | 28,03              | 18,08              |
| $E_{LM71}$            | 1,30  | 35,04              | 24,30              |
| $\lambda_{C3/LM71} =$ |       | 0,80               | 0,74               |
| $\psi_{C3}$           |       | 0,78               | 0,78               |
| $k_i$                 |       | 0,33               | 0,67               |

Charakteristické síly působící na jeden nýt

Smyková síla

$$F_{b,rs} = 4,76 \text{ kN}$$

$$F_{b,LM71} = 24,30 \text{ kN}$$

$$F_{b,C3} = 18,08 \text{ kN}$$

$$\phi_{Ti,1} = 1,56$$

$$\phi_i = 2,00$$

Lokální zatížení

$$F_{v,rs} = 4,87 \text{ kN}$$

$$F_{v,LM71} = 35,04 \text{ kN}$$

$$F_{v,C3} = 28,03 \text{ kN}$$

$$\phi_{Ti,1} = 1,56$$

$$\phi_i = 2,00$$

Přechodnost

C3/60

$$Z_{LM71}$$

$\geq$

$$\sum \psi \cdot \lambda_{LM71} \cdot K_i$$

$$1,40$$

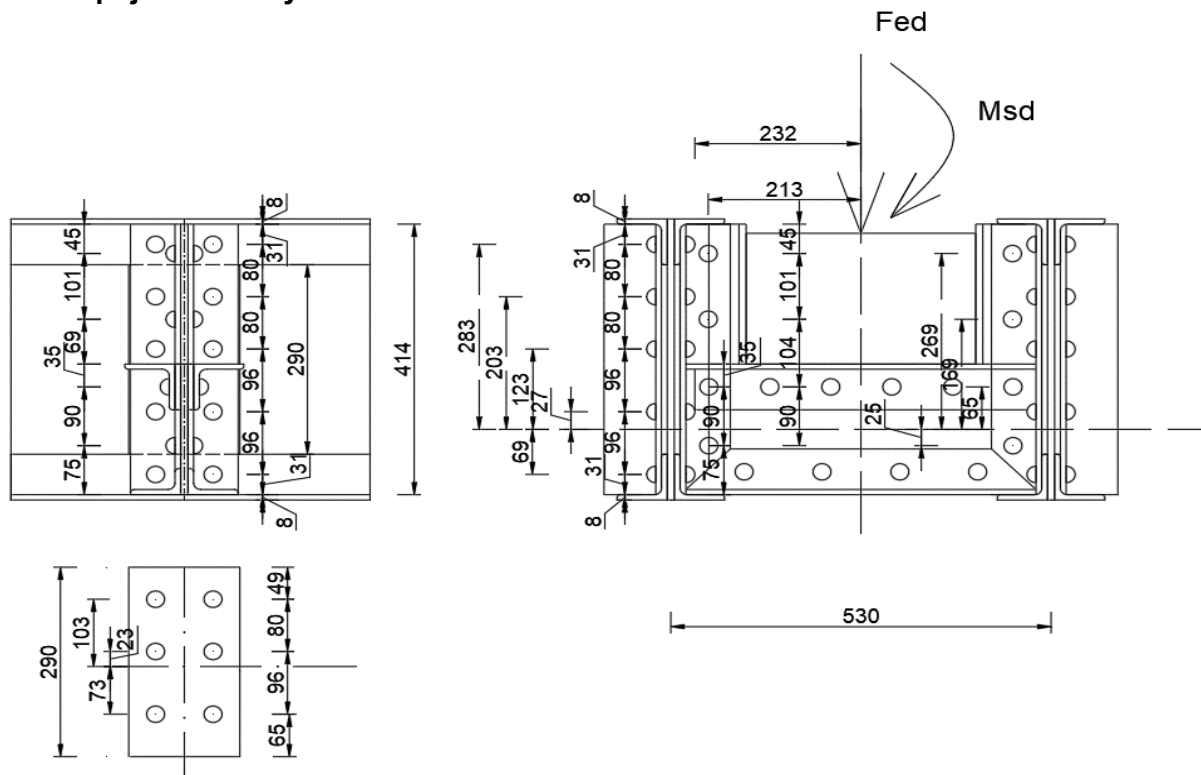
$\geq$

$$0,59$$

Přechodné



## 5.7 Napojení stoličky a hlavního nosníku



### 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

Oslabená stolička

### Vnitřní síly

 $F_{Ed} = 149,30 \text{ kN}$ 
 $M_{Ed} = 35,83 \text{ kNm}$ 
 $N_{Ed} = 16,62 \text{ kN}$ 

### Spojovací materiál

 nýt  $\varnothing = 20,00 \text{ mm}$ 
 $f_{yb} = 200,00 \text{ MPa}$ 
 $f_{ub} = 310,00 \text{ MPa}$ 
 $\gamma_{mb} = 1,3$ 

### Příložky ve stojně hlavního nosníku

 $b = 155,00 \text{ mm}$ 
 $h = 290,00 \text{ mm}$ 
 $tl = 8,00 \text{ mm}$ 

 nýt  $\varnothing = 20,00 \text{ mm}$ 

ks nýtů = 3,00 ks

### Posouzení příložky na stojně na smyk $V_{w,pl,Rd}$

Neoslabená plocha

 $A_v = h \cdot tl$ 
 $A_v = 2320,00 \text{ mm}^2$ 

Oslabená plocha

 $A_v = h \cdot tl - n \cdot \varnothing$ 
 $A_v = 2260,00 \text{ mm}^2$

Porovnání ploch

$$A_{v,net}/A_v > f_y/f_u$$

$$0,9741 > 0,6389$$

Může se počítat s neoslabenou plochou.

Posouzení

$$V_{w,pl,Rd} = A \cdot f_y / \gamma_{mo} \cdot \sqrt{3} > F_{ed}$$

$$V_{w,pl,Rd} = 280,07 \text{ kN} > 149,30 \text{ kN}$$

Vyhovuje

**Posouzení příložky na stojně na moment  $M_{el,Rd}$**

Porovnání ploch

$$\frac{0,9 \cdot A_{v,net}}{A_v} > f_y \cdot \gamma_{m2} / f_u \cdot \gamma_{m0}$$

$$0,88 < 0,91$$

Musí se počítat s oslabenou plochou.

Moment setrvačnosti neoslabené příložky

$$I_w = 1/12 \cdot t_l \cdot h^3$$

$$I_w = 16259333,33 \text{ mm}^4$$

Moment setrvačnosti oslabené příložky

$$I_w = 1/12 \cdot t_l \cdot h^3 - n/12 \cdot t_l \cdot \phi^3 - \sum n_i \cdot t_l \cdot \phi \cdot z_{ti}^2$$

$$n = 1,50 \text{ ks}$$

$$z_1 = 73,00 \text{ mm}$$

$$z_2 = 23,00 \text{ mm}$$

$$z_3 = 103,00 \text{ mm}$$

$$z_4 = 0,00 \text{ mm}$$

$$z_5 = 0,00 \text{ mm}$$

$$I_w = 27233226,67 \text{ mm}^4$$

Posouzení

$$M_{el,Rd} = (I \cdot f_y) / (h_p / 2 \cdot \gamma_{mo}) > M_{ed}$$

$$39,27 \text{ kNm} > 35,83 \text{ kNm}$$

Vyhovuje

**Posouzení spoje - šroubů/nýtů stoličky**

$$\text{nýt } \phi = 20,00 \text{ mm}$$

$$\text{ks nýtů} = 4$$

Síla působící na jeden šroub/nýt od momentu  $M_y$

$$M_{ed} = \sum F_i \cdot r_i \quad r_1 = 0,269 \text{ m}$$

$$F_{i+1} = F_i \cdot r_{i+1}^2 / r_i \quad r_2 = 0,169 \text{ m}$$

$$F_{1M} = 21,26 \text{ kN} \quad r_3 = 0,065 \text{ m}$$

$$F_{2M} = 13,36 \text{ kN} \quad r_4 = 0,000 \text{ m}$$

$$F_{3M} = 5,14 \text{ kN} \quad r_5 = 0,000 \text{ m}$$

$$F_{4M} = 0,00 \text{ kN}$$

$$F_{5M} = 0,00 \text{ kN}$$

Síla působící na jeden šroub/nýt od normálové síly  $N$

$$N_{ed} = 16,62 \text{ kN}$$

$$F_{N,sd} = N_{ed} / n$$

$$F_{N,sd} = 4,16 \text{ kN}$$

Síla od momentu a normálové síly

$$F_1 = F_{iM} + F_{N,sd}$$

$$F_1 = 25,42 \text{ kN}$$

Síla působící na jeden šroub/nýt od posouvající síly  $V_z$

$$F_{v,i} = (F_{ed}/2)/n$$

$$F_{v,i} = 37,32 \text{ kN}$$

Nevíce namáhany šroub/nýt

$$F_{w,b1,Sd} = (F_1^2 + F_v^2)^{0,5}$$

$$F_{w,b1,Sd} = 45,16 \text{ kN}$$

**Únosnost jednoho šroubu/nýtů v otláčení**

$$N_{n \text{ střih rovin}} = 2,00 \text{ ks}$$

Krajní      vnitřní

$$e_1 = 45,00 \text{ mm}$$

$$k_1 = 3,2 \quad -$$

$$e_2 = 35,00 \text{ mm}$$

$$k_1 = -1,7 \quad -1,7$$

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

$$k_1 = 2,5 \quad 2,5$$

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

$$\alpha_d = 0,75 \quad 1,25$$

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

$$\alpha_b = 0,8611 \quad \text{nýt kolmo na zatížení}$$

$$\gamma_{m2} = 1,30$$

$$\alpha_b = 0,75 \quad \text{pro nýty na konci}$$

$$k_1 = 2,5 \quad \text{pro nýty na konci}$$

$$\alpha_b = 1 \quad \text{pro vnitřní šrouby}$$

$$k_1 = 2,5 \quad \text{pro vnitřní šrouby}$$

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

$$F_{b,Rd} = \frac{119,23 \text{ kN}}{119,23 \text{ kN}} > \frac{45,16 \text{ kN}}{45,16 \text{ kN}} \quad \begin{array}{l} \text{- pro krajní šroub} \\ \text{- pro vnitřní šroub} \end{array}$$

**Únosnost jednoho šroubu/nýtu na střih**

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

$$F_{v,Rd} = 89,90 \text{ kN} > 45,16 \text{ kN} \quad \text{Vyhovuje}$$

## 5.8 Posouzení ztužení

### 5.8.1 Příčné ztužení - horní úhelníky

#### Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Horní úhelníky jsou z úhelníku 70/70/8, ale pod podlahami jsou oslabené o až 2 mm, hrany jsou zkorodované do hl. až 5 mm - viz obrázek

#### Materiálové vlastnosti

druh oceli - plávková ocel ztužení bylo v průběhu let měněno

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

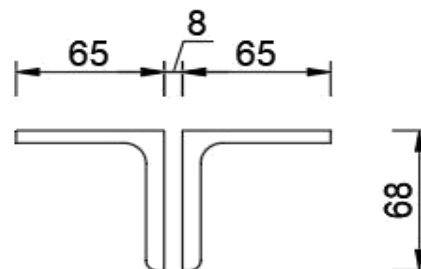
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$  mez pevnosti

$\varepsilon = 1,00$

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

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

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



#### Geometrické vlastnosti

$L_{cr,y} = 0,558 \text{ m}$  vzpěrná délka ve směru y

$L_{cr,z} = 0,558 \text{ m}$  vzpěrná délka ve směru z

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

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

#### Průřezové charakteristiky

$A = 1,804 \text{E-3 m}^2$  plocha průřezu

$A_{net} = 1,484 \text{E-3 m}^2$  oslabená plocha průřezu

$I_y = 8,110 \text{E-7 m}^4$  moment setrvačnosti

$I_z = 1,390 \text{E-6 m}^4$  moment setrvačnosti

$I_{y,eff} = 0,000 \text{E+0 m}^4$  efektivní moment setrvačnosti

$I_{z,eff} = 0,000 \text{E+0 m}^4$  efektivní moment setrvačnosti

$i_y = 21,00 \text{ mm}$  poloměr setrvačnosti

$i_z = 28,00 \text{ mm}$  poloměr setrvačnosti

$I_w = 8,779 \text{E-11 m}^6$  výsečový moment setrvačnosti

$I_t = 3,375 \text{E-8 m}^4$  moment setrvačnosti v prosté kroucení

$G = 81,000 \text{E+9 Pa}$  modul pružnosti ve smyku

$E = 210,000 \text{E+9 Pa}$  modul pružnosti v tahu

$W_{y,el} = 1,742 \text{E-5 m}^3$  elastický průřezový modul

$W_{z,el} = 2,015 \text{E-5 m}^3$  elastický průřezový modul

$W_{y,pl} = 3,196 \text{E-5 m}^3$  plastický průřezový modul

$W_{z,pl} = 3,690 \text{E-5 m}^3$  plastický průřezový modul

Rozhodující skupina zatížení **GR12**

Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| Tah - prvek B120 - první ztužení O 01 |                    |            |          |        |                      | Vnitřní síly     |           |
|---------------------------------------|--------------------|------------|----------|--------|----------------------|------------------|-----------|
|                                       |                    |            |          |        |                      | Charakteristické | Návrhové  |
| zs                                    | zatížení           | $\gamma_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaž} / GR_{xx}$ | N<br>[kN]        | N<br>[kN] |
| 1.1                                   | Vlastní tíha       | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,02             | 0,02      |
| 1.2                                   | Ostatní stále zat. | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -0,18            | -0,18     |
| 2.2                                   | Vítr zprava        | 1,35       | 0,50     | 1,00   | 1,00                 | 1,21             | 0,82      |
| 3.2                                   | Teplota zima       | 1,50       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 11,81            | 17,72     |
| 4.16                                  | BR stolička P1     | 1,30       | 0,80     | 1,00   | 1,00                 | 0,83             | 0,86      |
| 5.0                                   | odstřed. síly      | 1,30       | 0,80     | 1,00   | 1,00                 | 0,00             | 0,00      |
| 6.2                                   | Rozj. proti směr   | 1,30       | 0,80     | 1,00   | 0,50                 | 0,19             | 0,10      |
| 7.5                                   | LM71, stolička     | 1,30       | 0,80     | 2,00   | 1,00                 | 4,28             | 8,90      |

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení **GR12**  
Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| Max tlak - prvek 120 - první ztužení O 01 |                    |            |          |        |                                 | Charakteristické vnitřní síly |       |       |
|---|--------------------|------------|----------|--------|---------------------------------|-------------------------------|-------|-------|
| zs  | zatížení           | $\gamma_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{\text{úvaž}} / \text{GRxx}$ | N                             | My    | Mz    |
|   |                    |            |          |        |                                 | [kN]                          | [kNm] | [kNm] |
| 1.1                                       | Vlastní tíha       | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                            | 0,02                          | -0,02 | 0,00  |
| 1.2                                       | Ostatní stále zat. | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                            | -0,18                         | -0,02 | 0,00  |
| 2.1                                       | Vítr zleva         | 1,35       | 0,75     | 1,00   | 1,00                            | 0,92                          | 0,04  | 0,31  |
| 3.1                                       | Teplota léto       | 1,50       | 0,60     | 1,00   | 1,00                            | -12,40                        | -0,05 | -0,09 |
| 4.1                                       | BR max My L1       | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                            | -0,94                         | 0,16  | 1,01  |
| 5.0                                       | odstřed. 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                            | -0,19                         | 0,00  | 0,12  |
| 7.1                                       | LM71 max My        | 1,30       | 1,00     | 2,00   | 1,00                            | 0,84                          | -0,01 | 0,14  |

| Návrhové vnitřní síly |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| zs                    | N     | My    | Mz    |
|                       | [kN]  | [kNm] | [kNm] |
| 1.1                   | -0,02 | -0,02 | 0,00  |
| 1.2                   | 0,21  | -0,02 | 0,00  |
| 2.1                   | 0,00  | 0,04  | 0,31  |
| 3.1                   | 11,16 | 0,00  | 0,00  |
| 4.1                   | 1,22  | 0,21  | 1,31  |
| 5.0                   | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| 6.1                   | 0,12  | 0,00  | 0,08  |
| 7.1                   | 0,00  | 0,00  | 0,36  |

| Souhrn návrhových vnitřních sil |                    |                        |                      |                        |                      |
|---------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Tah                             |                    |                        |                      |                        |                      |
| N <sub>LM71,Ed</sub>            |                    |                        | N <sub>rs,Ed</sub>   |                        |                      |
| [kN]                            |                    |                        | [kN]                 |                        |                      |
| 8,90                            |                    |                        | 19,33                |                        |                      |
| Tlak                            |                    |                        |                      |                        |                      |
| N <sub>LM71,Ed</sub>            | N <sub>rs,Ed</sub> | M <sub>y,LM71,Ed</sub> | M <sub>y,rs,Ed</sub> | M <sub>z,LM71,Ed</sub> | M <sub>z,rs,Ed</sub> |
| [kN]                            | [kN]               | [kNm]                  | [kNm]                | [kNm]                  | [kNm]                |
| 0,00                            | 12,69              | 0,00                   | 0,21                 | 0,36                   | 1,70                 |

Posouzení na maximální účinky tahu

**Neoslabený průřez**

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

$$N_{\text{pl,Rd}} = 377,24 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Ed}} / N_{\text{pl,Rd}} < 1,00$$

$$0,07 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

**Oslabený průřez**

$$N_{\text{u,Rd}} = 0,68 A_{\text{net}} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{\text{u,Rd}} = 279,49 \text{ kN}$$

$$N_{\text{Ed}} / N_{\text{u,Rd}} < 1,00$$

$$0,10 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

Posouzení na prostorový vzpěr

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

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

**Interakční součinitelé**

$$k_{yy} = 0,404 \quad c_{my} = 0,40$$

$$k_{yz} = 0,245 \quad c_{mz} = 0,40$$

$$k_{zy} = 0,984 \quad c_{mLT} = 0,40$$

$$k_{zz} = 0,408$$

**Součinitelé vzpěrnosti  $\chi$**

$$\chi_y = 0,832$$

$$\chi_z = 0,690$$

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

**Únosnosti průřezu**

$$N_{\text{Rk}} = 266,98 \text{ kN}$$

$$M_{y,\text{Rk}} = 3,34 \text{ kNm}$$

$$M_{z,\text{Rk}} = 3,34 \text{ kNm}$$

Vyčíslení rovnice

$$0,048 + 0,025 + 0,131 = 0,204 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$0,048 + 0,061 + 0,219 = 0,327 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

## 5.8.2 Příčné ztužení - diagonály

### Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Diagonály jsou z pásu 60/8 mm.

#### Materiálové vlastnosti

druh oceli - plátková ocel ztužení bylo v průběhu let měněno

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

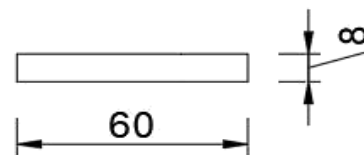
$f_u = 360,00 \text{ MPa}$  mez pevnosti

$\varepsilon = 1,00$

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

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

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



#### Geometrické vlastnosti

$L_{cr,y} = 0,255 \text{ m}$  vzpěrná délka ve směru y

$L_{cr,z} = 0,255 \text{ m}$  vzpěrná délka ve směru z

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

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

#### Průřezové charakteristiky

$A = 4,800\text{E-}4 \text{ m}^2$  plocha průřezu

$A_{net} = 3,200\text{E-}4 \text{ m}^2$  oslabená plocha průřezu

$I_y = 2,560\text{E-}9 \text{ m}^4$  moment setrvačnosti

$I_z = 1,440\text{E-}7 \text{ m}^4$  moment setrvačnosti

$I_{y,eff} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^4$  efektivní moment setrvačnosti

$I_{z,eff} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^4$  efektivní moment setrvačnosti

$i_y = 2,00 \text{ mm}$  poloměr setrvačnosti

$i_z = 17,00 \text{ mm}$  poloměr setrvačnosti

$I_w = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^6$  výšečový moment setrvačnosti

$I_t = 1,024\text{E-}8 \text{ m}^4$  moment setrvačnosti v prosté kroucení

$G = 81,000\text{E+}9 \text{ Pa}$  modul pružnosti ve smyku

$E = 210,000\text{E+}9 \text{ Pa}$  modul pružnosti v tahu

$W_{y,el} = 4,800\text{E-}6 \text{ m}^3$  elastický průřezový modul

$W_{z,el} = 6,400\text{E-}7 \text{ m}^3$  elastický průřezový modul

$W_{y,pl} = 7,200\text{E-}6 \text{ m}^3$  plastický průřezový modul

$W_{z,pl} = 9,600\text{E-}7 \text{ m}^3$  plastický průřezový modul

Rozhodující skupina zatížení **GR12**

Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| Tah - prvek 135, 2. ztužení |                    |       |          |        |                      | Vnitřní síly     |           |
|-----------------------------|--------------------|-------|----------|--------|----------------------|------------------|-----------|
| zs                          | zatížení           | $V_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaz} / GR_{xx}$ | Charakteristické | Návrhové  |
|                             |                    |       |          |        |                      | N<br>[kN]        | N<br>[kN] |
| 1.1                         | Vlastní tíha       | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,02             | 0,02      |
| 1.2                         | Ostatní stále zat. | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,07             | 0,08      |
| 2.2                         | Vítr zprava        | 1,35  | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | 0,22             | 0,22      |
| 3.2                         | Teplota zima       | 1,50  | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | 0,05             | 0,05      |
| 4.16                        | BR stolička P1     | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 4,34             | 5,64      |
| 5.0                         | odstřed. 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                 | 0,01             | 0,01      |
| 7.5                         | LM71, stolička     | 1,30  | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | 0,42             | 1,09      |



# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení **GR12**

Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| Max tlak - prvek 135, 2. ztužení |                    |            |          |        |                      | Charakteristické vnitřní síly |       |       |
|----------------------------------|--------------------|------------|----------|--------|----------------------|-------------------------------|-------|-------|
| zs                               | zatížení           | $\gamma_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaz} / GR_{xx}$ | N                             | My    | Mz    |
|                                  |                    |            |          |        |                      | [kN]                          | [kNm] | [kNm] |
| 1.1                              | Vlastní tíha       | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,02                          | 0,00  | 0,00  |
| 1.2                              | Ostatní stále zat. | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,07                          | 0,00  | 0,00  |
| 2.1                              | Vítr zleva         | 1,35       | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | -0,09                         | 0,00  | -0,01 |
| 3.1                              | Teplota léto       | 1,50       | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | -0,02                         | 0,00  | 0,00  |
| 4.15                             | BR stolička L1     | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -4,34                         | 0,02  | -0,13 |
| 5.0                              | odstřed. síly      | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,00                          | 0,00  | 0,00  |
| 6.2                              | Rozj. proti směr   | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 0,50                 | -0,01                         | 0,00  | 0,00  |
| 7.5                              | LM71, stolička     | 1,30       | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | 0,42                          | 0,00  | 0,01  |

| zs   | Návrhové vnitřní síly |       |       |
|------|-----------------------|-------|-------|
|      | N                     | My    | Mz    |
|      | [kN]                  | [kNm] | [kNm] |
| 1.1  | -0,02                 | 0,00  | 0,00  |
| 1.2  | -0,07                 | 0,00  | 0,00  |
| 2.1  | 0,09                  | 0,00  | 0,01  |
| 3.1  | 0,02                  | 0,00  | 0,00  |
| 4.15 | 5,64                  | 0,03  | 0,17  |
| 5.0  | 0,00                  | 0,00  | 0,00  |
| 6.2  | 0,01                  | 0,00  | 0,00  |
| 7.5  | 0,00                  | 0,00  | 0,00  |

| Souhrn návrhových vnitřních sil |                    |                        |                      |                        |                      |
|---------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Tah                             |                    |                        |                      |                        |                      |
| N <sub>LM71,Ed</sub>            |                    |                        | N <sub>rs,Ed</sub>   |                        |                      |
| [kN]                            |                    |                        | [kN]                 |                        |                      |
| 1,09                            |                    |                        | 6,02                 |                        |                      |
| Tlak                            |                    |                        |                      |                        |                      |
| N <sub>LM71,Ed</sub>            | N <sub>rs,Ed</sub> | M <sub>y,LM71,Ed</sub> | M <sub>y,rs,Ed</sub> | M <sub>z,LM71,Ed</sub> | M <sub>z,rs,Ed</sub> |
| [kN]                            | [kN]               | [kNm]                  | [kNm]                | [kNm]                  | [kNm]                |
| 0,00                            | 5,67               | 0,00                   | 0,03                 | 0,00                   | 0,18                 |

Posouzení na maximální účinky tahu

**Neoslabený průřez**

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

$$N_{pl,Rd} = 100,36 \text{ kN}$$

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

$$0,07 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

**Oslabený průřez**

$$N_{u,Rd} = 0,68 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 60,26 \text{ kN}$$

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

$$0,12 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

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**

$$k_{yy} = 0,510 \quad c_{my} = 0,50$$

$$k_{yz} = 0,249 \quad c_{mz} = 0,40$$

$$k_{zy} = 0,971 \quad c_{mLT} = 0,40$$

$$k_{zz} = 0,415$$

**Součinitelé vzpěrnosti  $\chi$**

$$\chi_y = 0,779$$

$$\chi_z = 0,628$$

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

**Únosnosti průřezu**

$$N_{Rk} = 65,50 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 0,92 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = 0,92 \text{ kNm}$$

Vyčíslení rovnice

$$0,086 + 0,014 + 0,364 = 0,464 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$0,086 + 0,027 + 0,606 = 0,720 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

## 5.8.3 Příčné ztužení - dolní krajní úhelníky

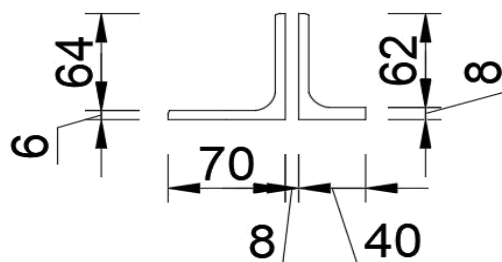
### Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Dolní krajní úhelníky jsou ze zdvojených rovnoramenných úhelníku 70/70/8 mm. Nad opěrami jsou úhelníky silně oslabené - viz obrázek

### Materiálové vlastnosti

druh oceli - plátková ocel ztužení bylo v průběhu let měněno

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



### Geometrické vlastnosti

|                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| $L_{cr,y} = 0,558 \text{ m}$ | vzpěrná délka ve směru y         |
| $L_{cr,z} = 0,558 \text{ m}$ | vzpěrná délka ve směru z         |
| $\alpha = 0,34$              | součinitel imperfekce ve směru y |
| $\alpha = 0,34$              | součinitel imperfekce ve směru z |

### Průřezové charakteristiky

|                                    |                                       |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| $A = 1,566 \text{E-3 m}^2$         | plocha průřezu                        |
| $A_{net} = 1,246 \text{E-3 m}^2$   | oslabená plocha průřezu               |
| $I_y = 1,103 \text{E-6 m}^4$       | moment setrvačnosti                   |
| $I_z = 6,500 \text{E-7 m}^4$       | moment setrvačnosti                   |
| $I_{y,eff} = 0,000 \text{E+0 m}^4$ | efektivní moment setrvačnosti         |
| $I_{z,eff} = 0,000 \text{E+0 m}^4$ | efektivní moment setrvačnosti         |
| $i_y = 27,00 \text{ mm}$           | poloměr setrvačnosti                  |
| $i_z = 20,00 \text{ mm}$           | poloměr setrvačnosti                  |
| $I_w = 7,148 \text{E-11 m}^6$      | výsečový moment setrvačnosti          |
| $I_t = 2,659 \text{E-8 m}^4$       | moment setrvačnosti v prosté kroucení |
| $G = 81,000 \text{E+9 Pa}$         | modul pružnosti ve smyku              |
| $E = 210,000 \text{E+9 Pa}$        | modul pružnosti v tahu                |
| $W_{y,el} = 1,553 \text{E-5 m}^3$  | elastický průřezový modul             |
| $W_{z,el} = 1,397 \text{E-5 m}^3$  | elastický průřezový modul             |
| $W_{y,pl} = 3,091 \text{E-5 m}^3$  | plastický průřezový modul             |
| $W_{z,pl} = 2,599 \text{E-5 m}^3$  | plastický průřezový modul             |

Rozhodující skupina zatížení **GR12**

Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| Tah - prvek B124 - první ztužení O 01 |                    |       |          |        |                      | Vnitřní síly     |           |
|---------------------------------------|--------------------|-------|----------|--------|----------------------|------------------|-----------|
| zs                                    | zatížení           | $V_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaz} / GR_{xx}$ | Charakteristické | Návrhové  |
|                                       |                    |       |          |        |                      | N<br>[kN]        | N<br>[kN] |
| 1.1                                   | Vlastní tíha       | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,01             | 0,01      |
| 1.2                                   | Ostatní stále zat. | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,00             | 0,00      |
| 2.1                                   | Vítr zleva         | 1,35  | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | 0,18             | 0,18      |
| 3.2                                   | Teplota zima       | 1,50  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 3,50             | 5,25      |
| 4.1                                   | BR max My L1       | 1,30  | 0,80     | 1,00   | 1,00                 | 0,17             | 0,18      |
| 5.0                                   | odstřed. síly      | 1,30  | 0,80     | 1,00   | 1,00                 | 0,00             | 0,00      |
| 6.1                                   | Rozj. ve směru     | 1,30  | 0,80     | 1,00   | 0,50                 | 0,06             | 0,03      |
| 7.1                                   | LM71 max My        | 1,30  | 0,80     | 2,00   | 1,00                 | -0,64            | 0,00      |

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení **GR12**

Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| Tlak - prvek B124 - první ztužení O 01 |                    |            |          |        |                      | Charakteristické vnitřní síly |       |       |
|--|--------------------|------------|----------|--------|----------------------|-------------------------------|-------|-------|
| zs                                     | zatížení           | $\gamma_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaž} / GR_{xx}$ | N                             | My    | Mz    |
|  |                    |            |          |        |                      | [kN]                          | [kNm] | [kNm] |
| 1.1                                    | Vlastní tíha       | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,01                          | -0,01 | -0,01 |
| 1.2                                    | Ostatní stále zat. | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,00                          | 0,00  | 0,00  |
| 2.2                                    | Vítr zprava        | 1,35       | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | 0,17                          | 0,02  | -0,03 |
| 3.1                                    | Teplota léto       | 1,50       | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | -3,66                         | 0,02  | 0,03  |
| 4.2                                    | BR max My P1       | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -0,17                         | 0,13  | -0,23 |
| 5.0                                    | odstřed. síly      | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,00                          | 0,00  | 0,00  |
| 6.2                                    | Rozj. proti směr   | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 0,50                 | -0,06                         | 0,01  | -0,02 |
| 7.1                                    | LM71 max My        | 1,30       | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | -0,64                         | 0,01  | -0,01 |

| zs  | Návrhové vnitřní síly |       |       |
|-----|-----------------------|-------|-------|
|     | N                     | My    | Mz    |
|     | [kN]                  | [kNm] | [kNm] |
| 1.1 | -0,01                 | -0,01 | 0,01  |
| 1.2 | 0,00                  | 0,00  | 0,00  |
| 2.2 | 0,00                  | 0,02  | 0,03  |
| 3.1 | 3,29                  | 0,02  | 0,00  |
| 4.2 | 0,22                  | 0,17  | 0,30  |
| 5.0 | 0,00                  | 0,00  | 0,00  |
| 6.2 | 0,04                  | 0,01  | 0,01  |
| 7.1 | 1,66                  | 0,03  | 0,03  |

| Souhrn návrhových vnitřních sil |                    |                        |                      |                        |                      |
|---------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Tah                             |                    |                        |                      |                        |                      |
| N <sub>LM71,Ed</sub>            |                    |                        | N <sub>rs,Ed</sub>   |                        |                      |
| [kN]                            |                    |                        | [kN]                 |                        |                      |
| 0,00                            |                    |                        | 5,65                 |                        |                      |
| Tlak                            |                    |                        |                      |                        |                      |
| N <sub>LM71,Ed</sub>            | N <sub>rs,Ed</sub> | M <sub>y,LM71,Ed</sub> | M <sub>y,rs,Ed</sub> | M <sub>z,LM71,Ed</sub> | M <sub>z,rs,Ed</sub> |
| [kN]                            | [kN]               | [kNm]                  | [kNm]                | [kNm]                  | [kNm]                |
| 1,66                            | 3,54               | 0,03                   | 0,20                 | 0,03                   | 0,35                 |

Posouzení na maximální účinky tahu

**Neoslabený průřez**

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

$$N_{pl,Rd} = 327,46 \text{ kN}$$

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

$$0,02 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

**Oslabený průřez**

$$N_{u,Rd} = 0,68 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 234,65 \text{ kN}$$

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

$$0,02 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

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**

$$k_{yy} = 0,402 \quad c_{my} = 0,40$$

$$k_{yz} = 0,242 \quad c_{mz} = 0,40$$

$$k_{zy} = 0,993 \quad c_{mLT} = 0,40$$

$$k_{zz} = 0,404$$

**Součinitelé vzpěrnosti  $\chi$**

$$\chi_y = 0,832$$

$$\chi_z = 0,690$$

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

**Únosnosti průřezu**

$$N_{Rk} = 231,74 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 2,98 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = 2,98 \text{ kNm}$$

Vyčíslení rovnice

$$0,022 + 0,031 + 0,034 = 0,088 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$0,022 + 0,077 + 0,057 = 0,156 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

## 5.8.4 Příčné ztužení - dolní mezilehlé úhelníky

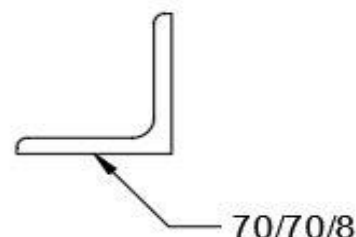
### Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Dolní mezilehlé úhelníky jsou z jednoduchých rovnoramenných L profilů 70/70/8 mm.

#### Materiálové vlastnosti

druh oceli - plátková ocel ztužení bylo v průběhu let měněno

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



#### Geometrické vlastnosti

|                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| $L_{cr,y} = 0,558 \text{ m}$ | vzpěrná délka ve směru y         |
| $L_{cr,z} = 0,558 \text{ m}$ | vzpěrná délka ve směru z         |
| $\alpha = 0,34$              | součinitel imperfekce ve směru y |
| $\alpha = 0,34$              | součinitel imperfekce ve směru z |

#### Průřezové charakteristiky

|                                    |                                       |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| $A = 1,067 \text{E-3 m}^2$         | plocha průřezu                        |
| $A_{net} = 9,067 \text{E-4 m}^2$   | oslabená plocha průřezu               |
| $I_y = 1,964 \text{E-7 m}^4$       | moment setrvačnosti                   |
| $I_z = 7,489 \text{E-7 m}^4$       | moment setrvačnosti                   |
| $I_{y,eff} = 0,000 \text{E+0 m}^4$ | efektivní moment setrvačnosti         |
| $I_{z,eff} = 0,000 \text{E+0 m}^4$ | efektivní moment setrvačnosti         |
| $i_y = 14,00 \text{ mm}$           | poloměr setrvačnosti                  |
| $i_z = 26,00 \text{ mm}$           | poloměr setrvačnosti                  |
| $I_w = 7,066 \text{E-12 m}^6$      | výšečový moment setrvačnosti          |
| $I_t = 2,468 \text{E-8 m}^4$       | moment setrvačnosti v prosté kroucení |
| $G = 81,000 \text{E+9 Pa}$         | modul pružnosti ve smyku              |
| $E = 210,000 \text{E+9 Pa}$        | modul pružnosti v tahu                |
| $W_{y,el} = 6,922 \text{E-6 m}^3$  | elastický průřezový modul             |
| $W_{z,el} = 1,513 \text{E-5 m}^3$  | elastický průřezový modul             |
| $W_{y,pl} = 1,251 \text{E-5 m}^3$  | plastický průřezový modul             |
| $W_{z,pl} = 2,424 \text{E-5 m}^3$  | plastický průřezový modul             |

Rozhodující skupina zatížení **GR12**

Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| Tah - prvek B122, 3. příčné ztužení |                    |       |          |        |                      | Vnitřní síly     |           |
|-------------------------------------|--------------------|-------|----------|--------|----------------------|------------------|-----------|
| zs                                  | zatížení           | $V_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaz} / GR_{xx}$ | Charakteristické | Návrhové  |
|                                     |                    |       |          |        |                      | N<br>[kN]        | N<br>[kN] |
| 1.1                                 | Vlastní tíha       | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,12             | 0,14      |
| 1.2                                 | Ostatní stále zat. | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -1,32            | -1,35     |
| 2.2                                 | Vítr zprava        | 1,35  | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | -0,64            | 0,00      |
| 3.2                                 | Teplota zima       | 1,35  | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | 0,41             | 0,33      |
| 4.10                                | BR 1/4 My, P2      | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 3,00             | 3,90      |
| 5.0                                 | odstřed. síly      | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,00             | 0,00      |
| 6.2                                 | Rozj. proti směr   | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 0,50                 | 0,01             | 0,01      |
| 7.4                                 | LM71, 1/4, My      | 1,30  | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | 0,44             | 1,14      |

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení **GR12**

Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| Max tlak - prvek B61 |                    |            |          |        |                      | Charakteristické vnitřní síly |       |       |
|----------------------|--------------------|------------|----------|--------|----------------------|-------------------------------|-------|-------|
| zs                   | zatížení           | $\gamma_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaž} / GR_{xx}$ | N                             | My    | Mz    |
|                      |                    |            |          |        |                      | [kN]                          | [kNm] | [kNm] |
| 1.1                  | Vlastní tíha       | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,12                          | -0,01 | -0,01 |
| 1.2                  | Ostatní stále zat. | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -1,32                         | 0,01  | 0,01  |
| 2.1                  | Vítr zleva         | 1,35       | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | -0,95                         | 0,00  | -0,01 |
| 3.1                  | Teplota léto       | 1,35       | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | -0,43                         | 0,01  | -0,02 |
| 4.9                  | BR 1/4 My, L2      | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -2,86                         | -0,18 | -0,59 |
| 5.0                  | odstřed. 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                 | -0,01                         | -0,01 | 0,03  |
| 7.4                  | LM71, 1/4, My      | 1,30       | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | 0,44                          | 0,01  | 0,10  |

| Návrhové vnitřní síly |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| zs                    | N     | My    | Mz    |
|                       | [kN]  | [kNm] | [kNm] |
| 1.1                   | -0,12 | 0,01  | 0,01  |
| 1.2                   | 1,50  | -0,01 | -0,01 |
| 2.1                   | 0,96  | 0,00  | 0,01  |
| 3.1                   | 0,35  | 0,00  | 0,02  |
| 4.9                   | 3,72  | 0,23  | 0,77  |
| 5.0                   | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| 6.1                   | 0,01  | 0,01  | 0,00  |
| 7.4                   | 0,00  | 0,00  | 0,00  |

| Souhrn návrhových vnitřních sil |                    |                        |                      |                        |                      |
|---------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Tah                             |                    |                        |                      |                        |                      |
| N <sub>LM71,Ed</sub>            |                    |                        | N <sub>rs,Ed</sub>   |                        |                      |
| [kN]                            |                    |                        | [kN]                 |                        |                      |
| 1,14                            |                    |                        | 3,02                 |                        |                      |
| Tlak                            |                    |                        |                      |                        |                      |
| N <sub>LM71,Ed</sub>            | N <sub>rs,Ed</sub> | M <sub>y,LM71,Ed</sub> | M <sub>y,rs,Ed</sub> | M <sub>z,LM71,Ed</sub> | M <sub>z,rs,Ed</sub> |
| [kN]                            | [kN]               | [kNm]                  | [kNm]                | [kNm]                  | [kNm]                |
| 0,00                            | 6,42               | 0,00                   | 0,24                 | 0,00                   | 0,79                 |

## Posouzení na maximální účinky tahu

### Neoslabený průřez

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

$$N_{pl,Rd} = 223,04 \text{ kN}$$

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

$$0,02 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

### Oslabený průřez

$$N_{u,Rd} = 0,68 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 170,74 \text{ kN}$$

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

$$0,02 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

## 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

$$k_{yy} = 0,404 \quad c_{my} = 0,40$$

$$k_{yz} = 0,244 \quad c_{mz} = 0,40$$

$$k_{zy} = 0,986 \quad c_{mLT} = 0,40$$

$$k_{zz} = 0,407$$

### Součinitelé vzpěrnosti $\chi$

$$\chi_y = 0,832$$

$$\chi_z = 0,690$$

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

### Únosnosti průřezu

$$N_{Rk} = 157,85 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 1,33 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = 1,33 \text{ kNm}$$

## Vyčíslení rovnice

$$0,041 + 0,074 + 0,067 = 0,181 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$0,041 + 0,180 + 0,112 = 0,332 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

## 5.8.5 Podélné ztužení oslabené

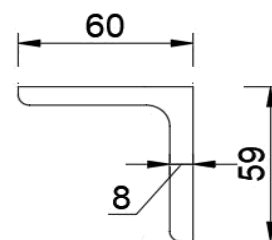
### Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Dolní mezilehlé úhleníky jsou z jednoduchých rovnoramenných L profilů 60/60/8 mm. Horní vodorovná příruba je oslabena po celé ploše o 1 mm.

### Materiálové vlastnosti

druh oceli - plátková ocel ztužení bylo v průběhu let měněno

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



### Geometrické vlastnosti

|                              |                                  |
|------------------------------|----------------------------------|
| $L_{cr,y} = 0,586 \text{ m}$ | vzpěrná délka ve směru y         |
| $L_{cr,z} = 0,586 \text{ m}$ | vzpěrná délka ve směru z         |
| $\alpha = 0,34$              | součinitel imperfekce ve směru y |
| $\alpha = 0,34$              | součinitel imperfekce ve směru z |

### Průřezové charakteristiky

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| $A = 8,423\text{E-}4 \text{ m}^2$         | plocha průřezu                        |
| $A_{net} = 6,823\text{E-}4 \text{ m}^2$   | oslabená plocha průřezu               |
| $I_y = 4,240\text{E-}7 \text{ m}^4$       | moment setrvačnosti                   |
| $I_z = 1,117\text{E-}7 \text{ m}^4$       | moment setrvačnosti                   |
| $I_{y,eff} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^4$ | efektivní moment setrvačnosti         |
| $I_{z,eff} = 0,000\text{E+}0 \text{ m}^4$ | efektivní moment setrvačnosti         |
| $i_y = 22,00 \text{ mm}$                  | poloměr setrvačnosti                  |
| $i_z = 12,00 \text{ mm}$                  | poloměr setrvačnosti                  |
| $I_w = 3,484\text{E-}12 \text{ m}^6$      | výsečový moment setrvačnosti          |
| $I_t = 1,692\text{E-}8 \text{ m}^4$       | moment setrvačnosti v prosté kroucení |
| $G = 81,000\text{E+}9 \text{ Pa}$         | modul pružnosti ve smyku              |
| $E = 210,000\text{E+}9 \text{ Pa}$        | modul pružnosti v tahu                |
| $W_{y,el} = 9,889\text{E-}6 \text{ m}^3$  | elastický průřezový modul             |
| $W_{z,el} = 4,551\text{E-}6 \text{ m}^3$  | elastický průřezový modul             |
| $W_{y,pl} = 1,622\text{E-}5 \text{ m}^3$  | plastický průřezový modul             |
| $W_{z,pl} = 8,363\text{E-}6 \text{ m}^3$  | plastický průřezový modul             |

Rozhodující skupina zatížení **GR12**

Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| Tah - prvek B145, první vpravo |                    |       |          |        |                      | Vnitřní síly     |           |
|--------------------------------|--------------------|-------|----------|--------|----------------------|------------------|-----------|
| zs                             | zatížení           | $V_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaz} / GR_{xx}$ | Charakteristické | Návrhové  |
|                                |                    |       |          |        |                      | N<br>[kN]        | N<br>[kN] |
| 1.1                            | Vlastní tíha       | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -0,01            | -0,01     |
| 1.2                            | Ostatní stále zat. | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,28             | 0,32      |
| 2.2                            | Vítr zprava        | 1,35  | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | 4,32             | 4,37      |
| 3.2                            | Teplota zima       | 1,35  | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | 0,75             | 0,61      |
| 4.16                           | BR stolička P1     | 1,30  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 29,93            | 38,91     |
| 5.0                            | odstřed. 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                 | 0,15             | 0,10      |
| 7.5                            | LM71, stolička     | 1,30  | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | -0,83            | 0,00      |

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení **GR12**

Kombinace zatížení dle výrazu **6.10b**

| Max tlak - prvek B145, první vpravo |                    |            |          |        |                      | Charakteristické vnitřní síly |       |       |
|-------------------------------------|--------------------|------------|----------|--------|----------------------|-------------------------------|-------|-------|
| zs                                  | zatížení           | $\gamma_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaž} / GR_{xx}$ | N                             | My    | Mz    |
|                                     |                    |            |          |        |                      | [kN]                          | [kNm] | [kNm] |
| 1.1                                 | Vlastní tíha       | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -0,01                         | 0,00  | 0,00  |
| 1.2                                 | Ostatní stále zat. | 1,14       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,28                          | 0,00  | 0,00  |
| 2.1                                 | Vítr zleva         | 1,35       | 0,75     | 1,00   | 1,00                 | -4,60                         | -0,06 | -0,06 |
| 3.1                                 | Teplota léto       | 1,35       | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | -1,13                         | -0,02 | -0,02 |
| 4.15                                | BR stolička L1     | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -29,80                        | -0,42 | -0,42 |
| 5.0                                 | odstřed. síly      | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,00                          | 0,00  | 0,00  |
| 6.2                                 | Rozj. proti směr   | 1,30       | 1,00     | 1,00   | 0,50                 | -0,15                         | 0,00  | 0,00  |
| 7.5                                 | LM71, stolička     | 1,30       | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | -0,83                         | -0,01 | -0,01 |

| Návrhové vnitřní síly |       |       |       |
|-----------------------|-------|-------|-------|
| zs                    | N     | My    | Mz    |
|                       | [kN]  | [kNm] | [kNm] |
| 1.1                   | 0,01  | 0,00  | 0,00  |
| 1.2                   | -0,29 | 0,00  | 0,00  |
| 2.1                   | 4,66  | 0,06  | 0,06  |
| 3.1                   | 0,92  | 0,02  | 0,02  |
| 4.15                  | 24,07 | 0,34  | 0,34  |
| 5.0                   | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| 6.2                   | 0,06  | 0,00  | 0,00  |
| 7.5                   | 2,16  | 0,03  | 0,03  |

| Souhrn návrhových vnitřních sil |                    |                        |                      |                        |                      |
|---------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Tah                             |                    |                        |                      |                        |                      |
| N <sub>LM71,Ed</sub>            |                    |                        | N <sub>rs,Ed</sub>   |                        |                      |
| [kN]                            |                    |                        | [kN]                 |                        |                      |
| 0,00                            |                    |                        | 44,30                |                        |                      |
| Tlak                            |                    |                        |                      |                        |                      |
| N <sub>LM71,Ed</sub>            | N <sub>rs,Ed</sub> | M <sub>y,LM71,Ed</sub> | M <sub>y,rs,Ed</sub> | M <sub>z,LM71,Ed</sub> | M <sub>z,rs,Ed</sub> |
| [kN]                            | [kN]               | [kNm]                  | [kNm]                | [kNm]                  | [kNm]                |
| 2,16                            | 29,43              | 0,03                   | 0,42                 | 0,03                   | 0,42                 |

**Posouzení na maximální účinky tahu**

**Neoslabený průřez**

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

$$N_{pl,Rd} = 176,13 \text{ kN}$$

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

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

**Oslabený průřez**

$$N_{u,Rd} = 0,68 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$$

$$N_{u,Rd} = 128,49 \text{ kN}$$

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

$$0,34 < 1,00 \quad \text{Vyhovuje}$$

**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**

$$k_{yy} = 1,057 \quad c_{my} = 1,00$$

$$k_{yz} = 0,666 \quad c_{mz} = 1,00$$

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

$$k_{zz} = 1,110$$

**Součinitelé vzpěrnosti  $\chi$**

$$\chi_y = 0,832$$

$$\chi_z = 0,690$$

$$\chi_{LT} = 0,974$$

**Únosnosti průřezu**

$$N_{Rk} = 124,65 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = 1,85 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = 1,85 \text{ kNm}$$

**Vyčíslení rovnice**

$$0,253 + 0,253 + 0,337 = 0,844 \leq 1,000 \quad \text{Vyhovuje}$$

$$0,253 + 0,235 + 0,562 = 1,051 \leq 1,000 \quad \text{Nevyhovuje}$$

Oslabené úhelníky nevyhovují na prostorový vzpěr. Pokud by bylo tyto úhelníky neoslabené posudek by vyšel. Doporučuje se výměna úhelníků podélného ztužení.



## 5.9 Posouzení na překlopení

|       |                               |                       |          |      |                                 | Působící zatížení |          |
|-------|-------------------------------|-----------------------|----------|------|---------------------------------|-------------------|----------|
|       |                               |                       |          |      |                                 | Charakteristické  | Návrhové |
| zs    | zatížení                      | $\gamma_g / \gamma_q$ | $\psi_0$ | r    | $Z_{\text{uvaz}} / \text{GRxx}$ | F                 | F        |
|       |                               |                       |          |      |                                 | [kN]              | [kN]     |
| 1.1   | Vlastní tíha - $F_{g0}$       | 0,95                  | 1,00     | -    | 1,00                            | 26,86             | 25,52    |
| 1.2   | Ostatní stálé - $F_{g1}$      | 0,95                  | 1,00     | -    | 1,00                            | 39,31             | 37,34    |
| 2.1   | Vítr - na kci - $F_{wGk}$     | 1,35                  | 1,00     | 0,29 | 1,00                            | 3,06              | 4,14     |
| 2.2   | Vítr - na vlak - $F_{wpk}$    | 1,35                  | 1,00     | 2,59 | 1,00                            | 20,92             | 73,02    |
| 4     | Boční ráz - $F_{sk}$          | 1,30                  | 1,00     | 0,59 | 1,00                            | 35,00             | 26,66    |
| 5     | Odstřed. síly - $F_{tk}$      | 1,30                  | 1,00     | 2,39 | 1,00                            | 0,00              | 0,00     |
| 11.0  | Nezat. vlak - $F_{pk}$        | 0,95                  | 1,00     | -    | 1,00                            | 54,32             | 51,60    |
| 10.1* | Kolej. rošt vl. t. - $F_{g2}$ | 0,95                  | 1,00     | -    | 1,00                            | 20,45             | 19,43    |
| 10.2* | Kolej. rošt vl. t. - $F_{g3}$ | 0,95                  | 1,00     | 1,05 | 1,00                            | 21,00             | 20,89    |

\* Je uvažovaná vlastní tíha kolejového roštu v předpolí konstrukce v délce 1,5 m před i za objektem. Rameno stabilizující síly je vztaženo ke kraji dolní pásnice hlavního nosníku včetně zohlednění excentricit.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Stabilizační účinky} & \geq & \text{Destabilizační účinky} \\
 (F_{g0} \cdot \gamma_g + F_{g1} \cdot \gamma_g) \cdot (b/2) + (F_{pk} \cdot \gamma_q + F_{g2} \cdot \gamma_g) \cdot ((b/2) - e) & \geq & F_{wGd} \cdot r_{wG} \cdot \gamma_q + F_{wpd} \cdot r_{wp} \cdot \gamma_q + F_{sd} \cdot r_s \cdot \gamma_q \cdot \psi_0 + F_{tk} \cdot r_{tk} \cdot \gamma_q \\
 150,32 \text{ kN} & > & 103,82 \text{ kN} \quad \textbf{Vyhovuje}
 \end{array}$$

## 5.10 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

$E = 2,100E+11$  Pa - modul pružnosti  
 $I_y = 2,281E-4$  m<sup>4</sup> - moment setrvačnosti jednoho hlavního nosníku  
 $l = 3,60$  m - rozpětí nosníku

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

$$f_{lim} = \frac{L}{600} = \frac{3,60}{600} = 6,00 \text{ mm}$$

| zs  | zatížení    | $\phi$     | Průhyb           |          |
|-----|-------------|------------|------------------|----------|
|     |             |            | charakteristické | návrhové |
|     |             |            | w                | w        |
|     |             |            | [mm]             | [mm]     |
| 7.1 | LM71 max My | 2,00       | 2,00             | 4,00     |
|     |             | $\Sigma w$ | 2,00             | 4,00     |

$$f_{max} = 4,00$$

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

$$6,00 \text{ mm} > 4,00 \text{ mm} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

#### Zatížitelnost z průhybů

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

$$Z_{LM71} = (6 - 0) / 4$$

$$Z_{LM71} = 1,50$$

### 6.2 Svislé přetvoření hlavního nosníku K01 - pohodlí cestujících

$E = 2,100E+11$  Pa - modul pružnosti  
 $I_z = 2,281E-4$  m<sup>4</sup> - moment setrvačnosti jednoho hlavního nosníku  
 $l = 3,60$  m - rozpětí nosníku

| zs  | zatížení       | součin.<br>$\psi / \phi$ | Průhyb           |          |
|-----|----------------|--------------------------|------------------|----------|
|     |                |                          | charakteristické | návrhové |
|     |                |                          | w                | w        |
|     |                |                          | [mm]             | [mm]     |
| 2.1 | Vítr zleva     | 1,00                     | 0,30             | 0,30     |
| 4.3 | BR max My L2   | 1,00                     | 0,30             | 0,30     |
| 6.1 | Rozj. ve směru | 1,00                     | 0,10             | 0,10     |
| 7.1 | LM71 max My    | 2,00                     | 2,00             | 4,00     |
|     |                | $\Sigma w$               | 2,70             | 4,70     |

| Souhrn průhybů |            |
|----------------|------------|
| $f_{rs}$       | $f_{LM71}$ |
| [mm]           | [mm]       |
| 0,70           | 4,00       |

#### Zatížitelnost z průhybů

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

$$Z_{LM71} = (6 - 0,7) / 4$$

$$Z_{LM71} = 1,33$$

## 6.3 Vodorovné přetvoření hlavního nosníku K01

- $E = 2,100 \times 10^{11} \text{ Pa}$  - modul pružnosti  
 $I_z = 98,563 \times 10^{-4} \text{ m}^4$  - moment setrvačnosti obou hlavních nosníků, jako celku  
 $l = 3,60 \text{ m}$  - rozpětí nosníku

| zs         | zatížení       | součin.<br>$\psi / \phi$ | Průhyb           |          |
|------------|----------------|--------------------------|------------------|----------|
|            |                |                          | charakteristické | návrhové |
|            |                |                          | w                | w        |
|            |                |                          | [mm]             | [mm]     |
| 2.1        | Vítr zleva     | 1,00                     | 0,20             | 0,20     |
| 4.3        | BR max My L2   | 1,00                     | 1,20             | 1,20     |
| 6.1        | Rozj. ve směru | 1,00                     | 0,00             | 0,00     |
| 7.1        | LM71 max My    | 2,00                     | 0,00             | 0,00     |
| $\Sigma w$ |                |                          | 1,40             | 1,40     |

| Souhrn průhybů |            |
|----------------|------------|
| $f_{rs}$       | $f_{LM71}$ |
| [mm]           | [mm]       |
| 1,40           | 0,00       |

$$f_{lim} = 6 \text{ mm} < f_{max} = 1,4 \text{ mm} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

### Zatížitelnost z průhybů

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

$$Z_{LM71} = (6 - 1,4) / 0$$

$Z_{LM71} =$  Účinky vlaku nemají na vodorovné přetvoření vliv.

### Maximální změna poloměru křivosti

$$r < r_{lim}$$

$$r = L^2 / 8 \delta_h \quad r = 1157$$

$$r_{lim} = 1700 \text{ m} \quad \text{- dle ČSN EN 1990 ed.2/A2 - tab 2.8 str. 66, v elektronické normě}$$

$$\delta_{lim} = 0,95 \text{ mm} < \delta = 1,40 \text{ mm} \quad \textbf{Nevyhovuje}$$

## 6.4 Svislé pootočení hlavního nosníku K01

### Stanovení zatížitelnosti z průhybů

- $E = 2,100 \times 10^{11} \text{ Pa}$  - modul pružnosti  
 $I_y = 2,281 \times 10^{-4} \text{ m}^4$  - moment setrvačnosti jednoho hlavního nosníku  
 $l = 3,60 \text{ m}$  - rozpětí nosníku  
 $\varphi_{lim} = 0,01 \text{ rad}$  - dle MP 4.7.18

| zs            | zatížení    | $\phi$ | Průhyb           |          |
|---------------|-------------|--------|------------------|----------|
|               |             |        | charakteristické | návrhové |
|               |             |        | $\phi$           | $\phi$   |
|               |             |        | [rad]            | [rad]    |
| 7.1           | LM71 max My | 2,00   | 0,0016           | 0,0032   |
| $\Sigma \phi$ |             |        | 0,0016           | 0,0032   |

$$\phi_{lim} = 0,0065 \text{ rad} > 0,0032 \text{ rad} \quad \textbf{Vyhovuje}$$

### Zatížitelnost z průhybů

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

$$Z_{LM71} = (0,007 - 0) / 0,003$$

$$Z_{LM71} = 2,03$$

## 6.5 Vodorovné pootočení hlavního nosníku K01

- $E = 2,100 \times 10^{11} \text{ Pa}$  - modul pružnosti  
 $I_z = 98,563 \times 10^{-4} \text{ m}^4$  - moment setrvačnosti obou hlavních nosníků, jako celku  
 $l = 3,60 \text{ m}$  - rozpětí nosníku

| zs            | zatížení       | součin.<br>$\psi / \phi$ | Průhyb           |                 |
|---------------|----------------|--------------------------|------------------|-----------------|
|               |                |                          | charakteristické | návrhové        |
|               |                |                          | $\phi$<br>[rad]  | $\phi$<br>[rad] |
| 2.1           | Vítr zleva     | 1,00                     | 0,0002           | 0,0002          |
| 4.3           | BR max My L2   | 1,00                     | 0,0009           | 0,0009          |
| 6.1           | Rozj. ve směru | 1,00                     | 0,0000           | 0,0000          |
| 7.1           | LM71 max My    | 2,00                     | 0,0000           | 0,0000          |
| $\Sigma \phi$ |                |                          | 0,0011           | 0,0011          |

| Souhrn průhybů |            |
|----------------|------------|
| $f_{rs}$       | $f_{LM71}$ |
| [mm]           | [mm]       |
| 0,0011         | 0,0000     |

$\phi_{lim} = 0,0035 \text{ rad} > 0,0011 \text{ rad}$  **Vyhovuje**

### Zatížitelnost z průhybů

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

$$Z_{LM71} = (0,0035 - 0,0011) / 0$$

$Z_{LM71} =$  Účinky vlaku nemají na prvek vliv.

## 7 Stanovení výjimečné zatížitelnosti

### 7.1 Stanovení výjimečné zatížitelnosti stoliček v místě max. ohybového momentu

#### Výpočet zatížitelnosti dle metodického pokynu

Výjimečná zatížitelnost byla stanovena pro rychlost větru 5 m/s se součinitelem kombinace  $\psi=1,0$ .  
Součinitele zatížení železniční dopravou  $\gamma_{Q,LM71} = 1,10$ .

#### 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

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| $L = 0,53 \text{ m}$      | vzpěrná délka        |
| $L_\phi = 3,60 \text{ m}$ | náhradní délka       |
| $\phi = 2,00$             | dynamický součinitel |

#### Průřezové charakteristiky

| Celkové                                  | nejvíce namáhané<br>vlákno č. 37. |                           |
|--|-----------------------------------|---------------------------|
| $A = 5,901\text{E-}3 \text{ m}^2$        | $5,901\text{E-}3 \text{ m}^2$     | plocha průřezu            |
| $I_y = 2,642\text{E-}5 \text{ m}^4$      | $2,642\text{E-}5 \text{ m}^4$     | moment setrvačnosti       |
| $I_z = 1,574\text{E-}6 \text{ m}^4$      | $1,574\text{E-}6 \text{ m}^4$     | moment setrvačnosti       |
| $i_y = 67,0 \text{ mm}$                  | $67,0 \text{ mm}$                 | poloměr setrvačnosti      |
| $i_z = 16,0 \text{ mm}$                  | $16,0 \text{ mm}$                 | poloměr setrvačnosti      |
| $W_{el,y} = 2,375\text{E-}4 \text{ m}^3$ | $2,375\text{E-}4 \text{ m}^3$     | elastický průřezový modul |
| $W_{el,z} = 2,069\text{E-}5 \text{ m}^3$ | $2,069\text{E-}5 \text{ m}^3$     | elastický průřezový modul |
| $W_{pl,y} = 3,472\text{E-}4 \text{ m}^3$ | $3,472\text{E-}4 \text{ m}^3$     | plastický průřezový modul |
| $W_{pl,z} = 6,714\text{E-}5 \text{ m}^3$ | $6,714\text{E-}5 \text{ m}^3$     | plastický průřezový modul |
| $S_y = 1,788\text{E-}4 \text{ m}^3$      | $0,000\text{E+}0 \text{ m}^3$     | statický moment           |

#### Rozměry nosníku

|                               |                              |
|-------------------------------|------------------------------|
| $h = 200,00 \text{ mm}$       | výška nosníku                |
| $t_{f,h} = 16,00 \text{ mm}$  | tloušťka horní pásnice       |
| $t_{f,d} = 16,00 \text{ mm}$  | tloušťka dolní pásnice       |
| $b_{f,h} = 166,00 \text{ mm}$ | šířka horní pásnice          |
| $b_{f,d} = 150,00 \text{ mm}$ | šířka dolní pásnice          |
| $h_w = 200,00 \text{ mm}$     | výška stojiny účinná na smyk |
| $t = 10,00 \text{ mm}$        | tloušťka stojiny             |
| Tř.pr. = 3                    | třída průřezu                |

#### 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 nas Sázavou (mimo)

Evd. km 17,245

Rozhodující skupina zatížení

GR12

Kombinace zatížení dle výrazu

6.10b

| Zatížení | zatížení            | $V_f$ | $\psi_0$ | $\phi$ | $Z_{uvaž} / GR_{xx}$ | Charakteristické vnitřní síly |       |       |       |
|----------|---------------------|-------|----------|--------|----------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|
|          |                     |       |          |        |                      | N                             | Vz    | My    | Mz    |
|          |                     |       |          |        |                      | [kN]                          | [kN]  | [kNm] | [kNm] |
| 1.1      | Vlastní tíha        | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,02                          | 0,33  | 0,11  | 0,02  |
| 1.2      | Ostatní stáje zat.  | 1,14  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,09                          | 2,49  | -0,42 | 0,01  |
| 2.5      | Vítr, výjmečná zat. | 1,35  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,00                          | 0,32  | 0,05  | 0,00  |
| 3.2      | Teplota zima        | 1,50  | 0,60     | 1,00   | 1,00                 | 0,00                          | 0,00  | 0,00  | 1,12  |
| 4.13     | BR stolička L       | 1,10  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | -14,16                        | 32,42 | 6,51  | 0,00  |
| 5.0      | odstřed. síly       | 1,10  | 1,00     | 1,00   | 1,00                 | 0,00                          | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| 6.2      | Rozj. proti směr    | 1,10  | 1,00     | 1,00   | 0,50                 | 0,00                          | 0,61  | 0,17  | 0,59  |
| 7.5      | LM71, stolička      | 1,10  | 1,00     | 2,00   | 1,00                 | 0,00                          | 85,73 | 23,06 | 0,97  |

| Zatížení | Návrhové vnitřní síly |       |       |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|----------|-----------------------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|          | N                     | Vz    | My    | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|          | [kN]                  | [kN]  | [kNm] | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| 1.1      | 0,02                  | 0,33  | 0,11  | 0,02  | 0,00            | 0,48            | 1,10            | 1,59       | 0,00   | 1,59       |
| 1.2      | 0,09                  | 2,49  | -0,42 | 0,01  | 0,02            | -1,78           | 0,55            | -1,21      | 0,00   | 1,21       |
| 2.5      | 0,00                  | 0,32  | 0,05  | 0,00  | 0,00            | 0,23            | 0,00            | 0,23       | 0,00   | 0,23       |
| 3.2      | 0,00                  | 0,00  | 0,00  | 1,12  | 0,00            | 0,00            | 53,94           | 53,94      | 0,00   | 53,94      |
| 4.13     | -14,16                | 32,42 | 6,51  | 0,00  | -2,40           | 27,42           | 0,00            | 25,02      | 0,00   | 25,02      |
| 5.0      | 0,00                  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00       | 0,00   | 0,00       |
| 6.2      | 0,00                  | 0,61  | 0,17  | 0,59  | 0,00            | 0,69            | 28,71           | 29,41      | 0,00   | 29,41      |
| 7.5      | 0,00                  | 85,73 | 23,06 | 0,97  | 0,00            | 97,09           | 46,79           | 143,88     | 0,00   | 143,88     |

|         | Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí |        |       |       |                 |                 |                 |            |        |            |
|---------|--|--------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|         | Návrhové vnitřní síly                    |        |       |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|         | N  | Vz     | My    | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|         | [kN]                                     | [kN]   | [kNm] | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| rs,Ed   | -14,05                                   | 36,16  | 6,42  | 1,74  | -2,38           | 27,04           | 84,31           | 108,97     | 0,00   | 108,97     |
| LM71,Ed | 0,00                                     | 85,73  | 23,06 | 0,97  | 0,00            | 97,09           | 46,79           | 143,88     | 0,00   | 143,88     |
| Celkem  | -14,05                                   | 121,90 | 29,48 | 2,71  | -2,38           | 124,13          | 131,10          | 252,85     | 0,00   | 252,85     |

## KROK 1 - OVĚŘENÍ PODMÍNKY A.2

Předpoklad  $Z_{LM71} = 1,00$

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

$$V_{Ed} = 121,90 \text{ kN}$$

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \gamma_{m0}} = 242,05 \text{ kN}$$

| Smyková zatížitelnost |            |
|-----------------------|------------|
| $\tau_{Rd} =$         | 120,72 MPa |
| $\tau_{rs} =$         | 24,48 MPa  |
| $\tau_{LM71} =$       | 58,04 MPa  |
| $Z_{LM71} =$          | 1,66 MPa   |

Vliv boulení není třeba zahrnovat

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

$$\eta_3 = 0,50 > 0,5$$

Prvek vyhovuje na smyk.

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

## KROK 2 - STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI Z ROVNICE A.7

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

$$\eta_{1,rs} = \frac{14047,80}{1233803,64} + \frac{6422,00}{49654,91} + \frac{1744,20}{4325,67} = 0,544$$

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

$$\eta_{1,LM71} = \frac{0,00}{1233803,64} + \frac{23056,00}{49654,91} + \frac{968,00}{4325,67} = 0,688$$

Vstupní zatížitelnost do iteračního postupu

Zatížitelnost  $Z_{LM71}$

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

$$Z_{LM71} = 0,66$$

## 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

$$Z_{LM71} = 0,70$$

Jelikož je zatížitelnost menší než 1,0 může se dle metodického pokynu SŽ redukovat účinky bočních rázu, odstředivých a rozjezdových sil. Redukce se provádí iteračním postupem

|                       | iterace           | 0      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Normál.<br>$\sigma_x$ | $\eta_{1,rs}$     | 0,54   | 0,45   | 0,49   | 0,47   | 0,48   | 0,48   | 0,48   | 0,48   | 0,48   | 0,48   |
|                       | $\eta_{1,LM71}$   | 0,69   | 0,69   | 0,69   | 0,69   | 0,69   | 0,69   | 0,69   | 0,69   | 0,69   | 0,69   |
|                       | $Z_{LM1}$         | 0,66   | 0,80   | 0,74   | 0,77   | 0,76   | 0,76   | 0,76   | 0,76   | 0,76   | 0,76   |
| srov.<br>$\sigma_e$   | $\sigma_{e,rs}$   | 108,97 | 92,42  | 98,68  | 96,31  | 97,21  | 96,87  | 97,00  | 96,95  | 96,97  | 96,96  |
|                       | $\sigma_{e,LM71}$ | 143,88 | 143,88 | 143,88 | 143,88 | 143,88 | 143,88 | 143,88 | 143,88 | 143,88 | 143,88 |
|                       | $Z_{LM1}$         | 0,70   | 0,81   | 0,77   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   | 0,78   |

## Hodnoty vnitřních sil pro iteraci č. 9

| Zatížení | Návrhové vnitřní síly |       |       |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|----------|-----------------------|-------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|          | N                     | Vz    | My    | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|          | [kN]                  | [kN]  | [kNm] | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| 1.1      | 0,02                  | 0,33  | 0,11  | 0,02  | 0,00            | 0,48            | 1,10            | 1,59       | 0,00   | 1,59       |
| 1.2      | 0,09                  | 2,49  | -0,42 | 0,01  | 0,02            | -1,78           | 0,55            | -1,21      | 0,00   | 1,21       |
| 2.5      | 0,00                  | 0,32  | 0,05  | 0,00  | 0,00            | 0,23            | 0,00            | 0,23       | 0,00   | 0,23       |
| 3.2      | 0,00                  | 0,00  | 0,00  | 1,12  | 0,00            | 0,00            | 53,94           | 53,94      | 0,00   | 53,94      |
| 4.13     | -11,03                | 25,26 | 5,08  | 0,00  | -1,87           | 21,37           | 0,00            | 19,50      | 0,00   | 19,50      |
| 5.0      | 0,00                  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00            | 0,00            | 0,00            | 0,00       | 0,00   | 0,00       |
| 6.2      | 0,00                  | 0,47  | 0,13  | 0,46  | 0,00            | 0,54            | 22,38           | 22,92      | 0,00   | 22,92      |
| 7.5      | 0,00                  | 85,73 | 23,06 | 0,97  | 0,00            | 97,09           | 46,79           | 143,88     | 0,00   | 143,88     |

|         | Souhrn návrhových vnitřních sil a napětí |        |       |       |                 |                 |                 |            |        |            |
|---------|--|--------|-------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|--------|------------|
|         | Návrhové vnitřní síly                    |        |       |       | Návrhové napětí |                 |                 |            |        |            |
|         | N  | Vz     | My    | Mz    | $\sigma_{x,Nx}$ | $\sigma_{x,My}$ | $\sigma_{x,Mz}$ | $\sigma_x$ | $\tau$ | $\sigma_e$ |
|         | [kN]                                     | [kN]   | [kNm] | [kNm] | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]           | [MPa]      | [MPa]  | [MPa]      |
| rs,Ed   | -10,92                                   | 28,88  | 4,95  | 1,61  | -1,85           | 20,84           | 77,97           | 96,96      | 0,00   | 96,96      |
| LM71,Ed | 0,00                                     | 85,73  | 23,06 | 0,97  | 0,00            | 97,09           | 46,79           | 143,88     | 0,00   | 143,88     |
| Celkem  | -10,92                                   | 114,61 | 28,00 | 2,58  | -1,85           | 117,92          | 124,77          | 240,84     | 0,00   | 240,84     |



**Shrnutí výsledků - viz rovnice KROK 1 - 3**

| Zatížitelnost     |      |  |                   |      |  |                   |       |  |
|-------------------|------|--|-------------------|------|--|-------------------|-------|--|
| Normálové napětí  |      |  | Smykové napětí    |      |  | Srovnávací napětí |       |  |
| $Z_{LM71} =$      | 0,76 |  | $Z_{LM71} =$      | 1,66 |  | $Z_{LM71} =$      | 0,78  |  |
| $\eta_1 =$        | 1,16 |  | $\eta_3 =$        | 0,68 |  | $\eta =$          | 1,15  |  |
| $K_i$             |      |  | $K_i$             |      |  | $K_i$             |       |  |
| $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,01 |  | $\sigma_{x,Nx} =$ | 0,00 |  | $\sigma_{x,Nx} =$ | -0,01 |  |
| $\sigma_{x,My} =$ | 0,49 |  | $\sigma_{x,My} =$ | 0,00 |  | $\sigma_{x,My} =$ | 0,63  |  |
| $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,50 |  | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,00 |  | $\sigma_{x,Mz} =$ | 0,38  |  |
| $\tau =$          | 0,00 |  | $\tau =$          | 1,00 |  | $\tau =$          | 0,00  |  |

**Výsledná zatížitelnost**

$Z_{LM71} = 0,76$

# STATICKÝ VÝPOČET

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

Evd. km 17,245

## 8 Shrnutí výsledků

### 8.1 Shrnutí výsledků pro TTZ C3/60

| Prvek                       | Redukce součinitel $\gamma$ | Součinitelé zatížení                            |              |       | Součinitelé materiálu |          |          | $Z_{LM71}$ | $\psi \cdot \lambda_{m71}$ | Přechodný |
|-----------------------------|-----------------------------|---|--------------|-------|-----------------------|----------|----------|------------|----------------------------|-----------|
|                             |                             | $Y_G$   | $Y_{Q,LM71}$ | $Y_Q$ | $Y_{M0}$              | $Y_{M1}$ | $Y_{M2}$ |            |                            |           |
| Hlavní nosník v místě max V | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 1,02       | 0,58                       | Ano       |
|                             | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -          | -                          | -         |
| Hlavní nosník v místě max M | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,97       | 0,52                       | Ano       |
|                             | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -          | -                          | -         |
| Hl. n. v 1/4 max Vz         | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 1,44       | 0,51                       | Ano       |
|                             | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -          | -                          | -         |
| My                          | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 1,28       | 0,60                       | Ano       |
|                             | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -          | -                          | -         |
| Stolička                    | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,62       | 0,44                       | Ano       |
|                             | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -          | -                          | -         |
| Únosnost krčních nýtů       | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 1,40       | 0,59                       | Ano       |
|                             | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -          | -                          | -         |
| Výjmečná zat. - Stolička    | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,76       | 0,44                       | Ano       |
|                             | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -          | -                          | -         |


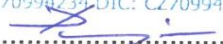
### 8.2 Shrnutí výsledků pro prvky ztužení

| Posudek ztužení                                       |                             |   |              |       |                       |          |          |         |           |
|---|-----------------------------|---|--------------|-------|-----------------------|----------|----------|---------|-----------|
| Typ ztužení / prvek - typ namáhání                    | Redukce součinitel $\gamma$ | Součinitelé zatížení                            |              |       | Součinitelé materiálu |          |          | Posudek | Přechodný |
|   |                             | $Y_G$   | $Y_{Q,LM71}$ | $Y_Q$ | $Y_{M0}$              | $Y_{M1}$ | $Y_{M2}$ |         |           |
| Příčné zt. horní - tah                                | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,10    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Příčné zt. horní - prostorový vzpěr - osa y           | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,20    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Příčné zt. Horní - prostorový vzpěr - osa z           | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,33    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Příčné zt. diagonály - tah                            | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,12    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Příčné zt. diagonály - prostorový vzpěr - osa y       | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,46    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Příčné zt. diagonály - prostorový vzpěr - osa z       | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,72    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Příčné zt. dolní krajní - tah                         | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,02    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Příčné zt. dolní krajní - prostorový vzpěr - osa y    | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,09    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Příčné zt. dolní krajní - prostorový vzpěr - osa z    | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,16    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Příčné zt. dolní mezilehlé - tah                      | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,02    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Příčné zt. dolní mezilehlé - prostorový vzpěr - osa y | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,18    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Příčné zt. dolní mezilehlé - prostorový vzpěr - osa z | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,33    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Podélné ztužení - tah                                 | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,34    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Podélné ztužení - prostorový vzpěr - osa y            | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 0,84    | Ano       |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |
| Podélné ztužení - prostorový vzpěr - osa z            | Ne                          | 1,20  | 1,30         | 1,35  | 1,10                  | 1,20     | 1,30     | 1,05    | Ne        |
|   | Ano                         | Není třeba použít přílohu F metodického pokynu. |              |       |                       |          |          | -       | -         |

## 9 Závěr

Přepočtem byla zjištěna maximální zatížitelnost  $Z_{max} = 0,62$ . Omezujícím prvkem jsou stoličky. Další mezujícím prvkem jsou slabé a oslabené úhelníky podélného ztužení mezi dvojicí hlavních nosníků. Doporučuje se výměna těchto úhelníků. Nosná konstrukce je přechodná pro provozní zatížení odpovídající traťové třídě C3 s přidruženou rychlostí 50 km/h dle EN 15528 a splňuje tak požadavek zadavatele.

V Pardubicích 9/2020

 **Správa železnic**  
 státní organizace  
 Centrum telematiky a diagnostiky  
 Malletova 2363/10, 190 00 Praha 9  
 IČO: 70994234 DIČ: CZ70994234  
 [G5]   
 .....  
**Ing. Luboš Dejmek**  
 Vedoucí EČMO

kontrolující statik:  
V Praze 9/2020

.....  
 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: 17,245  
(mimo)

DÚ (číslo, název): 08 Malešov - Červené Janovice

### B. Identifikace části mostu

Část mostu: nosná konstrukce / opěra / pilíř, K01 poř. číslo 1 pod kolejí č. 1  
(ve směru staničení)

### C. Doplňující údaje části mostu

Kategorie zatížitelnosti: C

Výpočtový model: 3D model - Scia Engineer 18.1

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 | 0 [mm]     | 3 [mm]    | 0 [mm]   |

Směrná úroveň spolehlivosti  $\beta = -$  zbytková životnost: -

Popis použitých úlev:

V přepočtu nebylo nutné použít úlev dle MP.

Popis závad uvažovaných v přepočtu části mostu:

V přepočtu je uvažováno s reálným oslabením jednotlivých prvků - oslabení je popsáno v kap. 1.4.4 a je znázorněno u posudku jednotlivých prvků.

Datum zjištění technického stavu mostu: SŽ, s.o., s.o.: 9 / 4 / 2020

zpracovatelem přepočtu: 9 / 4 / 2020

Poznámka k části mostu:

| Poř. Číslo | Prvek                            | Detail       | Namáhání     | $k_i$           | typ  | $L_p$ | $\phi_i$ | $L_\phi$ | $\gamma_{F,LM71}$ | $\gamma_{F,LM71,E}$ | Viz str. | $Z_{LM71}$ | $Z_{LM71,E}$ | Poznámky |
|------------|----------------------------------|--------------|--------------|-----------------|------|-------|----------|----------|-------------------|---------------------|----------|------------|--------------|----------|
| 1          | 2                                | 3            | 4            | 5               | 6    | 7     | 8        | 9        | 10                | 11                  | 12       | 13         | 14           | 15       |
| 1          | Hlavní nosník v místě max. $M_y$ | Dolní vlákna | Srov. napětí | $\sigma_{x,Nx}$ | 0,03 | M     | 3,60     | 2,00     | 3,60              | 1,30                | 28       | 0,97       |              |          |
|            |                                  |              |              | $\sigma_{x,My}$ | 0,89 |       |          |          |                   |                     |          |            |              |          |
|            |                                  |              |              | $\sigma_{x,Mz}$ | 0,08 |       |          |          |                   |                     |          |            |              |          |
|            |                                  |              |              | $\tau$          | 0,00 |       |          |          |                   |                     |          |            |              |          |

# STATICKÝ VÝPOČET


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

Evd. km 17,245

| Poř. Číslo | Prvek  | Detail          | Namáhání       | ki                | typ  | Lp   | ϕ i  | Lϕ   | γ <sub>F,LM71</sub> | γ <sub>F,LM71,E</sub> | Viz str. | Z <sub>LM71</sub> | Z <sub>LM71,E</sub> | Poznámky          |   |
|------------|--|-----------------|----------------|-------------------|------|------|------|------|---------------------|-----------------------|----------|-------------------|---------------------|-------------------|---|
| 1          | 2  | 3               | 4              | 5                 | 6    | 7    | 8    | 9    | 10                  | 11                    | 12       | 13                | 14                  | 15                |   |
| 1          | Hlavní nosník v místě max. Mz                    | Dolní vlákna    | Srov. napětí   | σ <sub>x,Nx</sub> | 0,02 | M    | 3,60 | 2,00 | 3,60                | 1,30                  | 32       | 1,01              |                     |                   |   |
|            |  |                 |                | σ <sub>x,My</sub> | 0,76 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
|            |  |                 |                | σ <sub>x,Mz</sub> | 0,21 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
|            |  |                 |                | τ                 | 0,00 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
| 2          | Hlavní nosník v místě maximální posouvající síly | Těžiště         | Smyk           | 1,00              | V    | 3,60 | 2,00 | 3,60 | 1,30                | -                     | 35       | 1,02              | -                   |                   |   |
| 3          | Hlavní nosník - v 1/4 v místě max Vz             | Dolní vlákna    | Srov. napětí   | σ <sub>x,Nx</sub> | 0,04 | M    | 3,60 | 2,00 | 3,60                | 1,30                  | -        | 38                | 1,44                | -                 |   |
|            |  |                 |                | σ <sub>x,My</sub> | 0,84 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
|            |  |                 |                | σ <sub>x,Mz</sub> | 0,12 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
|            |  |                 |                | τ                 | 0,00 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
| 4          | Hlavní nosník - v 1/4 v místě max My             | Dolní vlákna    | Srov. napětí   | σ <sub>x,Nx</sub> | 0,04 | M    | 3,60 | 2,00 | 3,60                | 1,30                  | -        | 41                | 1,28                | -                 |   |
|            |  |                 |                | σ <sub>x,My</sub> | 0,83 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
|            |  |                 |                | σ <sub>x,Mz</sub> | 0,13 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
|            |  |                 |                | τ                 | 0,00 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
| 5          | Stolička   | Dolní vlákna    | Srov. napětí   | σ <sub>x,Nx</sub> | 0,01 | M    | 3,60 | 2,00 | 3,60                | 1,30                  | 1,1      | 44                | 0,62                | 0,76              | pro vyjímec. zat. je uvažovaná v <sub>b,0</sub> = 5 m/s |
|            |  |                 |                | σ <sub>x,My</sub> | 0,63 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
|            |  |                 |                | σ <sub>x,Mz</sub> | 0,36 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
|            |  |                 |                | τ                 | 0,00 | M    |      |      |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
| 6          | Hlavní nosník - krční nýty                       | Krční nýty      | Lokální napětí | 0,33              | S    | 1,83 | 2,00 | 1,83 | 1,30                |                       | 49       | 1,40              |                     |                   |   |
|            |  |                 | Smyk           | 0,67              | V    | 5,49 | 2,00 | 5,49 |                     |                       |          |                   |                     |                   |   |
| 7          | Lokální stabilita stojiny                        | horní pásnice   | zatížení       | σ <sub>x</sub>    | 0,83 | S    | 1,83 | 2,00 | 1,83                | 1,30                  |          | 48                | 1,17                |                   |   |
|            |  |                 |                | τ                 | 0,17 | V    | 5,49 | 2,00 | 5,49                |                       |          |                   |                     |                   |   |
| 8          | Hlavní nosník - průhyb                           | Těžiště průřezu | Ohyb           | 1,00              | M    | 3,60 | 2,00 | 3,60 | 1,0                 | -                     | 65       | 1,50              | -                   | Ve středu rozpětí |   |
| 9          | Hlavní nosník - pootočení                        | Těžiště průřezu | Ohyb           | 1,00              | M    | 3,60 | 2,00 | 3,60 | 1,0                 | -                     | 66       | 2,03              | -                   | V místě uložení   |   |
| 10         | Hlavní nosník - průhyb - pohodlí cestujících     | Těžiště průřezu | Ohyb           | 1,00              | M    | 3,60 | 2,00 | 3,60 | 1,0                 | -                     | 65       | 1,33              | -                   |                   |   |

Dne: 10 / 9 / 2020

zatížitelnost určil:

 Správa železnic  
 státní organizace  
 Centrum telematiky a diagnostiky  
 Malletova 2363/10, 190 00 Praha 9  
 IČO: 70994234 DIČ: CZ70994234  
 [65]

Ing. Luboš Dejmek  
 Vedoucí EČMO