

# TASUM

Technical Assessment  
of Structures and Maintenance

TASUM, s.r.o., Štrková 10, SK-010 09 Žilina

## Prepočet zaťažiteľnosti cestného mosta na účelovej komunikácii do Zelokvetu



December 2020



## Obsah

1. Úvod .....	2
2. Popis nosnej konštrukcie .....	2
2.1 Popis súčasného stavu.....	2
3. Statický prepočet konštrukcie .....	3
4. Záver .....	3
 Literatúra .....	 5

## 1. ÚVOD

Na podklade objednávky č. 20201872 zo dňa 12.11.2020 bola firma TASUM požiadaná určiť aktualizáciou prepočtu zaťažiteľnosť mostného objektu na účelovej komunikácii do záhradníckeho centra Ruža z Bratislavskej cesty v intraviláne mesta Nitra.

Ako podklady k statickému prepočtu slúžila vykonaná prehliadka spolu s výkonom zjednodušenej diagnostiky a mostný list [7].

Mostný objekt je mostné provizórium ŽSR.

## 2. POPIS NOSNEJ KONŠTRUKCIE

Mostný objekt premostuje rieku Nitru na účelovej komunikácii, premostenie je kolmé, uhol križenia je 100°. Mostný objekt bol postavený podľa [7] v 80 tých rokoch minulého storočia.

Mostný objekt je trojpoľová spojitá oceľová konštrukcia s drevenou mostovkou z drevených železničných podvalov. Nosná konštrukcia je navrhnutá zo štyroch zvarovaných „I“ nosníkov šróbovanými tuhými spojmi. Osové vzdialenosti medzi nosníkmi sú 780 + 1 590 + 780 mm. Mostovka je navrhnutá z drevených podvalov vzájomne nespojených medzi sebou ani s nosnou konštrukciou. Mostný objekt je po statickej stránke navrhnutý ako spojitý nosník o troch poliach.

Hlavné nosníky sú celkovej výšky 1 000 mm, pásnice sú rozmeru 300 x 37,5 mm. Mostovka z drevených podvalov 140,5 x 200,5 mm. Ukončenie v pozdĺžnom smere je taktiež z drevených podvalov (odrazníkov) 140,5 x 200,5 mm.

Rozpätia mostných polí sú 24,20 + 32,00 + 24,53. Dĺžka premostenia je 79,50 m.

Šírkové usporiadanie na moste: voľná šírka vozovky medzi odrazníkmi 3 450 mm. Celková voľná šírka medzi bezpečnostným zariadením je 3 800 mm.

Bezpečnostné zariadenie na moste je oceľové z valcovaných L profilov. Výška zábradlia je 850 mm.

Spodná stavba je navrhnutá z dvoch gravitačných pobrežných opôr a dvoch medziľahlých pilierov.

Celková dĺžka mostu je 81 700 mm.

### 2.1 Popis súčasného stavu

Nosná konštrukcia, hlavné nosníky sú cez mostovku zatečené, povrchovo skorodované bez viditeľných porúch. Priečniky a stužidlá sú napadnuté koróziou vo väčšom rozsahu, úbytok na profiloch bol diagnostickým meraním zistený do 1 mm z pôvodných rozmerov. Profily sú neudržiavané, náter je absentujúci niekoľko rokov. Mostovka je vo veľmi zlom stave, na niektorých plochách až v havarijnom stave. Drevené podvaly sú v hĺbkovom rozklade dreva so zistením až hnilobného stavu. Živičná časť konštrukcie mostovky má z väčšej plochy sieťový rozpad (pozri obr. 1 a 2). Takmer na polovici mosta je vozovka prekrytá oceľovými tabulami (pozri obr. 1 a 4). Bezpečnostné zariadenie je zväčša deformované mechanickými nárazmi. Stabilita je zabezpečená nedostatočným detailom cez jedno uchytenie šroubom s maticou cez zoslabnuté drevené podvaly, resp zvarovým spojom cez pásovinu do oceľových plošných tabúl položených na drevenej mostovke (pozri obr. 4 a 5). Stav mostovky zásadne ovplyvní hodnotenie súčasného stavu ako aj výslednú zaťažiteľnosť mostného objektu. Spodná stavba je zatečená cez úložné prahy a nerealizované

dilatačné prechody. Obklady drierokov spodnej stavby sú v menšom rozsahu bez škárovej zvetrelej malty. Diagnostikované bolo aj ich uvoľnenie a ich absencia. Ložiská na úložných prahoch sú neudržiavané zanesené nánosmi inertného posypového materiálu.

Vozovka má celoplošné nerovnosti.

### 3. STATICKÝ PREPOČET KONŠTRUKCIE

Prepočet je urobený programom SCIA Engineer, Metódou konečných prvkov licenčné ho čísla SCIA 7029. Výsledkom, zaťažiteľnosť normálna a výhradná je uvedená v tab.1. Výnimočnú zaťažiteľnosť neuvádzame vzhľadom ku klasifikácii súčasného stavu. Podrobný a úplný prepočet je uvedený v prílohovej časti tejto správy.

Na základe vykonanej prehliadky mostného objektu, zjednodušenej diagnostiky, prepočtu zaťažiteľnosti stanovujeme stavebný stav pre nosnú konštrukciu stav III. dobrý. Avšak rozhodujúcim prvkom mosta pre stanovenie výslednej klasifikácie stavebného stavu je konštrukčný prvok drevených podvalov mostného zvršku a **stavebný stav je VI. stav veľmi zlý**

### REKAPITULÁCIA VÝSLEDKOV

Zaťažiteľnosť mostného objektu je:

TAB.1

Zaťažiteľnosť	Výpočtová	Výsledná
Normálna	10,9 t	8 t
Výhradná	39,5 t	20 t

**Výsledné hodnoty zaťažiteľnosti sú stanovené na základe celkového súčasného stavebného stavu a výsledkov prepočtu.**

### 4. ZÁVER

V zmysle [6] je nutné na mostnom objekte aktualizovať zaťažiteľnosť dopravnou značkou č.240 pre maximálnu hmotnosť **8t**, dopravnou značkou č.241 pre maximálnu hmotnosť na jednu nápravu **5t**, prípadne dodatkovou tabuľkou č. 522 **20t**.

**Vzhľadom na stavebný stav mosta sa odporúča na mostnom objekte vykonať pravidelné prehliadky a mostný objekt v krátkom čase projektovo pripraviť na rekonštrukciu mostovky, ktorá je v havarijnom stave.**

Celkové odporúčenia bude nutné vykonať podľa ďalšieho využitia účelu mostného objektu správcom.

- pre využitie mosta pre účely dopravy osobnej alebo nákladnej je do jedného roka nutná výmena mostovky za železobetónovú monolitickú alebo prefabrikovanú.

**Bez výmeny drevenej mostovky most nie je spôsobilý bezpečnej prevádzky**



- pre využitie mosta pre účely pešej prevádzky alebo cyklistickej je nutné most pravidelne kontrolovať a vymeniť drevené podvaly s pokročilou degradáciou. Taktiež vymeniť bezpečnostné zariadenie v konštrukcii predpísanej pre osadenie v intraviláne, spolu z jeho bezpečným kotvením.
- pre rozhodnutie správcu objektu z pohľadu doby využitia, technickej bezpečnosti ale aj ekonomickej predkladáme zjednodušené porovnanie nákladov.

Obidve varianty prestavby mostného objektu si budú vyžadovať nasledovné práce:

#### Mostovka z prefabrikovaných panelov Variant 1:

- odstránenie hornej stavby v celom rozsahu (rozobratie mostovky až po hlavné ocelové nosníky
- očistenie hlavných nosníkov opieskovaním až na povrch bez viditeľnej korózie. predpoklad výmeny nadrozmerne skorodovaných valcovaných dielov sa nediaagnostikoval
- náter ocelových hlavných nosníkov
- zriadenie mostovky z prefabrikovaných panelov s povrchom v obojstrannom priečnom sklone 2,5%
 

panel 4 000 x 1 000 mm, hr. 150 – 190 mm, 81 ks x 228,46 €/ks	18 505,42 €
kotevný materiál	2 505,00 €
montáž (mostovky, ovodňovacieho systému)	11 850,00 €
- zriadenie hydroizolácie
- zriadenie živičných vrstiev vozovky
- zriadenie obojstranných monolitických ríms
- zriadenie obojstranného ocelového, bezpečnostného zariadenia
- náter, ochrana ríms pred pôsobením atmosférických vplyvov

#### Mostovka z monolitckej ŽB dosky Variant 2:

- odstránenie hornej stavby v celom rozsahu (rozobratie mostovky až po hlavné ocelové nosníky
- očistenie hlavných nosníkov opieskovaním až na povrch bez viditeľnej korózie. predpoklad výmeny nadrozmerne skorodovaných valcovaných dielov sa nediaagnostikoval
- náter ocelových hlavných nosníkov
- zriadenie mostovky z monolitckej železobetónovej dosky s povrchom v obojstrannom priečnom sklone 2,5%
 

monolitická ž.b. doska 88,89 m <sup>3</sup> x 152,5 € =	13 555,75 €
betonárska výstuž 5 t x 1 633,5 €/t	8 167,50 €
filigranové panely spolu s montážou 165 ks x 75,50 €	12 457,50 €
betonáž (mostovky, zriadenie ovodňovacieho systému)	
- zriadenie hydroizolácie
- zriadenie živičných vrstiev vozovky
- zriadenie obojstranných monolitických ríms
- zriadenie obojstranného ocelového bezpečnostného zariadenia
- náter, ochrana ríms pred pôsobením atmosférických vplyvov

Obidve varianty si budú vyžadovať počas výstavby úplné vylúčenie dopravy.

Čas výstavby Varianty 1 sa predpokladá v dobe do 6 tich mesiacov od začatia prác. Predpoklad nákladov zriadenie mostovky z prefabrikovaných panelov je **32 860,42 €**.

Čas výstavby Varianty 2 sa predpokladá ukončiť v čase do 8 mch mesiacov od začatia prác. Predpoklad nákladov zriadenia monolitckej mostovky **34 180,75 €**.

Uvedené ceny sú bez zohľadnenia možných zmien pri spracovaní realizačnej PD, rozdiely sú možné do 10%. Zaťažiteľnosť takto zrealizovaných mostoviek však bude 40 t.

V Žiline 08.12.2020

Ing. Peter Slašťan

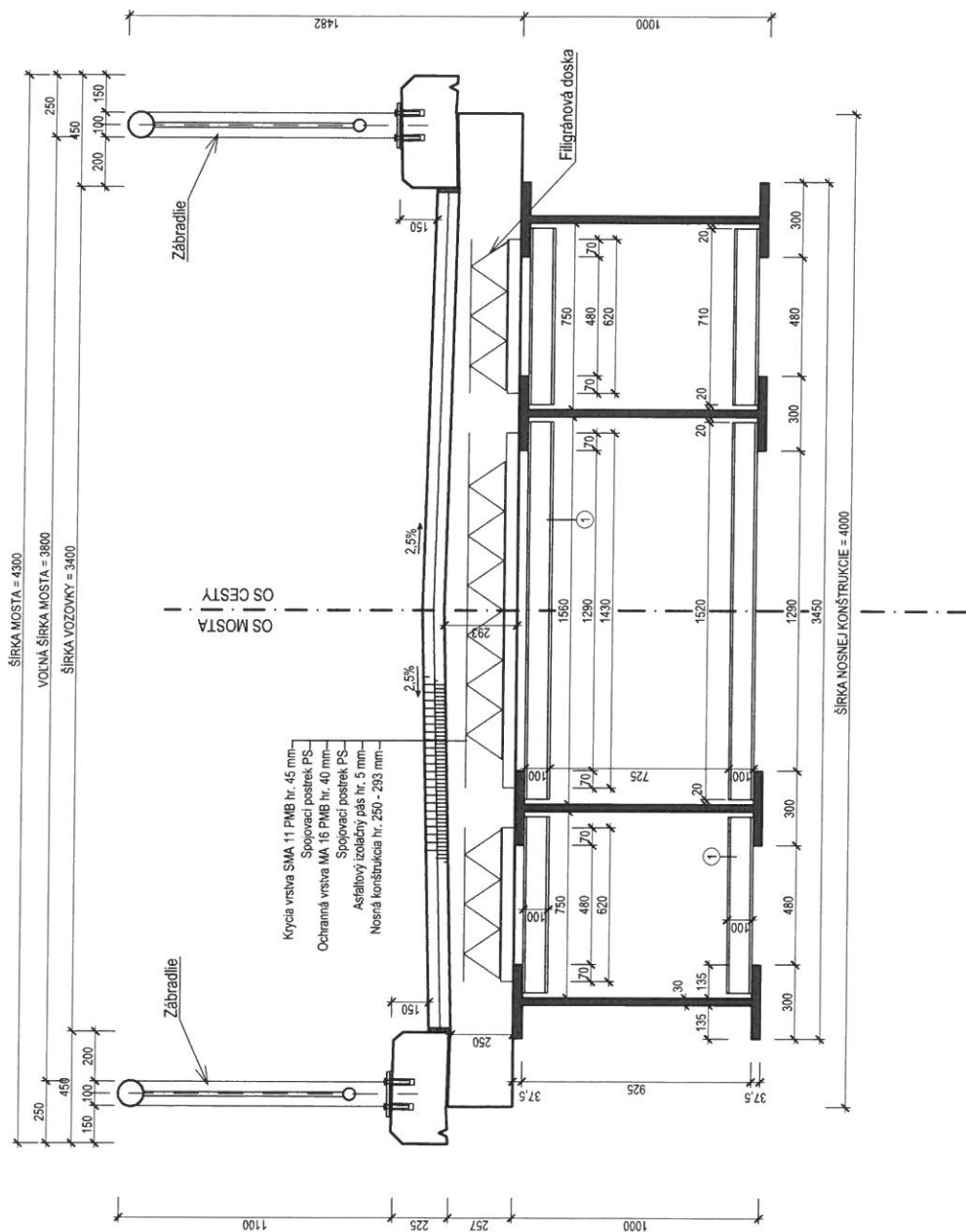
## LITERATÚRA

- [1] STN EN 1991-2 - Zaťaženia konštrukcií, časť 2. - Zaťaženie mostov dopravou
- [2] STN EN 1993-1-1 - Navrhovanie ocelových konštrukcií, časť 1. - Všeobecné pravidlá
- [3] STN EN 1993-1-2 - Navrhovanie ocelových konštrukcií - časť 2. - Ocelové mosty
- [4] TP 104 Slovenskej správy ciest - Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok
- [5] P. Slašťan, A. Sokolík, Š. Zemko : Betónové mosty. Prepočet zaťažiteľnosti cestných mostov.
- [6] Vyhláška č. 30 Ministerstva vnútra Slovenskej republiky o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov ustanovuje od 01.04.2020 doplnenia do zákona č.9/2009 Z.z.
- [7] Mostný list: Mesto Nitra

[illegible]



# PRIEČNY REZ - VARIANT Č.2







## **Obrázková príloha**

Obr. 1 Celkový pohľad na mostný objekt zhora

Obr. 2 Súčasný stav vozovky, detail v oblasti dilatácie

Obr. 3 Bočný pohľad prechodu mostovky na spodnú stavbu

Obr. 4 Detail kotvenia zábradlia využitia oceľových platní na kotvenie

Obr. 5 Detail kotvenia zábradlia do podvalu na jednu kotevnú skrutku

Obr. 6 Pohľad na stav mostovky zospodu

Obr. 7 Pohľad na stav opory smerom na Bratislavskú ulicu

Obr. 8 Pohľad na krajný hlavný nosník a mostovku z drevených podvalov

Obr. 9 Súčasné trvalé dopravné značenie na moste





Obr. 1



Obr. 2



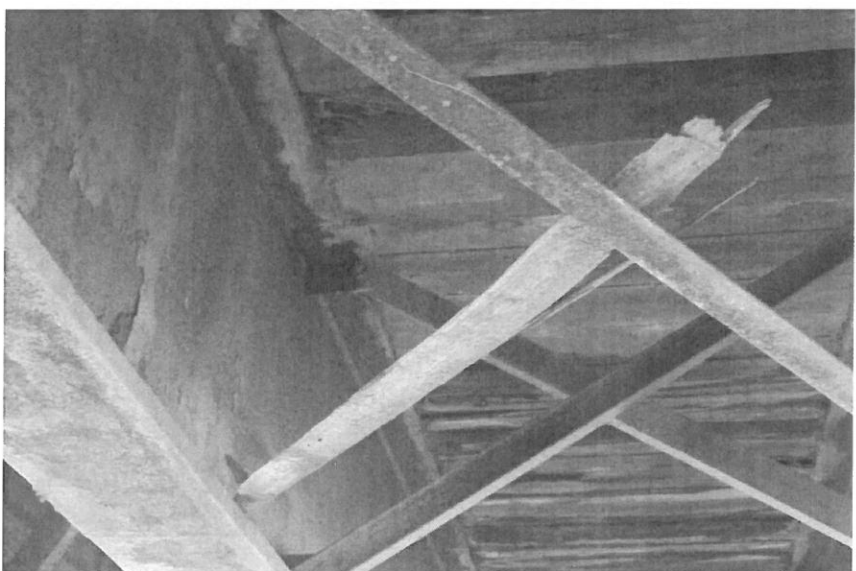
Obr. 3



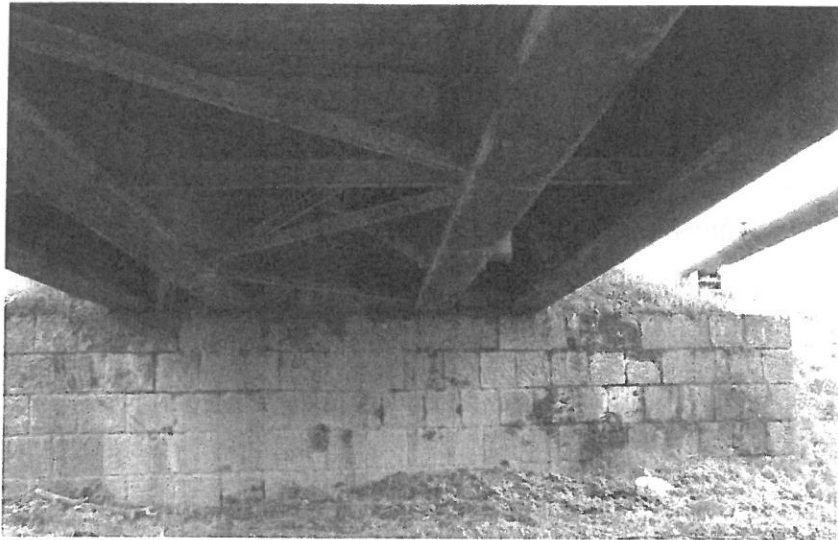
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9





## Výkresová příloha

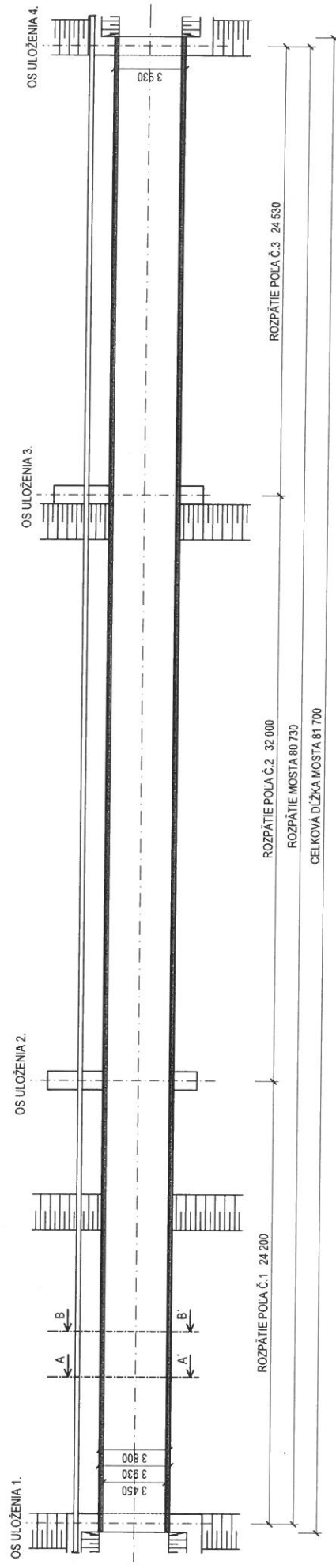
Příloha č.1 Pôdorysný rez a pohľad

Příloha č.2 Pozdĺžny rez a pohľad

Příloha č.3 Priechny rez A – A' a B – B'

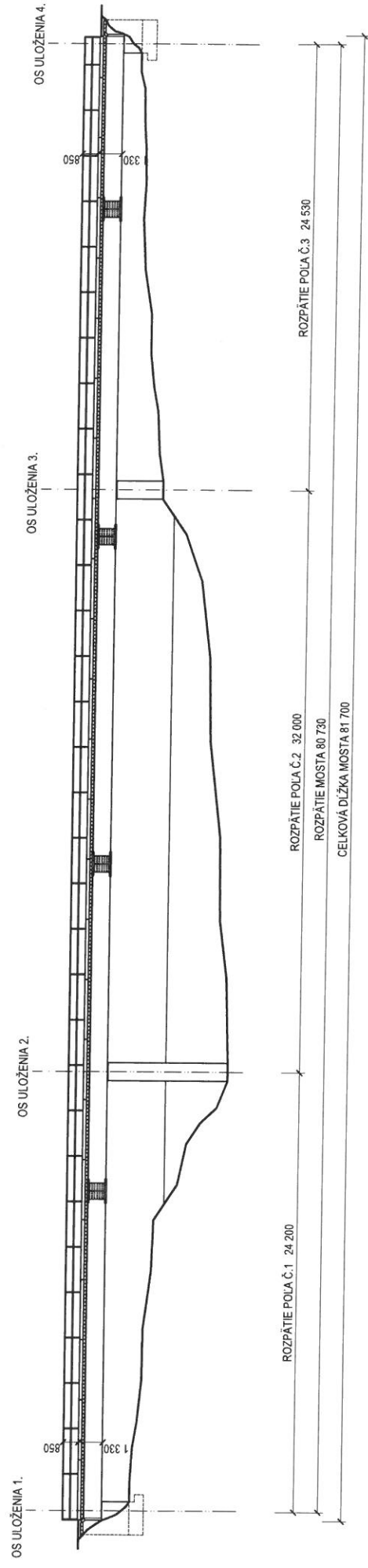


## PRÍLOHA Č.1





## PRÍLOHA Č.2

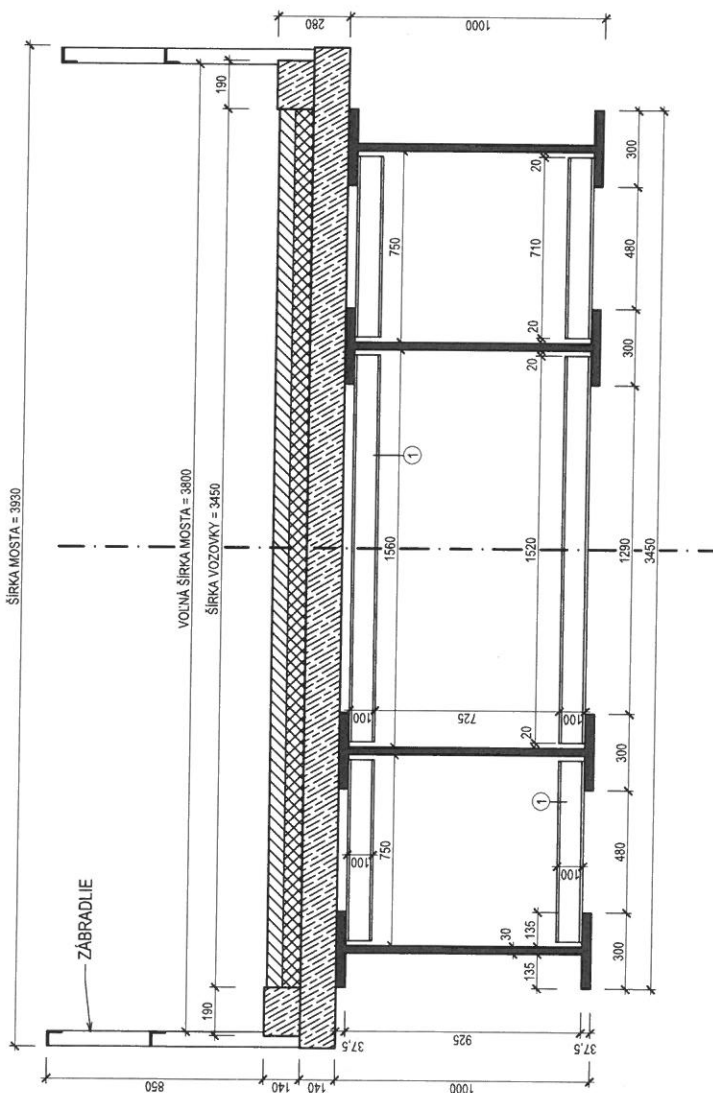






Technical drawing of a bridge cross-section. The drawing shows a central span with a width of 3450 mm and a total width of 3800 mm. The bridge is supported by two main piers. The drawing includes various dimensions for the bridge structure, including the width of the bridge deck, the width of the bridge piers, and the height of the bridge piers. The drawing also shows the bridge's cross-section, including the bridge deck, the bridge piers, and the bridge's support structure. The drawing is labeled with dimensions in millimeters (mm) and includes a scale of 1:500. The drawing is titled "ZÁBRADLIE" (Guardrail) and "VOLNÁ ŠÍRKA MOSTA = 3800" (Clear width of bridge = 3800). The drawing also includes the text "ŠÍRKA VOZOVKY = 3450" (Roadway width = 3450).

① NOS/IK - I 100  
② NOS/IK - U 800x55x5  
③ NOS/IK - L 120x120x10





## PODROBNÝ STATICKÝ PREPOČET ZAŤAŽITEĽNOSTI

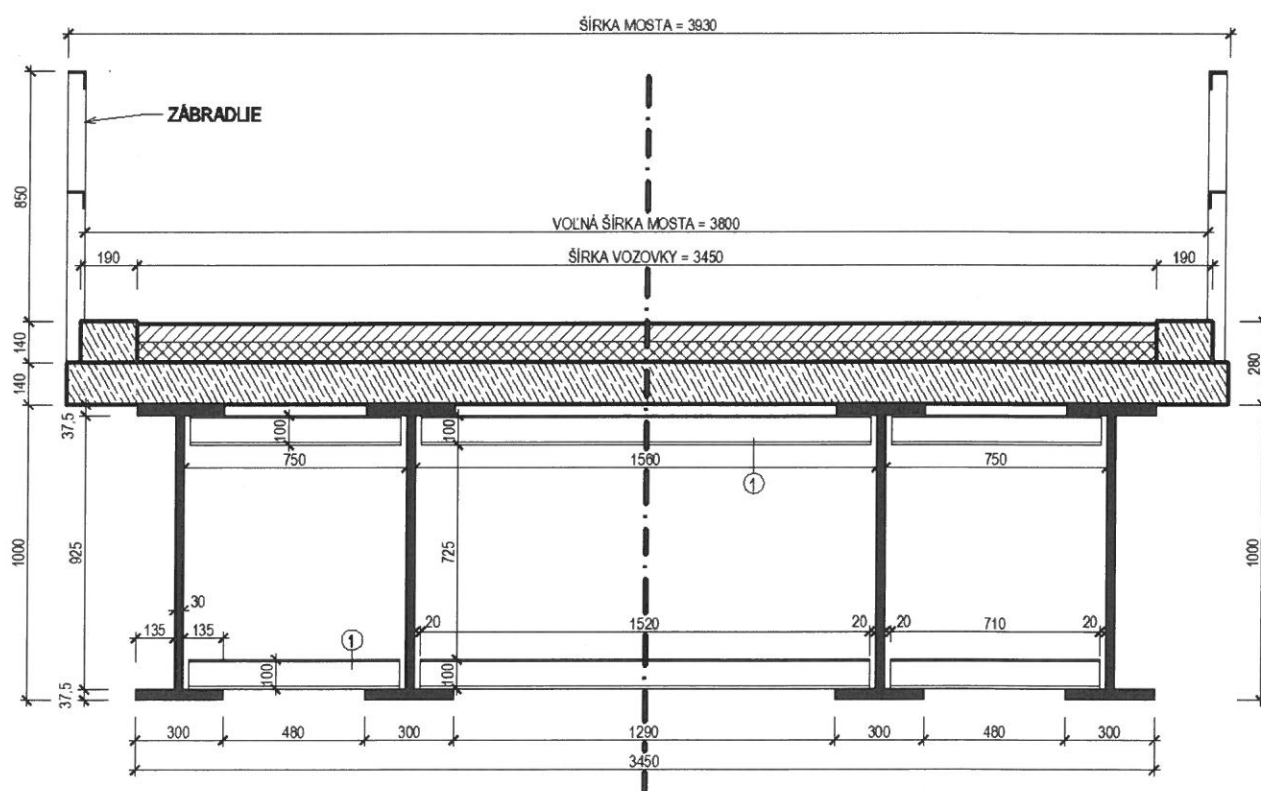
## 1. Charakteristika mostného objektu

Mostný objekt prepája ulicu Bratislavská s objektom Záhradníckeho centra Ruža ponad rieku Nitra. Podľa mostného listu bol most postavený v roku 1980. Most sa nachádza v intraviláne mesta Nitra, k.ú. Nitra. Nosnú konštrukciu tvorí štvorica zvarovaných "I" nosníkov, šróbovanými tuhými spojmi, priečniky sú tvorené IPE 100 a L profilmi (viď. priečný rez). Mostovku tvoria drevené podvaly, ktoré nie sú nijako spriahnuté s nosnou konštrukciou. Zo statického hľadiska sa jedná o spojitý nosník o troch poliach. Z diagnostiky mostného objektu vyplýva, že oceľová konštrukcia je natoľko v dobrom stave, že nie je potrebné uvažovať oslabenie materiálu. Vzhľadom na to že mostovka nie je spriahnutá, zarátavame ju do stáleho zaťaženia.

- dĺžka premostenia :  $l_0 := 79.5 \text{ m}$
- rozpätia polí :  $l_1 := 24.2 \text{ m}$  ,  $l_2 := 32.0 \text{ m}$  ,  $l_3 := 24.53 \text{ m}$
- celková dĺžka nosnej konštr. :  $l := 81.48 \text{ m}$
- šírka mostu :  $b := 3.93 \text{ m}$

Materiály : Oceľ triedy S235  $\rightarrow f_y := 235 \text{ MPa}$  ,  $\gamma_{M0} := 1.1$

$$f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 213.636 \text{ MPa}$$



## 2. Metodika prepočtu

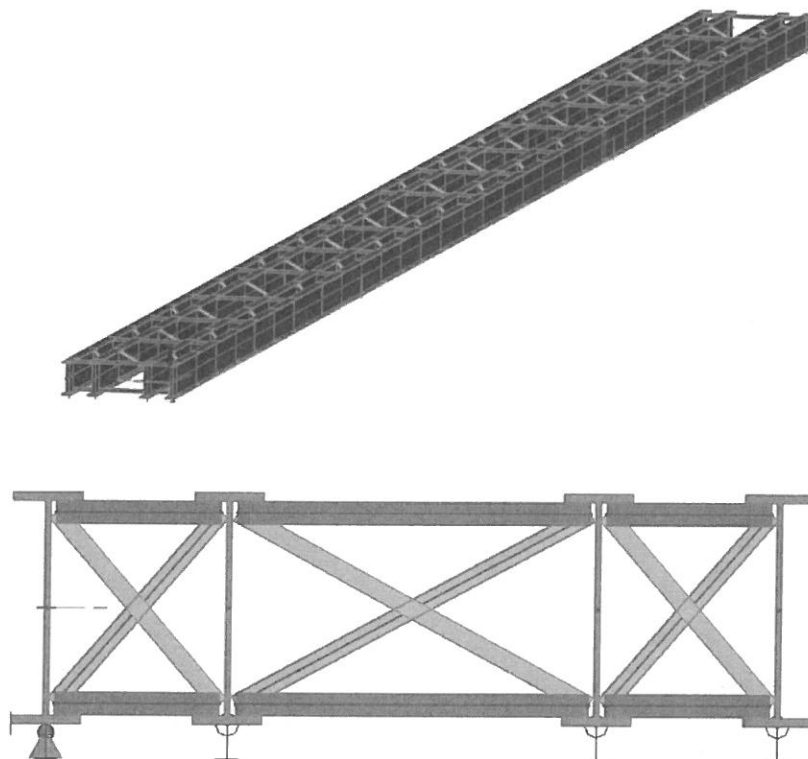
### 2.1 Všeobecný opis

Prepočet bol vyhotovený na základe vnútorných síl vyhodnotených pomocou programu SCIA Engineer (ďalej len MKP program). Predmetnými prvkami na skúmanie zaťažiteľnosti je krajný nosník (najviac zaťažený hlavný nosník), druhý a tretí priečnik. Hlavný nosník bude vyšetrovaný v strede polí a nad podperami (opory, piliere).

Pri prepočte nie je potrebné zohľadňovať imperfekcie konštrukcie, nakoľko sa jedná len o povrchovú, prípadne bodovú koróziu, avšak pri prepočte mostovky je potrebné zohľadniť stratu pevnosti materiálu. Úbytky na nosných prvkoch sú teda úplne zanedbateľné.

## 2.2 Model

V MKP programe namodelujeme globálny model, lokálne účinky je možné zanedbať. Vo vytypovaných miestach na posúdenie odčítame vnútorné sily od zaťažovacích stavov. Vzhľadom na to že sa jedná o prvkovú konštrukciu, budeme most modelovať prútovo.



## 3. Zaťaženie

### 3.1 Stále zaťaženie

Stále zaťaženie na moste je tvorené drevenou mostovkou (podvaly 140x200), krajinami tvorenými mostovkovými podvalmi (podvaly 140x200), asfaltová vozovka hr. 130 mm a zábradlie, tvorené z oceľových uholníkov 60x60x6 výšky 850 mm.

Objemová tiaž materiálov :

- impregnované tvrdé drevo :

$$\gamma_D := 9.0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

- asfaltový mastix :

$$\gamma_A := 22.0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$$

- L 60x60x6 :

$$g_L := 0.05423 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

- tiaž mostovky :

$$g_M := \gamma_D \cdot 140 \text{ mm} = 1.26 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

- tiaž krajnice :

$$g_K := \gamma_D \cdot 140 \text{ mm} \cdot 190 \text{ mm} = 0.239 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

- tiaž vozovky :

$$g_V := \gamma_A \cdot 130 \text{ mm} = 2.86 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

- tiaž zábradlia :

$$g_Z := g_L \cdot 2 = 0.108 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

### 3.2 Premenné zaťaženie

Podľa TP 104 sa na prepočet normálnej zaťažiteľnosti použije zaťažovací model LM1, na prepočet výhradnej zaťažiteľnosti zaťažovací model LM3 900/150 a na prepočet výnimočnej zaťažiteľnosti zaťažovací model LM3 300/240.

### 3.2.1 Zaťažovací model LM1

Vzhľadom na šírkové usporiadanie mosta je možné most zaťažiť len prvým zaťažovacím pruhom s hodnotou zaťaženia -  $Q_{1k} := 300 \text{ kN}$ ,  $q_{1k} := 9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $q_{rk} := 2.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Zaťaženie je nutné prenásobiť kategorizačným súčiniteľom  $\alpha$  - miestne komunikácie :

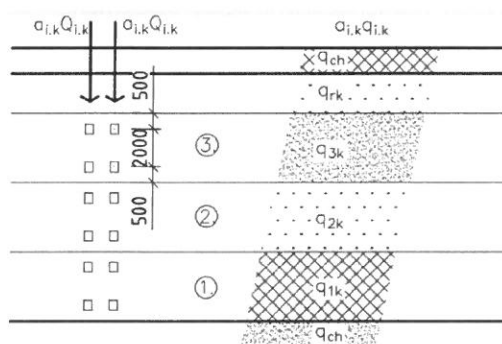
$$\alpha_{Q1} := 0.9, \alpha_{q1} := 0.6, \alpha_r := 1.0$$

$$Q_1 := Q_{1k} \cdot \alpha_{Q1} = 270 \text{ kN}$$

$$q_1 := q_{1k} \cdot \alpha_{q1} = 5.4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$q_r := q_{rk} \cdot \alpha_r = 2.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$\text{Rozmery kola - } 0,4 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} : Q_{LM1} := \frac{0.5 \cdot 270 \text{ kN}}{0.4 \text{ m} \cdot 0.4 \text{ m}} = 843.75 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$



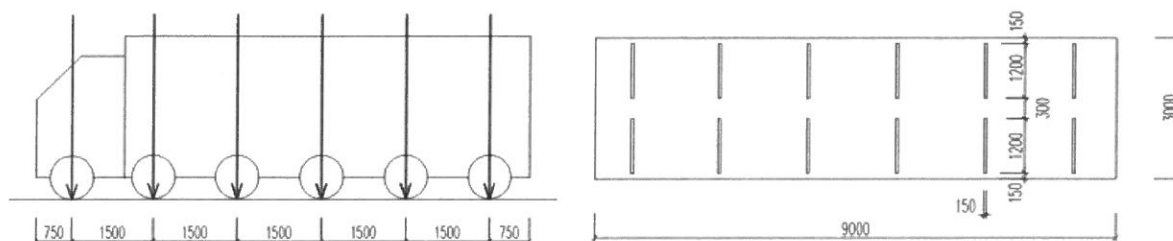
### 3.2.2 Zaťažovací model LM3 900/150

Zvláštne vozidlo reprezentujúce model LM3 900/150 má 6 náprav, osovo vzdialených 1,5 m. Vozidlo uvažujeme v jazdnom pruhu širokom 3,0 m, podľa TP 104 zvyšnú časť mosta nezaťažíme spojitým zaťažením reprezentujúcich zaťaženie chodníkov a cyklopruhov, keďže norma toto zaťaženie káže len v prípade ak je tento pruh oddelený od vozovky bezpečnostným zariadením.

Norma STN EN 1991-2 káže redukovať hodnotu reprezentatívnej hodnoty zaťaženia 900 kN pomocou dynamického súčiniteľa, ktorý určíme pri prepočte zaťažiteľnosti nižšie v dokumente.

$$Q_{900} := 150 \text{ kN}$$

$$\text{Rozmery kola - } 1,2 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} : Q_{900} := \frac{0.5 \cdot 150 \text{ kN}}{1.2 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m}} = 416.667 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$



### 3.2.3 Zaťažovací model LM3 3000/240 - LM3 3000/200

Zvláštne vozidlo reprezentujúce model LM3 3000/200 má 15 náprav, osovo vzdialených 1,5 m. Norma STN EN 1991-2/NA káže umiestniť zvláštne vozidlo do si jazdného pruhu. Na most nemožno uložiť zaťažovací model LM3 3000/240, preto volíme náhradný model LM3 3000/200.

$$Q_{3000} := 200 \text{ kN}$$

$$\text{Rozmery kola - } 1,2 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} : Q_{3000} := \frac{0.5 \cdot 200 \text{ kN}}{1.2 \text{ m} \cdot 0.15 \text{ m}} = 555.556 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

### 3.2.3 Ostatné premenné zaťaženia

Podľa TP 104, nie je potrebné uvažovať zaťaženie vetrom, snehom a teplotou pre stanovenie normálnej, výnimočnej a výhradnej zaťažiteľnosti.



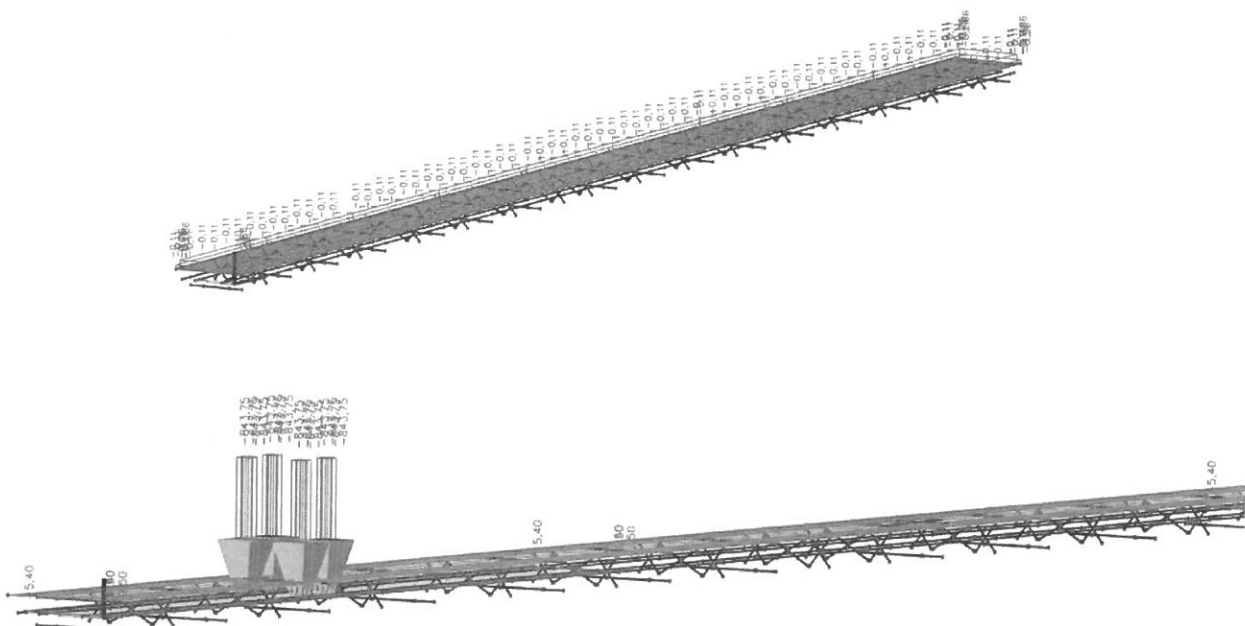
## 4. Vnúťorné sily

### 4.1 Charakteristické vnúťorné sily

#### 4.1.2 Vlastná tiaž, ostatné stále zaťaženie

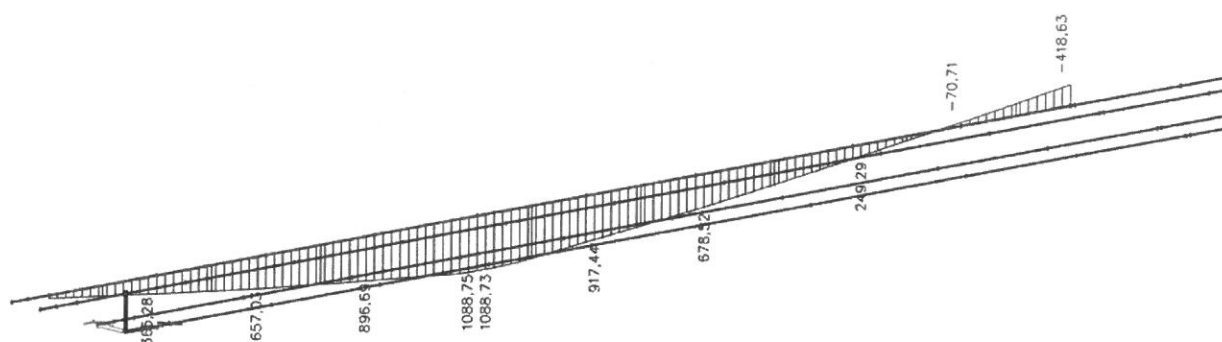
VYTYPOVANÉ MESTO	$M_{y,EkM}$ [kNm]	$M_{z,EkM}$ [kNm]	$N_{EkM}$ [kN]	$V_{z,EkM}$ [kN]
Hl. nosník - 1 opora	-0,25	0,00	0,10	31,27
Hl. nosník - 1 pole	135,65	0,00	0,10	12,15
Hl. nosník - 1 pilier	-289,54	0,00	0,10	56,89
Hl. nosník - 2 pole	166,78	0,00	0,10	0,11
Hl. nosník - 2 pilier	-312,75	0,00	0,10	-65,96
Hl. nosník - 3 pole	133,95	0,00	0,10	12,82
Hl. nosník - 2 opora	-0,25	0,00	0,10	-31,10
Priečnik - 1.pole	0,01	0,00	-0,17	0,09
Priečnik - 1.pilier	0,01	0,00	-0,06	0,04

VYTYPOVANÉ MESTO	$M_{y,Ekd}$ [kNm]	$M_{z,Ekd}$ [kNm]	$N_{Ekd}$ [kN]	$V_{z,Ekd}$ [kN]
Hl. nosník - 1 opora	-0,74	0,03	-0,79	36,27
Hl. nosník - 1 pole	120,61	-0,01	0,63	-13,23
Hl. nosník - 1 pilier	-285,14	0,00	0,52	54,49
Hl. nosník - 2 pole	171,31	-0,01	0,36	-2,03
Hl. nosník - 2 pilier	-306,99	-0,01	0,22	-55,87
Hl. nosník - 3 pole	119,64	0,00	0,13	13,56
Hl. nosník - 2 opora	-0,34	-0,02	0,03	-36,49
Priečnik - 1.pole	0,90	0,01	-5,28	2,51
Priečnik - 1.pilier	0,19	0,02	-1,08	0,53



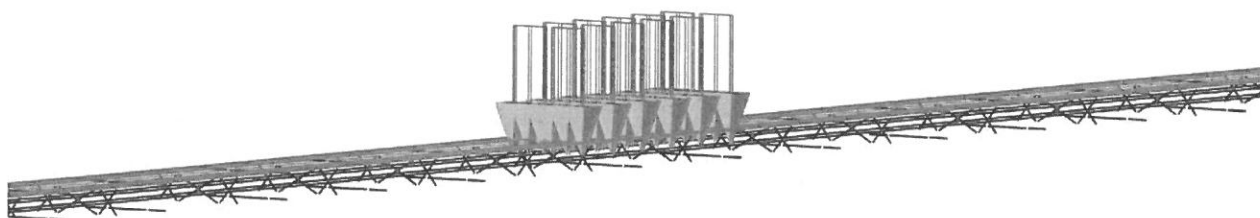
## 4.1.2 Premenné zaťaženie - LM1

WYTYPOVANÉ MIESTO	$M_{yEKLM1}$ [kNm]	$M_{zEKLM1}$ [kNm]	$N_{EKLM1}$ [kN]	$V_{zEKLM1}$ [kNm]
Hl. nosník - 1 opora	-6,01	0,42	-12,02	112,27
Hl. nosník - 1 pole	1088,75	0,09	-4,03	3,15
Hl. nosník - 1 pilier	-881,21	0,01	1,70	180,19
Hl. nosník - 2 pole	1146,22	-0,03	0,99	20,20
Hl. nosník - 2 pilier	-914,88	-0,03	0,52	-180,98
Hl. nosník - 3 pole	1026,37	0,00	-0,02	2,95
Hl. nosník - 2 opora	20,22	-0,09	-0,15	213,11
Priečnik - 1.pole	5,03	0,02	-35,23	-22,89
Priečnik - 1.pilier	1,43	-0,01	-9,44	-6,48



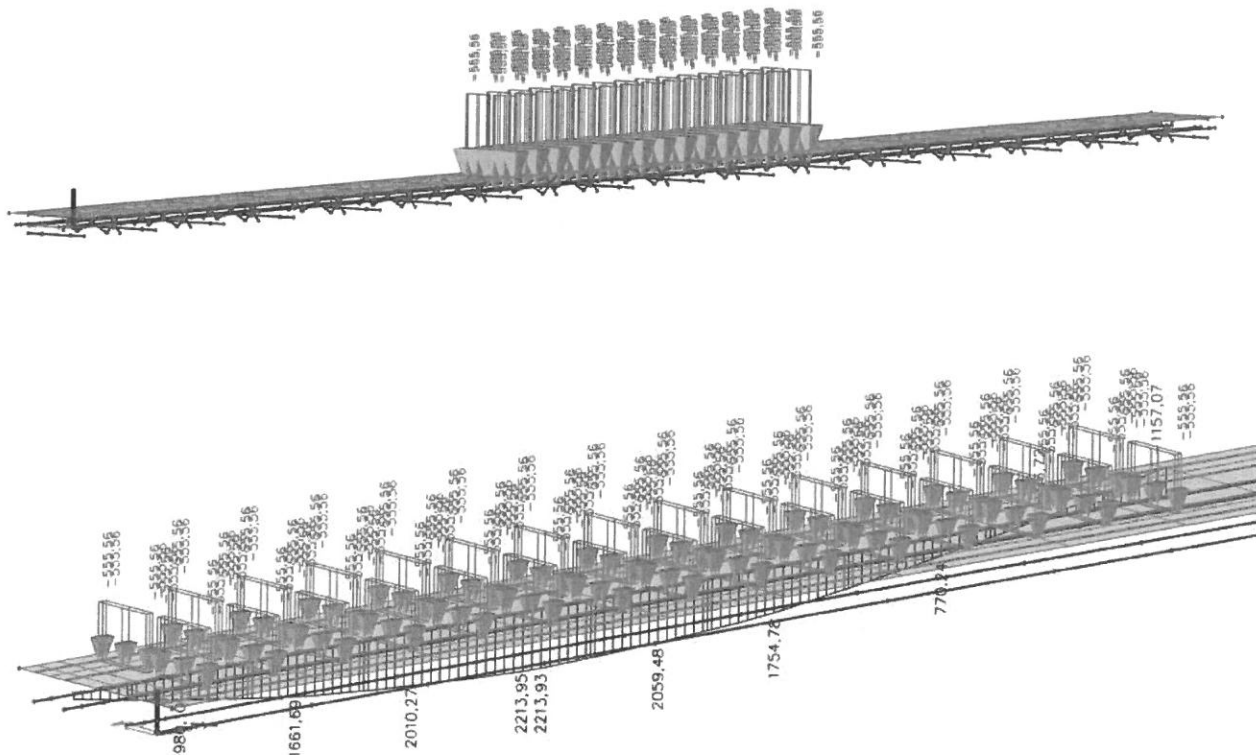
## 4.1.3 Premenné zaťaženie - LM3 900/150

WYTYPOVANÉ MIESTO	$M_{yEKLM3.900}$ [kNm]	$M_{zEKLM3.900}$ [kNm]	$N_{EKLM3.900}$ [kN]	$V_{zEKLM3.900}$ [kNm]
Hl. nosník - 1 pole	997,11	0,15	1,48	26,86
Hl. nosník - 2 pole	1077,75	0,08	-0,71	35,78
Hl. nosník - 3 pole	1011,15	-0,04	0,04	36,48
Priečnik - 1.pole	2,98	-0,03	-58,57	-30,91
Priečnik - 1.pilier	0,73	0,01	-14,74	-7,91



## 4.1.4 Premenné zaťaženie - LM3 3000/200

VYTYPOVANÉ MIESTO	$M_{y,Ek,LM3.3000}$ [kNm]	$M_{z,Ek,LM3.3000}$ [kNm]	$N_{Ek,LM3.3000}$ [kN]	$V_{z,Ek,LM3.3000}$ [kNm]
Hl. nosník - 1 pole	2213,93	0,16	-1,32	-41,78
Hl. nosník - 2 pole	2606,09	-0,03	2,64	20,47
Hl. nosník - 3 pole	2208,71	-0,10	-0,10	30,54
Priečnik - 1.pole	5,95	-0,06	-116,30	-60,80
Priečnik - 1.pilier	1,46	-0,02	-28,71	-14,44



## 4.2 Návrhové hodnoty vnútorných síl

Na overenie zaťažiteľnosti s ohľadom na medzné stavy únosnosti volíme kombináciu zo súboru B (STR/GEO), jedná sa o kombináciu s konzervatívnym prístupom, v ktorej neredukujeme stále a premenné zaťaženia.

$$\Sigma Y_{G.sup} \cdot G_{k.sup} + Y_{Q.1} \cdot Q_{k.1}$$

Jednotlivé súčinitele zaťaženia a kategorizačné súčinitele majú hodnotu :

$$Y_{G.sup} := 1.35$$

$$Y_{Q.1} := 1.35$$

## 4.2.1 Návrhové hodnoty vnútorných síl - normálna zaťažiteľnosť

$$V_{z.Ed,LM1.1pod} := Y_{G.sup} \cdot V_{z.Ek.1pod.vt} + Y_{G.sup} \cdot V_{z.Ek.1pod.ot} + Y_{Q.1} \cdot V_{z.Ek.1pod.LM1} = 242.74 \text{ kN}$$

$$V_{z.Ed,LM1.1pole} := Y_{G.sup} \cdot V_{z.Ek.1pole.vt} + Y_{G.sup} \cdot V_{z.Ek.1pole.ot} + Y_{Q.1} \cdot V_{z.Ek.1pole.LM1} = 2.79 \text{ kN}$$

$$V_{z.Ed,LM1.2pod} := Y_{G.sup} \cdot V_{z.Ek.2pod.vt} + Y_{G.sup} \cdot V_{z.Ek.2pod.ot} + Y_{Q.1} \cdot V_{z.Ek.2pod.LM1} = 393.62 \text{ kN}$$

$$V_{z.Ed,LM1.2pole} := Y_{G.sup} \cdot V_{z.Ek.2pole.vt} + Y_{G.sup} \cdot V_{z.Ek.2pole.ot} + Y_{Q.1} \cdot V_{z.Ek.2pole.LM1} = 24.68 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,LM1,3pod} := Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,3pod,vt} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,3pod,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,3pod,LM1} = -408.79 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,LM1,3pole} := Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,3pole,vt} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,3pole,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,3pole,LM1} = 39.60 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,LM1,4pod} := Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,4pod,vt} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,4pod,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,4pod,LM1} = 196.45 \text{ kN}$$

#### 4.2.2 Návrhové hodnoty vnútorných síl - výhradná zaťažiteľnosť

$$V_{z,Ed,LM3,900,1pole} := Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,1pole,vt} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,1pole,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,1pole,LM3,900} = 34.80 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,LM3,900,2pole} := Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,2pole,vt} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,2pole,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,2pole,LM3,900} = 45.71 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,LM3,900,3pole} := Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,3pole,vt} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,3pole,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,3pole,LM3,900} = 84.86 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,LM3,900,2p} := Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,2p,vt} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,2p,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,2p,LM3,900} = -9.91 \text{ kN}$$

#### 4.2.3 Návrhové hodnoty vnútorných síl - výnimočná zaťažiteľnosť

$$V_{z,Ed,LM3,3000,1pole} := Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,1pole,vt} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,1pole,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,1pole,LM3,3000} = -57.86 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,LM3,3000,2pole} := Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,2pole,vt} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,2pole,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,2pole,LM3,3000} = 25.04 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,LM3,3000,3pole} := Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,3pole,vt} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,3pole,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,3pole,LM3,3000} = 76.84 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed,LM3,3000,2p} := Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,2p,vt} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,2p,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,2p,LM3,3000} = -18.72 \text{ kN}$$

## 5. Posúdenie hlavného nosníka

### 5.1 Prierezové charakteristiky

$$t_{f,h} := 37.5 \text{ mm}$$

$$t_{f,d} := 37.5 \text{ mm}$$

$$b_{f,h} := 300 \text{ mm}$$

$$b_{f,d} := 300 \text{ mm}$$

$$z_1 := 500 \text{ mm}$$

$$z_2 := 500 \text{ mm}$$

$$i_y := 388 \text{ mm}$$

$$i_z := 61 \text{ mm}$$

$$h_1 := 1000 \text{ mm}$$

$$h_w := 925 \text{ mm}$$

$$t_w := 25 \text{ mm}$$

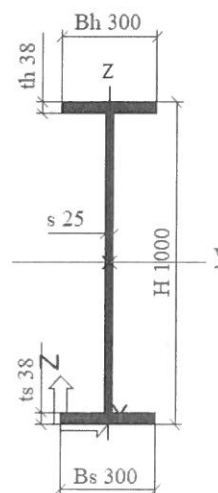
$$A := 4.5625 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$I_y := 6.8625 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_z := 1.6995 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$W_y := \frac{I_y}{z_1} = (1.3725 \cdot 10^7) \text{ mm}^3$$

$$W_z := \frac{I_z}{z_2} = 339900 \text{ mm}^3$$



Zatriedenie prierezu :

$$\text{Pásnica : } \frac{b_{f,h}}{t_{f,h}} = 8 < 9 \cdot \varepsilon = 9 \rightarrow \text{Trieda 1.}$$

$$\text{Stena : } \frac{h_w}{t_w} = 37 < 72 \cdot \varepsilon = 72 \rightarrow \text{Trieda 1.}$$

Dominuje ohyb.

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

Vzhľadom na veľkú hrúbku steny nosníka, nosník nie je štíhly, preto nie je nutné rátať s vydúvaním pri ohybe.

### 5.3 Overenie klopenia nosníka

Pásnica je stužená každých 2,5 m pomocou IPN profilov a L profilov, napriek tomu vykonáme kontrolu a overenie klopenia nosníka :

- vzperná dĺžka :  $L_c := 2.5 \text{ m}$
- prierezové char. ekvivalentného prierezu :  $d := \frac{1}{6} \cdot h_w = 154.167 \text{ mm}$
- plocha ekv. tlačenej pásnice :  $A_f := b_{f,h} \cdot t_{f,h} + t_w \cdot d = 15104.167 \text{ mm}^2$
- kvadr. moment plochy :  $I_{f,z} := \frac{1}{12} \cdot (d \cdot t_w^3 + t_{f,h} \cdot b_{f,h}^3) = (8.458 \cdot 10^7) \text{ mm}^4$
- polomer zotrvačnosti :  $i_{f,z} := \sqrt{\frac{I_{f,z}}{A_f}} = 74.83 \text{ mm}$
- štíhlosť ekv. tlačenej pásnice :  $\lambda_1 := 93 \cdot \varepsilon \rightarrow k_c := 1.0 \rightarrow \lambda_f := \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_1} = 0.359$
- súč. vzperu pri klopení :  $t_{f,h} = 37.5 \text{ mm} \rightarrow \alpha := 0.76 \rightarrow \phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_f - 0.2) + \lambda_f^2) = 0.625$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_f^2}} = 0.88 \leq 1.0 \rightarrow \text{Pásnica klopi}$$

### 5.3 Posúdenie normálnej zaťažiteľnosti

Na základe analýzy vnútorných síl v MKP programe sa dá usúdiť, že ohybové momenty v rovine "z" sú zanedbateľné, na základe toho sa dá usúdiť že na zaťažiteľnosť konštrukcie bude mať vplyv len ohybový moment v rovine "y" a osová sila. V miestach nad podporami, je nutné posúdiť zaťažiteľnosť na základe šmykového napätia. Vzhľadom na symetriu nosníka, nie je potrebné overovať zaťažiteľnosť osobitne pre horné a osobitne pre dolné vlákna prierezu (podľa ohyb. momentu určíme či sa jedná o spodné alebo dolné vlákna). Tiaž reprezentatívneho vozidla predstavuje :

$$w_{n,rep} := 320 \text{ kN}$$

#### 5.3.1 Posúdenie nad 1.oporou

##### 5.3.1.1 Posúdenie na základe kombinácie max. ohybového momentu nad oporou

- napätia od stálego zaťaženia :  $\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek,1pod,vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y,Ek,1pod,vt}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 0.023 \text{ MPa}$
- napätia od premenného zaťaženia :  $\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek,1pod,ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y,Ek,1pod,ot}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 0.079 \text{ MPa}$
- napätia od premenného zaťaženia :  $\sigma_{LM1} := \left| \frac{N_{Ek,1pole,LM1}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y,Ek,1pole,LM1}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 90.244 \text{ MPa}$
- zaťažiteľnosť z ohybovej odolnosti : 
$$v_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot \gamma_{G,sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot \gamma_{G,sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\gamma_{Q,1} \cdot \sigma_{LM1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n,rep} = 560.781 \text{ kN} \rightarrow v_{n,1pod,1} := 56.0 \text{ ton}$$

- vzdialenosť priečných výstuh :

$$a := 2.4 \text{ m}$$

- pre oceľ S 235  $\rightarrow \eta := 1.2$

$$\frac{h_w}{t_w} = 37 < \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon = 60 \rightarrow \text{Stena nevydúva}$$

$$V_{b,Rd} := \frac{\eta \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} = 3422.769 \text{ kN}$$

$$\eta_3 := \frac{|V_{z,Ed,LM1,1pod}|}{V_{b,Rd}} = 0.071 < 0.5 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

- zaťažiteľnosť zo šmykovej odolnosti :

$$V_n := \frac{V_{b,Rd} - (Y_{G,sup} \cdot |V_{z,Ek,1pod,vl}| + Y_{G,sup} \cdot |V_{z,Ek,1pod,ot}|)}{Y_{Q,1} \cdot |V_{z,Ek,1pod,LM1}|} \cdot w_{n,rep} = 7034.026 \text{ kN}$$

$$V_{n,1pod,2} := 703.4 \text{ ton}$$

### 5.3.1.2 Posúdenie na základe kombinácie max. priečnej sily nad oporou

- vnútorné sily LM1 :  $N_{Ek,1pod,LM1,max} := -14.81 \text{ kN}$   $M_{y,Ek,1pod,LM1,max} := -7.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $V_{z,Ek,1pod,LM1,max} := 186.56 \text{ kN}$

- napätia od stáleho zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \frac{N_{Ek,1pod,vl}}{A} + \frac{M_{y,Ek,1pod,vl}}{W_y \cdot \chi_{LT}} = 0.023 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \frac{N_{Ek,1pod,ot}}{A} + \frac{M_{y,Ek,1pod,ot}}{W_y \cdot \chi_{LT}} = 0.079 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \frac{N_{Ek,1pod,LM1,max}}{A} + \frac{M_{y,Ek,1pod,LM1,max}}{W_y \cdot \chi_{LT}} = 0.937 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť z ohybovej odolnosti :

$$V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G,sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G,sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{Y_{Q,1} \cdot \sigma_{LM1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n,rep} = 53988.385 \text{ kN} \rightarrow V_{n,1pod,3} := 5398.8 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť zo šmykovej odolnosti :

$$\eta_3 := \frac{Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,1pod,vl} + Y_{G,sup} \cdot V_{z,Ek,1pod,ot} + Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,1pod,LM1,max}}{V_{b,Rd}} = 0.1 < 0.5 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$V_n := \frac{V_{b,Rd} - (Y_{G,sup} \cdot |V_{z,Ek,1pod,vl}| + Y_{G,sup} \cdot |V_{z,Ek,1pod,ot}|)}{Y_{Q,1} \cdot V_{z,Ek,1pod,LM1,max}} \cdot w_{n,rep} = 4233.009 \text{ kN}$$

$$V_{n,1pod,4} := 423.3 \text{ ton}$$

### 5.3.2 Posúdenie v strede 1. poľa

- napätia od stáleho zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \frac{N_{Ek,1pole,vl}}{A} + \frac{M_{y,Ek,1pole,vl}}{W_y \cdot \chi_{LT}} = 11.235 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \frac{N_{Ek,1pole,ot}}{A} + \frac{M_{y,Ek,1pole,ot}}{W_y \cdot \chi_{LT}} = 10.001 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \frac{-N_{Ek,1pole,LM1}}{A} + \frac{M_{y,Ek,1pole,LM1}}{W_y \cdot \chi_{LT}} = 90.244 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť :

$$V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G,sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G,sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM1} \cdot Y_{Q,1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n,rep} = 485.839 \text{ kN} \rightarrow V_{n,1pole} := 48.5 \text{ ton}$$

### 5.3.3 Posúdenie nad 1. pilierom

#### 5.3.3.1 Posúdenie na základe kombinácie max. ohybového momentu nad pilierom

- napätia od stáleho zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \frac{N_{Ek,2pod,vl}}{A} + \frac{M_{y,Ek,2pod,vl}}{W_y \cdot \chi_{LT}} = 23.978 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \frac{N_{Ek,2pod,ot}}{A} + \frac{M_{y,Ek,2pod,ot}}{W_y \cdot \chi_{LT}} = 23.623 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \frac{N_{Ek,2pod,LM1}}{A} + \frac{M_{y,Ek,2pod,LM1}}{W_y \cdot \chi_{LT}} = 73.007 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť z ohybovej odolnosti :

$$V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{Y_{Q.1} \cdot \sigma_{LM1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n.rep} = 484.984 \text{ kN} \rightarrow V_{n.2pod.1} := 48.4 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť zo šmykovej odolnosti :

$$\eta_3 := \frac{V_{z.Ed.LM1.2pod}}{V_{b.Rd}} = 0.115 < 0.5 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$V_n := \frac{V_{b.Rd} - (Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2pod.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2pod.ot}|)}{Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.2pod.LM1}|} \cdot w_{n.rep} = 4304.797 \text{ kN}$$

$$V_{n.2pod.2} := 430.4 \text{ ton}$$

### 5.3.3.2 Posúdenie na základe kombinácie max. priečnej sily nad pilierom

- vnútorné sily LM1 :  $N_{Ek.2pod.LM1.max} := 1.47 \text{ kN}$   $M_{y.Ek.2pod.LM1.max} := -723.58 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $V_{z.Ek.2pod.LM1.max} := 171.05 \text{ kN}$

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.2pod.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pod.vt}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 23.978 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.2pod.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pod.ot}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 23.623 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \left| \frac{N_{Ek.2pod.LM1.max}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pod.LM1.max}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 59.95 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť z ohybovej odolnosti :

$$V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{Y_{Q.1} \cdot \sigma_{LM1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n.rep} = 590.62 \text{ kN} \rightarrow V_{n.2pod.3} := 59.0 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť zo šmykovej odolnosti :

$$\eta_3 := \frac{Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2pod.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2pod.ot}| + Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.2pod.LM1.max}|}{V_{b.Rd}} = 0.111 < 0.5 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$V_n := \frac{V_{b.Rd} - (Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2pod.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2pod.ot}|)}{Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.2pod.LM1.max}|} \cdot w_{n.rep} = 4534.822 \text{ kN}$$

$$V_{n.2pod.4} := 453.4 \text{ ton}$$

### 5.3.4 Posúdenie v strede 2.poľa

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.2pole.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pole.vt}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 13.813 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.2pole.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pole.ot}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 14.194 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \left| \frac{N_{Ek.2pole.LM1}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pole.LM1}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 94.937 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť :

$$V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM1} \cdot Y_{Q.1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n.rep} = 439.006 \text{ kN} \rightarrow V_{n.2pole} := 43.9 \text{ ton}$$

### 5.3.5 Posúdenie nad 2.pilierom

#### 5.3.5.1 Posúdenie na základe kombinácie max. ohybového momentu nad pilierom

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.3pod.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pod.vt}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 25.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.3pod.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pod.ot}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 25.426 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \left| \frac{N_{Ek.3pod.LM1}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pod.LM1}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 75.77 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť z ohybovej odolnosti :

$$V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{Y_{Q.1} \cdot \sigma_{LM1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n.rep} = 451.573 \text{ kN} \rightarrow V_{n.3pod.1} := 45.1 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť zo šmykovej odolnosti :

$$\eta_3 := \frac{|V_{z.Ed.LM1.3pod}|}{V_{b.Rd}} = 0.119 < 0.5 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$V_n := \frac{V_{b.Rd} - (Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.3pod.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.3pod.ot}|)}{Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.3pod.LM1}|} \cdot w_{n.rep} = 4267.529 \text{ kN}$$

$$V_{n.3pod.2} := 426.7 \text{ ton}$$

### 5.3.5.2 Posúdenie na základe kombinácie max. priečnej sily nad pilierom

- vnútorné sily LM1 :  $N_{Ek.3pod.LM1.max} := 0.72 \text{ kN}$   $M_{y.Ek.3pod.LM1.max} := -302.17 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $V_{z.Ek.3pod.LM1.max} := -253.39 \text{ kN}$

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.3pod.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pod.vt}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 25.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.3pod.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pod.ot}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 25.426 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \left| \frac{N_{Ek.3pod.LM1.max}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pod.LM1.max}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 25.038 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť z ohybovej odolnosti :

$$V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{Y_{Q.1} \cdot \sigma_{LM1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n.rep} = 1366.57 \text{ kN} \rightarrow V_{n.3pod.3} := 136.6 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť zo šmykovej odolnosti :

$$\eta_3 := \frac{Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.3pod.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.3pod.ot}| + Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.3pod.LM1.max}|}{V_{b.Rd}} = 0.148 < 0.5 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$V_n := \frac{V_{b.Rd} - (Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.3pod.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.3pod.ot}|)}{Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.3pod.LM1.max}|} \cdot w_{n.rep} = 3048.018 \text{ kN}$$

$$V_{n.3pod.4} := 304.8 \text{ ton}$$

### 5.3.6 Posúdenie v strede 3.poľa

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.3pole.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pole.vt}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 11.094 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.3pole.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pole.ot}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 9.91 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \left| \frac{N_{Ek.3pole.LM1}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pole.LM1}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 84.991 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť :  $V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM1} \cdot Y_{Q.1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n.rep} = 516.743 \text{ kN} \rightarrow V_{n.3pole} := 51.6 \text{ ton}$



## 5.3.7 Posúdenie nad 2.oporou

## 5.3.7.1 Posúdenie na základe kombinácie max. ohybového momentu nad oporou

- napätia od stáleho zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.4pod.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.4pod.vt}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 0.023 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.4pod.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.4pod.ot}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 0.029 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \left| \frac{N_{Ek.4pod.LM1}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.4pod.LM1}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 1.678 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť z ohybovej odolnosti :

$$V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{Y_{Q.1} \cdot \sigma_{LM1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n.rep} = 30175.218 \text{ kN} \rightarrow V_{n.4pod.1} := 3017.5 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť zo šmykovej odolnosti :

$$\eta_3 := \frac{|V_{z.Ed.LM1.4pod}|}{V_{b.Rd}} = 0.057 < 0.5 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$V_n := \frac{V_{b.Rd} - (Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.4pod.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.4pod.ot}|)}{Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.4pod.LM1}|} \cdot w_{n.rep} = 3705.57 \text{ kN}$$

$$V_{n.4pod.2} := 370.5 \text{ ton}$$

## 5.3.7.2 Posúdenie na základe kombinácie max. priečnej sily nad oporou

- vnútorné sily LM1 :  $N_{Ek.4pod.LM1.max} := -0.15 \text{ kN}$   $M_{y.Ek.4pod.LM1.max} := 19.03 \text{ kN} \cdot \text{m}$   $V_{z.Ek.4pod.LM1.max} := 200.64 \text{ kN}$ 

- napätia od stáleho zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.4pod.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.4pod.vt}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 0.023 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.4pod.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.4pod.ot}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 0.029 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \left| \frac{N_{Ek.4pod.LM1.max}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.4pod.LM1.max}}{W_y \cdot \chi_{LT}} \right| = 1.579 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť z ohybovej odolnosti :

$$V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{Y_{Q.1} \cdot \sigma_{LM1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n.rep} = 32058.232 \text{ kN} \rightarrow V_{n.4pod.3} := 3205.8 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť zo šmykovej odolnosti :

$$\eta_3 := \frac{Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.4pod.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.4pod.ot}| + Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.4pod.LM1.max}|}{V_{b.Rd}} = 0.106 < 0.5 \rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$V_n := \frac{V_{b.Rd} - (Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.4pod.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.4pod.ot}|)}{Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.4pod.LM1.max}|} \cdot w_{n.rep} = 3935.876 \text{ kN}$$

$$V_{n.3pod.4} := 393.5 \text{ ton}$$

## 5.4 Posúdenie výhradnej zaťažiteľnosti

Na základe analýzy normálnej zaťažiteľnosti sa dá usúdiť, že rozhodujúce miesta na určenie zaťažiteľnosti sú len uprostred polí. V ďalšom výpočte nebudeme počítat zaťažiteľnosť nad oporami ani piliermi, nakoľko návrhové hodnoty vnútorných síl sú tak malé, že zaťažiteľnosť vychádza rádovo vyššia než uprostred polí, rovnako ako vo výpočte normálnej zaťažiteľnosti. Podľa TP sa musí pri výpočte výhradnej zaťažiteľnosti vziať do úvahy aj dynamický súčiniteľ, ktorý znižuje reprezentatívnu hodnotu zaťaženia.

$$\varphi := 1.4 - \frac{L}{500} = 1.238$$

$$w_{r.rep} := \frac{900}{\varphi} \text{ kN} = 726.979 \text{ kN}$$

### 5.4.1 Posúdenie v strede 1. poľa

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.1pole.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.1pole.vt}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 11.235 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.1pole.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.1pole.ot}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 10.001 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM3.900} := \left| \frac{N_{Ek.1pole.LM3.900}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.1pole.LM3.900}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 82.6 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť :

$$v_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM3.900} \cdot Y_{Q.1}}{f_{yd}}} \cdot w_{r.rep} = 1205.881 \text{ kN} \rightarrow V_{r.1pole} := 120.5 \text{ ton}$$

### 5.4.2 Posúdenie v strede 2. poľa

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.2pole.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pole.vt}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 13.813 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.2pole.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pole.ot}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 14.194 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM3.900} := \left| \frac{N_{Ek.2pole.LM3.900}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pole.LM3.900}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 89.261 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť :

$$v_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM3.900} \cdot Y_{Q.1}}{f_{yd}}} \cdot w_{r.rep} = 1060.758 \text{ kN} \rightarrow V_{r.2pole} := 106.0 \text{ ton}$$

### 5.4.3 Posúdenie v strede 3. poľa

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.3pole.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pole.vt}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 11.094 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.3pole.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pole.ot}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 9.91 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM3.900} := \left| \frac{N_{Ek.3pole.LM3.900}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pole.LM3.900}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 83.731 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť :

$$v_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM3.900} \cdot Y_{Q.1}}{f_{yd}}} \cdot w_{r.rep} = 1191.606 \text{ kN} \rightarrow V_{r.3pole} := 119.1 \text{ ton}$$

## 5.5 Posúdenie výnimočnej zaťažiteľnosti

Rovnako ako výnimočnú tak aj výhradnú zaťažiteľnosť budeme posudzovať len uprostred polí.

$$w_{e.rep} := 3000 \text{ kN}$$

### 5.5.1 Posúdenie v strede 1. poľa

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.1pole.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.1pole.vt}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 11.235 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.1pole.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.1pole.ot}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 10.001 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM3.3000} := \left| \frac{N_{Ek.1pole.LM3.3000}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.1pole.LM3.3000}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 183.357 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť :

$$v_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM3.3000} \cdot Y_{Q.1}}{f_{yd}}} \cdot w_{e.rep} = 2241.738 \text{ kN} \rightarrow v_{e.1pole} := 224.1 \text{ ton}$$

### 5.5.2 Posúdenie v strede 2. poľa

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.2pole.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pole.vt}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 13.813 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.2pole.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pole.ot}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 14.194 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM3.3000} := \left| \frac{N_{Ek.2pole.LM3.3000}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2pole.LM3.3000}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 215.86 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť :

$$v_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM3.3000} \cdot Y_{Q.1}}{f_{yd}}} \cdot w_{e.rep} = 1810.104 \text{ kN} \rightarrow v_{e.2pole} := 181.0 \text{ ton}$$

### 5.5.3 Posúdenie v strede 3. poľa

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.3pole.vt}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pole.vt}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 11.094 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.3pole.ot}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pole.ot}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 9.91 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM3.3000} := \left| \frac{N_{Ek.3pole.LM3.3000}}{A} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.3pole.LM3.3000}}{W_y \cdot X_{LT}} \right| = 182.898 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť :

$$v_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM3.3000} \cdot Y_{Q.1}}{f_{yd}}} \cdot w_{e.rep} = 2251.17 \text{ kN} \rightarrow v_{e.3pole} := 225.1 \text{ ton}$$

## 6. Posúdenie dreveného podvalu mostovky

### 6.1 Prierezové a materiálové charakteristiky

Mostovka mostného objektu sa skladá z priečne ukladáných podvalov z listnatého dreva. Podvaly sú značne poznačené vlhkosťou, drevo sa začína miestami rozpadáť, čo treba zohľadniť v jeho pevnosti. Zo statického hľadiska podval považujeme za spojitý nosník, pričom trámy uvažujeme ako jeho podpery.

$$t := 200 \text{ mm}$$

$$b := 140 \text{ mm}$$

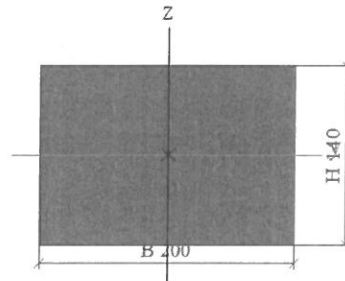
$$A := 2.8000 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$z_1 := 70 \text{ mm}$$

$$I_y := 4.5733 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_y := \frac{I_y}{z_1} = (6.5333 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\gamma_M := 1.3 \rightarrow \text{Pôvodne tvrdé drevo}$$



- je nutné znížiť pevnosť dreva aspoň o 50%, nakoľko mostné podvaly sú poznačené vysokou vlhkosťou, degradáciou a vysokým vekom (jaseň) :

$$f_y := 0.5 \cdot 30 \text{ MPa} = 15 \text{ MPa}$$

$$\text{- momentová a šmyková odolnosť : } M_{y,Rd} := \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_M} = 7.538 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad V_{c,Rd} := \frac{A \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_M} = 186.529 \text{ kN}$$

### 6.2 Stále zaťaženie

$$\begin{aligned} \text{- tiaž krajnice :} & \quad g_K := \gamma_D \cdot 140 \text{ mm} \cdot 190 \text{ mm} = 0.239 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1} \\ \text{- tiaž vozovky :} & \quad g_V := \gamma_A \cdot 130 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm} = 0.572 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1} \\ \text{- tiaž zábradlia :} & \quad g_Z := g_L \cdot 2 \cdot 2.5 \text{ m} = 0.271 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 6.3 Premenné zaťaženie

#### LM1 - normálna zaťažiteľnosť

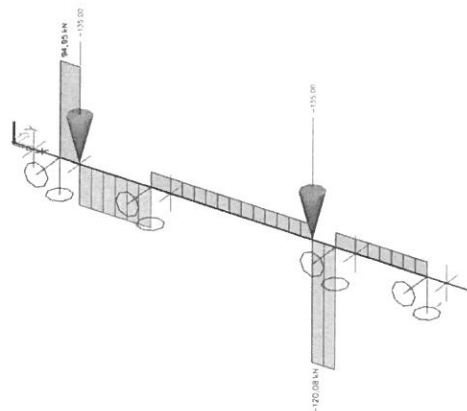
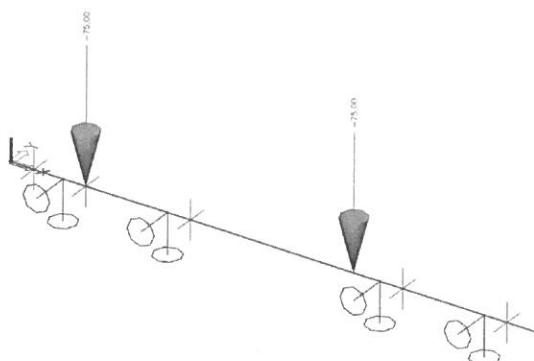
$$\begin{aligned} \text{- zaťaženie jedného kola :} & \quad Q_{1k} := 300 \text{ kN}, \quad q_{1k} := 9 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}, \quad q_{rk} := 2.5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1} \\ & \quad \alpha_{Q1} := 0.9, \quad \alpha_{q1} := 0.6, \quad \alpha_r := 1.0 \\ Q_1 &:= 0.5 \cdot Q_{1k} \cdot \alpha_{Q1} = 135 \text{ kN} \quad q_1 := q_{1k} \cdot \alpha_{q1} = 5.4 \text{ m} \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \quad q_r := q_{rk} \cdot \alpha_r = 2.5 \text{ m} \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2} \end{aligned}$$

#### LM3 900/150 - výhradná zaťažiteľnosť

$$\text{- zaťaženie jedného kola : } Q_{LM3.900} := 0.5 \cdot 150 \text{ kN} = 75 \text{ kN} \quad \varphi := 1.4 - \frac{L_{pod}}{500} = 1.392 \quad w_{r,rep} := \frac{900}{\varphi} \text{ kN} = 646.487 \text{ kN}$$

#### LM3 3000/200 - výnimočná zaťažiteľnosť

$$\text{- zaťaženie jedného kola : } Q_{LM3.3000} := 0.5 \cdot 200 \text{ kN} = 100 \text{ kN}$$



## 6.4 Normálna zaťažiteľnosť

- v miestach maximálneho ohybového momentu od LM1 sú vnútorné sily od jednotlivých zaťažovacích stavov :

$$\begin{aligned}
 M_{y,Ek,stále} &:= 0.08 \text{ kN} \cdot \text{m} & M_{y,Ek,vl,tiaž} &:= 0.01 \text{ kN} \cdot \text{m} & M_{y,Ek,LM1} &:= 15.99 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 V_{z,Ek,stále} &:= 0.45 \text{ kN} & V_{z,Ek,vl,tiaž} &:= 0.12 \text{ kN} & V_{z,Ek,LM1} &:= 120.08 \text{ kN} \\
 v_{n,podv,M} &:= \frac{M_{y,Rd} - (M_{y,Ek,stále} \cdot Y_{G,sup} + M_{y,Ek,vl,tiaž} \cdot Y_{G,sup})}{M_{y,Ek,LM1} \cdot Y_{Q,1}} \cdot w_{n,rep} = 109.949 \text{ kN} \rightarrow v_{n,podv,M} := 10.9 \text{ ton} \\
 v_{n,podv,V} &:= \frac{V_{c,Rd} - (V_{z,Ek,stále} \cdot Y_{G,sup} + V_{z,Ek,vl,tiaž} \cdot Y_{G,sup})}{V_{z,Ek,LM1} \cdot Y_{Q,1}} \cdot w_{n,rep} = 366.687 \text{ kN} \rightarrow v_{n,podv,V} := 36.6 \text{ ton} \\
 v_{n,podv} &:= 10.9 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

## 6.5 Výhradná zaťažiteľnosť

$$\begin{aligned}
 M_{y,Ek,stále} &:= 0.08 \text{ kN} \cdot \text{m} & M_{y,Ek,vl,tiaž} &:= 0.01 \text{ kN} \cdot \text{m} & M_{y,Ek,LM3,900} &:= 8.97 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 V_{z,Ek,stále} &:= 0.45 \text{ kN} & V_{z,Ek,vl,tiaž} &:= 0.12 \text{ kN} & V_{z,Ek,LM3,900} &:= 66.71 \text{ kN} \\
 v_{r,podv,M} &:= \frac{M_{y,Rd} - (M_{y,Ek,stále} \cdot Y_{G,sup} + M_{y,Ek,vl,tiaž} \cdot Y_{G,sup})}{M_{y,Ek,LM3,900} \cdot Y_{Q,1}} \cdot w_{r,rep} = 395.964 \text{ kN} \rightarrow v_{r,podv,M} := 39.5 \text{ ton} \\
 v_{r,podv,V} &:= \frac{V_{c,Rd} - (V_{z,Ek,stále} \cdot Y_{G,sup} + V_{z,Ek,vl,tiaž} \cdot Y_{G,sup})}{V_{z,Ek,LM3,900} \cdot Y_{Q,1}} \cdot w_{r,rep} = 1333.475 \text{ kN} \rightarrow v_{r,podv,V} := 133.3 \text{ ton} \\
 v_{r,podv} &:= 39.5 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

## 6.6 Výnimočná zaťažiteľnosť

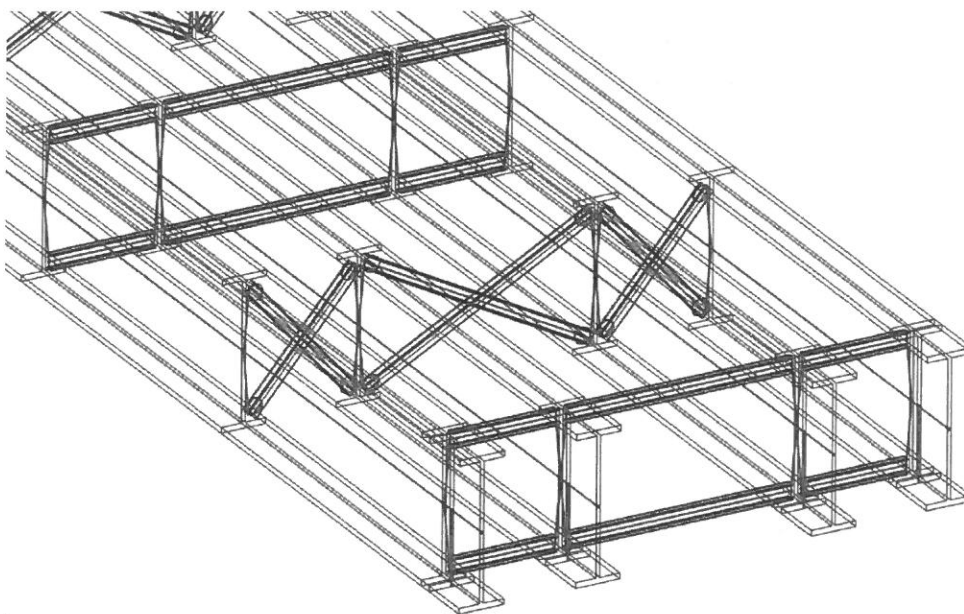
$$\begin{aligned}
 M_{y,Ek,stále} &:= 0.08 \text{ kN} \cdot \text{m} & M_{y,Ek,vl,tiaž} &:= 0.01 \text{ kN} \cdot \text{m} & M_{y,Ek,LM3,3000} &:= 11.96 \text{ kN} \cdot \text{m} \\
 V_{z,Ek,stále} &:= 0.45 \text{ kN} & V_{z,Ek,vl,tiaž} &:= 0.12 \text{ kN} & V_{z,Ek,LM3,3000} &:= 88.95 \text{ kN} \\
 v_{e,podv,M} &:= \frac{M_{y,Rd} - (M_{y,Ek,stále} \cdot Y_{G,sup} + M_{y,Ek,vl,tiaž} \cdot Y_{G,sup})}{M_{y,Ek,LM3,3000} \cdot Y_{Q,1}} \cdot w_{e,rep} = 1378.095 \text{ kN} \rightarrow v_{e,podv,M} := 137.8 \text{ ton} \\
 v_{e,podv,V} &:= \frac{V_{c,Rd} - (V_{z,Ek,stále} \cdot Y_{G,sup} + V_{z,Ek,vl,tiaž} \cdot Y_{G,sup})}{V_{z,Ek,LM3,3000} \cdot Y_{Q,1}} \cdot w_{e,rep} = 4640.786 \text{ kN} \rightarrow v_{e,podv,V} := 464.0 \text{ ton} \\
 v_{e,podv} &:= 137.8 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

## 7. Posúdenie priečnikov

Na mostnom objekte sa striedajú dve typy priečnikov. Prvý typ predstavujú oceľové profily IPE 100, navarené na pásnice hlavného nosníka. Medzi týmito nosníkmi a podvalmi je vôľa, predpokladá sa teda že zaťaženie do nich sa prenáša len cez hlavné nosníky pomocou zvarov. Posudzovať sa bude priečnik navarený na hornú pásnicu na ohyb a tlak. Druhý typ predstavujú oceľové L profily, ktoré sú na pásnice skrutkované 1 ks skrutky, z čoho vyplýva že sa jedná o klbové pripojenie, čiže momenty prenášané z hlavných nosníkov sú nulové. Vnútorne sily na týchto priečnikoch sú zanedbateľné, preto na nich nebudeme určovať zaťažiteľnosť.

Vzhľadom na statickú sústavu - spojitý nosník, budeme určovať zaťažiteľnosť pre stredný nosník v 1. poli a nad prvým pilierom. Vybrané priečniky sú vhodné na posúdenie z hľadiska priebehu ohybových momentov na hlavných nosníkoch, keďže sa z nich zaťaženie kolesovými silami prenáša do priečnikov. Z toho vyplýva že najviac namáhané priečniky sú v miestach kde je najviac namáhaný aj hlavný nosník.

Stredný prvok sústavy priečnikov budeme posudzovať na kombináciu tlaku a ohybu a krajný na šmykovú silu. Vzhľadom na dominujúcu osovú silu, zoberieme v úvahu vplyv vzperu na osovú silu.



### 7.1 Prierezové charakteristiky

Prierezové charakteristiky :

$$A := 1030 \text{ mm}^2$$

$$h_w := 88.6 \text{ mm}$$

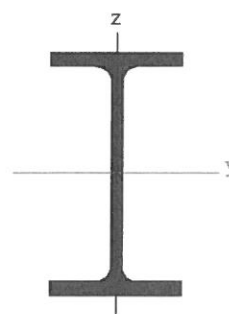
$$b_f := 55 \text{ mm}$$

$$t_f := 5.7 \text{ mm}$$

$$t_w := 4.1 \text{ mm}$$

$$W_y := 3.940 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

- tr. prierezu : 1.trieda - plastické posúdenie



Vplyv vzperu :  $d := \frac{1}{6} \cdot h_w = 14.767 \text{ mm} \rightarrow L_c := 1.52 \text{ m}$

$$A_f := b_f \cdot t_f + t_w \cdot d = 374.043 \text{ mm}^2$$

$$I_z := \frac{1}{12} \cdot (d \cdot t_w^3 + t_f \cdot b_f^3) = (7.911 \cdot 10^{-8}) \text{ m}^4$$

$$i_{f,z} := \sqrt{\frac{I_z}{A_f}} = 0.015 \text{ m}$$

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9 \rightarrow k_c := 1.0$$

$$\lambda_f := \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_1} = 1.113 \rightarrow \alpha := 0.21$$

$$\phi := 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_f - 0.2) + \lambda_f^2) = 1.215$$

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_f^2}} = 0.587$$

Šmyková odolnosť:  $V_{Rd} := A \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 127.043 \text{ kN}$

Dynamický súčiniteľ:  $\phi := 1.4 - \frac{L_{pr}}{500} = 1.397 \rightarrow w_{r,rep} := \frac{900}{\phi} \text{ kN} = 644.256 \text{ kN}$

## 7.2 Posúdenie priečnika v poli č.1

### 7.2.1 Normálna zaťažiteľnosť

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek,1p,vt}}{A \cdot \chi} - \frac{M_{y,Ek,1p,vt}}{W_y} \right| = 0.535 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek,1p,ot}}{A \cdot \chi} - \frac{M_{y,Ek,1p,ot}}{W_y} \right| = 31.574 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \left| \frac{N_{Ek,1p,LM1}}{A \cdot \chi} - \frac{M_{y,Ek,1p,LM1}}{W_y} \right| = 185.923 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť (ohyb + tlak) :

$$V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G,sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G,sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM1} \cdot Y_{Q,1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n,rep} = 217.105 \text{ kN} \rightarrow V_{n,1p,M} := 21.7 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť (šmyk) :

$$V_{n,p,V} := \frac{V_{Rd} - (Y_{G,sup} \cdot |V_{z,Ek,1p,vt}| + Y_{G,sup} \cdot |V_{z,Ek,1p,ot}|)}{Y_{Q,1} \cdot |V_{z,Ek,1p,LM1}|} \cdot w_{n,rep} = 1279.247 \text{ kN} \rightarrow V_{n,1p,V} := 127.9 \text{ ton}$$

### 7.2.2 Výhradná zaťažiteľnosť

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM3,900} := \left| \frac{N_{Ek,1p,LM3,900}}{A \cdot \chi} - \frac{M_{y,Ek,1p,LM3,900}}{W_y} \right| = 172.489 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť (ohyb + tlak) :

$$V_r := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G,sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G,sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM3,900} \cdot Y_{Q,1}}{f_{yd}}} \cdot w_{r,rep} = 471.14 \text{ kN} \rightarrow V_{e,1p,M} := 47.1 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť (šmyk) :

$$V_{r,p,V} := \frac{V_{Rd} - (Y_{G,sup} \cdot |V_{z,Ek,1p,vt}| + Y_{G,sup} \cdot |V_{z,Ek,1p,ot}|)}{Y_{Q,1} \cdot |V_{z,Ek,1p,LM3,900}|} \cdot w_{r,rep} = 1907.26 \text{ kN} \rightarrow V_{e,1p,V} := 190.7 \text{ ton}$$

### 7.2.3 Výnimočná zaťažiteľnosť

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM3,3000} := \left| \frac{N_{Ek,1p,LM3,3000}}{A \cdot \chi} - \frac{M_{y,Ek,1p,LM3,3000}}{W_y} \right| = 343.336 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť (ohyb + tlak) :

$$V_e := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G,sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G,sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM3,3000} \cdot Y_{Q,1}}{f_{yd}}} \cdot w_{e,rep} = 1102.189 \text{ kN} \rightarrow V_{r,1p,M} := 110.2 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť (šmyk) :

$$V_{e,p,V} := \frac{V_{Rd} - (Y_{G,sup} \cdot |V_{z,Ek,1p,vt}| + Y_{G,sup} \cdot |V_{z,Ek,1p,ot}|)}{Y_{Q,1} \cdot |V_{z,Ek,1p,LM3,3000}|} \cdot w_{e,rep} = 4515.106 \text{ kN} \rightarrow V_{r,1p,V} := 451.5 \text{ ton}$$

## 7.3 Posúdenie priečnika nad 1.pilierom

### 7.3.1 Normálna zaťažiteľnosť

- napätia od stálego zaťaženia :

$$\sigma_{vt} := \left| \frac{N_{Ek.2p.vt}}{A \cdot \chi} - \frac{M_{y.Ek.2p.vt}}{W_y} \right| = 0.353 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ot} := \left| \frac{N_{Ek.2p.ot}}{A \cdot \chi} - \frac{M_{y.Ek.2p.ot}}{W_y} \right| = 6.608 \text{ MPa}$$

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM1} := \left| \frac{N_{Ek.2p.LM1}}{A \cdot \chi} - \frac{M_{y.Ek.2p.LM1}}{W_y} \right| = 51.905 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť (ohyb + tlak) :

$$V_n := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM1} \cdot Y_{Q.1}}{f_{yd}}} \cdot w_{n.rep} = 932.707 \text{ kN} \rightarrow V_{n.2p.M} := 93.2 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť (šmyk) :

$$V_{n.p.V} := \frac{V_{Rd} - (Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2p.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2p.ot}|)}{Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.2p.LM1}|} \cdot w_{n.rep} = 4619.069 \text{ kN} \rightarrow V_{n.2p.V} := 461.9 \text{ ton}$$

### 7.3.2 Výhradná zaťažiteľnosť

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM3.900} := \left| \frac{N_{Ek.2p.LM3.900}}{A \cdot \chi} - \frac{M_{y.Ek.2p.LM3.900}}{W_y} \right| = 42.903 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť (ohyb + tlak) :

$$V_r := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM3.900} \cdot Y_{Q.1}}{f_{yd}}} \cdot w_{r.rep} = 2271.834 \text{ kN} \rightarrow V_{e.2p.M} := 227.1 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť (šmyk) :

$$V_{r.p.V} := \frac{V_{Rd} - (Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2p.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2p.ot}|)}{Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.2p.LM3.900}|} \cdot w_{r.rep} = 7618.361 \text{ kN} \rightarrow V_{e.2p.V} := 761.8 \text{ ton}$$

### 7.3.3 Výnimočná zaťažiteľnosť

- napätia od premenného zaťaženia :

$$\sigma_{LM3.3000} := \left| \frac{N_{Ek.2p.LM3.3000}}{A \cdot \chi} \right| + \left| \frac{M_{y.Ek.2p.LM3.3000}}{W_y} \right| = 84.532 \text{ MPa}$$

- zaťažiteľnosť (ohyb + tlak) :

$$V_e := \frac{1 - \left( \frac{\sigma_{vt} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} + \frac{\sigma_{ot} \cdot Y_{G.sup}}{f_{yd}} \right)}{\frac{\sigma_{LM3.3000} \cdot Y_{Q.1}}{f_{yd}}} \cdot w_{e.rep} = 5369.111 \text{ kN} \rightarrow V_{n.1p.M} := 536.9 \text{ ton}$$

- zaťažiteľnosť (šmyk) :

$$V_{e.p.V} := \frac{V_{Rd} - (Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2p.vt}| + Y_{G.sup} \cdot |V_{z.Ek.2p.ot}|)}{Y_{Q.1} \cdot |V_{z.Ek.2p.LM3.900}|} \cdot w_{e.rep} = 35475.152 \text{ kN} \rightarrow V_{n.1p.V} := 3547 \text{ ton}$$



## 8. Výsledná zaťažiteľnosť

Na základe prepočtu sa dá skonštatovať, že rozhodujúcim prvkom je drevená mostovka. Z dôvodu že mostovka nie je spriahnutá, nerozdistribuuje sa vnútorné sily od náprav pomerne medzi všetky nosníky, sily sa prenášajú teda priamo do nosníkov, na základe čoho musí priečník prenášať väčšiu záťaž, čo sa poznačilo aj na nízkej únosnosti priečníka. V prípade spriahnutia mostovky s hlavnými nosníkmi bude konštrukcia natoľko tuhá, že mostovka zaistí prenos vnútorných síl rovnomerne a s tým sa zvýši aj únosnosť priečníkov.

Maximálne hodnoty prenosu zaťaženia - veľkú zaťažiteľnosť, je možné pozorovať nad piliermi a oporami, kde sa miestami mohla zaťažiteľnosť rozniť rádovo v tisíckach. Rozhodujúcimi miestami boli teda miesta v strede polí. rozhodovali posúdenia na ohybovú odolnosť, nie na šmykovú. Nosníky majú natoľko mohutné steny, že dokážu preniesť veľkú zvislú záťaž - šmykovú silu. V miestach nad podperami sme posúdili dva zaťažovacie stavy - pre max. priečnu silu a pre max. ohybový moment.

Zaťažiteľnosť - Normálna						
Miesto	Hlavný nosník		Mostovka		Priečník	
	OHYB	ŠMYK	OHYB	ŠMYK	OHYB	ŠMYK
1.Opora - Max. M	56,0	703,4	-	-	-	-
Max. V	5398,8	423,3	-	-	-	-
1.Pole	48,5	-	10,9	36,6	21,7	127,9
1.Pilier - Max. M	48,4	430,4	-	-	93,2	461,9
Max. V	59,0	453,4	-	-	-	-
2.Pole	43,9	-	-	-	-	-
2.Pilier - Max. M	45,1	426,7	-	-	-	-
Max. V	136,6	304,8	-	-	-	-
3.Pole	51,6	-	-	-	-	-
2.Opora - Max. M	3017,5	370,5	-	-	-	-
Max. V	3205,8	393,5	-	-	-	-
Zaťažiteľnosť - Výhradná						
Miesto	Hlavný nosník		Mostovka		Priečník	
	OHYB	ŠMYK	OHYB	ŠMYK	OHYB	ŠMYK
1.Pole	120,5	-	39,5	133,3	47,1	190,7
1.Pilier	-	-	-	-	227,1	761,8
2.Pole	106,0	-	-	-	-	-
3.Pole	119,1	-	-	-	-	-
Zaťažiteľnosť - Výnimočná						
Miesto	Hlavný nosník		Mostovka		Priečník	
	OHYB	ŠMYK	OHYB	ŠMYK	OHYB	ŠMYK
1.Pole	224,1	-	137,8	464,0	110,2	451,5
1.Pilier	-	-	-	-	536,9	3547,0
2.Pole	181,0	-	-	-	-	-
3.Pole	225,1	-	-	-	-	-

Normálna zaťažiteľnosť - 10,9 t

Výhradná zaťažiteľnosť - 39,5 t

Výnimočná zaťažiteľnosť - 110,2 t



Vypracoval : Ing. Jakub Lojdl

Kontroloval : Ing. Peter Slašťan

