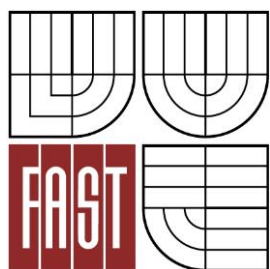




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# OCELOVÁ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ PLAVECKÉHO BAZÉNU

STEEL STRUCTURE OF SWIMMING POOL ROOF

## D - STATICKÝ VÝPOČET

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

MARTIN KRCHNÁK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2014

# Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Popis konstrukce.....</b>	<b>5</b>
<b>3. Zatížení .....</b>	<b>7</b>
3.1. ZS1 Vlastní tíha .....	7
3.2. ZS2 Ostatní stálé.....	7
3.3. Zatížení sněhem .....	7
3.3.1. ZS3 Zatížení plným sněhem.....	7
3.3.2. ZS4 Zatížení navátým sněhem doprostřed .....	8
3.3.3. ZS5 Zatížení navátým sněhem na strany.....	9
3.4. Zatížení větrem .....	10
3.4.1. Účinky větru na stěny .....	10
3.4.2. Účinky větru na zastřešení .....	11
3.4.3. ZS6 – ZS7 Zatížení větrem příčným .....	12
3.4.4. Účinky větru na zastřešení .....	12
3.4.5. ZS 8 – ZS9 Zatížení podélným větrem .....	13
3.4.6. Účinky tření větru na zastřešení .....	13
<b>4. Kombinace zatěžovacích stavů .....</b>	<b>14</b>
4.1. Hodnoty kombinačních součinitelů .....	14
4.2. MSÚ .....	14
4.2.1. Klíč kombinací pro MSÚ .....	14
4.3. MSP .....	15
4.3.1. Klíč kombinací pro MSP .....	15
<b>5. Návrh a posouzení trapézového plechu .....</b>	<b>16</b>
<b>6. Posouzení prvků vazníku na mezní stav únosnosti.....</b>	<b>17</b>
6.1. Díl 1 .....	17
6.1.1. Horní pás .....	17
6.1.2. Dolní pás .....	21
6.1.3. Diagonála .....	25
6.2. Díl 2 .....	28
6.2.1. Horní pás .....	28
6.2.2. Dolní pás .....	32
6.2.3. Diagonála A.....	36
6.2.4. Diagonála B.....	39
6.3. Ztužující a stabilizační prvky .....	42
6.3.1. Podélné ztužidlo .....	42
6.3.2. Příčné ztužidlo.....	49
6.3.3. Stabilizační rozpěra HP .....	53
6.3.4. Stabilizační rozpěra DP .....	56
<b>7. Posouzení spojů.....</b>	<b>58</b>
7.1. Díl 1 .....	58
7.1.1. Připojení diagonály k dolnímu pásu.....	58

7.1.2. Připojení diagonály k hornímu pásu.....	63
7.2. Díl 2.....	68
7.2.1. Připojení diagonály k dolnímu pásu.....	68
7.2.2. Připojení diagonály k hornímu pásu.....	73
7.3. Spojení prvků zajišťujících stabilitu.....	78
7.3.1. Křížení příčný ztužidel.....	78
<b>8. Posouzení kotvení .....</b>	<b>84</b>
8.1. Návrhové hodnoty reakcí v kotvení .....	84
8.2. Pravá strana .....	85
8.2.1. Návrh a posouzení čepu .....	85
8.2.2. Návrh a posouzení svarů .....	88
8.3. Posouzení chemických kotev .....	93
8.4. Betonová patka .....	93
8.4.1. Vnitřní síly a charakteristiky betonu .....	93
8.4.2. Posouzení betonu v tlaku.....	94
<b>9. Posouzení prvků vazníku na mezní stav použitelnosti.....</b>	<b>98</b>
9.1. Horní pás .....	98
9.1.1. Deformace ve svislém směru .....	99
9.1.2. Deformace ve vodorovném směru .....	99
9.2. Dolní pás.....	99
9.2.1. Deformace ve svislém směru .....	100
9.2.2. Deformace ve vodorovném směru .....	100
9.3. Rozpěra horního pásu .....	101
9.4. Rozpěra dolního pásu .....	102
<b>10. Výkaz materiálu .....</b>	<b>103</b>
<b>11. Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>104</b>

## Seznam obrázků

Obr. 1 Axonometrické schéma konstrukce .....	6
Obr. 2 Řez vazníku.....	6
Obr. 3 ZS 3 schéma zatížení pro plný sníh .....	8
Obr. 4 ZS 4 schéma pro sníh navátý doprostřed .....	8
Obr. 5 ZS 5 schéma pro sníh navátý na strany .....	9
Obr. 6 schéma působení větru na stěny .....	11
Obr. 7 schéma působení větru na zastřešení .....	11
Obr. 8 ZS 6 - ZS 7 schéma působení příčného větru na budovu.....	12
Obr. 9 uvažované úhly sklonu střechy $\alpha$ .....	12
Obr. 10 ZS 8 schéma působení větru na zastřešení (podélný vítr).....	13
Obr. 11 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – normálové síly [kN] .....	17
Obr. 12 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – posouvající síly [kN].....	17
Obr. 13 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – ohybové momenty [kNm] .....	17
Obr. 14 Poloha posuzovaného prvku vazníku.....	19
Obr. 15 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – normálové síly [kN] .....	21
Obr. 16 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – posouvající síly [kN] .....	21
Obr. 17 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – ohybové momenty [kNm] .....	21
Obr. 18 Poloha posuzovaného prvku vazníku.....	23
Obr. 19 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – normálové síly [kN] .....	28
Obr. 20 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – posouvající síly [kN].....	28
Obr. 21 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – ohybové momenty [kNm] .....	28
Obr. 22 Poloha posuzovaného prvku vazníku.....	30
Obr. 23 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – normálové síly [kN] .....	32
Obr. 24 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – posouvající síly [kN] .....	32
Obr. 25 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – ohybové momenty [kNm] .....	32
Obr. 26 Poloha posuzovaného prvku vazníku.....	34
Obr. 27 Poloha podélných ztužidel .....	42
Obr. 28 Poloha příčných ztužidel .....	49
Obr. 29 Zatížení příčného ztužidla stabilitními silami .....	49
Obr. 30 Zatížení příčného ztužidla účinky větru .....	49
Obr. 31 Vnitřní síly na prutech ztužidla [kN] .....	50
Obr. 32 Vnitřní síly na horních rozpěrách.....	50
Obr. 33 Zatížení spodní rozpěry stabilitními silami .....	56
Obr. 34 Vnitřní síly na spodních rozpěrách .....	56
Obr. 33 Detail spoje – TR 48,3x4,0 – Dolní pás.....	58
Obr. 34 Vnitřní síly v spoji.....	59
Obr. 35 Umístění posuzovaného svaru .....	60
Obr. 36 Umístění posuzovaného svaru .....	61
Obr. 37 Detail spoje – TR 48,3x4,0 – Horní pás.....	63
Obr. 38 Vnitřní síly v spoji.....	64
Obr. 39 Umístění posuzovaného svaru .....	65
Obr. 40 Umístění posuzovaného svaru .....	66
Obr. 41 Detail spoje – TR 48,3x4,0 – Dolní pás.....	68
Obr. 42 Vnitřní síly v spoji.....	69
Obr. 43 Umístění posuzovaného svaru .....	70
Obr. 44 Umístění posuzovaného svaru .....	71
Obr. 45 Detail spoje – TR 48,3x4,0 – Horní pás.....	73

Obr. 46 Vnitřní síly v spoji.....	74
Obr. 47 Umístění posuzovaného svaru .....	75
Obr. 48 Umístění posuzovaného svaru .....	76
Obr. 49 Detail spoje – Křížení podélných ztužidel .....	78
Obr. 50 Umístění posuzovaného svaru .....	79
Obr. 51 Umístění posuzovaného svaru .....	80
Obr. 52 Detail kotvení – pravá strana .....	85
Obr. 53 Otláčení styčnickového plechu .....	86
Obr. 54 Umístění posuzovaného svaru čelní deska – dolní pás .....	88
Obr. 55 Umístění posuzovaného svaru kotevní plech – čelní deska .....	89
Obr. 56 Umístění posuzovaného svaru .....	90
Obr. 57 Detail patního plechu a umístění svaru .....	91
Obr. 58 Detail výztuh patního plechu a umístění svaru .....	92
Obr. 59 Detail podkladního plechu .....	93
Obr. 60 Rozměry podkladního plechu .....	94
Obr. 61 Deformace horního pásu $u_z$ [mm] .....	98
Obr. 62 Deformace horního pásu $u_y$ [mm] .....	98
Obr. 63 Deformace dolního pásu $u_z$ [mm] .....	100
Obr. 64 Deformace dolního pásu $u_y$ [mm] .....	100
Obr. 65 Relativní deformace rozpěry horního pásu [mm] .....	101
Obr. 66 Relativní deformace rozpěry horního pásu [mm] .....	102

## 1. Úvod

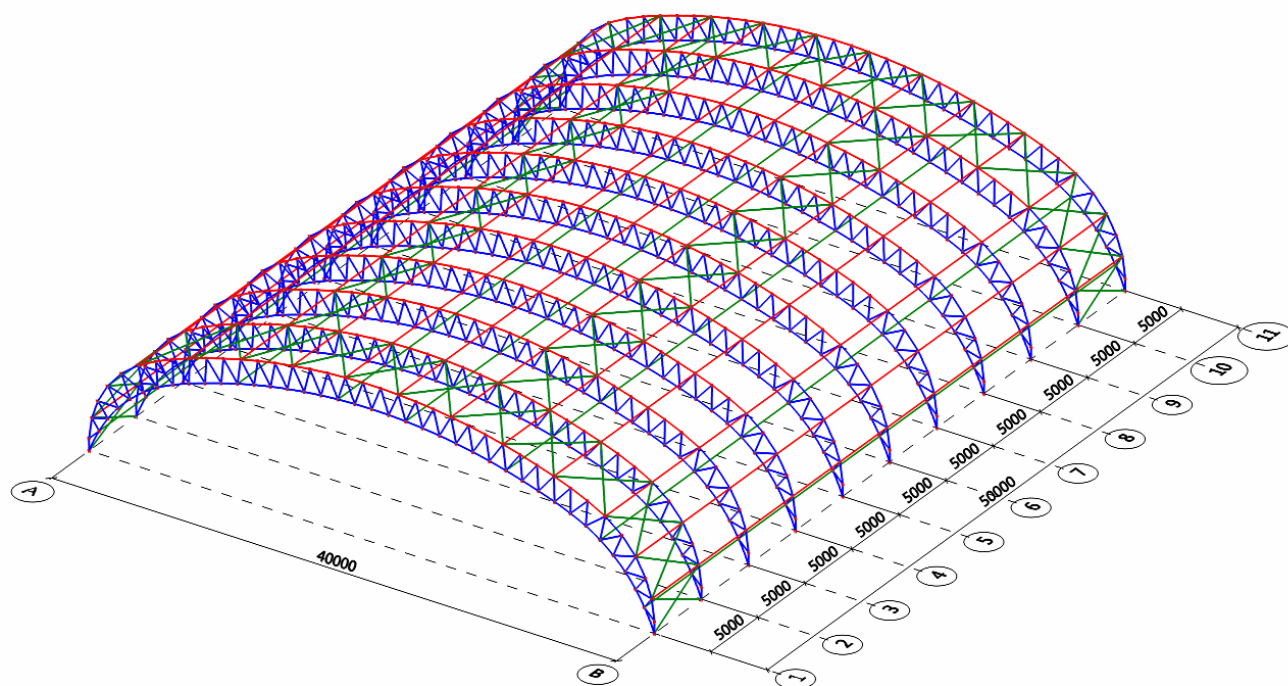
Obsahem této práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce zastřešení plaveckého bazénu. Půdorysné rozměry jsou 40,0 x 60,0 m, výška objektu cca 11,0 m. Nosný systém konstrukce je tvořen z polygonálně lomených příhradových vazníků. Konečné řešení je zvoleno ze dvou předběžných variant. Ty jsou porovnány na základě hmotnosti, a ceny. Přičemž rozhodující faktor tvoří cena konstrukce.

Varianty jsou pro předběžný návrh zatíženy účinkům stálého zatížení v podobě vlastní tíhy a tíhy střešního pláště. Dále klimatickými účinky v podobě plného sněhu.

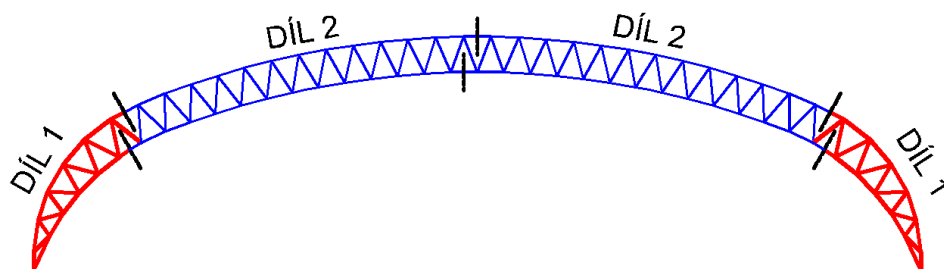
Návrh, posouzení a vyhodnocení variant je provedeno na kompletním konstrukčním modelu, který je vytvořen v programu Scia Engineer jako 3D prutový model.

## 2. Popis konstrukce

Hlavní nosný systém tvoří 11 rovinných polygonálně lomených příhradových vazníků, v osové vzdálenosti 5,0 m. Výplňové pruty jsou tvořeny diagonálami po cca 1,1 m. Podpory vazníků jsou modelovány jako kloubově neposuvné v obou směrech. Ztužení vazníků v podélném směru je zajištěno ztužidly z TR 89,9/5. Příčné ztužení je zajištěno v krajních polích pomocí ztužidel z profilů TR 88,9/5. Konstrukci střechy tvoří bezvaznicový systém kde nosnou část střechy tvoří trapézový plech CB 135/310.



Obr. 1 Axonometrické schéma konstrukce



Obr. 2 Místa rozdělení konstrukce na montážní díly

### 3. Zatížení

#### 3.1. ZS1 Vlastní tíha

Zatížení od vlastní tíhy bylo spočteno v programu Scia Engineer 2012 definováním dimenzí použitých prvků.

#### 3.2. ZS2 Ostatní stálé

Střešní plášť je navržen z trapézového plechu CB 160/250 na který je kladena parozábrana tl. 2,0 mm, následně je položena tepelná izolace ze skelných vláken tl. 180 mm. Na tepelnou izolaci je položena hydroizolace z asfaltových pásů tl. 2,0 mm, celá konstrukce je následně zakryta hliníkovým systémem Kalzip se stojatou drážkou [15]. Plošné tíhy jsou uvedeny v následující tabulce.

Zatížení pláštěm	kN/m <sup>2</sup>
Hliníkový střešní systém Kalzip (tl. Plechu = 1,0 mm)	0,05
Tepelná izolace ze skelných vláken (tl. 180 mm)	0,04
Parozábrana z asfaltových pásů (tl. 2,0 mm)	0,03
Trapézový plech TR 135/310 (tl. 1,00 mm)	0,13
<b>Celkem:</b>	<b>0,25</b>

#### 3.3. Zatížení sněhem

##### 3.3.1. ZS3 Zatížení plným sněhem

Město Trnava se nachází ve sněhové oblasti I.

Charakteristická hodnota zatížení sněhem:  $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

Tvarový součinitel:  $\mu = 0,8$  (pro válcové střechy)

Součinitel okolního prostředí:  $C_e = 1,0$

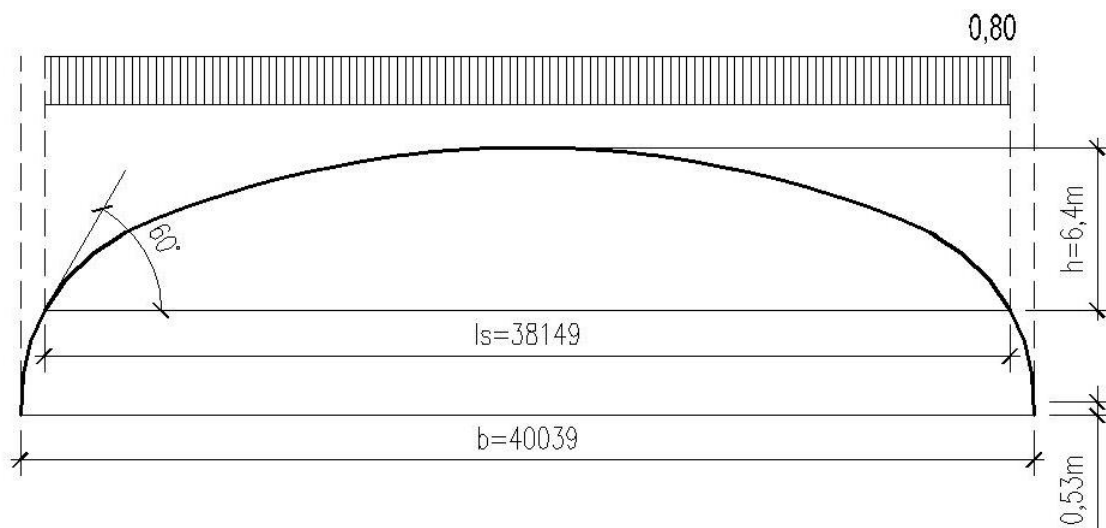
Tepelný součinitel:  $C_t = 1,0$

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

Zatížení sněhem se dle [6] v případě válcových střech uvažuje pouze v místě, kde sklon střechy  $\beta < 60^\circ$ . Norma uvádí 3 různé případy zatížení sněhem – rovnoměrný, navátý doprostřed a na strany.





Obr. 3 ZS 3 schéma zatížení pro plný sníh

### 3.3.2. ZS4 Zatížení navátým sněhem doprostřed

Sníh se v tomto stavu uvažuje jako nerovnoměrně navátý doprostřed poloviny konstrukce. Maximální hodnota návěje se určí dle obr. 5.5 v [6], kde tvarový součinitel  $\mu_3$  závisí na poměru vzezření  $h$  a rozpětí  $b$ . Pro poměr  $h/b = 6,4 / 40,039 = 0,16$  je hodnota tvarového součinitele  $\mu_3 = 1,8$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem:  $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

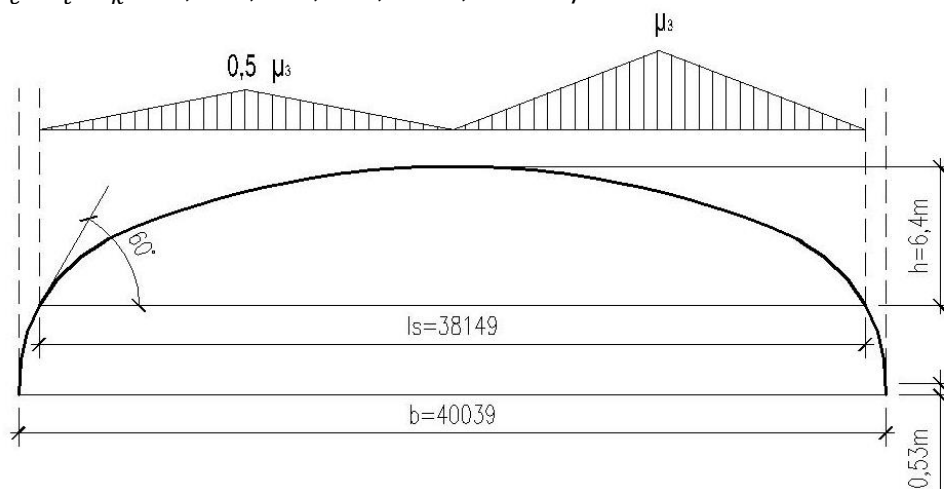
Tvarový součinitel:  $\mu_i = \mu_3 = 1,8$

Součinitel okolního prostředí:  $C_e = 1,0$

Tepelný součinitel:  $C_t = 1,0$

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,260 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 4 ZS 4 schéma pro sníh navátý doprostřed

### 3.3.3. ZS5 Zatížení navátým sněhem na strany

Sníh se v tomto stavu uvažuje jako nerovnoměrně navátý na strany konstrukce. Takovéto rozdělení se uplatní v případě použití sněhových zachytávačů. Maximální hodnota návěje se určí dle obr. 5.5 v [6], kde tvarový součinitel  $\mu_3$  závisí na poměru vzepětí  $h$  a rozpětí  $b$ . Pro poměr  $h/b = 6,4 / 40,039 = 0,16$  je hodnota tvarového součinitele  $\mu_3 = 1,78$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem:  $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

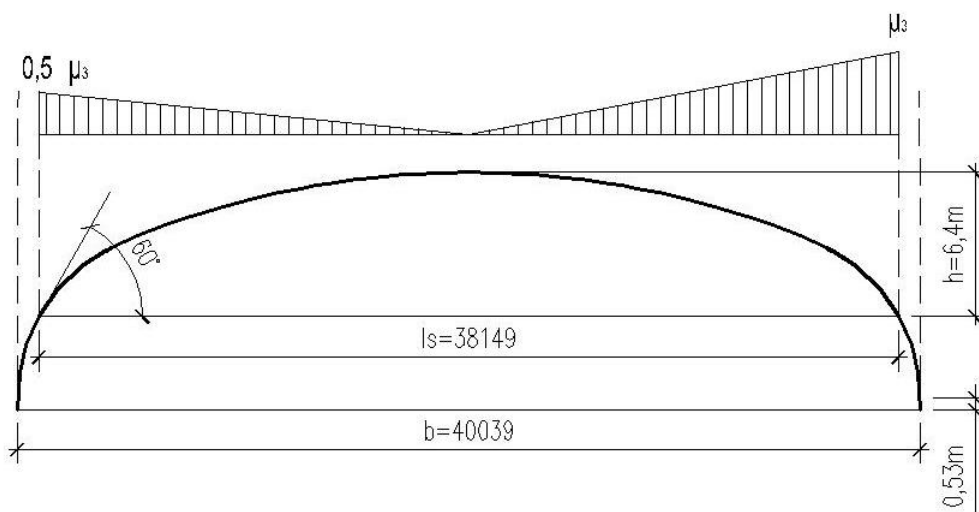
Tvarový součinitel:  $\mu_i = \mu_3 = 1,8$

Součinitel okolního prostředí:  $C_e = 1,0$

Tepelný součinitel:  $C_t = 1,0$

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,260 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 5 ZS 5 schéma pro sníh navátý na strany

### 3.4. Zatížení větrem

Z hlediska klimatického zatížení spadá konstrukce do lokality Trnava. Výchozí hodnota rychlosti větru pro tuto oblast je  $v_{b,0} = 24,0 \text{ m/s}$ . Při stanovení účinků na střešní konstrukci plaveckého bazénu bylo uvažováno s terénem kategorie II (plochy z nízkou vegetací a izolovanými překážkami). Výška budovy byla uvažována hodnotou  $z = 10,5 \text{ m}$ .

$$z_0 = 0,05 \text{ m} \quad z_{min} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Základní rychlost větru} \quad v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24,0 = 24,0 \text{ m/s}$$

$$\text{Střední rychlost větru} \quad v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 1,02 \cdot 1,0 \cdot 24,0 = 24,48 \text{ m/s}$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,19 \cdot \ln\left(\frac{10,5}{0,05}\right) = 1,02$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,05}{0,05}\right)^{0,07} = 0,19$$

**Turbulence větru**

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln\left(\frac{10,5}{0,05}\right)} = 0,187$$

$$k_I = 1,0 \quad c_0(z) = 1,0$$

$$z = 10,5 \text{ m} \quad z_0 = 0,05 \text{ m}$$

**Maximální dynamický tlak větru**

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,187] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 24,48^2 = 0,865 \text{ kN/m}^2$$

#### 3.4.1. Účinky větru na stěny

Hodnoty součinitele vnějšího tlaku  $c_{pe,10}$  jsou určeny dle obr. 7.1 v [5] a závisí na  $h/b$  kde  $h$  je výška konstrukce a  $b$  je půdorysný rozměr. Pro poměr  $h/b = 10,538/40,039 = 0,263$  byly určeny následující hodnoty plošného zatížení větrem:

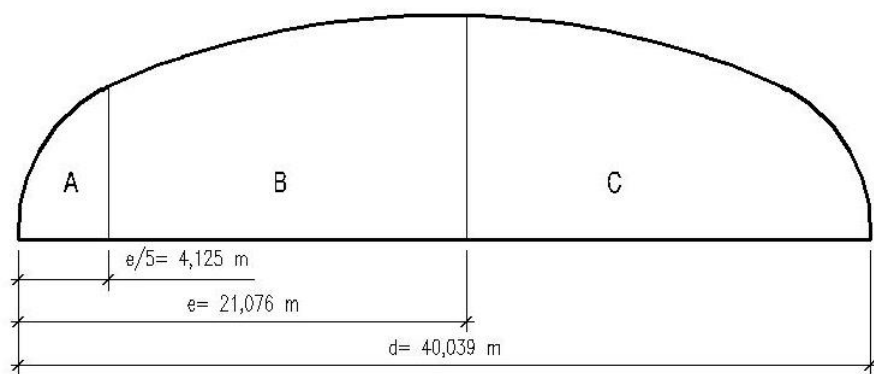
$$w_{e,A} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,A} = 0,865 \cdot (-1,20) = -1,038 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,B} = 0,865 \cdot (-0,81) = -0,701 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,C} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,C} = 0,865 \cdot (-0,50) = -0,433 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,D} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,D} = 0,865 \cdot (+0,70) = +0,606 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,E} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,E} = 0,865 \cdot (-0,30) = -0,260 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 6 schéma působení větru na stěny

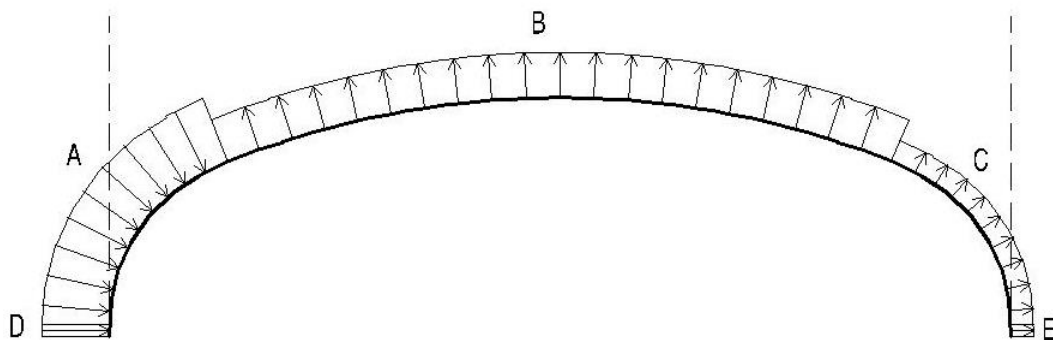
### 3.4.2. Účinky větru na zastřešení

Hodnoty součinitele vnějšího tlaku  $c_{pe,10}$  pro plochy A až C jsou určeny dle obr. 7.11 v [5] a závisí na  $f/d$  kde  $f$  je vzepětí střechy a  $d$  je půdorysný rozměr. Pro plochy D, E jsou hodnoty určeny dle tab. 7.1 [5]. Pro poměr  $f/d = 6,4 / 40,039 = 0,160$  byly určeny následující hodnoty plošného zatížení větrem:

$$w_{e,A} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,A} = 0,865 \cdot (+0,256) = +0,221 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{e,B} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,B} = 0,865 \cdot (-0,85) = -0,735 \text{ kN/m}^2$$

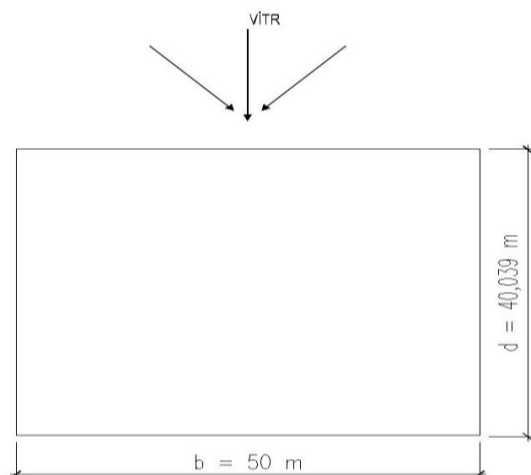
$$w_{e,C} = q_p(z) \cdot c_{pe,10,C} = 0,865 \cdot (-0,40) = -0,346 \text{ kN/m}^2$$



Obr. 7 schéma působení větru na zastřešení

### 3.4.3. ZS6 – ZS7 Zatížení větrem příčným

V tomto stavu je uvažováno z větrem foukajícím kolmo na podélný směr budovy.  
Pro ZS6 z levé strany a pro ZS7 z pravé strany.

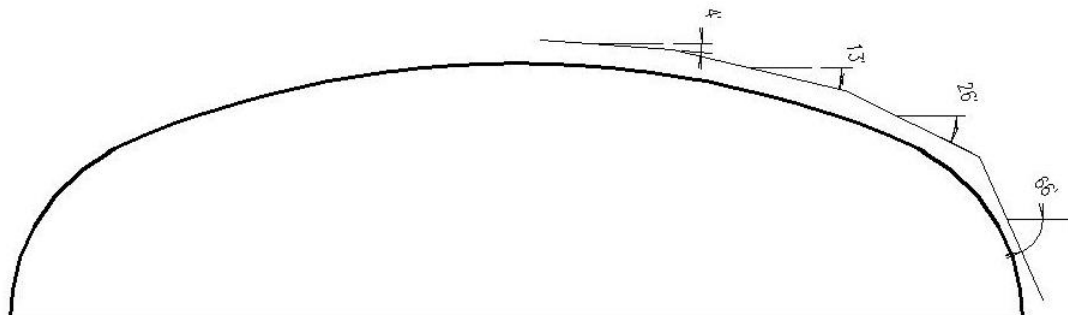


Obr. 8 ZS 6 - ZS 7 schéma působení příčného větru na budovu

### 3.4.4. Účinky větru na zastřešení

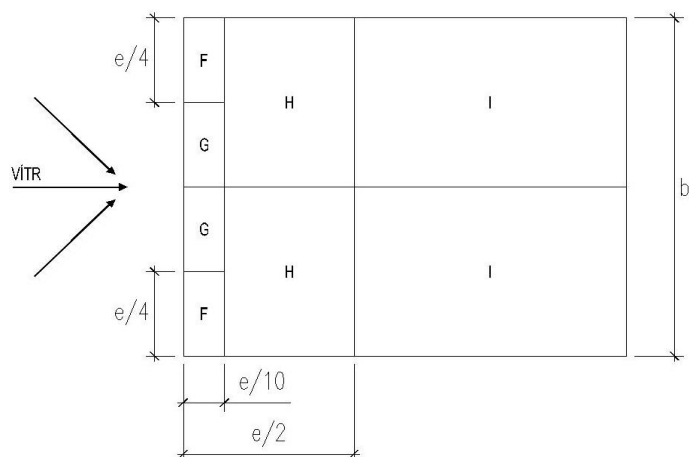
Hodnoty součinitele vnějšího tlaku  $c_{pe, 10}$  jsou určeny dle tab. 7.1 v [5] a závisí na  $h / d$  kde  $h$  je výška budovy a  $d$  je půdorysný rozměr. Pro poměr  $h / d = 10,53 / 50,0 = 0,211$  byly určeny následující hodnoty plošného zatížení větrem:

Oblast	F		G	
úhel	$c_{pe, 10}$	$w_e$	$c_{pe, 10}$	$w_e$
5°	-	-	-1,3	-1,125
13°	-	-	-1,3	-1,125
26°	-1,15	-0,995	-	-
66°	-1,1	-0,952	-	-
Oblast	H		I	
úhel	$c_{pe, 10}$	$w_e$	$c_{pe, 10}$	$w_e$
5°	-0,7	-0,606	-0,6	-0,519
13°	-0,62	-0,536	-0,52	-0,450
26°	-0,75	-0,649	-0,5	-0,433
66°	-0,8	-0,692	-0,5	-0,433



Obr. 9 uvažované úhly sklonu střechy  $\alpha$

### 3.4.5. ZS 8 – ZS9 Zatížení podélným větrem



Obr. 10 ZS 8 schéma působení větru na zastřešení (podélný vítr)

### 3.4.6. Účinky tření větru na zastřešení

Dle 5.3.4 [5] můžeme tření větru zanedbat.

## 4. Kombinace zatěžovacích stavů

### 4.1. Hodnoty kombinačních součinitelů

Kombinační součinitele  $\psi$  jsou dle [2] stanovena pro proměnná zatížení (ZS2 – ZS9) následovně:

- ZS2... Kategorie E: skladovací plochy ( $\psi_0 = 1,0$ )
- ZS3 – ZS5... Zatížení sněhem, pro stavby umístěné ve výšce  $H < 1000$  m n. m. ( $\psi_0 = 0,5$ )
- ZS6 – ZS9... Zatížení větrem ( $\psi_0 = 0,6$ )

### 4.2. MSÚ

Kombinace zatěžovacích stavů jsou pro mezní stav únosnosti provedeny dle [2], rovnice 6.10.

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

#### 4.2.1. Klíč kombinací pro MSÚ

Nejméně příznivé kombinace:

$$\begin{aligned} K1 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS9 \cdot 1,50 \\ K2 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS4 \cdot 1,50 \\ K3 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS8 \cdot 1,50 \\ K4 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS3 \cdot 0,75 + ZS8 \cdot 1,50 \\ K5 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 \\ K6 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS4 \cdot 0,75 + ZS8 \cdot 1,50 \\ K7 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS6 \cdot 1,50 \\ K8 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS4 \cdot 1,50 + ZS9 \cdot 1,50 \\ K9 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS5 \cdot 1,50 + ZS7 \cdot 0,90 \\ K10 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS4 \cdot 0,75 + ZS9 \cdot 1,50 \\ K11 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS3 \cdot 0,75 + ZS9 \cdot 1,50 \\ K12 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS5 \cdot 0,75 + ZS8 \cdot 1,50 \\ K13 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS5 \cdot 0,75 + ZS9 \cdot 1,50 \\ K14 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS8 \cdot 1,50 \\ K15 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS9 \cdot 1,50 \\ K16 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS5 \cdot 0,75 + ZS7 \cdot 1,50 \\ K17 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS5 \cdot 0,75 + ZS9 \cdot 1,50 \\ K18 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS4 \cdot 1,50 + ZS8 \cdot 0,90 \\ K19 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS5 \cdot 0,75 + ZS8 \cdot 1,50 \\ K20 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS3 \cdot 1,50 \\ K21 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS5 \cdot 0,75 + ZS7 \cdot 1,50 \\ K22 &= ZS1 \cdot 1,35 + ZS2 \cdot 1,35 + ZS3 \cdot 0,75 + ZS6 \cdot 1,50 \end{aligned}$$

### 4.3. MSP

Kombinace zatěžovacích stavů jsou pro mezní stav použitelnosti provedeny dle [2], rovnice 6.14b (char. kombinace zatížení).

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,1} \cdot Q_{k,i}$$

#### 4.3.1. Klíč kombinací pro MSP

$$\begin{aligned} K1 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS4 \cdot 1,00 + ZS7 \cdot 0,60 \\ K2 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS6 \cdot 1,00 \\ K3 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS9 \cdot 1,00 \\ K4 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS3 \cdot 0,50 + ZS8 \cdot 1,00 \\ K5 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS4 \cdot 1,00 \\ K6 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS8 \cdot 1,00 \\ K7 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS4 \cdot 0,50 + ZS9 \cdot 1,00 \\ K8 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS3 \cdot 1,00 \\ K9 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS4 \cdot 0,50 + ZS8 \cdot 1,00 \\ K10 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS7 \cdot 1,00 + ZS5 \cdot 0,50 \\ K11 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS3 \cdot 0,55 + ZS9 \cdot 1,00 \\ K12 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS5 \cdot 0,50 + ZS8 \cdot 1,00 \\ K13 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS5 \cdot 0,50 + ZS9 \cdot 1,00 \\ K14 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS4 \cdot 1,00 + ZS9 \cdot 0,60 \\ K15 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS4 \cdot 1,00 + ZS8 \cdot 0,60 \\ K16 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS3 \cdot 1,00 + ZS6 \cdot 0,60 \\ K17 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 \\ K18 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS3 \cdot 1,00 + ZS7 \cdot 0,60 \\ K19 &= ZS1 \cdot 1,00 + ZS2 \cdot 1,00 + ZS3 \cdot 0,50 + ZS6 \cdot 1,00 \end{aligned}$$



## 5. Návrh a posouzení trapézového plechu

Trapézový plech CB 135/310 v negativní poloze je uvažován jako spojitý nosník o dvou polích. Je posouzen podle tabulek výrobce [11] pro rozpětí jednoho pole 5,00 m.

$$\sigma_{Ed} = 1,35 \cdot ZS2 + 1,5 \cdot ZS4 = 1,35 \cdot 0,25 + 1,5 \cdot 1,26 = 2,23 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{Rd} = 4,71 \text{ kN/m}^2$$

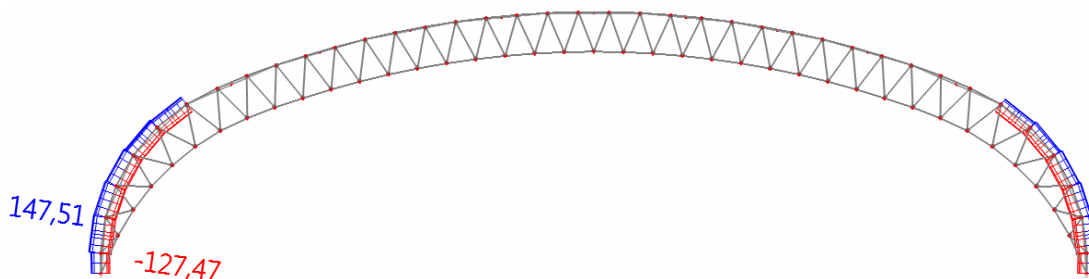
$$\frac{\sigma_{Ed}}{\sigma_{Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{2,23}{4,71} \leq 0,47$$

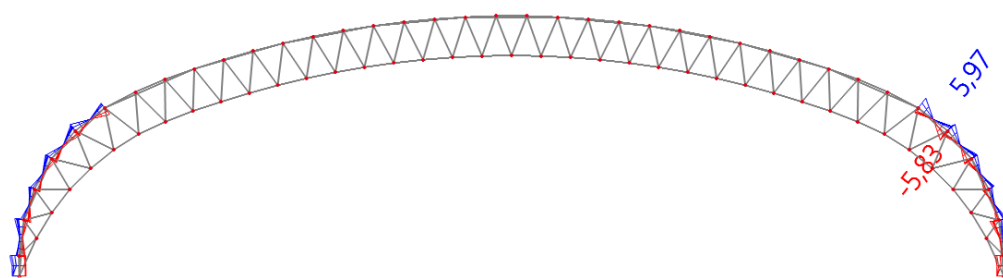
## 6. Posouzení prvků vazníku na mezní stav únosnosti

### 6.1. Díl 1<sup>1</sup>

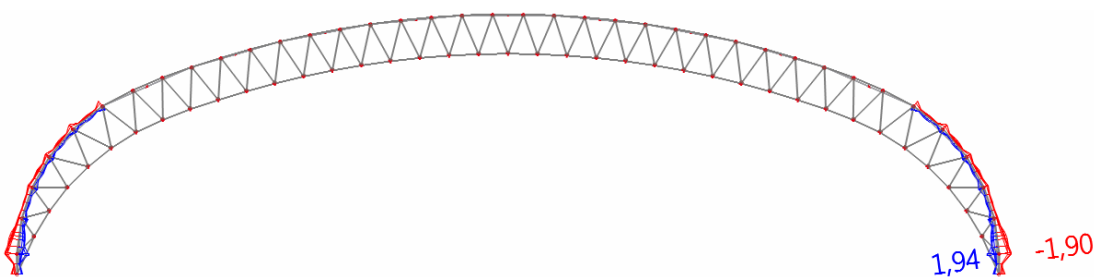
#### 6.1.1. Horní pás



Obr. 11 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – normálové síly [kN]



Obr. 12 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – posouvající síly [kN]



Obr. 13 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – ohybové momenty [kNm]

<sup>1</sup> Posudek vzpěrného tlaku za ohybu není v statickém výpočtu posuzován z důvodu zanedbatelných účinků na všech prutech - Příloha F

### 6.1.1.1 Vnitřní síly a klasifikace průřezu

#### Vnitřní síly na prutu:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : CO1

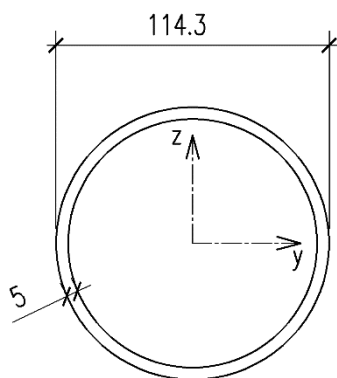
Průřez : H\_pas1 - CHS114.3/5.0

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*								
B2560	CO1/7	0,817	<b>-127,47</b>	0,00	0,86	0,00	0,83	0,00
B2560	CO1/2	2,276	<b>147,51</b>	0,00	0,71	0,00	-0,59	0,00
B2572	CO1/2	0,000	103,41	<b>-0,11</b>	-2,95	-0,04	0,71	0,14
B2574	CO1/8	5,747	84,91	<b>0,12</b>	-3,08	-0,01	0,03	-0,11
B2550	CO1/9	1,513	-68,85	0,01	<b>-5,83</b>	0,01	-1,33	-0,01
B2568	CO1/9	0,000	-63,67	0,00	<b>5,97</b>	0,00	-1,50	0,01
B2548	CO1/3	0,817	-20,96	0,00	-3,12	<b>-0,07</b>	-0,09	0,00
B2577	CO1/10	0,000	-38,50	0,00	-1,80	<b>0,11</b>	0,46	-0,11
B2556	CO1/2	7,206	122,79	-0,01	-1,10	0,00	<b>-1,90</b>	-0,01
B2547	CO1/3	7,206	-37,98	-0,05	3,04	0,05	<b>1,94</b>	-0,02
B2548	CO1/2	0,000	103,41	0,11	-2,95	0,04	0,71	<b>-0,14</b>
B2574	CO1/8	8,024	66,58	0,12	3,04	0,00	0,92	<b>0,15</b>

#### Charakteristika profilu:

Profil: TR 114,3/5,0

Materiál: S355



$A$	$=$	$1,720 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$
$I_y$	$=$	$2,570 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$I_z$	$=$	$2,570 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$W_{el,y}$	$=$	$4,500 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{el,z}$	$=$	$4,500 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,y}$	$=$	$5,883 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,z}$	$=$	$5,883 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$\frac{d}{t} = \frac{114,3}{5,0} = 22,86 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 32,805 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### 6.1.1.2 Posouzení na tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,720 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = 610,60 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{147,51}{610,60} = 0,24 \leq 1,00 \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

### 6.1.1.3 Posouzení na smyk

Smyková plocha:

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 1720}{\pi} = 1094,99 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

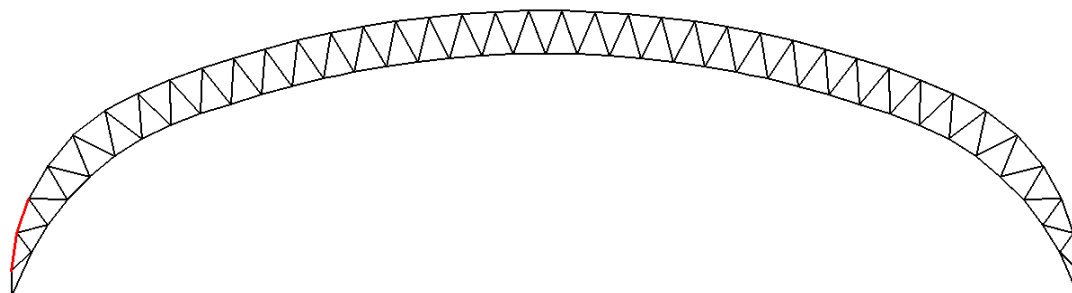
Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1094,99 \cdot 10^{-6} \cdot (355 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,00} = 224,43 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 5,97 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 224,43 = 112,215 \text{ kN}$$

Účinek smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osově síly **LZE ZANEDBAT**

### 6.1.1.4 Posudek na tlak



Obr. 14 Poloha posuzovaného prvku vazníku

**Posudek na prostorový vzpěr:**

Vzpěrná délka kolmo k ose y-y je uvažována mezi výplňovými pruty.  $L_{cr,y} = 1,485 \text{ m}$

Vzpěrná délka kolmo k ose z-z je uvažována mezi rozpěrami.  $L_{cr,z} = 2,997 \text{ m}$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{127,470 \cdot 10^3}{396,890 \cdot 10^3} = 0,32 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,65 \cdot 1,720 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 396,890 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,66 + \sqrt{0,66^2 - 0,50^2}} = 0,92$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,10 + \sqrt{1,10^2 - 1,01^2}} = 0,65$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,50 - 0,2) + 0,50^2] = 0,66$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,01 - 0,2) + 1,01^2] = 1,10$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,720 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{2415,457 \cdot 10^3}} = 0,50$$

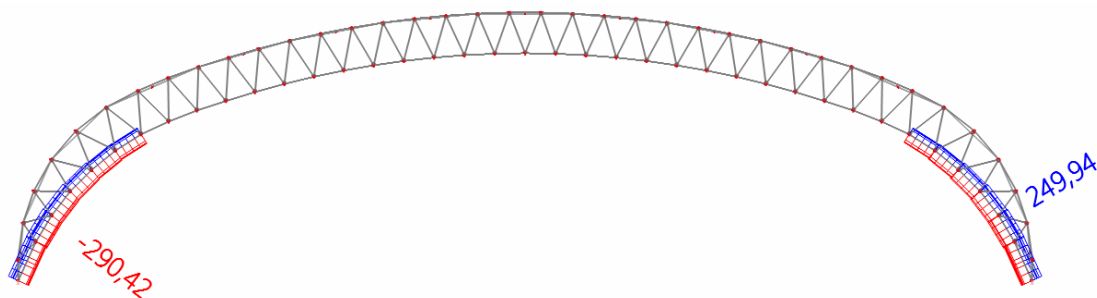
$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,720 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{593,033 \cdot 10^3}} = 1,01$$

Kritická Eulerova síla:

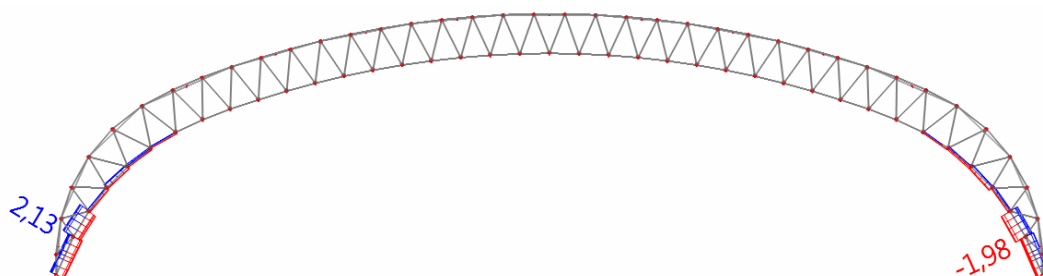
$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,57 \cdot 10^{-6}}{1,485^2} = 2415,457 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,57 \cdot 10^{-6}}{2,997^2} = 593,033 \text{ kN}$$

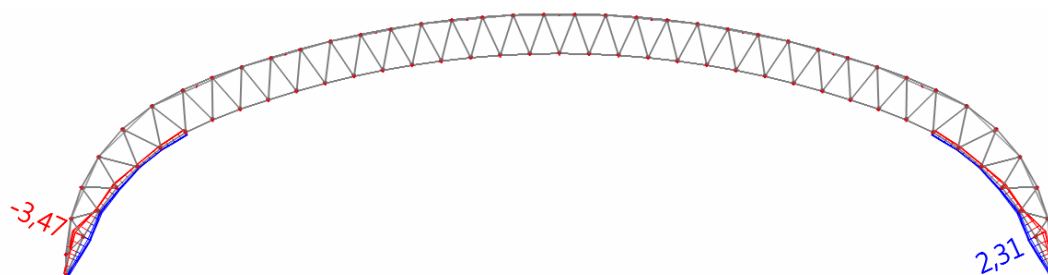
### 6.1.2. Dolní pás



Obr. 15 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – normálové síly [kN]



Obr. 16 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – posouvající síly [kN]



Obr. 17 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – ohybové momenty [kNm]

### 6.1.2.1 Vnitřní síly a klasifikace průřezu

#### Vnitřní síly na prutu:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : CO1

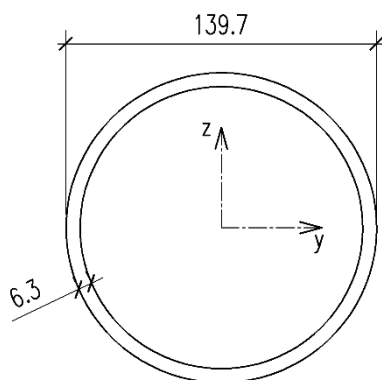
Průřez : D\_pas1 - CHS139.7/6.3

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*								
B2747	CO1/2	2,886	<b>-290,42</b>	0,00	-0,30	0,00	-1,02	0,00
B2734	CO1/3	4,796	<b>249,94</b>	0,00	1,04	-0,02	1,01	0,04
B2761	CO1/2	5,996	-234,64	<b>-0,09</b>	1,46	-0,02	-2,98	-0,01
B2759	CO1/2	0,000	-230,41	<b>0,09</b>	-1,35	0,02	-0,62	-0,16
B2743	CO1/2	5,996	-286,41	0,00	<b>-1,98</b>	-0,01	-3,31	-0,01
B2747	CO1/2	1,687	-288,42	0,00	<b>2,13</b>	0,00	-3,47	0,00
B2762	CO1/11	6,484	94,92	0,00	0,21	<b>-0,08</b>	0,25	-0,03
B2764	CO1/10	0,000	104,84	-0,01	0,03	<b>0,09</b>	0,38	-0,05
B2747	CO1/2	1,687	-262,29	0,00	-1,70	0,00	<b>-3,47</b>	0,00
B2734	CO1/3	5,996	242,82	0,02	-0,81	-0,01	<b>2,31</b>	0,04
B2761	CO1/2	7,682	-235,06	-0,09	1,27	-0,02	-0,67	<b>-0,16</b>
B2735	CO1/2	0,000	-230,41	-0,09	-1,35	-0,02	-0,62	<b>0,16</b>

#### Charakteristika profilu:

Profil: TR 139,7/6,3

Materiál: S355



$A$	$=$	$2,640 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$
$I_y$	$=$	$5,890 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$I_z$	$=$	$5,890 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$W_{el,y}$	$=$	$8,430 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{el,z}$	$=$	$8,430 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,y}$	$=$	$1,104 \cdot 10^{-4} \text{m}^3$
$W_{pl,z}$	$=$	$1,104 \cdot 10^{-4} \text{m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$\frac{d}{t} = \frac{139,7}{6,3} = 22,17 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 32,805 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### 6.1.2.2 Posouzení na tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,640 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = 937,20 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{249,94}{937,20} = 0,27 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 6.1.2.3 Posouzení na smyk

Smyková plocha:

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 2640}{\pi} = 1680,68 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

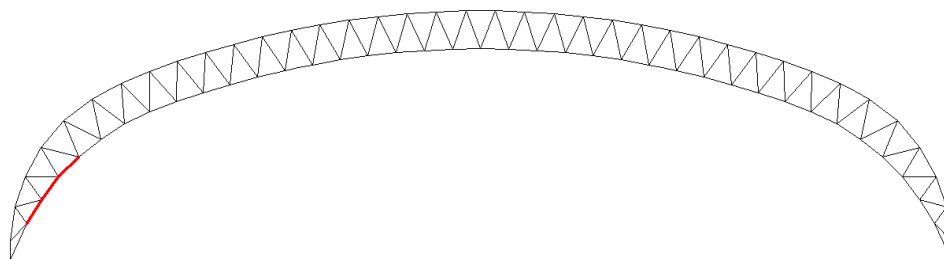
Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1680,68 \cdot 10^{-6} \cdot (355 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,00} = 344,47 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 2,13 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 344,47 = 172,235 \text{ kN}$$

Účinek smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osově síly **LZE ZANEDBAT**

### 6.1.2.4 Posouzení na tlak



Obr. 18 Poloha posuzovaného prvku vazníku

**Posudek na prostorový vzpěr:**

Vzpěrná délka kolmo k ose y-y je uvažována mezi výplňovými pruty.  $L_{cr,y} = 1,200 \text{ m}$

Vzpěrná délka kolmo k ose z-z je uvažována mezi rozpěrami.  $L_{cr,z} = 4,797 \text{ m}$



Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{290,420 \cdot 10^3}{431,112 \cdot 10^3} = 0,67 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,46 \cdot 2,640 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 431,112 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,57 + \sqrt{0,57^2 - 0,33^2}} = 0,97$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,50 + \sqrt{1,50^2 - 1,33^2}} = 0,46$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,33 - 0,2) + 0,33^2] = 0,57$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,33 - 0,2) + 1,33^2] = 1,50$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2,640 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{8477,579 \cdot 10^3}} = 0,33$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,640 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{530,512 \cdot 10^3}} = 1,33$$

Kritická Eulerova síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 5,89 \cdot 10^{-6}}{1,199^2} = 8477,579 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 5,89 \cdot 10^{-6}}{4,797^2} = 530,512 \text{ kN}$$

### 6.1.3. Diagonála

#### 6.1.3.1 Vnitřní síly a klasifikace průřezu

Vnitřní síly na prutu:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : CO1

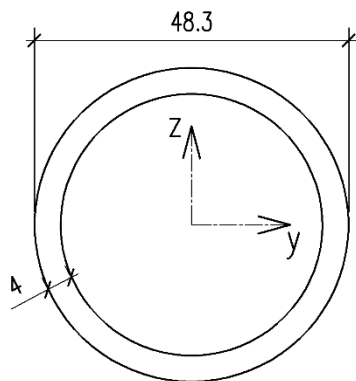
Vrstva : Diag\_dil\_1

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*								
B1439	CO1/18	1,743	-51,38	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00
B2259	CO1/1	1,743	46,27	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00
B1296	CO1/2	0,000	-15,31	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,00
B1301	CO1/5	1,643	5,02	0,00	-0,05	0,00	0,00	0,00
B1301	CO1/5	0,000	5,04	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
B2313	CO1/17	0,000	-17,65	0,00	0,04	-0,01	0,00	0,00
B1359	CO1/4	0,000	33,48	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
B1296	CO1/3	0,000	24,16	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
B1303	CO1/5	0,872	6,35	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00
B1296	CO1/4	0,000	18,23	0,00	0,01	-0,01	0,00	0,00

Charakteristika profilu:

Profil: TR 48,3/4,0

Materiál: S235



$A$	$=$	$5,570 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$
$I_y$	$=$	$1,380 \cdot 10^{-7} \text{m}^4$
$I_z$	$=$	$1,380 \cdot 10^{-7} \text{m}^4$
$W_{el,y}$	$=$	$5,570 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$
$W_{el,z}$	$=$	$5,570 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$
$W_{pl,y}$	$=$	$7,747 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$
$W_{pl,z}$	$=$	$7,747 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{48,3}{4} = 12,08 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 1,00^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### 6.1.3.2 Posouzení na tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5,570 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,00} = 130,895 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{46,270}{130,895} = 0,35 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 6.1.3.3 Posouzení na smyk

Smyková plocha:

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 557}{\pi} = 354,597 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{354,597 \cdot 10^{-6} \cdot (235 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,00} = 48,11 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,05 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 48,11 = 24,06 \text{ kN}$$

Účinek smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osově síly **LZE ZANEDBAT**

### 6.1.3.4 Posouzení na tlak

**Posudek na prostorový vzpěr:**

Vzpěrná délka kolmo k ose y-y je uvažována mezi výplňovými pruty.

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,743 \text{ m}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{51,380 \cdot 10^3}{70,683 \cdot 10^3} = 0,73 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,54 \cdot 5,570 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 70,683 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,30 + \sqrt{1,30^2 - 1,18^2}} = 0,54$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,18 - 0,2) + 1,18^2] = 1,30$$

Poměrná štíhlost:

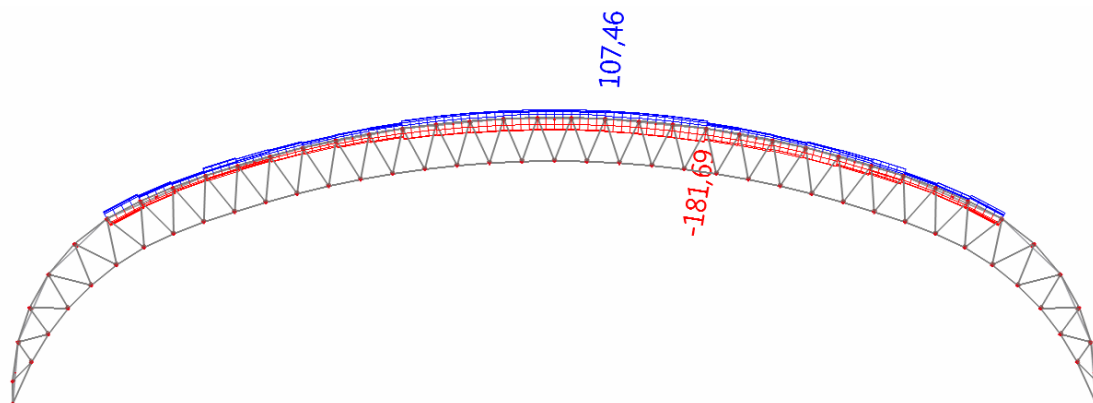
$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{5,570 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{94,146 \cdot 10^3}} = 1,18$$

Kritická Eulerova síla:

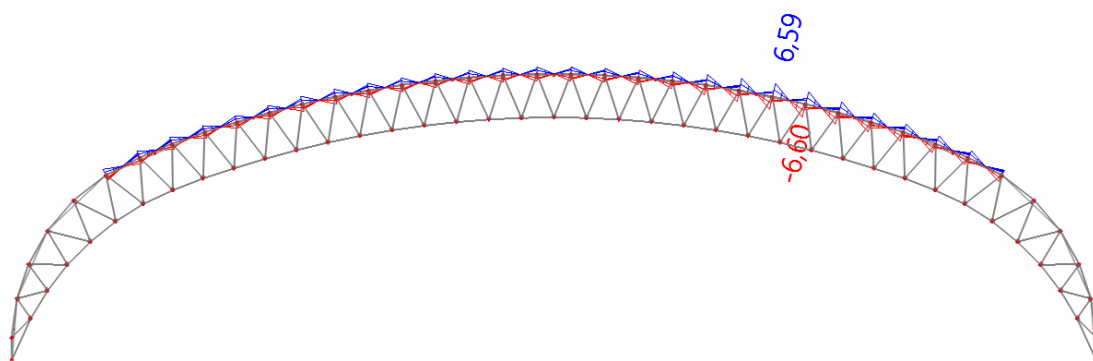
$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,38 \cdot 10^{-7}}{1,743^2} = 94,146 \text{ kN}$$

## 6.2. Díl 2<sup>2</sup>

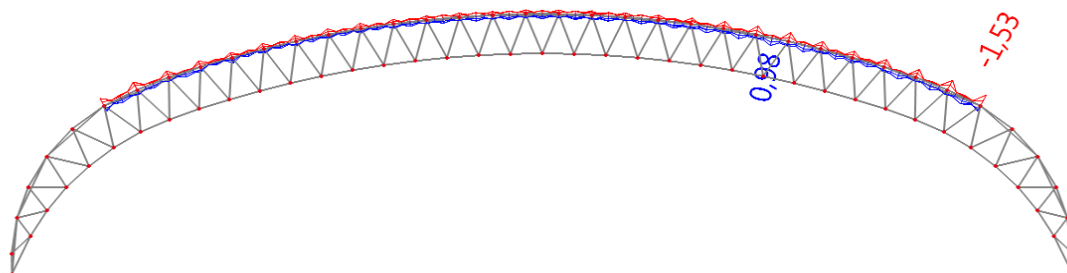
### 6.2.1. Horní pás



Obr. 19 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – normálové síly [kN]



Obr. 20 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – posouvající síly [kN]



Obr. 21 Obálka vnitřních sil na horním pásu vazníku – ohybové momenty [kNm]

<sup>2</sup> Posudek vzpěrného tlaku za ohybu není posuzován z důvodu zanedbatelných účinků - Příloha F

### 6.2.1.1 Vnitřní síly a klasifikace průřezu

#### Vnitřní síly na prutu:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : CO1

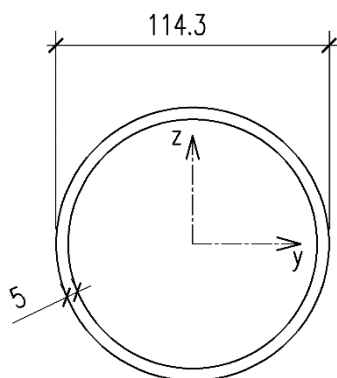
Průřez : H\_pas - CHS114.3/5.0

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*								
B2570	CO1/2	22,726	<b>-181,69</b>	-0,01	-4,83	0,00	-0,72	-0,02
B2570	CO1/7	18,975	<b>107,46</b>	0,02	-2,58	0,00	0,36	-0,03
B2555	CO1/12	22,726	2,50	<b>-0,29</b>	-0,52	0,01	0,17	0,46
B2567	CO1/13	22,726	2,49	<b>0,29</b>	-0,52	-0,01	0,17	-0,46
B2570	CO1/2	26,471	-122,88	0,00	<b>-6,60</b>	0,01	-1,14	-0,01
B2573	CO1/2	25,219	-142,56	-0,01	<b>6,59</b>	-0,06	-1,08	-0,02
B2573	CO1/14	18,975	46,48	0,07	-1,47	<b>-0,25</b>	0,36	-0,07
B2576	CO1/11	22,726	19,10	0,03	-0,99	<b>0,29</b>	-0,05	-0,06
B2549	CO1/9	34,196	-81,32	-0,01	-6,56	0,00	<b>-1,53</b>	-0,02
B2561	CO1/2	25,845	-122,62	0,00	-0,08	0,00	<b>0,98</b>	0,00
B2555	CO1/12	26,471	-6,97	-0,29	-0,20	0,00	0,02	<b>-0,60</b>
B2555	CO1/10	7,725	6,07	-0,29	0,36	0,01	-0,05	<b>0,60</b>

#### Charakteristika profilu:

Profil: TR 114,3/5,0

Materiál: S355



$A$	$=$	$1,720 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$
$I_y$	$=$	$2,570 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$I_z$	$=$	$2,570 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$W_{el,y}$	$=$	$4,500 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{el,z}$	$=$	$4,500 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,y}$	$=$	$5,883 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,z}$	$=$	$5,883 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$\frac{d}{t} = \frac{114,3}{5,0} = 22,86 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 32,805 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### 6.2.1.2 Posouzení na tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,720 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = 610,60 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{107,460}{610,600} = 0,18 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 6.2.1.3 Posouzení na smyk

Smyková plocha:

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 1720}{\pi} = 1094,99 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

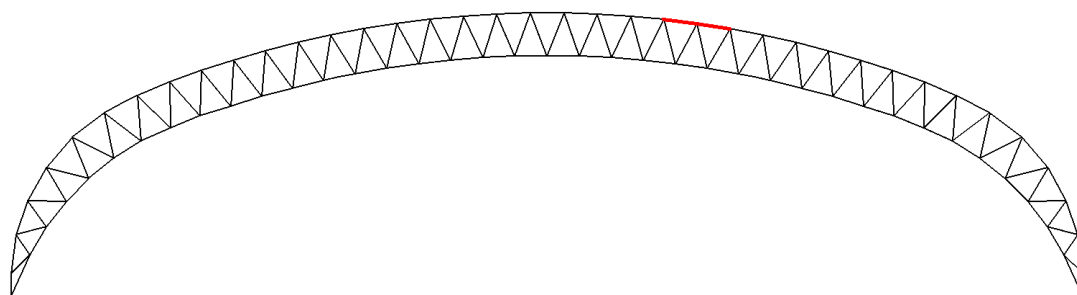
Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1094,99 \cdot 10^{-6} \cdot (355 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,00} = 224,43 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 6,60 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 224,43 = 112,215 \text{ kN}$$

Účinek smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osově síly  
**LZE ZANEDBAT**

### 6.2.1.4 Posouzení na tlak



Obr. 22 Poloha posuzovaného prvku vazníku

**Posudek na prostorový vzpěr:**

Vzpěrná délka kolmo k ose y-y je uvažována mezi výplňovými pruty.  $L_{cr,y} = 1,250 \text{ m}$

Vzpěrná délka kolmo k ose z-z je uvažována mezi rozpěrami.  $L_{cr,z} = 3,751 \text{ m}$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{181,690 \cdot 10^3}{299,194 \cdot 10^3} = 0,61 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,49 \cdot 1,720 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 299,194 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,61 + \sqrt{0,61^2 - 0,42^2}} = 0,95$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,42 + \sqrt{1,42^2 - 1,27^2}} = 0,49$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,42 - 0,2) + 0,42^2] = 0,61$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,27 - 0,2) + 1,27^2] = 1,42$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,720 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{3409,040 \cdot 10^3}} = 0,42$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,720 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{378,580 \cdot 10^3}} = 1,27$$

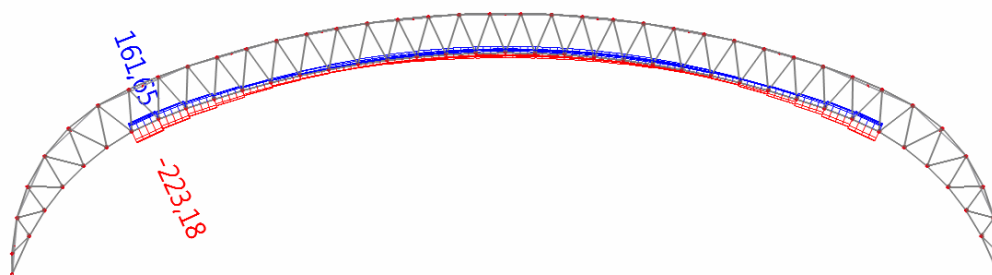
Kritická Eulerova síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,57 \cdot 10^{-6}}{1,250^2} = 3409,040 \text{ kN}$$

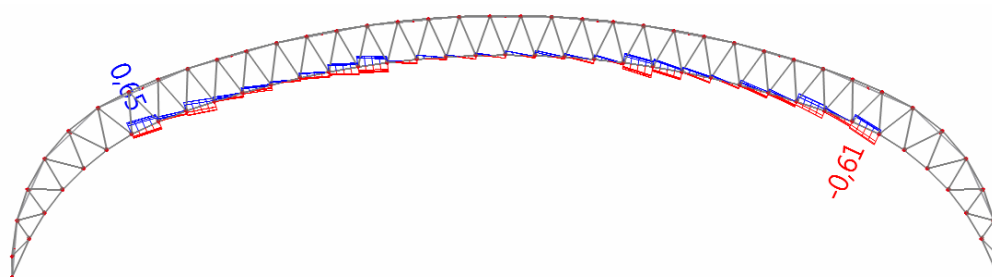
$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,57 \cdot 10^{-6}}{3,751^2} = 378,580 \text{ kN}$$



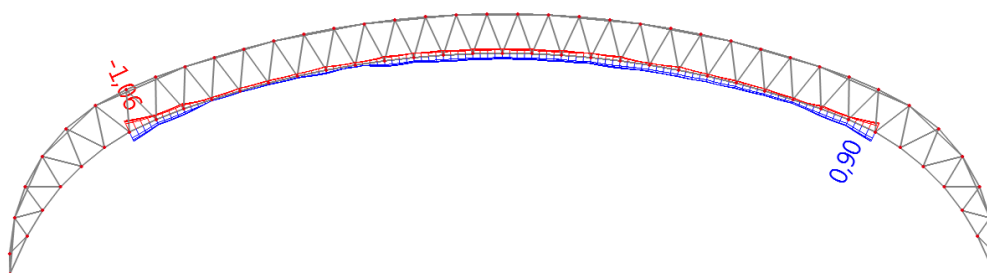
### 6.2.2. Dolní pás



Obr. 23 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – normálové síly [kN]



Obr. 24 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – posouvající síly [kN]



Obr. 25 Obálka vnitřních sil na dolním pásu vazníku – ohybové momenty [kNm]

### 6.2.2.1 Vnitřní síly a klasifikace průřezu

#### Vnitřní síly na prutu:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : CO1

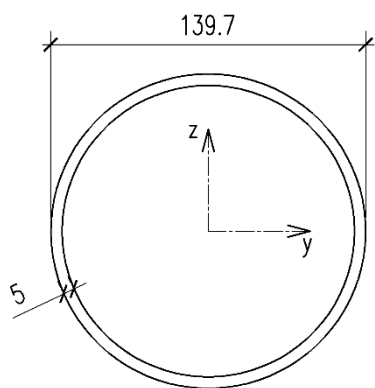
Průřez : D\_pas - CHS139.7/5.0

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*								
B2748	CO1/2	0,000	<b>-223,18</b>	0,00	<b>0,65</b>	0,00	<b>-1,06</b>	0,00
B2748	CO1/7	1,200	<b>161,65</b>	0,00	-0,42	0,00	0,49	0,00
B2763	CO1/15	26,399	25,53	<b>-0,01</b>	0,22	0,07	-0,06	0,07
B2760	CO1/3	26,399	9,40	<b>0,01</b>	0,17	-0,06	-0,05	-0,07
B2742	CO1/2	31,198	-167,40	0,00	<b>-0,61</b>	0,00	-0,78	0,00
B2763	CO1/11	0,000	73,02	0,00	-0,08	<b>-0,08</b>	0,34	0,00
B2763	CO1/10	29,998	86,22	-0,01	0,32	<b>0,10</b>	0,14	-0,01
B2748	CO1/16	31,198	147,35	0,00	0,18	<b>0,00</b>	<b>0,90</b>	0,00
B2742	CO1/6	23,999	38,54	0,00	0,13	-0,02	0,19	<b>-0,11</b>
B2742	CO1/17	7,199	-5,81	0,00	-0,12	-0,02	-0,03	<b>0,11</b>

#### Charakteristika profilu:

Profil: TR 139,7/5,0

Materiál: S355



$A$	$=$	$2,120 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$
$I_y$	$=$	$4,810 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$I_z$	$=$	$4,810 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$W_{el,y}$	$=$	$6,880 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{el,z}$	$=$	$6,880 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,y}$	$=$	$8,933 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,z}$	$=$	$8,933 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$\frac{d}{t} = \frac{139,7}{5} = 27,94 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 0,81^2 = 32,81 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### 6.2.2.2 Posouzení na tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,120 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = 752,600 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{161,650}{752,600} = 0,22 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 6.2.2.3 Posouzení na smyk

Smyková plocha:

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 2120}{\pi} = 1349,634 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

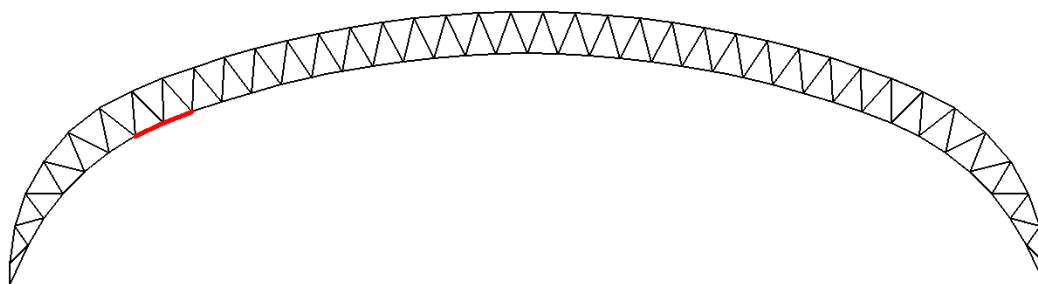
Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1349,634 \cdot 10^{-6} \cdot (355 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,00} = 276,62 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,65 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 276,62 = 138,31 \text{ kN}$$

Účinek smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osově síly **LZE ZANEDBAT**

### 6.2.2.4 Posouzení na tlak



Obr. 26 Poloha posuzovaného prvku vazníku

**Posudek na prostorový vzpěr:**

Vzpěrná délka kolmo k ose y-y je uvažována mezi výplňovými pruty.  $L_{cr,y} = 1,200 \text{ m}$

Vzpěrná délka kolmo k ose z-z je uvažována mezi rozpěrami.  $L_{cr,z} = 4,799 \text{ m}$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{223,180 \cdot 10^3}{346,196 \cdot 10^3} = 0,65 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,46 \cdot 2,120 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 346,196 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,57 + \sqrt{0,57^2 - 0,33^2}} = 0,97$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,49 + \sqrt{1,49^2 - 1,32^2}} = 0,46$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,33 - 0,2) + 0,33^2] = 0,57$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,32 - 0,2) + 1,32^2] = 1,49$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{6923,116 \cdot 10^3}} = 0,33$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,12 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{432,875 \cdot 10^3}} = 1,32$$

Kritická Eulerova síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,81 \cdot 10^{-6}}{1,200^2} = 6923,116 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,81 \cdot 10^{-6}}{4,799^2} = 432,875 \text{ kN}$$

## 6.2.3. Diagonála A

### 6.2.3.1 Vnitřní síly a klasifikace průřezu

Vnitřní síly na prutu:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : CO1

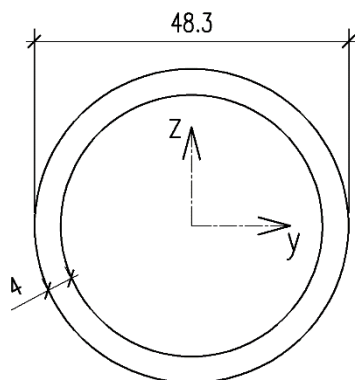
Vrstva : Diag\_A\_díl\_2

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<i>*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze</i>								
B1746	CO1/2	1,717	<b>-63,12</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B1745	CO1/2	1,717	<b>56,80</b>	0,00	-0,03	0,00	0,00	0,00
B1306	CO1/19	0,000	36,50	<b>0,00</b>	0,00	-0,01	0,00	0,00
B1307	CO1/5	1,717	13,36	0,00	<b>-0,04</b>	0,00	0,00	0,00
B1307	CO1/5	0,000	13,43	0,00	<b>0,04</b>	0,00	0,00	0,00
B2297	CO1/10	0,000	-14,82	0,00	0,03	<b>-0,02</b>	0,00	0,00
B2298	CO1/10	0,000	16,36	0,00	0,01	<b>0,02</b>	0,00	0,00
B1306	CO1/20	0,000	-36,58	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>	0,00
B1307	CO1/5	0,859	13,40	0,00	0,00	0,00	<b>0,02</b>	0,00
B1306	CO1/11	0,000	-36,48	0,00	0,00	0,01	0,00	<b>0,00</b>

Charakteristika profilu:

Profil: TR 48,3/4,0

Materiál: S235



$A$	$= 5,570 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$
$I_y$	$= 1,380 \cdot 10^{-7} \text{m}^4$
$I_z$	$= 1,380 \cdot 10^{-7} \text{m}^4$
$W_{el,y}$	$= 5,570 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$
$W_{el,z}$	$= 5,570 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$
$W_{pl,y}$	$= 7,747 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$
$W_{pl,z}$	$= 7,747 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{48,3}{4} = 12,08 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 1,00^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### 6.2.3.2 Posouzení na tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5,570 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,00} = 130,895 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{56,800}{130,895} = 0,43 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 6.2.3.3 Posouzení na smyk

Smyková plocha:

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 557}{\pi} = 354,597 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{354,597 \cdot 10^{-6} \cdot (235 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,00} = 48,11 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,04 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 48,11 = 24,06 \text{ kN}$$

Účinek smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osově síly **LZE ZANEDBAT**

### 6.2.3.4 Posouzení na tlak

**Posudek na prostorový vzpěr:**

Vzpěrná délka kolmo k ose y-y je uvažována mezi výplňovými pruty.

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,717 \text{ m}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{63,120 \cdot 10^3}{73,301 \cdot 10^3} = 0,86 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,56 \cdot 5,570 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 73,301 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,27 + \sqrt{1,27^2 - 1,16^2}} = 0,56$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,16 - 0,2) + 1,16^2] = 1,27$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{5,570 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{97,019 \cdot 10^3}} = 1,16$$

Kritická Eulerova síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,38 \cdot 10^{-7}}{1,717^2} = 97,019 \text{ kN}$$

## 6.2.4. Diagonála B

### 6.2.4.1 Vnitřní síly a klasifikace průřezu

Vnitřní síly na prutu:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : CO1

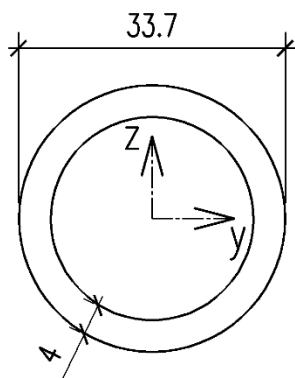
Vrstva : Diag\_B\_díl\_2

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>								
B1825	CO1/16	0,000	<b>-21,65</b>	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
B1826	CO1/16	0,000	<b>22,72</b>	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
B1322	CO1/11	0,000	-10,14	<b>0,00</b>	0,01	0,00	0,00	0,00
B1323	CO1/5	1,713	6,11	0,00	<b>-0,02</b>	0,00	0,00	0,00
B1323	CO1/5	0,000	6,17	0,00	<b>0,02</b>	0,00	0,00	0,00
B2295	CO1/10	0,000	-14,88	0,00	0,02	<b>-0,01</b>	0,00	0,00
B2195	CO1/14	0,000	-3,18	0,00	0,01	<b>0,01</b>	0,00	0,00
B1322	CO1/3	0,000	15,48	0,00	0,01	0,00	<b>0,00</b>	0,00
B1323	CO1/5	0,857	6,14	0,00	0,00	0,00	<b>0,01</b>	0,00

Charakteristika profilu:

Profil: TR 33,7/4,0

Materiál: S235



$A$	$=$	$3,730 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$
$I_y$	$=$	$4,190 \cdot 10^{-8} \text{m}^4$
$I_z$	$=$	$4,190 \cdot 10^{-8} \text{m}^4$
$W_{el,y}$	$=$	$2,490 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$
$W_{el,z}$	$=$	$2,490 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$
$W_{pl,y}$	$=$	$3,494 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$
$W_{pl,z}$	$=$	$3,494 \cdot 10^{-6} \text{m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{4} = 8,43 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 1,00^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$



### 6.2.4.2 Posouzení na tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,730 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,00} = 87,655 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{22,720}{87,655} = 0,26 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 6.2.4.3 Posouzení na smyk

Smyková plocha:

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 373}{\pi} = 237,459 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{237,459 \cdot 10^{-6} \cdot (235 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,00} = 32,218 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,02 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 32,218 = 16,109 \text{ kN}$$

Účinek smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osově síly **LZE ZANEDBAT**

### 6.2.4.4 Posouzení na tlak

**Posudek na prostorový vzpěr:**

Vzpěrná délka kolmo k ose y-y je uvažována mezi výplňovými pruty.

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 1,713 \text{ m}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{21,650 \cdot 10^3}{25,420 \cdot 10^3} = 0,85 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,29 \cdot 3,730 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 25,420 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{2,14 + \sqrt{2,14^2 - 1,72^2}} = 0,29$$

$$\phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,72 - 0,2) + 1,72^2] = 2,14$$

Poměrná štíhlost:

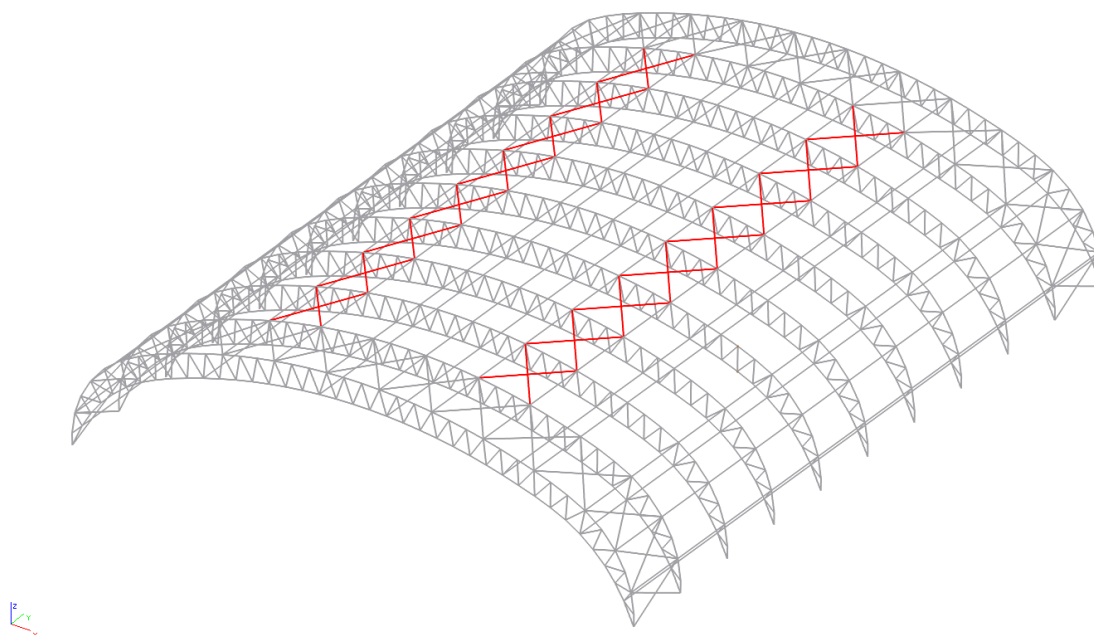
$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{3,730 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{29,595 \cdot 10^3}} = 1,72$$

Kritická Eulerova síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 4,190 \cdot 10^{-8}}{1,713^2} = 29,595 \text{ kN}$$

### 6.3. Ztužující a stabilizační prvky

#### 6.3.1. Podélné ztužidlo v rovině střechy



Obr. 27 Poloha podélných ztužidel v rovině střechy

##### 6.3.1.1 Vnitřní síly a klasifikace průřezu

Vnitřní síly na prutu:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

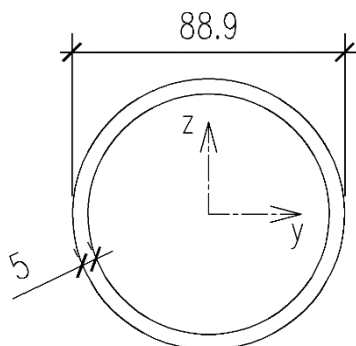
Kombinace : CO1

Průřez : ztužidlo-podélné - CHS88.9/5.0

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze								
B1148	CO1/6	6,246	<b>-68,37</b>	0,05	-0,40	0,02	0,00	0,00
B1148	CO1/1	0,000	<b>57,60</b>	-0,01	0,32	-0,01	0,00	0,00
B1121	CO1/10	3,123	50,18	<b>-0,06</b>	0,00	-0,01	0,68	0,20
B1121	CO1/10	0,000	50,39	<b>0,06</b>	0,43	-0,01	0,00	0,00
B1119	CO1/14	6,246	54,74	-0,02	<b>-0,43</b>	0,01	0,00	0,00
B1119	CO1/14	0,000	54,59	0,02	<b>0,43</b>	0,01	0,00	0,00
B1147	CO1/18	0,000	5,87	-0,05	0,43	<b>-0,07</b>	0,00	0,00
B1122	CO1/8	0,000	6,10	-0,05	0,43	<b>0,05</b>	0,00	0,00
B1119	CO1/7	0,000	27,25	0,03	0,32	0,01	<b>0,00</b>	0,00
B1119	CO1/14	3,123	54,64	0,02	0,01	0,01	<b>0,68</b>	0,07
B1122	CO1/11	3,123	45,93	-0,06	0,00	0,02	0,68	<b>-0,19</b>
B1121	CO1/10	3,123	50,34	0,06	0,00	-0,01	0,68	<b>0,20</b>

**Charakteristika profilu:**

Profil: TR 88,9/5,0  
 Materiál: S235



$A$	$= 1,320 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$
$I_y$	$= 1,160 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$I_z$	$= 1,160 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$W_{el,y}$	$= 2,620 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{el,z}$	$= 2,620 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,y}$	$= 3,468 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,z}$	$= 3,468 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{88,9}{5,0} = 17,78 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 1,00^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

**6.3.1.2 Posouzení na tah**

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,00} = 310,200 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{57,600}{310,200} = 0,19 \leq 1,00 \dots \text{Vyhovuje}$$

**6.3.1.3 Posouzení na smyk**

Smyková plocha:

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 1320}{\pi} = 840,338 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{840,338 \cdot 10^{-6} \cdot (235 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,00} = 114,015 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,43 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 114,015 = 57,008 \text{ kN}$$

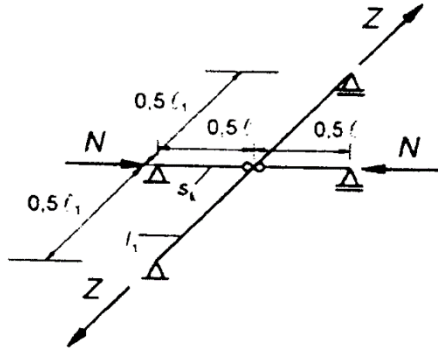
Účinek smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osově síly

**LZE ZANEDBAT**

### 6.3.1.4 Posouzení na tlak

#### Posudek na prostorový vzpěr:

Vzpěrná délka kolmo k ose y-y je uvažována jako polovina systémové délky dle tab. D.2 [#]



Součinitel vzpěrné délky:

$$\beta = 0,5 \quad \text{Je-li}$$

$$E \cdot I_1 \geq \frac{3 \cdot Z \cdot l_1^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot \left( \frac{N \cdot l_1}{Z \cdot l} - 1 \right)$$

$$210 \cdot 10^9 \cdot 1,160 \cdot 10^{-6} \geq \frac{3 \cdot 68,37 \cdot 10^3 \cdot 6,246^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot \left( \frac{68,37 \cdot 10^3 \cdot 6,246}{39,73 \cdot 10^3 \cdot 6,246} - 1 \right)$$

$$243600 \geq 146111 \dots \beta = 0,5$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = \beta \cdot L_{sys} = 0,5 \cdot 6,246 = 3,123 \text{ m}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{68,370 \cdot 10^3}{183,018 \cdot 10^3} = 0,37 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,59 \cdot 1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 183,018 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,22 + \sqrt{1,22^2 - 1,12^2}} = 0,59$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,12 - 0,2) + 1,12^2] = 1,22$$

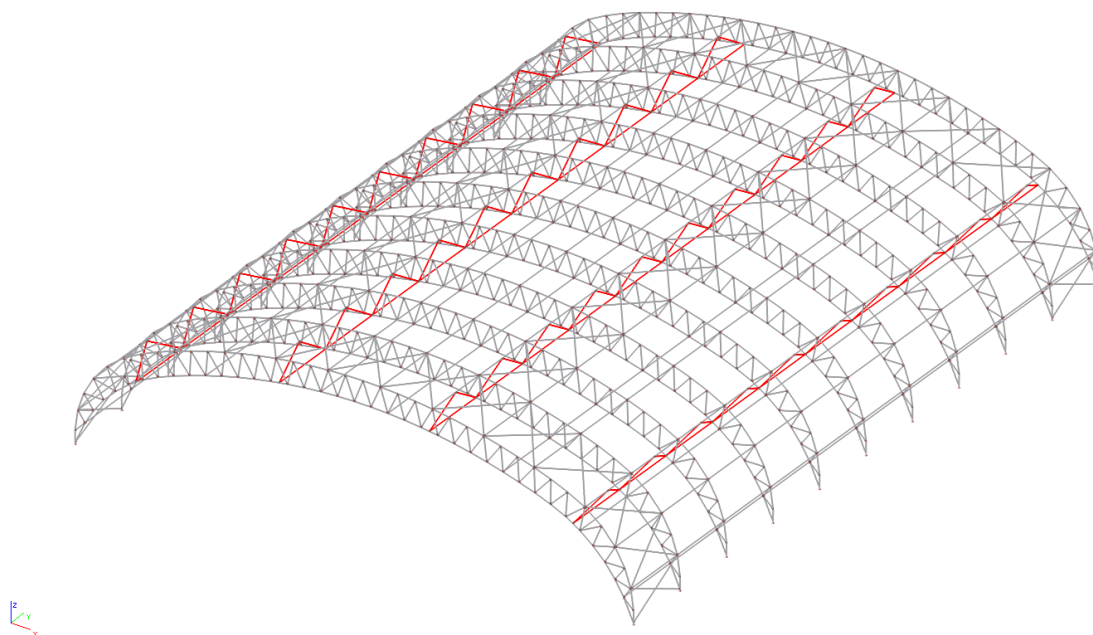
Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{246,509 \cdot 10^3}} = 1,12$$

Kritická Eulerova síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,16 \cdot 10^{-6}}{3,123^2} = 246,509 \text{ kN}$$

### 6.3.2. Podélné ztužidlo ve svislé rovině



Obr. 28 Poloha podélných ztužidel ve svislé rovině

#### 6.3.2.1 Vnitřní síly a klasifikace průřezu

Vnitřní síly na prutu:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

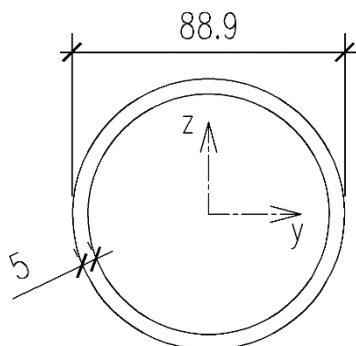
Kombinace : CO1

Vrstva : podelne\_svisle

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>								
B2768	CO1/16	0,000	<b>-32,09</b>	0,00	0,17	0,02	0,00	0,00
B2771	CO1/16	0,000	<b>41,90</b>	0,00	0,34	0,01	0,00	0,00
B2766	CO1/3	0,000	-18,63	<b>0,00</b>	0,25	-0,03	<b>0,00</b>	0,00
B2766	CO1/5	5,000	4,46	0,00	<b>-0,34</b>	0,00	0,00	0,00
B2766	CO1/5	0,000	4,46	0,00	<b>0,34</b>	0,00	0,00	0,00
B2797	CO1/4	0,000	25,43	0,00	0,34	<b>-0,05</b>	0,00	0,00
B2766	CO1/4	0,000	25,42	0,00	0,34	<b>0,05</b>	0,00	0,00
B2766	CO1/5	2,500	4,46	0,00	0,00	0,00	<b>0,43</b>	0,00
B2766	CO1/9	0,000	-13,28	0,00	0,34	-0,04	0,00	<b>0,00</b>

**Charakteristika profilu:**

Profil: TR 88,9/5,0  
 Materiál: S235



$A$	$= 1,320 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$
$I_y$	$= 1,160 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$I_z$	$= 1,160 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$W_{el,y}$	$= 2,620 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{el,z}$	$= 2,620 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,y}$	$= 3,468 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,z}$	$= 3,468 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{88,9}{5,0} = 17,78 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 1,00^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

**6.3.2.2 Posouzení na tah**

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,00} = 310,200 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{41,90}{310,200} = 0,14 \leq 1,00 \dots \text{Vyhovuje}$$

**6.3.2.3 Posouzení na smyk**

Smyková plocha:

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 1320}{\pi} = 840,338 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{840,338 \cdot 10^{-6} \cdot (235 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,00} = 114,015 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,34 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 114,015 = 57,008 \text{ kN}$$

Účinek smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osově síly

**LZE ZANEDBAT**



### 6.3.2.4 Posouzení na tlak

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 2,971 \text{ m}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{32,09 \cdot 10^3}{192,324 \cdot 10^3} = 0,17 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,62 \cdot 1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 192,324 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,16 + \sqrt{1,16^2 - 1,07^2}} = 0,62$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,07 - 0,2) + 1,07^2] = 1,16$$

Poměrná štíhlost:

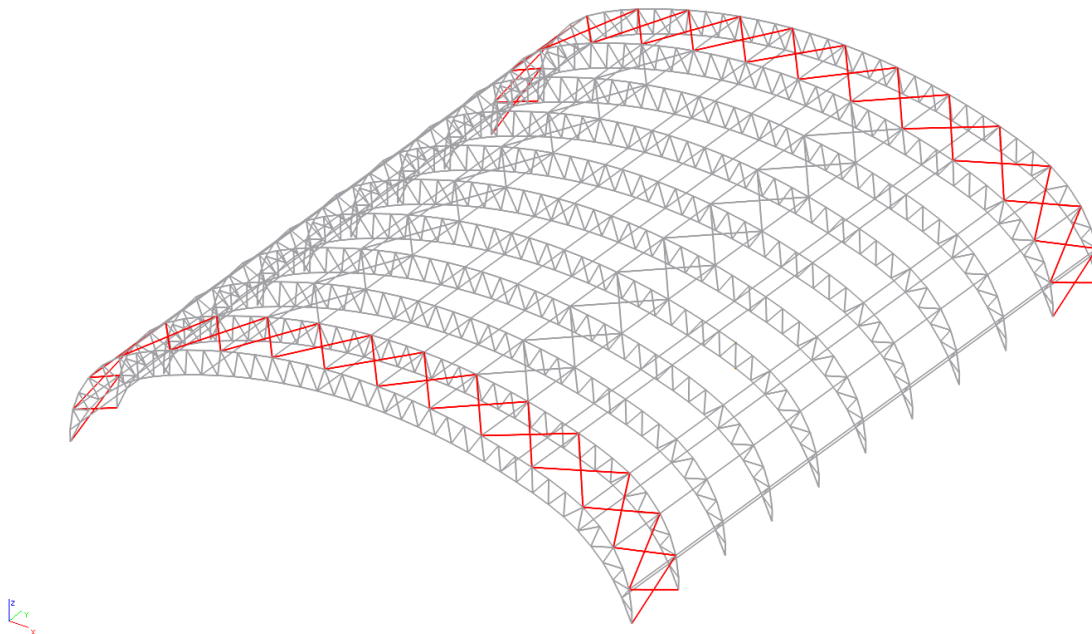
$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{272,378 \cdot 10^3}} = 1,07$$

Kritická Eulerova síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,16 \cdot 10^{-6}}{2,971^2} = 272,378 \text{ kN}$$

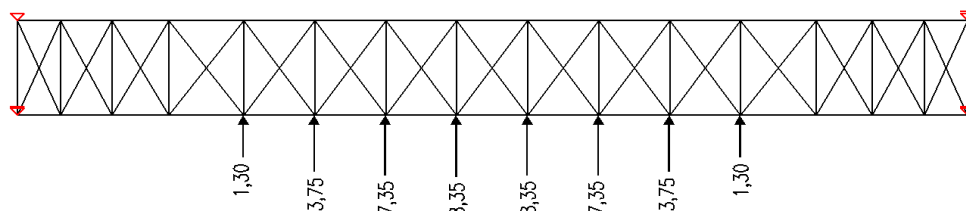
### 6.3.3. Příčné ztužidlo

Příčné ztužidlo působí jako příhradový nosník, který přebírá veškeré podélné účinky na konstrukci (zatížení větrem a stabilitní síly HP vazníku). Na konstrukci se nacházejí celkem dvě příčná ztužidla a každé z nich přebírá polovinu podélných účinků.

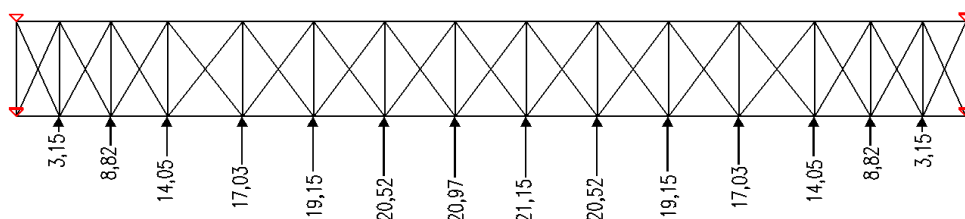


Obr. 29 Poloha příčných ztužidel

#### 6.3.3.1 Zatížení příčného ztužidla



Obr. 30 Zatížení příčného ztužidla stabilitními silami



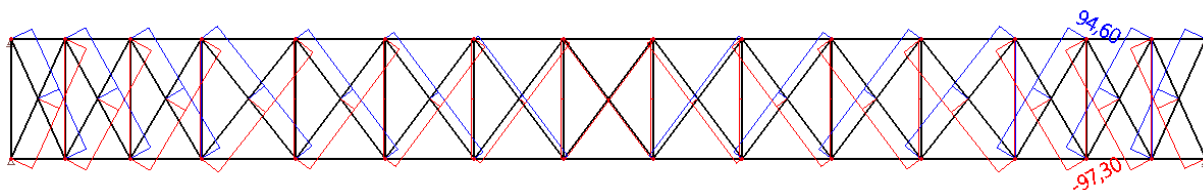
Obr. 31 Zatížení příčného ztužidla účinky větru

Stabilitní síly jsou uvažovány jako  $1/100 N_{Ed}$  v horním pásu vynásobeny počtem zajišťovaných vazeb ( $n = 5$ ).

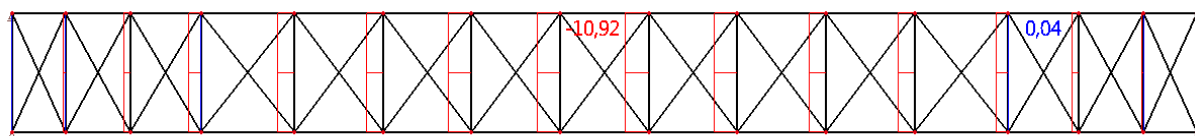
Výsledné síly vypočteny dle:

$$N_{stab} = \frac{N_{Ed}}{100} \cdot n$$

### 6.3.3.2 Vnitřní síly a klasifikace průřezu



Obr. 32 Vnitřní síly na prutech ztužidla [kN]

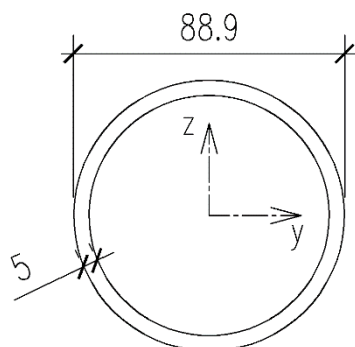


Obr. 33 Vnitřní síly na horních rozpěrách

Rozpěry jsou namáhány osovým zatížením, toto zatížení je zahrnuto do vnitřních sil v rozpěrách horního pásu.

#### Charakteristika profilu:

Profil: TR 88,9/5,0  
Materiál: S235



$A$	$= 1,320 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$
$I_y$	$= 1,160 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$I_z$	$= 1,160 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$W_{el,y}$	$= 2,620 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{el,z}$	$= 2,620 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,y}$	$= 3,468 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$
$W_{pl,z}$	$= 3,468 \cdot 10^{-5} \text{m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{88,9}{5,0} = 17,78 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 1,00^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### 6.3.3.3 Posouzení na tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

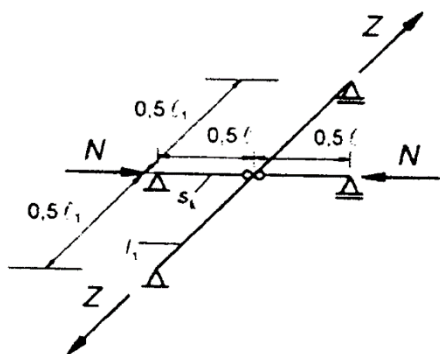
$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,00} = 310,200 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{94,60 \cdot 10^3}{310,200 \cdot 10^3} = 0,31 \leq 1,00 \dots \text{Vyhovuje}$$

### 6.3.3.4 Posouzení na tlak

Posudek na prostorový vzpěr:

Vzpěrná délka kolmo k ose y-y je uvažována jako polovina systémové délky dle tab. D.2 [9]



Součinitel vzpěrné délky:

$$\beta = 0,5 \quad \text{Je-li}$$

$$E \cdot I_1 \geq \frac{3 \cdot Z \cdot l_1^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot \left( \frac{N \cdot l_1}{Z \cdot l} - 1 \right)$$

$$210 \cdot 10^9 \cdot 1,160 \cdot 10^{-6} \geq \frac{3 \cdot 97,30 \cdot 10^3 \cdot 6,251^2}{4 \cdot \pi^2} \cdot \left( \frac{97,30 \cdot 10^3 \cdot 6,251}{94,60 \cdot 10^3 \cdot 6,251} - 1 \right)$$

$$243600 \geq 8246 \dots \beta = 0,5$$

Systémová délka je na stranu bezpečnou, uvažována jako maximální délka příčného ztužidla  
 $L = 6,251 \text{ m}$ .

$$L_{cr,y} = \beta \cdot L_{sys} = 0,5 \cdot 6,251 = 3,126 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 3,126 \text{ m} \dots \text{Zajištěno druhým prutem}$$

$$L_{cr,z} = L_{cr,y} = 3,126 \text{ m}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{97,30 \cdot 10^3}{183,018 \cdot 10^3} = 0,53 < 1,0 \dots \text{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,59 \cdot 1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 183,018 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,22 + \sqrt{1,22^2 - 1,12^2}} = 0,59$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,12 - 0,2) + 1,12^2] = 1,22$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{246,194 \cdot 10^3}} = 1,12$$

Kritická Eulerova síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,16 \cdot 10^{-6}}{3,125^2} = 246,194 \text{ kN}$$

### 6.3.4. Stabilizační rozpěra HP

#### 6.3.4.1 Vnitřní síly a klasifikace průřezu

Vnitřní síly na prutu:

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : CO1

Vrstva : rozpěra-horní

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze								
B1587	CO1/3	0,000	<b>-66,45</b>	0,00	0,25	-0,01	0,00	0,00
B1588	CO1/10	0,000	<b>46,53</b>	0,00	0,34	-0,02	0,00	0,00
B1533	CO1/6	0,000	-3,42	<b>0,00</b>	0,34	0,02	0,00	0,00
B1533	CO1/5	5,000	-3,65	0,00	<b>-0,34</b>	0,00	0,00	0,00
B1533	CO1/5	0,000	-3,65	0,00	<b>0,34</b>	0,00	0,00	0,00
B2336	CO1/10	0,000	-13,20	0,00	0,34	<b>-0,11</b>	0,00	0,00
B1552	CO1/6	0,000	-13,20	0,00	0,34	<b>0,11</b>	0,00	0,00
B1533	CO1/23	0,000	-2,47	0,00	0,25	0,02	<b>0,00</b>	0,00
B1533	CO1/5	2,500	-3,65	0,00	0,00	0,00	<b>0,43</b>	0,00
B1533	CO1/1	0,000	1,78	0,00	0,25	-0,01	0,00	<b>0,00</b>

Výsledné síly:

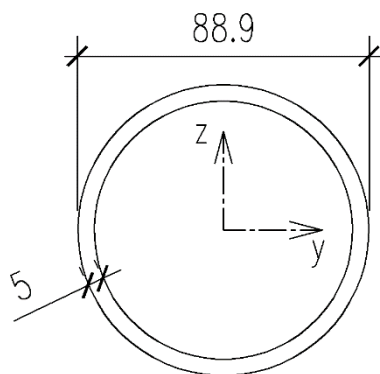
$$N_{c,Ed} = -66,45 - 10,92 = -77,37 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed} = 46,53 + 0,04 = 46,57 \text{ kN}$$

Charakteristika profilu:

Profil: TR 88,9/5,0

Materiál: S235



$A$	$=$	$1,320 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
$I_y$	$=$	$1,160 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
$I_z$	$=$	$1,160 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
$W_{el,y}$	$=$	$2,620 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
$W_{el,z}$	$=$	$2,620 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
$W_{pl,y}$	$=$	$3,468 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
$W_{pl,z}$	$=$	$3,468 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{88,9}{5,0} = 17,78 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 1,00^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

### 6.3.4.2 Posouzení na tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu v tahu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,00} = 310,200 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{46,57 \cdot 10^3}{310,200 \cdot 10^3} = 0,15 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 6.3.4.3 Posouzení na smyk

Smyková plocha:

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 1320}{\pi} = 840,338 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{840,338 \cdot 10^{-6} \cdot (235 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,00} = 114,015 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,34 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 114,015 = 57,008 \text{ kN}$$

Účinek smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osově síly

**LZE ZANEDBAT**

### 6.3.4.4 Posouzení na tlak

**Posudek na prostorový vzpěr:**

Vzpěrná délka kolmo k ose y-y je uvažována mezi horními pásy vazníku a je shodná se vzpěrnou délkou kolmo k ose z-z.

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 5,0 \text{ m}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{77,37 \cdot 10^3}{83,754 \cdot 10^3} = 0,92 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,27 \cdot 1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 83,754 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{2,29 + \sqrt{2,29^2 - 1,80^2}} = 0,27$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,80 - 0,2) + 1,80^2] = 2,29$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,320 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{96,169 \cdot 10^3}} = 1,80$$

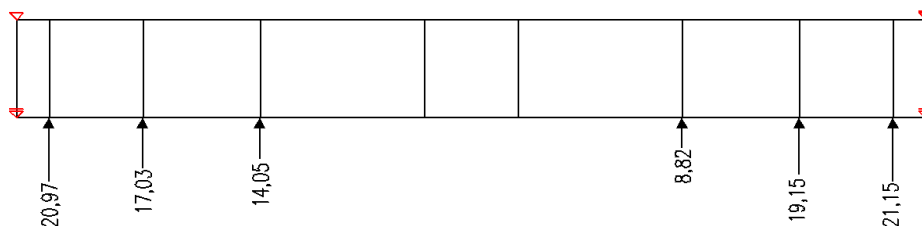
Kritická Eulerova síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,16 \cdot 10^{-6}}{5,0^2} = 96,169 \text{ kN}$$



### 6.3.5. Stabilizační rozpěra DP

#### 6.3.5.1 Zatížení spodní rozpěry



Obr. 34 Zatížení spodní rozpěry stabilitními silami

Stabilitní síly jsou uvažovány jako  $1/100 N_{Ed}$  v dolním pásu vynásobeny počtem zajišťovaných vazeb ( $n = 5$ ).

Výsledné síly vypočteny dle:

$$N_{stab} = \frac{N_{Ed}}{100} \cdot n$$

#### 6.3.5.2 Vnitřní síly a klasifikace průřezu

Vnitřní síly na prutu:

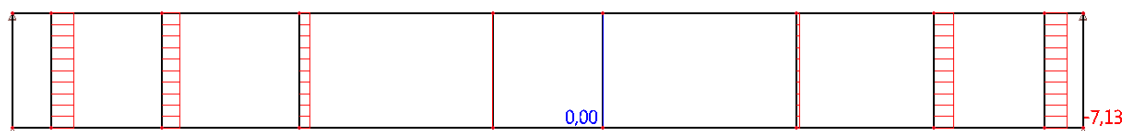
Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : CO1

Vrstva : rozpěra\_spodná

Prvek	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze								
B2702	CO1/2	0,000	-0,05	0,00	0,34	0,01	0,00	0,00
B2488	CO1/24	0,000	0,15	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00
B2414	CO1/1	0,000	-0,01	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
B2414	CO1/5	5,000	0,00	0,00	-0,34	0,00	0,00	0,00
B2414	CO1/5	0,000	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00
B2474	CO1/6	0,000	0,01	0,00	0,34	-0,14	0,00	0,00
B2544	CO1/10	0,000	0,05	0,00	0,34	0,14	0,00	0,00
B2414	CO1/7	0,000	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
B2414	CO1/5	2,500	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,00
B2414	CO1/25	0,000	0,00	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00



Obr. 35 Vnitřní síly na spodních rozpěrách

Rozpěry jsou namáhány osovým zatížením, toto zatížení je zahrnuto do vnitřních sil v rozpěrách horního pásu.

**Výsledné síly:**

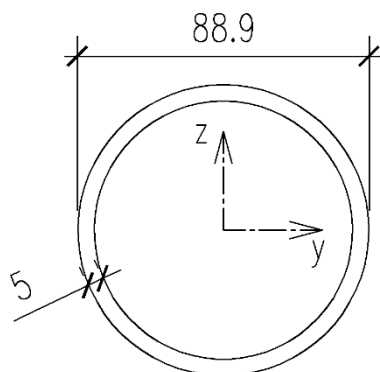
$$N_{c,Ed} = -7,13 - 0,05 = -7,18 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed} = 0,00 + 0,15 = 0,15 \text{ kN}$$

**Charakteristika profilu:**

Profil: TR 88,9/5,0

Materiál: S235



$A$	$=$	$1,320 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
$I_y$	$=$	$1,160 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
$I_z$	$=$	$1,160 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
$W_{el,y}$	$=$	$2,620 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
$W_{el,z}$	$=$	$2,620 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
$W_{pl,y}$	$=$	$3,468 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$
$W_{pl,z}$	$=$	$3,468 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$

Zatřídění průřezu (tab. 5.2 v [8]):

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{88,9}{5,0} = 17,78 < 50 \cdot \varepsilon^2 = 50 \cdot 1,00^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

Vnitřní síly jsou v porovnání s vnitřními silami v horních rozpěrách mnohem menší, průřezové charakteristiky jsou stejné, v takovém případě je **únosnost zaručena**.

## 7. Posouzení spojů

### 7.1. Díl 1

#### 7.1.1. Připojení diagonály k dolnímu pásu

##### 7.1.1.1 Vnitřní síly a charakteristiky průřezu

Vnitřní síly od kombinace K18

$$N_0 = -179,28 \text{ kN}$$

$$N_1 = -51,38 \text{ kN}$$

$$N_2 = 33,06 \text{ kN}$$

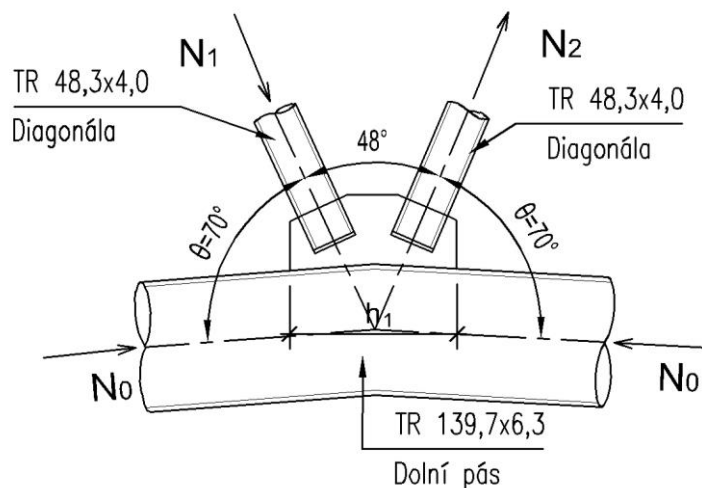
**Prvky:**

Dolní pás: TR 139,7x6,3 S355

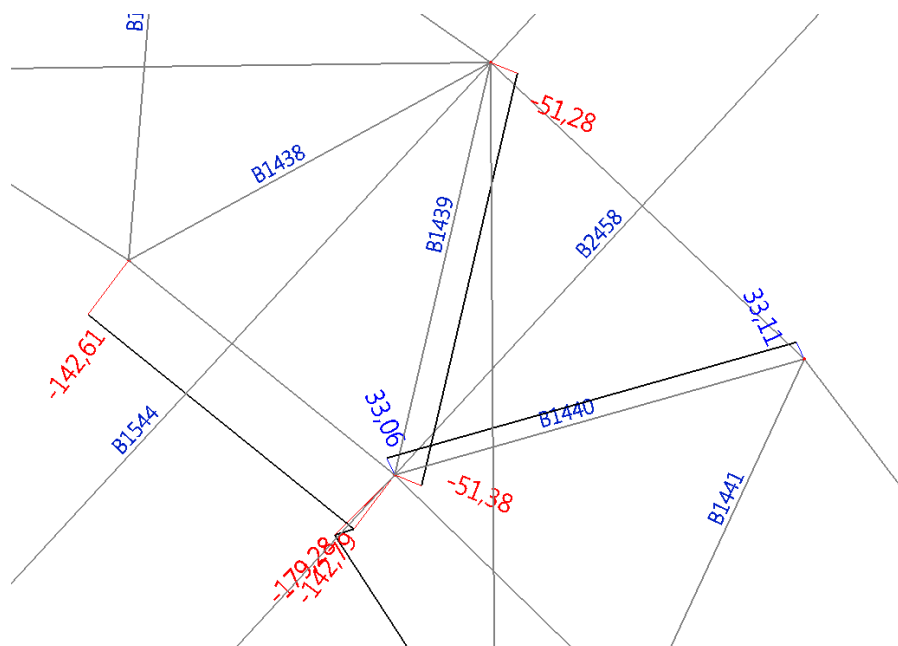
Diagonála: TR 48,3x4,0 S235  
TR 48,3x4,0 S235

Plech: PL 8 S235

<b>Materiál:</b>	S355	$f_y = 355 \text{ MPa};$	$f_u = 490 \text{ MPa};$	$E = 210 \text{ GPa}$
	S235	$f_y = 235 \text{ MPa};$	$f_u = 360 \text{ MPa};$	$E = 210 \text{ GPa}$

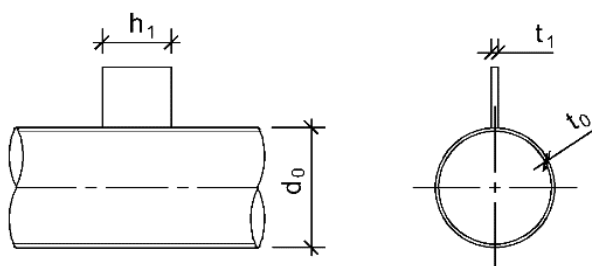


Obr. 36 Detail spoje – TR 48,3x4,0 – Dolní pás



Obr. 37 Vnitřní síly v spoji

### 7.1.1.2 Posouzení povrchu pásu



$$\eta = \frac{h_1}{d_0} = \frac{200}{139,7} = 1,432 \leq 4$$

$$k_p = 1 - 0,3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0,185 \cdot (1 + 0,185) = 0,934 \leq 1,0$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}/f_{y0}}{\gamma_{M5}} = \frac{65,53 \cdot 10^6 / 355 \cdot 10^6}{1,00} = 0,185$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{179,28 \cdot 10^3}{2,640 \cdot 10^{-3}} + 0 = 65,53 \text{ MPa}$$

$$N_{p,Ed} = N_{0,Ed} - \sum_{0 < i} N_{i,Ed} \cdot \cos \theta_i = -179,28 - (-51,38 \cdot \cos 70) - 33,06 \cdot \cos 70$$

$$N_{p,Ed} = -173,01 \text{ kN (tlak)}$$

$$N_{1,Rd} = 5 \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot \eta) / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = 5 \cdot 0,934 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 0,0063^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot 1,432) / 1,0 = 89,36 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{51,38}{89,36} = 0,58 \leq 1,00 \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

### 7.1.1.3 Porušení prolomením smykem

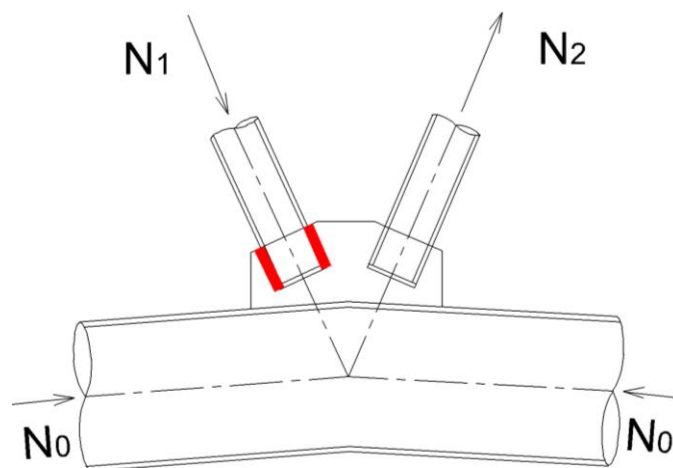
$$N_{Ed} = \sum_{0 < i} N_{i,Ed} \cdot \sin \theta_i = -51,38 \cdot \sin 70 + 33,06 \cdot \sin 70 = -17,215 \text{ kN}$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = \left( \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W_{El}} \right) \cdot t_1 \leq 2 \cdot t_0 \cdot \left( \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \right) / \gamma_{M5}$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = \left( \frac{17,215 \cdot 10^3}{0,20 \cdot 0,008} + 0 \right) \cdot 0,008 \leq 2 \cdot 0,0063 \cdot \left( \frac{355 \cdot 10^6}{\sqrt{3}} \right) / 1,00$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = 0,086 \text{ MPa} \leq 2,582 \text{ MPa} \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

### 7.1.1.4 Posouzení svaru styčnickový plech – diagonála



Obr. 38 Umístění posuzovaného svaru

Síla působící na svar:

$$N_{\parallel} = \frac{N_{1,Ed}}{4} = \frac{51,38 \cdot 10^{-3}}{4} = 12,845 \text{ kN}$$

Účinná výška svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$L_w = L - 2 \cdot a = 60 - 2 \cdot 4 = 52 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

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

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{L_w \cdot a} = \frac{12,845 \cdot 10^3}{52 \cdot 4} = 61,755 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

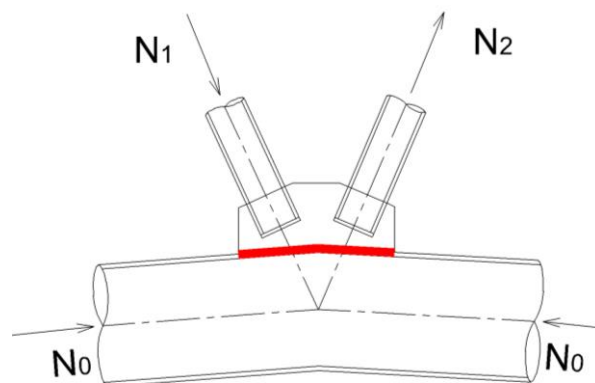
$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})}$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 61,755^2)]^{0,5} \leq \frac{360}{(0,8 \cdot 1,25)} = 185,265 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$0 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

#### 7.1.1.5 Posouzení svaru styčnickový plech - dolní pás



Obr. 39 Umístění posuzovaného svaru

$$N_y = \sum_{i>0} N_i \cdot \cos \theta_i = -51,38 \cdot \cos 70 + 33,06 \cdot \cos 70 = -6,266 \text{ kN}$$

$$N_z = \sum_{i>0} N_i \cdot \sin \theta_i = -51,38 \cdot \sin 70 + 33,06 \cdot \sin 70 = -17,215 \text{ kN}$$

Síla působící na svar:

$$N_{Ed,\parallel} = \frac{N_y}{2} = \frac{6,266}{2} = 3,133 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,\perp} = \frac{N_z}{2} = \frac{17,215}{2} = 8,608 \text{ kN}$$

Účinná výška svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$L_w = h_1 - 2 \cdot a = 200 - 2 \cdot 4 = 192 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed,\perp}}{L_w \cdot a} = \frac{8,608 \cdot 10^3}{192 \cdot 4} = 11,208 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed,\parallel}}{L_w \cdot a} = \frac{3,133 \cdot 10^3}{192 \cdot 4} = 4,079 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})}$$

$$[11,208^2 + 3 \cdot (11,208^2 + 4,079^2)]^{0,5} \leq \frac{360}{(0,8 \cdot 1,25)}$$

$$161,401 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$11,208 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

## 7.1.2. Připojení diagonály k hornímu pásu

### 7.1.2.1 Vnitřní síly a charakteristiky průřezu

Vnitřní síly od kombinace K18

$$N_0 = 55,67 \text{ kN}$$

$$N_1 = 51,38 \text{ kN}$$

$$N_2 = 38,43 \text{ kN}$$

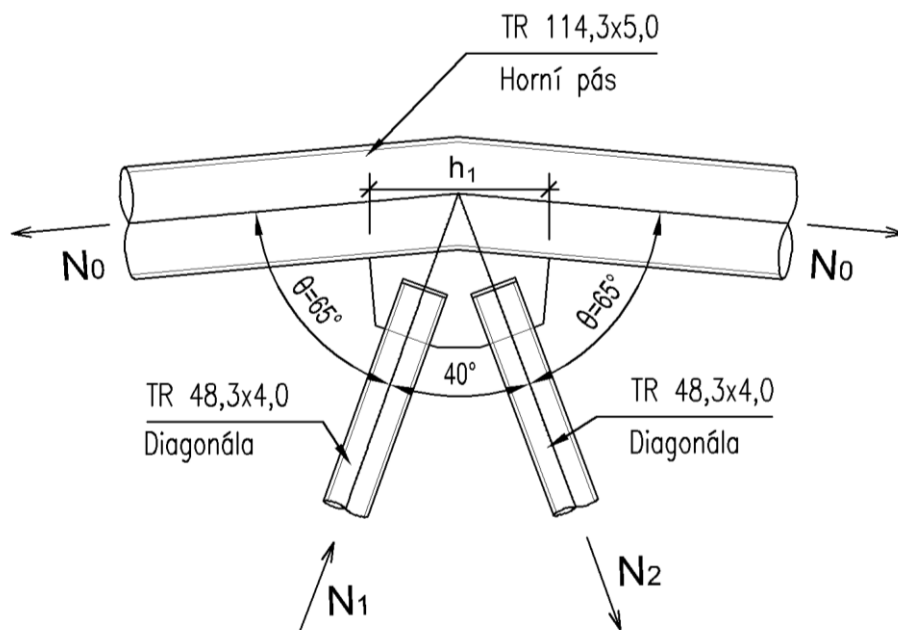
**Prvky:**

Horní pás: TR 114,3x5,0 S355

Diagonála: TR 48,3x4,0 S235  
TR 48,3x4,0 S235

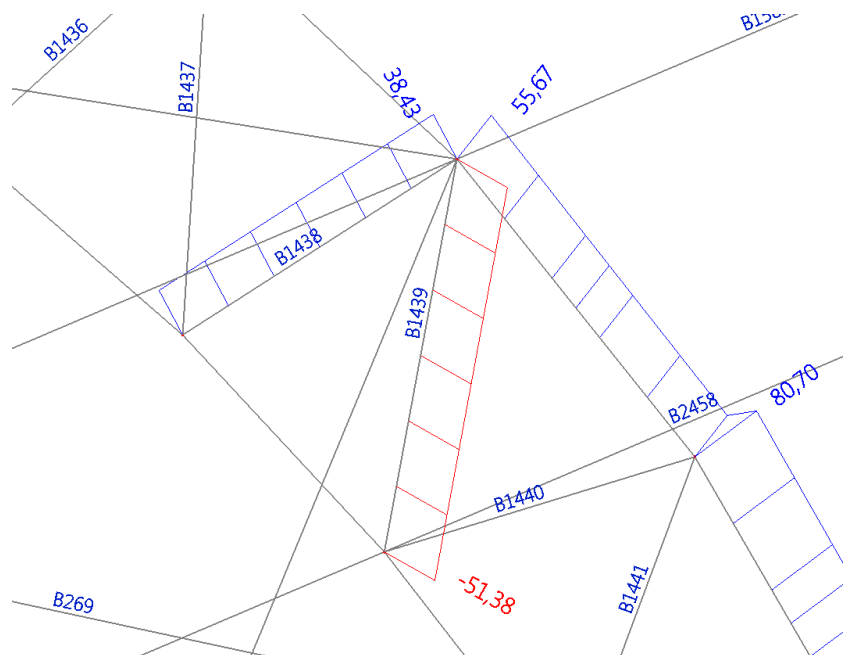
Plech: PL 8 S235

**Materiál:** S355  $f_y = 355 \text{ MPa}$ ;  $f_u = 490 \text{ MPa}$ ;  $E = 210 \text{ GPa}$   
S235  $f_y = 235 \text{ MPa}$ ;  $f_u = 360 \text{ MPa}$ ;  $E = 210 \text{ GPa}$



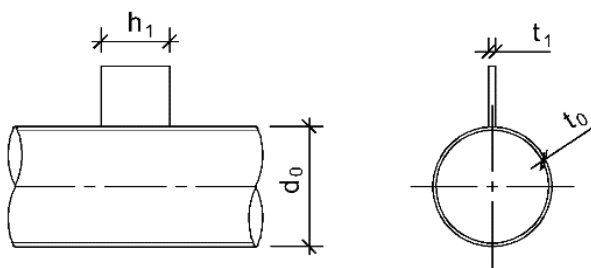
Obr. 40 Detail spoje – TR 48,3x4,0 – Horní pás





Obr. 41 Vnitřní síly v spoji

### 7.1.2.2 Posouzení povrchu pásu



$$\eta = \frac{h_1}{d_0} = \frac{200}{114,3} = 1,750 \leq 4$$

$$k_p = 1 \text{ (tah)}$$

$$N_{p,Ed} = N_{0,Ed} - \sum_{0 < i} N_{i,Ed} \cdot \cos \theta_i = 55,67 - (-51,38 \cdot \cos 65) - 38,43 \cdot \cos 65$$

$$N_{p,Ed} = 61,14 \text{ kN (tah)}$$

$$N_{1,Rd} = 5 \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot \eta) / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = 5 \cdot 1 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 0,005^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot 2,625) / 1,0 = 63,79 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{51,38}{63,79} = 0,81 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 7.1.2.3 Porušení prolomením smykem

$$N_{Ed} = \sum_{0 < i} N_{i,Ed} \cdot \sin \theta_i = -51,38 \cdot \sin 65 + 38,43 \cdot \sin 65 = -11,737 \text{ kN}$$

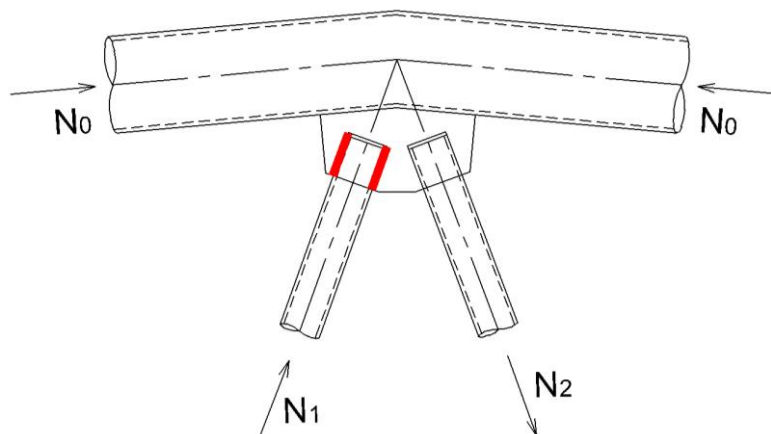
$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = \left( \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W_{El}} \right) \cdot t_1 \leq 2 \cdot t_0 \cdot \left( \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \right) / \gamma_{M5}$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = \left( \frac{11,737 \cdot 10^3}{0,200 \cdot 0,008} + 0 \right) \cdot 0,008 \leq 2 \cdot 0,005 \cdot \left( \frac{355 \cdot 10^6}{\sqrt{3}} \right) / 1,00$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = 0,059 \text{ MPa} \leq 2,050 \text{ MPa} \cdots \text{Vyhovuje}$$

### 7.1.2.4 Posouzení svaru styčnickový plech – diagonála



Obr. 42 Umístění posuzovaného svaru

Síla působící na svar:

$$N_{\parallel} = \frac{N_{1,Ed}}{4} = \frac{51,38 \cdot 10^{-3}}{4} = 12,845 \text{ kN}$$

Účinná výška svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$L_w = L - 2 \cdot a = 60 - 2 \cdot 4 = 52 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

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

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{L_w \cdot a} = \frac{12,845 \cdot 10^3}{52 \cdot 4} = 61,755 \text{ MPa}$$

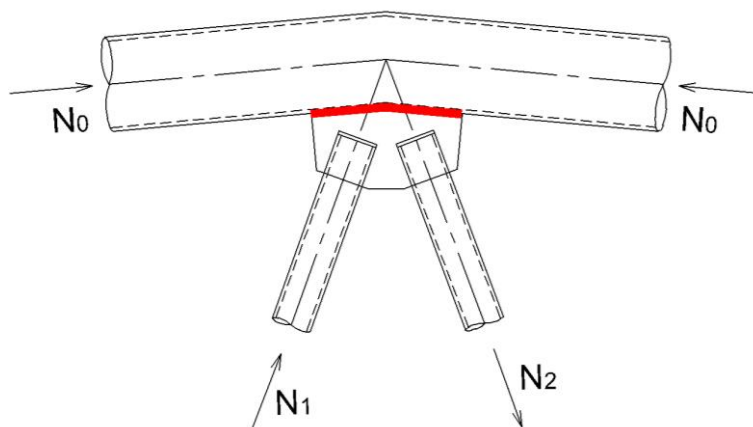
Podmínka posouzení:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})}$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 61,755^2)]^{0,5} \leq \frac{360}{(0,8 \cdot 1,25)} = 185,265 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \quad 0 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 7.1.2.5 Posouzení svaru styčnickový plech - horní pás



Obr. 43 Umístění posuzovaného svaru

$$N_y = \sum_{i>0} N_i \cdot \cos \theta_i = -51,38 \cdot \cos 65 + 38,43 \cdot \cos 65 = -5,473 \text{ kN}$$

$$N_z = \sum_{i>0} N_i \cdot \sin \theta_i = -51,38 \cdot \sin 65 + 38,43 \cdot \sin 65 = -11,737 \text{ kN}$$

Síla působící na svar:

$$N_{Ed,\parallel} = \frac{N_y}{2} = \frac{5,473}{2} = 2,737 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,\perp} = \frac{N_z}{2} = \frac{11,737}{2} = 5,869 \text{ kN}$$

Účinná výška svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$L_w = h_1 - 2 \cdot a = 200 - 2 \cdot 4 = 192 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed,\perp}}{L_w \cdot a} = \frac{5,869 \cdot 10^3}{192 \cdot 4} = 7,642 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed,\parallel}}{L_w \cdot a} = \frac{2,737 \cdot 10^3}{192 \cdot 4} = 3,564 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})}$$

$$[7,642^2 + 3 \cdot (7,642^2 + 3,564^2)]^{0,5} \leq \frac{360}{(0,8 \cdot 1,25)}$$

$$83,697 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$7,642 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

## 7.2. Díl 2

### 7.2.1. Připojení diagonály k dolnímu pásu

#### 7.2.1.1 Vnitřní síly a charakteristiky průřezu

Vnitřní síly od kombinace K18

$$N_0 = -166,40 \text{ kN}$$

$$N_1 = -63,12 \text{ kN}$$

$$N_2 = 53,42 \text{ kN}$$

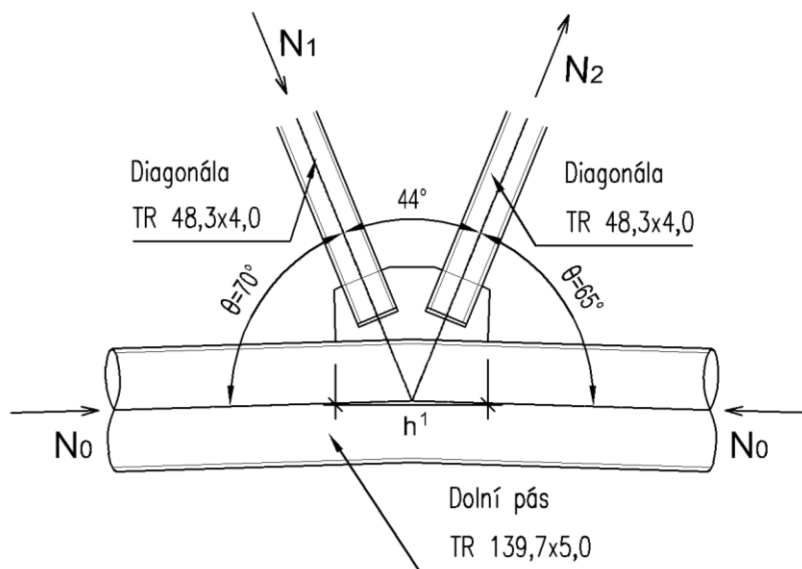
**Prvky:**

Dolní pás: TR 139,7x5,0 S355

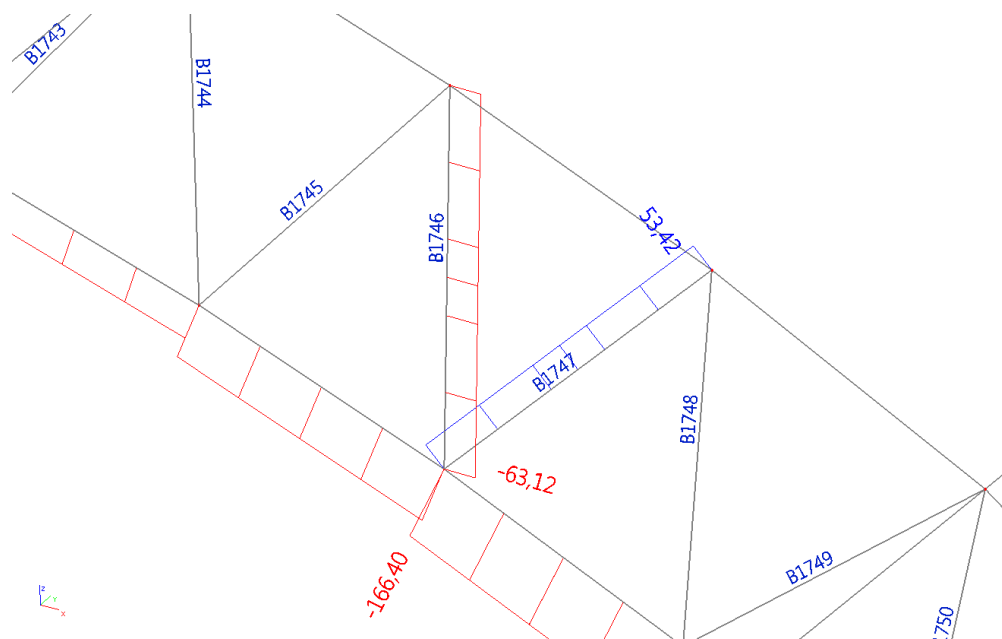
Diagonála: TR 48,3x4,0 S235  
TR 48,3x4,0 S235

Plech: PL 8 S235

**Materiál:** S355  $f_y = 355 \text{ MPa}; f_u = 490 \text{ MPa}; E = 210 \text{ GPa}$   
S235  $f_y = 235 \text{ MPa}; f_u = 360 \text{ MPa}; E = 210 \text{ GPa}$

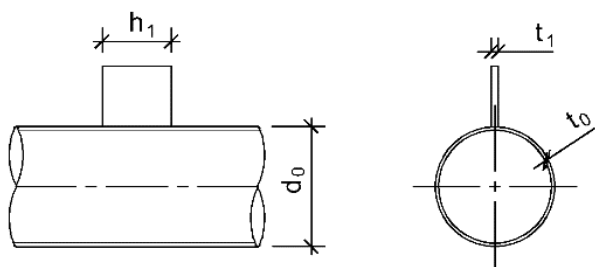


Obr. 44 Detail spoje – TR 48,3x4,0 – Dolní pás



Obr. 45 Vnitřní síly v spoji

### 7.2.1.2 Posouzení povrchu pásu



$$\eta = \frac{h_1}{d_0} = \frac{400}{139,7} = 2,863 \leq 4$$

$$k_p = 1 - 0,3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0,222 \cdot (1 + 0,222) = 0,919 \leq 1,0$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}/f_{y0}}{\gamma_{M5}} = \frac{78,96 \cdot 10^6 / 355 \cdot 10^6}{1,00} = 0,222$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{167,39 \cdot 10^3}{2,120 \cdot 10^{-3}} + 0 = 78,96 \text{ MPa}$$

$$N_{p,Ed} = N_{0,Ed} - \sum_{0 < i} N_{i,Ed} \cdot \cos \theta_i = -166,40 - (-63,12 \cdot \cos 70) - 53,42 \cdot \cos 65$$

$$N_{p,Ed} = -167,39 \text{ kN (tlak)}$$

$$N_{1,Rd} = 5 \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot \eta) / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = 5 \cdot 0,919 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 0,005^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot 2,863) / 1,0 = 69,97 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{63,12}{69,97} = 0,90 \leq 1,00 \dots \text{Vyhovuje}$$

### 7.2.1.3 Porušení prolomením smykem

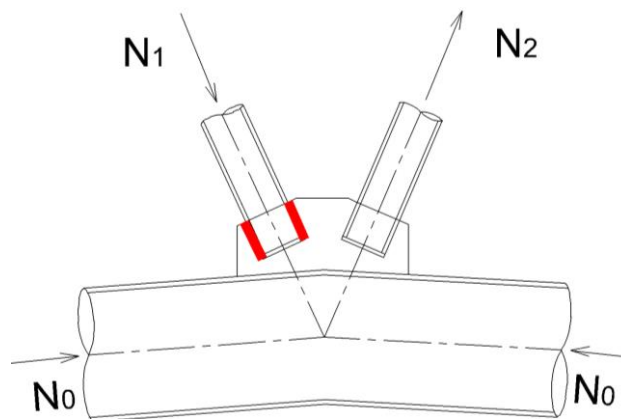
$$N_{Ed} = \sum_{0 < i} N_{i,Ed} \cdot \sin \theta_i = -63,12 \cdot \sin 70 + 53,42 \cdot \sin 65 = -10,898 \text{ kN}$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = \left( \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W_{El}} \right) \cdot t_1 \leq 2 \cdot t_0 \cdot \left( \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \right) / \gamma_{M5}$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = \left( \frac{10,898 \cdot 10^3}{0,40 \cdot 0,008} + 0 \right) \cdot 0,008 \leq 2 \cdot 0,005 \cdot \left( \frac{355 \cdot 10^6}{\sqrt{3}} \right) / 1,00$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = 0,027 \text{ MPa} \leq 2,050 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$

### 7.2.1.4 Posouzení svaru styčnickový plech – diagonála



Obr. 46 Umístění posuzovaného svaru

Síla působící na svar:

$$N_{\parallel} = \frac{N_{1,Ed}}{4} = \frac{63,12 \cdot 10^{-3}}{4} = 15,780 \text{ kN}$$

Účinná výška svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$L_w = L - 2 \cdot a = 60 - 2 \cdot 4 = 52 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

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

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{L_w \cdot a} = \frac{15,780 \cdot 10^3}{52 \cdot 4} = 75,865 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

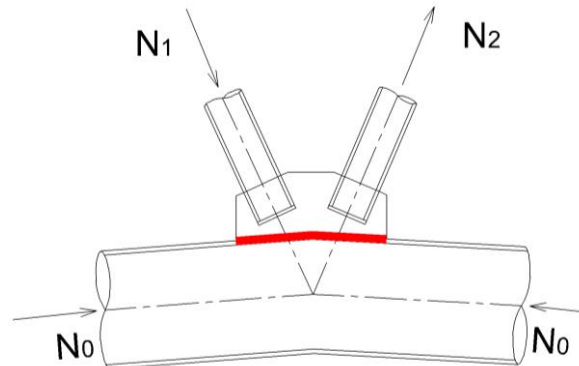
$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})}$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 75,865^2)]^{0,5} \leq \frac{360}{(0,8 \cdot 1,25)} = 227,595 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$0 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

### 7.2.1.5 Posouzení svaru styčnickový plech - dolní pás



Obr. 47 Umístění posuzovaného svaru

$$N_y = \sum_{i>0} N_i \cdot \cos \theta_i = -63,12 \cdot \cos 70 + 53,42 \cdot \cos 65 = 0,988 \text{ kN}$$

$$N_z = \sum_{i>0} N_i \cdot \sin \theta_i = -63,12 \cdot \sin 70 + 53,42 \cdot \sin 65 = -10,898 \text{ kN}$$

Síla působící na svar:

$$N_{Ed,\parallel} = \frac{N_y}{2} = \frac{0,988}{2} = 0,494 \text{ kN}$$



$$N_{Ed,\perp} = \frac{N_z}{2} = \frac{10,898}{2} = 5,449 \text{ kN}$$

Účinná výška svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$L_w = h_1 - 2 \cdot a = 400 - 2 \cdot 4 = 392 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed,\perp}}{L_w \cdot a} = \frac{5,449 \cdot 10^3}{392 \cdot 4} = 3,475 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed,\parallel}}{L_w \cdot a} = \frac{0,494 \cdot 10^3}{392 \cdot 4} = 0,315 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})}$$

$$[3,475^2 + 3 \cdot (3,475^2 + 0,315^2)]^{0,5} \leq \frac{360}{(0,8 \cdot 1,25)}$$

$$22,543 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$3,475 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

## 7.2.2. Připojení diagonály k hornímu pásu

### 7.2.2.1 Vnitřní síly a charakteristiky průřezu

Vnitřní síly od kombinace K18

$$N_0 = -44,19 \text{ kN}$$

$$N_1 = 56,80 \text{ kN}$$

$$N_2 = -63,12 \text{ kN}$$

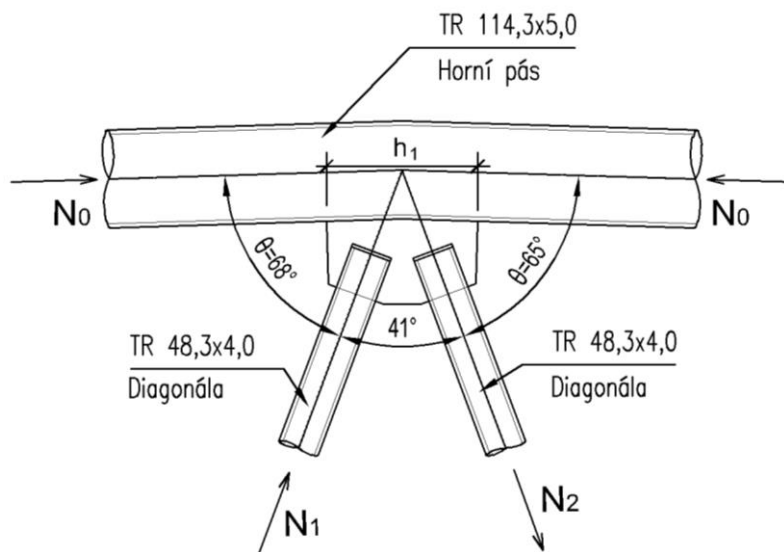
**Prvky:**

Horní pás: TR 114,3x5,0 S355

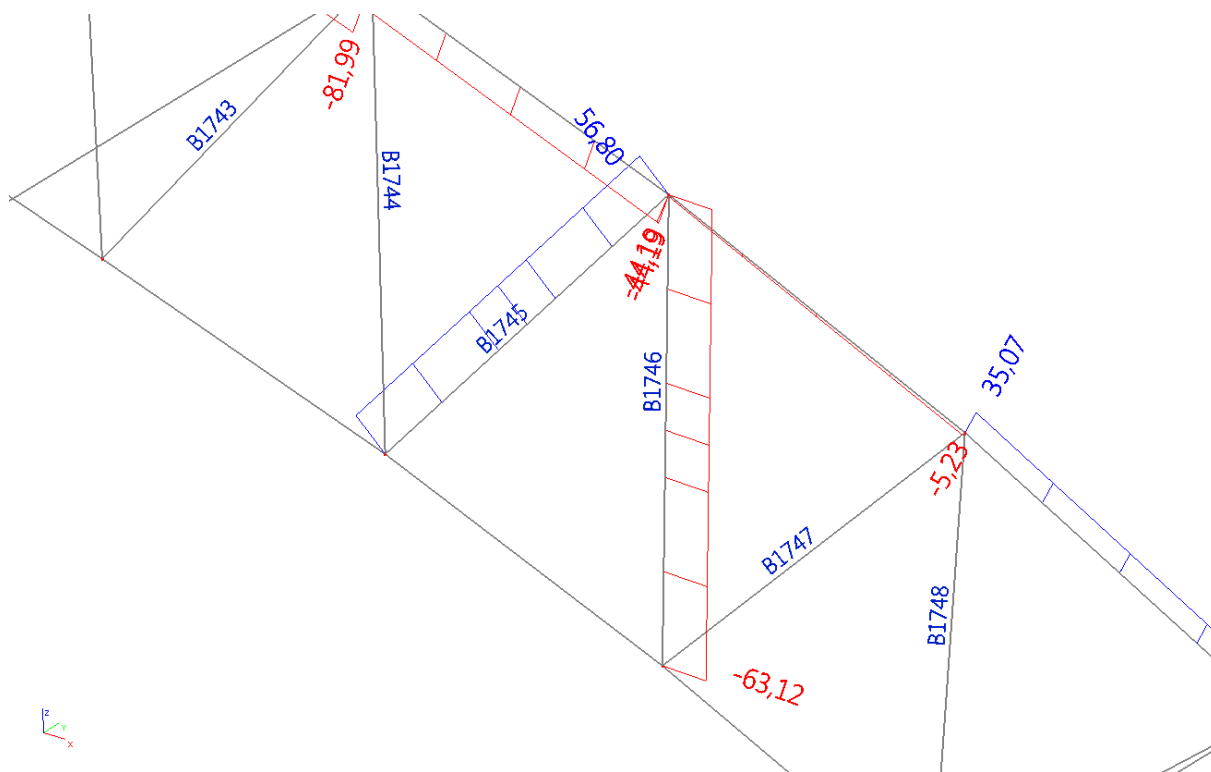
Diagonála: TR 48,3x4,0 S235  
TR 48,3x4,0 S235

Plech: PL 8 S235

**Materiál:** S355  $f_y = 355 \text{ MPa}$ ;  $f_u = 490 \text{ MPa}$ ;  $E = 210 \text{ GPa}$   
S235  $f_y = 235 \text{ MPa}$ ;  $f_u = 360 \text{ MPa}$ ;  $E = 210 \text{ GPa}$

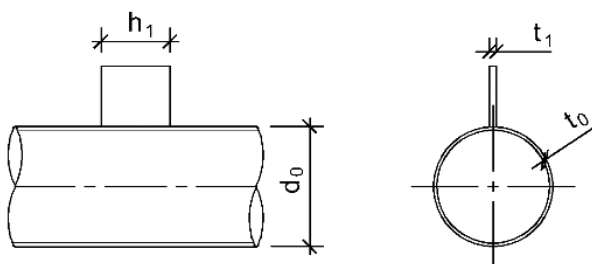


Obr. 48 Detail spoje – TR 48,3x4,0 – Horní pás



Obr. 49 Vnitřní síly v spoji

### 7.2.2.2 Posouzení povrchu pásu



$$\eta = \frac{h_1}{d_0} = \frac{300}{114,3} = 2,625 \leq 4$$

$$k_p = 1 - 0,3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0,064 \cdot (1 + 0,064) = 0,980 \leq 1,0$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}/f_{y0}}{\gamma_{M5}} = \frac{22,55 \cdot 10^6 / 355 \cdot 10^6}{1,00} = 0,064$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{38,79 \cdot 10^3}{1,720 \cdot 10^{-3}} + 0 = 22,55 \text{ MPa}$$

$$N_{p,Ed} = N_{0,Ed} - \sum_{0 < i} N_{i,Ed} \cdot \cos \theta_i = -44,19 - 56,80 \cdot \cos 68 - (-63,12 \cdot \cos 65)$$

$$N_{p,Ed} = -38,79 \text{ kN (tlak)}$$

$$N_{1,Rd} = 5 \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot \eta) / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = 5 \cdot 0,980 \cdot 355 \cdot 10^6 \cdot 0,005^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot 2,625) / 1,0 = 72,03 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{63,12}{72,03} = 0,88 \leq 1,00 \dots \text{Vyhovuje}$$

### 7.2.2.3 Porušení prolomením smykem

$$N_{Ed} = \sum_{0 < i} N_{i,Ed} \cdot \sin \theta_i = 56,80 \cdot \sin 68 - 63,12 \cdot \sin 65 = -4,542 \text{ kN}$$

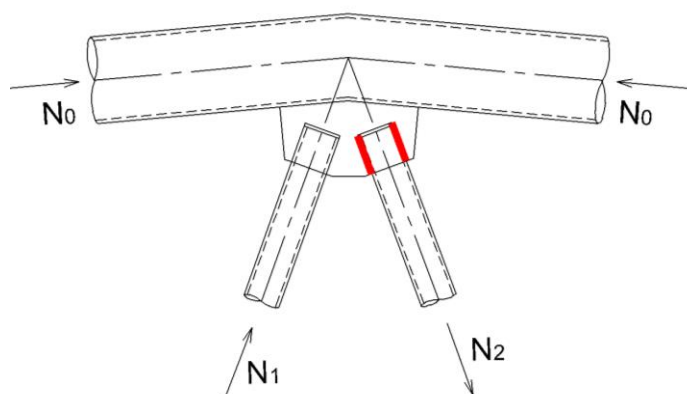
$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = \left( \frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{W_{El}} \right) \cdot t_1 \leq 2 \cdot t_0 \cdot \left( \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \right) / \gamma_{M5}$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = \left( \frac{4,542 \cdot 10^3}{0,300 \cdot 0,008} + 0 \right) \cdot 0,008 \leq 2 \cdot 0,005 \cdot \left( \frac{355 \cdot 10^6}{\sqrt{3}} \right) / 1,00$$

$$\sigma_{max} \cdot t_1 = 0,015 \text{ MPa} \leq 2,050 \text{ MPa} \dots \text{Vyhovuje}$$

### 7.2.2.4 Posouzení svaru styčnickový plech – diagonála



Obr. 50 Umístění posuzovaného svaru

Síla působící na svar:

$$N_{\parallel} = \frac{N_{1,Ed}}{4} = \frac{63,12 \cdot 10^{-3}}{4} = 15,780 \text{ kN}$$

Účinná výška svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$L_w = L - 2 \cdot a = 60 - 2 \cdot 4 = 52 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

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

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{L_w \cdot a} = \frac{15,780 \cdot 10^3}{52 \cdot 4} = 75,865 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

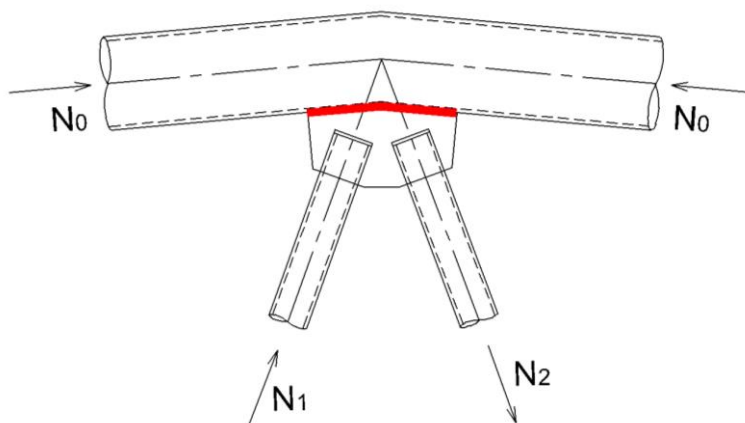
$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})}$$

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 75,865^2)]^{0,5} \leq \frac{360}{(0,8 \cdot 1,25)} = 227,595 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$0 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

#### 7.2.2.5 Posouzení svaru styčnickový plech - horní pás



Obr. 51 Umístění posuzovaného svaru

$$N_y = \sum_{i>0} N_i \cdot \cos \theta_i = 56,80 \cdot \cos 68 - 63,12 \cdot \cos 65 = -5,398 \text{ kN}$$

$$N_z = \sum_{i>0} N_i \cdot \sin \theta_i = 56,80 \cdot \sin 68 - 63,12 \cdot \sin 65 = -4,542 \text{ kN}$$

Síla působící na svar:

$$N_{Ed,\parallel} = \frac{N_y}{2} = \frac{5,398}{2} = 2,699 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,\perp} = \frac{N_z}{2} = \frac{4,542}{2} = 2,271 \text{ kN}$$

Účinná výška svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$L_w = h_1 - 2 \cdot a = 300 - 2 \cdot 4 = 292 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed,\perp}}{L_w \cdot a} = \frac{2,271 \cdot 10^3}{292 \cdot 4} = 7,642 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed,\parallel}}{L_w \cdot a} = \frac{2,699 \cdot 10^3}{292 \cdot 4} = 2,311 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})}$$

$$[1,944^2 + 3 \cdot (1,944^2 + 2,311^2)]^{0,5} \leq \frac{360}{(0,8 \cdot 1,25)}$$

$$12,839 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$1,944 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 7.3. Spoje prvků zajišťujících stabilitu

#### 7.3.1. Křížení příčných ztužidel

##### 7.3.1.1 Vnitřní síly a charakteristiky průřezu

Vnitřní síly od kombinace K6

$$N_1 = -97,30 \text{ kN}$$

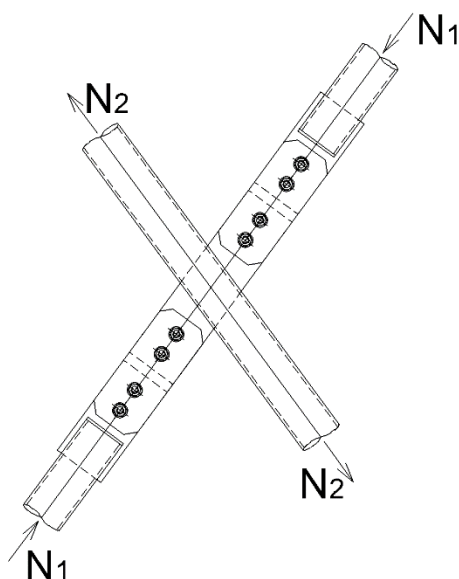
$$N_2 = 94,60 \text{ kN}$$

**Prvky:**

Ztužidlo: TR 88,9x5,0 S235  
TR 88,9x5,0 S235

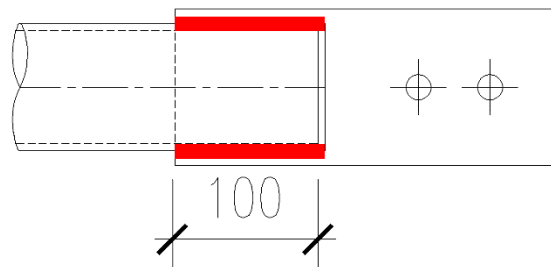
Plech: PL 10 S235

**Materiál:** S235  $f_y = 235 \text{ MPa}$ ;  $f_u = 360 \text{ MPa}$ ;  $E = 210 \text{ GPa}$



Obr. 52 Detail spoje – Křížení podélných ztužidel

### 7.3.1.2 Posouzení svaru plech – diagonála / rozpěra



Obr. 53 Umístění posuzovaného svaru

Maximální síla je v prute B1148:

$$N_{Ed} = -97,30 \text{ kN}$$

Síla působící na svar:

$$N_{\parallel} = \frac{N_{1,Ed}}{4} = \frac{97,30 \cdot 10^{-3}}{4} = 24,325 \text{ kN}$$

Účinná výška svaru:

$$a = 4 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$L_w = 100 - 2 \cdot a = 100 - 2 \cdot 4 = 92 \text{ mm}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

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

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{L_w \cdot a} = \frac{24,325 \cdot 10^3}{92 \cdot 4} = 66,101 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})}$$

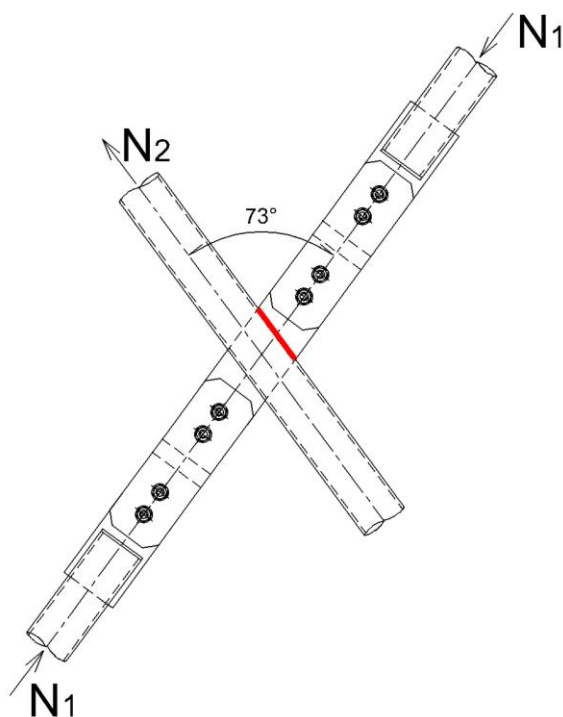
$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 66,101^2)]^{0,5} \leq \frac{360}{(0,8 \cdot 1,25)} = 198,303 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \cdots \textbf{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$0 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \cdots \textbf{Vyhovuje}$$



### 7.3.1.3 Posouzení svaru styčnickový plech – průběžné ztužidlo



Obr. 54 Umístění posuzovaného svaru

Materiál: S235

Typ svaru: Koutový

Účinná výška svaru:  $a = 4 \text{ mm}$

Účinná délka svaru:  $L_w = L - 2 \cdot a = 115 - 2 \cdot 4 = 107 \text{ mm}$

Síla působící na svar:

$$N_{\parallel} = N_1 \cdot \cos \theta = 97,30 \cdot \cos 73 = 28,448 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = N_1 \cdot \sin \theta = 97,30 \cdot \sin 73 = 93,049 \text{ kN}$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{L_w \cdot a \cdot n} = \frac{28,448 \cdot 10^3}{107 \cdot 4 \cdot 2} = 33,23 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w,N_{\perp}} = \frac{N_{\perp}}{A} = \frac{N_{\perp}}{L_w \cdot a \cdot n} = \frac{93,049 \cdot 10^3}{107 \cdot 4 \cdot 2} = 108,70 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_{w,N_{\perp}}}{\sqrt{2}} = \frac{108,70}{\sqrt{2}} = 76,86 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})}$$

$$[76,86^2 + 3 \cdot (76,86^2 + 33,23^2)]^{0,5} \leq \frac{360}{(0,8 \cdot 1,25)}$$

$$164,14 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

$$76,86 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 7.3.1.4 Posouzení šroubového spoje

Šrouby:	2 x M16	jakost:	8.8
Styčnickový plech:	S235	tloušťka:	10 mm
Příložky:	S235	tloušťka:	6 mm

#### Charakteristika šroubů:

$$f_{y,b} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_{u,b} = 800 \text{ MPa}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$d_0 = d + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

$$A = 201 \text{ mm}^2$$

$$n = 2 \quad (\text{počet šroubů})$$

$$n_p = 2 \quad (\text{počet střížných rovin})$$

#### Únosnost ve stříhu:

Síla působící na jeden šroub:

$$F_{v,Ed} = \frac{N_{t,Ed}}{n} = \frac{97,30}{2} = 48,650 \text{ kN}$$

Únosnost 1 šroubu ve stříhu:<sup>3</sup>

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{u,b} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 201}{1,25} = 77,184 \text{ kN}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{48,650}{77,184} = 0,63 \leq 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

---

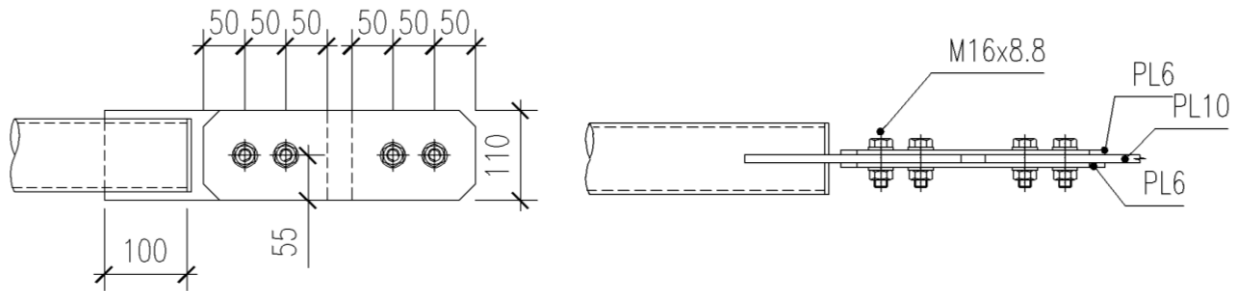
<sup>3</sup> Střížná rovina prochází dírkem šroubu

**Charakteristika styčnickového plechu:**

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

$$t = 8 \text{ mm}$$

Rozteče a vzdálenosti od okrajů:



$$e_1 = 35 \text{ mm} \geq 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm}$$

$$e_2 = 55 \text{ mm} \geq 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm}$$

$$p_1 = 50 \text{ mm} \geq 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 18 = 39,6 \text{ mm}$$

**Únosnost v otláčení:**

Únosnost plechu v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,65 \cdot 360 \cdot 10^6 \cdot 0,016 \cdot 0,01}{1,25} = 59,904 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5\right) = \min(6,86 ; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d ; \frac{f_{u,b}}{f_u} ; 1,0\right) = \min(0,65 ; 2,22 ; 1,0) = 0,65$$

$$\alpha_d = \min\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0} ; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25\right) = \min(0,65 ; 0,68) = 0,65$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{48,650}{59,904} = 0,81 \leq 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

## 8. Posouzení kotvení

### 8.1. Návrhové hodnoty reakcí v kotvení

Posouzení je rozděleno na dvě strany. Reakce v uzlech jsou získány z programu Scia Engineer 2012.

Lineární výpočet, Extrém : Globální  
Výběr : Pojmenovaný výběr - Levé podpory  
Kombinace : CO1

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>							
Sn4/N797	CO1/1	<b>-107,54</b>	54,81	<b>-220,09</b>	0,00	0,00	0,00
Sn8/N1261	CO1/2	<b>115,62</b>	0,00	122,81	0,00	0,00	0,00
Sn2/N102	CO1/3	42,31	<b>-58,66</b>	127,02	0,00	0,00	0,00
Sn3/N720	CO1/1	42,31	<b>58,67</b>	127,07	0,00	0,00	0,00
Sn4/N797	CO1/4	84,59	-55,61	<b>184,47</b>	0,00	0,00	0,00
Sn1/N25	CO1/5	38,79	0,49	54,77	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

Lineární výpočet, Extrém : Globální  
Výběr : Pojmenovaný výběr - Právě podpory  
Kombinace : CO1

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>							
Sn17/N1105	CO1/2	<b>-116,62</b>	0,00	144,37	0,00	0,00	0,00
Sn12/N1	CO1/3	<b>107,55</b>	-54,81	-220,08	0,00	0,00	0,00
Sn13/N100	CO1/3	-42,32	<b>-58,67</b>	127,05	0,00	0,00	0,00
Sn14/N718	CO1/1	-42,30	<b>58,69</b>	127,08	0,00	0,00	0,00
Sn15/N795	CO1/1	107,52	54,82	<b>-220,11</b>	0,00	0,00	0,00
Sn15/N795	CO1/6	-83,70	-56,09	<b>186,47</b>	0,00	0,00	0,00
Sn12/N1	CO1/5	-38,79	0,49	54,77	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

#### Prvky:

Dolní pás: TR 139,7x6,3 S355

Plech: PL20 S235  
PL20 S235

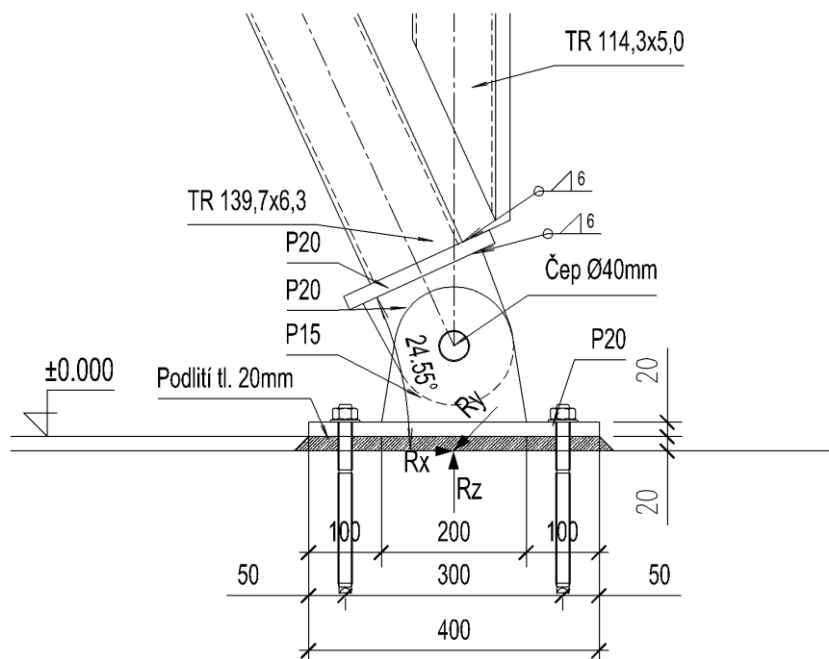
Čep: d = 40 mm S235

**Materiál:** S355  $f_y = 355 \text{ MPa}$ ;  $f_u = 490 \text{ MPa}$ ;  $E = 210 \text{ GPa}$   
S235  $f_y = 235 \text{ MPa}$ ;  $f_u = 360 \text{ MPa}$ ;  $E = 210 \text{ GPa}$

**Svary:**  $a = 6 \text{ mm}$   
 $a_{\min} = 3 \text{ mm} \leq a = 6 \text{ mm} \dots \text{Vyhovuje}$   
 $a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 6,3 = 6,9 \text{ mm} \geq a = 6 \text{ mm} \dots \text{Vyhovuje}$

## 8.2. Prává strana<sup>4</sup>

### 8.2.1. Návrh a posouzení čepu



Obr. 55 Detail kotvení – pravá strana

#### 8.2.1.1 Návrh geometrie

Výslednice sil:

$$F_{Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{220,11^2 + 107,52^2} = 244,967 \text{ kN}$$

Průměr otvoru pro čep:

$$d_0 = d + 2\text{mm} = 40 + 2 = 42 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{244,967 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 20 \cdot 235} + \frac{2 \cdot 42}{3} = 54,06 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{a = 60 \text{ mm}}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{244,967 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 20 \cdot 235} + \frac{42}{3} = 40,06 \text{ mm} \rightarrow \mathbf{c = 60 \text{ mm}}$$

<sup>4</sup> Je posuzována pravá strana, na této straně jsou vyvozeny maximální reakce

### 8.2.1.2 Únosnost čepu ve střihu

Návrhová únosnost čepu ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{M2}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 1256,64 \cdot 360}{1,25} = 434,295 \text{ kN}$$

Plocha průřezu čepu:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 40^2}{4} = 1256,64 \text{ mm}^2$$

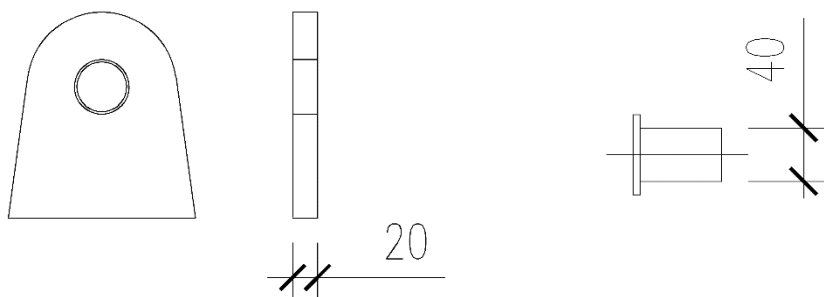
Mez pevnosti čepu:

$$f_{up} = 360 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{244,967}{434,295} = 0,56 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 8.2.1.3 Otlačení samostatného styčnickového plechu



Obr. 56 Otlačení styčnickového plechu

Návrhová únosnost plechu a čepu v otlačení:

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 0,02 \cdot 0,04 \cdot 235 \cdot 10^6}{1,00} = 282,000 \text{ kN}$$

tloušťka spojované části:

$$t = \min\{t_1; 2 \cdot t_2\} = \min\{0,02; 2 \cdot 0,015\} = 0,02 \text{ m}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{244,967}{282,00} = 0,87 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 8.2.1.4 Únosnost čepu v ohybu

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (b + 4 \cdot c + 2 \cdot a) = \frac{244,967 \cdot 10^3}{8} \cdot (0,02 + 4 \cdot 0,02 + 2 \cdot 0,015)$$

$$M_{Ed} = 1,776 \text{ kNm}$$

Návrhová únosnost čepu v ohybu:

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 6283,19 \cdot 10^{-9} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,00} = 2,215 \text{ kNm}$$

Pružný průřezový modul čepu:

$$W_{el} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 40^3}{32} = 6283,19 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{1,776}{2,215} = 0,80 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 8.2.1.5 Únosnost čepu v kombinaci stříhu a ohybu

Návrhová únosnost čepu při kombinaci stříhu a ohybu:

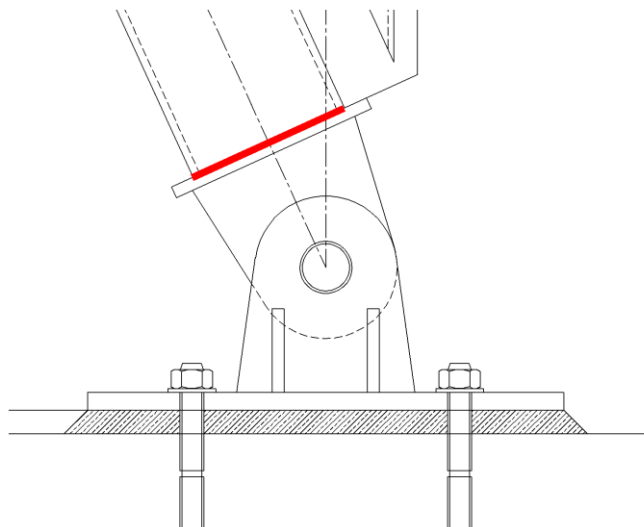
$$\left[ \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[ \frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,00 \quad \left[ \frac{1,776}{2,215} \right]^2 + \left[ \frac{244,967}{434,295} \right]^2 = 0,80^2 + 0,56^2 = 0,95$$

$$0,95 \leq 1,00 \dots \textbf{Vyhovuje}$$



## 8.2.2. Návrh a posouzení svarů

### 8.2.2.1 Posouzení svaru čelní deska – dolní pás



Obr. 57 Umístění posuzovaného svaru čelní deska – dolní pás

Materiál:      Dolní pás                      S355  
                  Čelní deska                    S235

Typ svaru:      Koutový

Účinná výška svaru:       $a = 6 \text{ mm}$

Účinná délka svaru:       $L_w = \pi \cdot d = \pi \cdot 139,7 = 438,88 \text{ mm}$

Úhel, který svírá výslednice sil s rovinou svaru:       $\theta = 43,52^\circ$

$$\tau_{\parallel} = \frac{R_y}{L_w \cdot a} = \frac{54,84 \cdot 10^3}{438,88 \cdot 6} = 20,82 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{\perp}}{L_w \cdot a} = \frac{177,63 \cdot 10^3}{438,88 \cdot 6} = 67,46 \text{ MPa}$$

$$F_{\perp} = F_{Ed} \cdot \cos \theta = 244,967 \cdot \cos 43,52 = 177,63 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{Ed,\sigma}}{L_w \cdot a} = \frac{168,69 \cdot 10^3}{438,88 \cdot 6} = 64,06 \text{ MPa}$$

$$F_{Ed,\sigma} = F_{Ed} \cdot \sin \theta = 244,967 \cdot \sin 43,52 = 168,69 \text{ kN}$$

Podmínka posouzení:

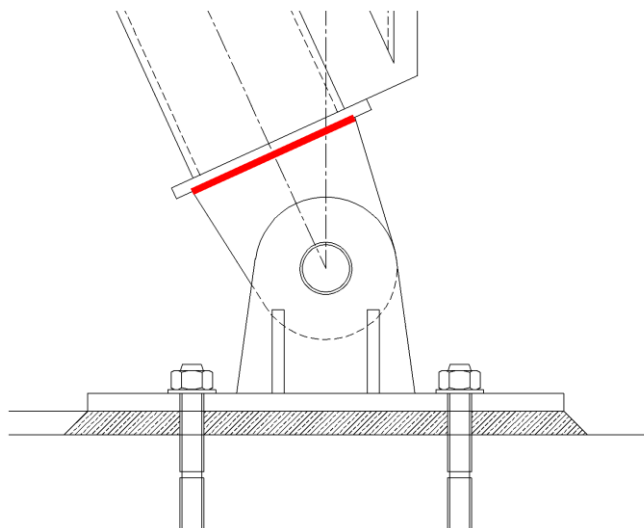
$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$[64,06^2 + 3 \cdot (67,46^2 + 20,82^2)]^{0,5} = 138,05 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_y}{\gamma_{M2}}$$

$$64,06 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot 235}{1,25} = 259,20 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 8.2.2.2 Posouzení svaru kotevní plech – čelní deska



Obr. 58 Umístění posuzovaného svaru kotevní plech – čelní deska

Materiál: S235

Typ svaru: Koutový

Účinná výška svaru:  $a = 6 \text{ mm}$

Účinná délka svaru:  $L_w = 2 \cdot (180 - 2 \cdot a) = 2 \cdot (180 - 2 \cdot 6) = 336 \text{ mm}$

Úhel, který svírá výslednice sil s rovinou čelní desky:  $\theta = 88,52^\circ$

$$\sigma_{\perp, Ry} = \tau_{\perp, Ry} = \frac{R_y}{L_w \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{54,84 \cdot 10^3}{336 \cdot 6 \cdot \sqrt{2}} = 19,23 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel, Fed} = \frac{F_{Ed, \perp}}{L_w \cdot a} = \frac{6,34 \cdot 10^3}{336 \cdot 6} = 3,15 \text{ MPa}$$

$$F_{Ed,\perp} = F_{Ed} \cdot \cos \theta = 244,967 \cdot \cos 88,52 = 6,35 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp, F_{Ed,\perp}} = \tau_{\perp, F_{Ed,\perp}} = \frac{F_{Ed,\sigma}}{L_w \cdot a} = \frac{244,83 \cdot 10^3}{336 \cdot 6 \cdot \sqrt{2}} = 85,89 \text{ MPa}$$

$$F_{Ed,\perp,\sigma} = F_{Ed} \cdot \sin \theta = 244,967 \cdot \sin 88,52 = 244,88 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 85,89 + 19,23 = 105,12 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

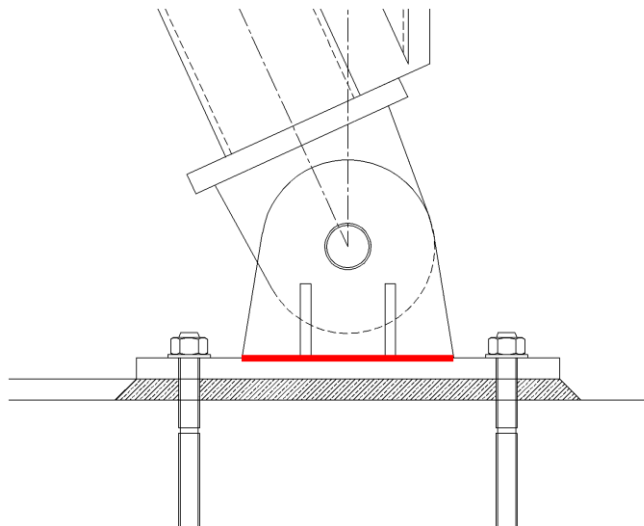
$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$[105,12^2 + 3 \cdot (105,12^2 + 3,15^2)]^{0,5} = 210,31 \text{ MPa} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

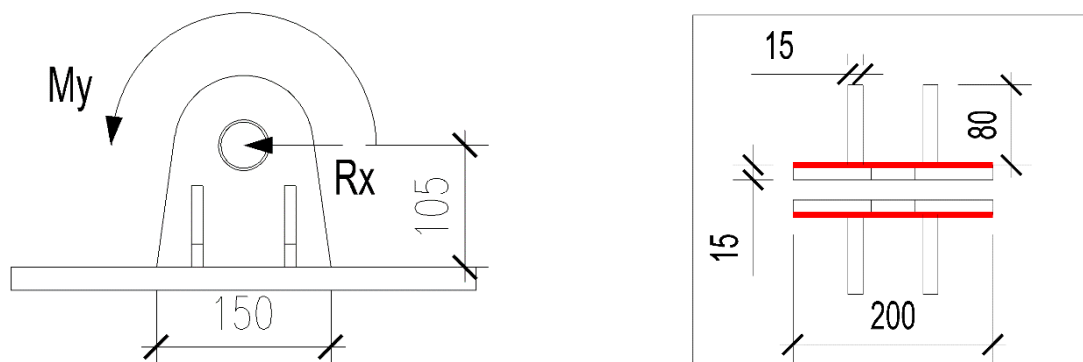
$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 \cdot f_y}{\gamma_{M2}}$$

$$105,12 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot 235}{1,25} = 209,40 \text{ MPa} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 8.2.2.3 Posouzení svaru kotevní plech – podkladní plech



Obr. 59 Umístění posuzovaného svaru



Obr. 60 Detail patního plechu a umístění svaru

Pro zjednodušení je na stranu bezpečnou uvažováno, že silám  $R_z^+$  a  $R_x$  vzdoruje pouze svar patního plechu a síle  $R_y$  svar výztuh patního plechu

Materiál: S235

Typ svaru: 1/2 V

### Svar patního plechu:

Napětí od N:

$$\sigma_N = \frac{N}{A \cdot n} = \frac{220,11 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 0,015 \cdot 2} = 36,69 \text{ MPa}$$

Napětí od  $M_y$ :

$$M_y = R_x \cdot h = 107,52 \cdot 0,105 = 11,290 \text{ kNm}$$

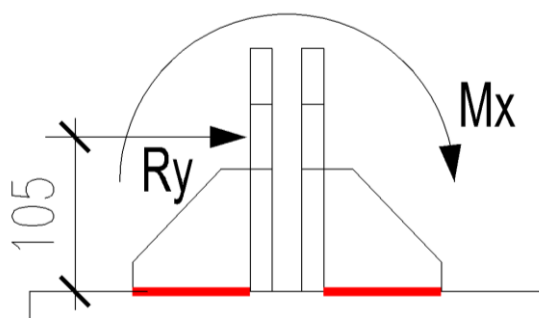
$$\sigma_{M_y} = \frac{M_y}{W \cdot n} = \frac{11,290 \cdot 10^3}{\frac{1}{6} \cdot 0,015 \cdot 0,2^2 \cdot 2} = 112,90 \text{ MPa}$$

Kombinace:

$$\sigma_w = \sigma_N + \sigma_{M_y} = 36,69 + 112,90 = 149,59 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

$$\sigma_w \leq f_y \quad 149,59 \text{ MPa} \leq 235 \text{ MPa}$$

**Svar výztuh patního plechu:**

Obr. 61 Detail výztuh patního plechu a umístění svaru

Napětí od  $M_x$ :

$$M_x = R_y \cdot h = 54,82 \cdot 0,105 = 5,756 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{M_x} = \frac{M_x}{W \cdot n} = \frac{5,756 \cdot 10^3}{\frac{1}{6} \cdot 0,015 \cdot 0,08^2 \cdot 4} = 89,94 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

$$\sigma_{w,M_x} \leq f_y \quad 89,94 \text{ MPa} \leq 235 \text{ MPa}$$

**8.2.2.4 Posouzení styčnickového plechu na tah**

$$N_{Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{220,06^2 + 107,49^2} = 244,967 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 2400 \cdot 10^{-6} \cdot 360}{1,25} = 622,080 \text{ kN}$$

$$A_{net} = 2 \cdot c \cdot t = 2 \cdot 60 \cdot 20 = 2400 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{244,967}{622,080} = 0,39 \leq 1,00 \dots \text{Vyhovuje}$$

**8.2.2.5 Posouzení styčnickového plechu na prostý tlak**

$$N_{Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{186,47^2 + 83,70^2} = 204,394 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3200 \cdot 10^{-6} \cdot 235}{1,00} = 752,000 \text{ kN}$$

$$A = 2 \cdot c \cdot t + d \cdot t = 2 \cdot 60 \cdot 20 + 40 \cdot 20 = 3200 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,00 \quad \frac{204,394}{752,000} = 0,27 \leq 1,00 \dots \text{Vyhovuje}$$

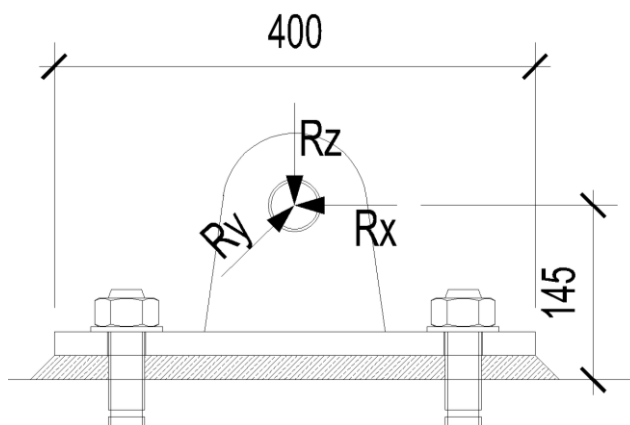
### 8.3. Posouzení chemických kotev

Kotvení je provedeno pomocí chemických kotev:  
HIT-HY 200-A + Rebar 32mm

Posudek chemických kotev HILTI je proveden pomocí programu HILTI v samostatné příloze [F].

### 8.4. Betonová patka

Návrh železobetonové základové konstrukce není součástí této práce. Pro posudek patky v tlaku je zvolena třída betonu C30/37.



Obr. 62 Detail podkladního plechu

#### 8.4.1. Vnitřní síly a charakteristiky betonu

##### Vnitřní síly

$$R_x = -83,70 \text{ kN}$$

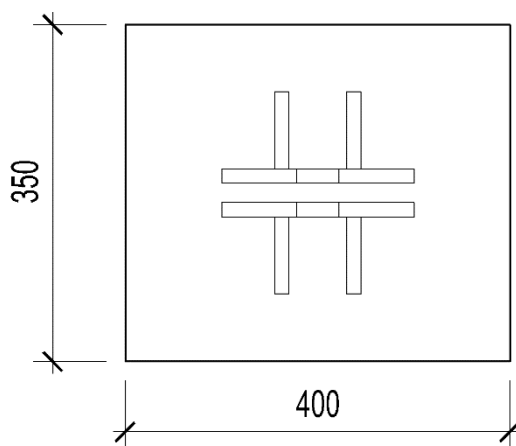
$$R_y = -56,09 \text{ kN}$$

$$R_z = 186,47 \text{ kN}$$

##### Charakteristická únosnost betonu v tlaku

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

### 8.4.2. Posouzení betonu v tlaku



Obr. 63 Rozměry podkladního plechu

Výška působíště vodorovných sil nad povrchem betonu:

$$h = 0,145 \text{ m}$$

Návrhová únosnost betonu v tlaku:

$$f_{c,d} = \frac{f_{c,k}}{\gamma_c} = \frac{30 \cdot 10^6}{1,5} = 20,00 \text{ MPa}$$

Působící síly:

$$M_x = 56,09 \cdot 0,145 = 8,13 \text{ kNm}$$

$$M_y = 83,70 \cdot 0,145 = 12,14 \text{ kNm}$$

Napětí v patní spáře:

$$A_{eff} = (L_x - 2 \cdot e_x) \cdot (L_y - 2 \cdot e_y) = (0,4 - 2 \cdot 0,065) \cdot (0,35 - 2 \cdot 0,044) = 0,071 \text{ m}^2$$

$$e_x = \frac{M_y}{R_z} = \frac{12,14}{186,47} = 0,065 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_x}{R_z} = \frac{8,13}{186,47} = 0,044 \text{ m}$$

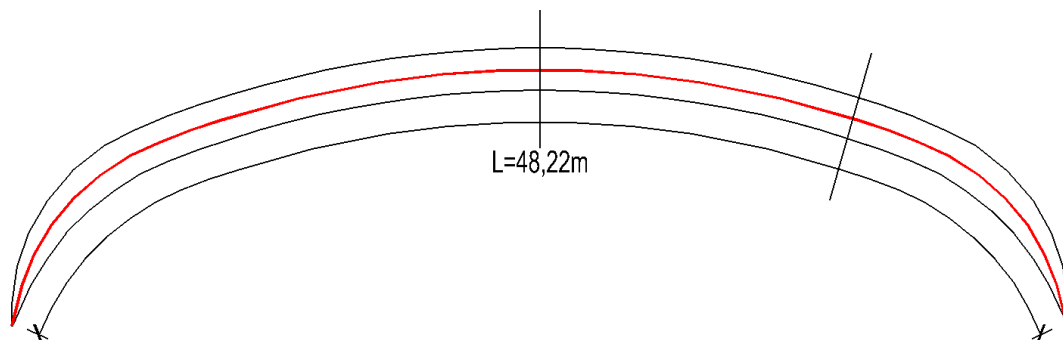
$$\sigma_{Ed} = \frac{R_z}{A_{eff}} = \frac{186,47 \cdot 10^3}{0,071} = 2,63 \text{ MPa}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{\sigma_{Ed}}{f_{c,d}} \leq 1,0 \quad \frac{2,63 \cdot 10^6}{20 \cdot 10^6} = 0,13 \leq 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

## 9. Stabilita oblouku

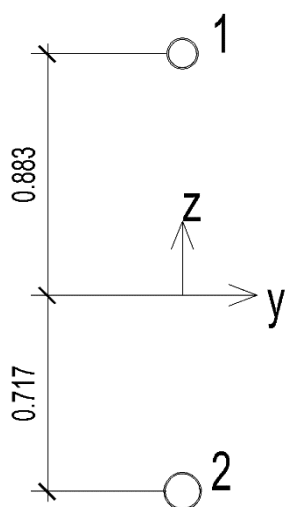
Pro posouzení je příhradový vazník uvažován jako jednodřutový polygon. Vlastnosti vazníku jsou charakterizovány idealizovaným průřezem tvořeným pouze dolním a horním pásem. Vazník je posouzen v polovině a čtvrtině oblouku.



Obr. 64 Stabilita oblouku – místa posuzovaných řezů

### 9.1. Řez 1

Idealizovaný průřez:



$A_1$	$=$	$1,720 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$
$I_{y1}$	$=$	$2,570 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$z_1$	$=$	$0,883 \text{ m}$
$A_2$	$=$	$2,120 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$
$I_{y2}$	$=$	$4,810 \cdot 10^{-6} \text{m}^4$
$z_2$	$=$	$0,717 \text{ m}$

$$A = A_1 + A_2 = 1,72 \cdot 10^{-3} + 2,120 \cdot 10^{-3} = 3,84 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I = I_1 + I_2 + A_1 \cdot z_1 + A_2 \cdot z_2$$

$$I = 2,570 \cdot 10^{-6} + 4,810 \cdot 10^{-6} + 1,72 \cdot 10^{-3} \cdot 0,883 + 2,120 \cdot 10^{-3} \cdot 0,717$$

$$I = 3,046 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

#### 9.1.1. Posouzení na vzpěrný tlak

Návrhová síla:

$$N_{Ed} = -153,42 \text{ kN}$$



Vzpěrná délka je uvažována jako zlomek délky jednoprotového polygonu

$$L_{cr} = 0,625 \cdot L = 0,625 \cdot 48,22 = 30,14 \text{ m}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{153,42 \cdot 10^3}{839,232 \cdot 10^3} = 0,18 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,93 \cdot 3,84 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 839,232 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,60 + \sqrt{0,60^2 - 0,36^2}} = 0,93$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,36 - 0,2) + 0,36^2] = 0,60$$

Poměrná štíhlost:

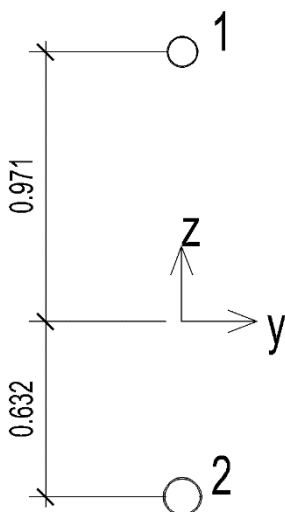
$$= \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,84 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{6949,642 \cdot 10^3}} = 0,36$$

Kritická Eulerova síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3,046 \cdot 10^{-3}}{30,14^2} = 6949,642 \text{ kN}$$

## 9.2. Řez 2

Idealizovaný průřez:



$A_1$	=	$1,720 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
$I_{y1}$	=	$2,570 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
$z_1$	=	$0,971 \text{ m}$
$A_2$	=	$2,640 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
$I_{y2}$	=	$5,890 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$
$z_2$	=	$0,632 \text{ m}$

$$A = A_1 + A_2 = 1,72 \cdot 10^{-3} + 2,640 \cdot 10^{-3} = 4,36 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I = I_1 + I_2 + A_1 \cdot z_1 + A_2 \cdot z_2$$

$$I = 2,570 \cdot 10^{-6} + 5,890 \cdot 10^{-6} + 1,72 \cdot 10^{-3} \cdot 0,971 + 2,640 \cdot 10^{-3} \cdot 0,632$$

$$I = 3,347 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

### 9.2.1. Posouzení na vzpěrný tlak

Návrhová síla:

$$N_{Ed} = -137,90 \text{ kN}$$

Vzpěrná délka je uvažována jako zlomek délky jednopřutového polygonu

$$L_{cr} = 0,625 \cdot L = 0,625 \cdot 48,22 = 30,14 \text{ m}$$

Podmínka posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 \quad \frac{137,90 \cdot 10^3}{932,386 \cdot 10^3} = 0,15 < 1,0 \dots \textbf{Vyhovuje}$$

Návrhová vzpěrná únosnost prutu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,91 \cdot 4,36 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 932,386 \text{ kN}$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,61 + \sqrt{0,61^2 - 0,37^2}} = 0,91$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,37 - 0,2) + 0,37^2] = 0,61$$

Poměrná štíhlost:

$$= \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3,84 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{7639,393 \cdot 10^3}} = 0,37$$

Kritická Eulerova síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 3,347 \cdot 10^{-3}}{30,14^2} = 7636,393 \text{ kN}$$

## 10. Posouzení prvků vazníku na mezní stav použitelnosti

### 10.1. Horní pás

Relativní deformace  $u_z$  :

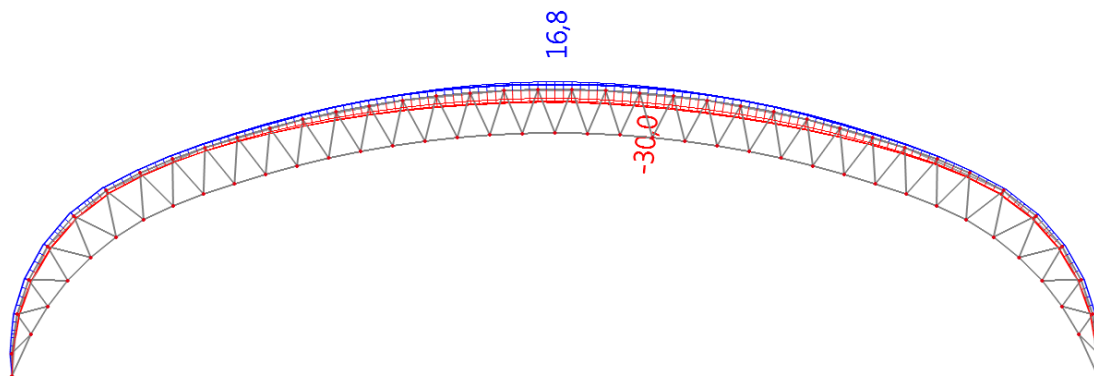
Lineární výpočet, Extrém : Globální

Výběr : Vše

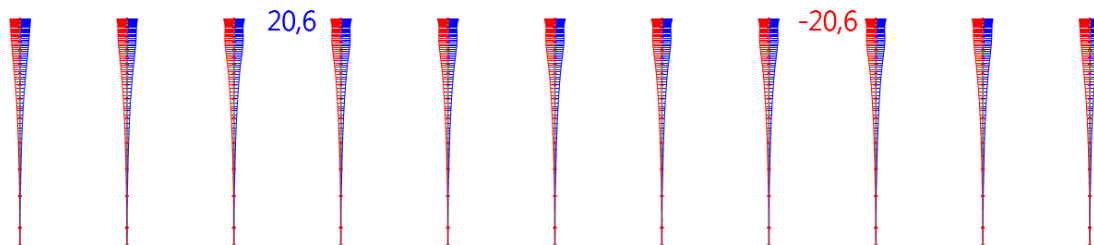
Třída : MSP

Vrstva : H\_pas

Stav	Prvek	dx [m]	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]
		<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>	<i>*Studentská verze*</i>
CO14/1	B2561	10,221	<b>-9,2</b>	0,0	-2,5	0,0	1,4	0,0
CO14/2	B2561	3,974	<b>7,2</b>	0,0	-5,5	0,0	-1,2	0,0
CO14/3	B2570	17,098	0,0	<b>-20,6</b>	-0,6	0,9	0,0	0,0
CO14/6	B2552	17,098	0,0	<b>20,6</b>	-0,6	-0,7	0,0	0,0
CO14/5	B2561	20,538	-2,8	0,0	<b>-30,0</b>	0,0	0,0	0,0
CO14/6	B2546	17,098	0,0	20,5	<b>16,8</b>	-1,0	0,0	0,0
CO14/6	B2573	18,975	-0,2	19,1	9,1	<b>-4,3</b>	0,3	-0,3
CO14/7	B2576	22,726	-2,8	-18,9	7,4	<b>5,2</b>	0,9	0,4
CO14/5	B2560	0,409	0,1	0,0	2,1	0,0	<b>-5,0</b>	0,0
CO14/8	B2559	7,615	-0,1	0,0	1,7	0,0	<b>4,1</b>	0,0
CO14/9	B2555	29,599	-0,5	13,6	-5,5	-0,4	-0,9	<b>-1,6</b>
CO14/6	B2555	4,597	-0,3	13,6	0,2	-0,4	0,0	<b>1,6</b>



Obr. 65 Deformace horního pásu  $u_z$  [mm]



Obr. 66 Deformace horního pásu  $u_y$  [mm]

### 10.1.1. Deformace ve svislém směru

Rozpětí vazníku:  $L = 40 \text{ m}$

$$\delta_{\max} = \frac{L}{250} = \frac{40000}{250} = 160,00 \text{ mm} \geq \delta = 30,00 \text{ mm} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 10.1.2. Deformace ve vodorovném směru<sup>5</sup>

Výška vazníku:  $H = 10,75 \text{ m}$

$$\delta_{\max} = \frac{H}{250} = \frac{10750}{250} = 43,00 \text{ mm} \geq \delta = 20,60 \text{ mm} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

## 10.2. Dolní pás

Relativní deformace  $u_z$  :

Lineární výpočet, Extrém : Globální

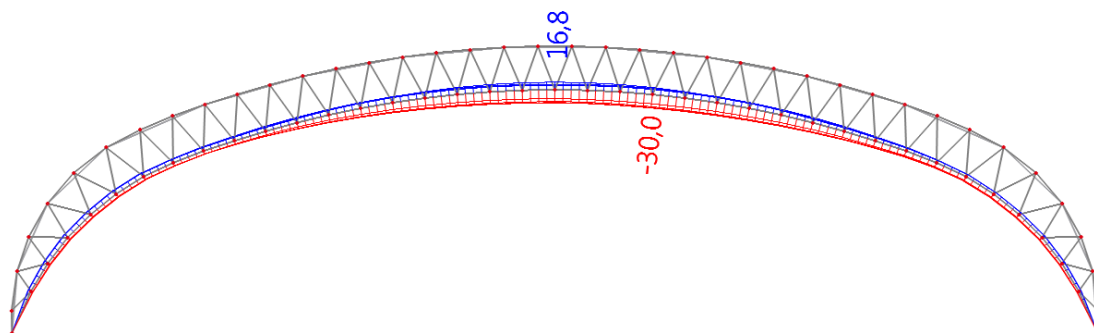
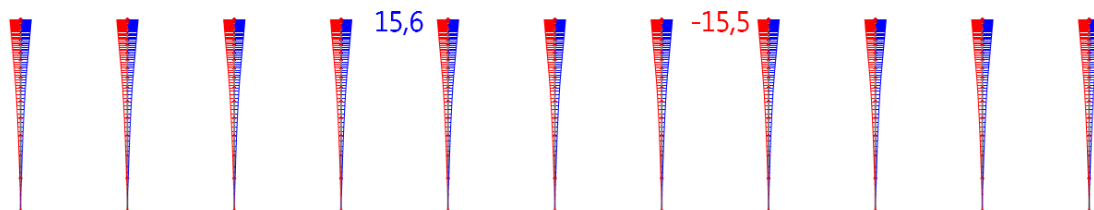
Výběr : Vše

Třída : MSP

Vrstva : D\_pas

Stav	Prvek	dx [m]	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>								
CO14/1	B2748	9,599	<b>-11,0</b>	0,0	-3,5	0,0	1,4	0,0
CO14/2	B2748	8,399	<b>8,7</b>	0,0	1,9	0,0	-1,3	0,0
CO14/3	B2754	15,599	0,0	<b>-15,5</b>	0,6	0,7	0,0	0,0
CO14/4	B2742	15,599	-0,1	<b>15,6</b>	-7,4	-0,6	0,0	0,0
CO14/5	B2748	19,199	-1,9	0,0	<b>-30,0</b>	0,0	-0,2	0,0
CO14/6	B2733	15,599	-0,3	15,5	<b>16,8</b>	-0,7	0,0	0,0
CO14/6	B2760	16,799	-0,2	15,5	9,2	<b>-1,1</b>	0,2	-0,1
CO14/7	B2763	19,199	-3,4	-15,0	9,4	<b>1,3</b>	0,9	0,2
CO14/5	B2747	0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>-4,9</b>	0,0
CO14/8	B2746	7,682	0,0	0,0	0,0	0,0	<b>4,0</b>	0,0
CO14/3	B2762	7,682	4,0	-6,9	-1,8	0,2	-1,0	<b>-1,0</b>
CO14/7	B2764	0,000	-3,7	-6,9	-3,5	0,4	0,4	<b>1,0</b>

<sup>5</sup> Z důvodu velmi malých deformací v jednotlivých směrech, není potřeba vyšetřovat celkovou deformaci

Obr. 67 Deformace dolního pásu  $u_z$  [mm]Obr. 68 Deformace dolního pásu  $u_y$  [mm]

### 10.2.1. Deformace ve svislém směru

Rozpětí vazníku:  $L = 40 \text{ m}$

$$\delta_{max} = \frac{L}{250} = \frac{40000}{250} = 160,00 \text{ mm} \geq \delta = 30,00 \text{ mm} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 10.2.2. Deformace ve vodorovném směru

Výška vazníku:  $H = 9,14 \text{ m}$

$$\delta_{max} = \frac{H}{250} = \frac{9140}{250} = 36,56 \text{ mm} \geq \delta = 15,60 \text{ mm} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

### 10.3. Rozpěra horního pásu

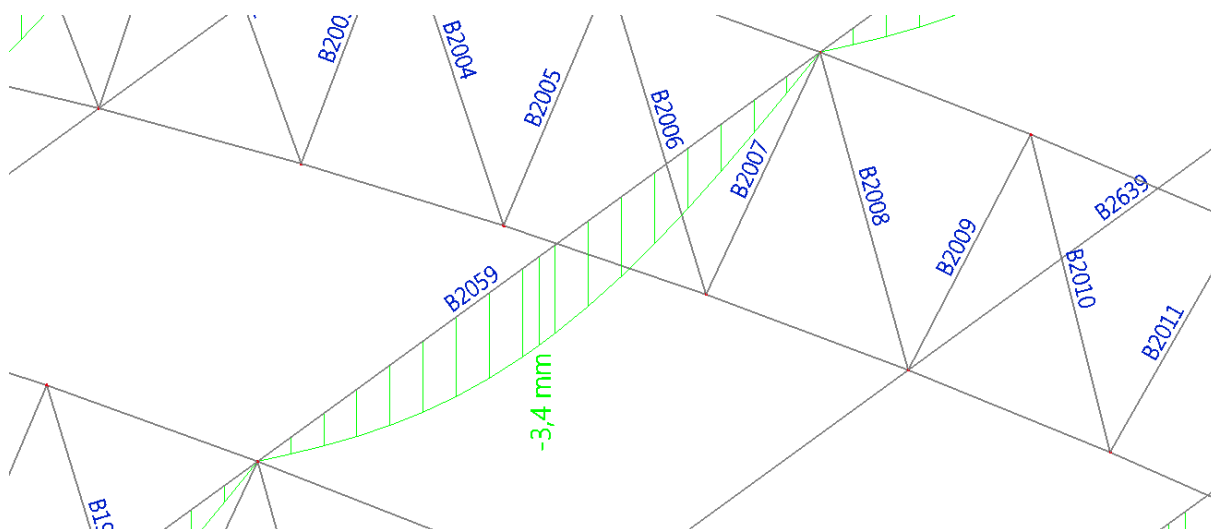
Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : CO14

Vrstva : rozpěra

Stav - kombinace	Prvek	dx [m]	uy [mm]	uz [mm]
*Studentská verze*				
CO14/9	B1542	0,588	0,0	-1,2
CO14/7	B2329	4,412	0,0	-1,2
CO14/18	B2059	2,500	0,0	-3,4
CO14/17	B1533	0,000	0,0	0,0



Obr. 69 Relativní deformace rozpěry horního pásu [mm]

Délka rozpěry:  $L = 5 \text{ m}$

$$\delta_{\max} = \frac{L}{250} = \frac{5000}{250} = 20 \text{ mm} \geq \delta = 3,4 \text{ mm} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

## 10.4. Rozpěra dolního pásu

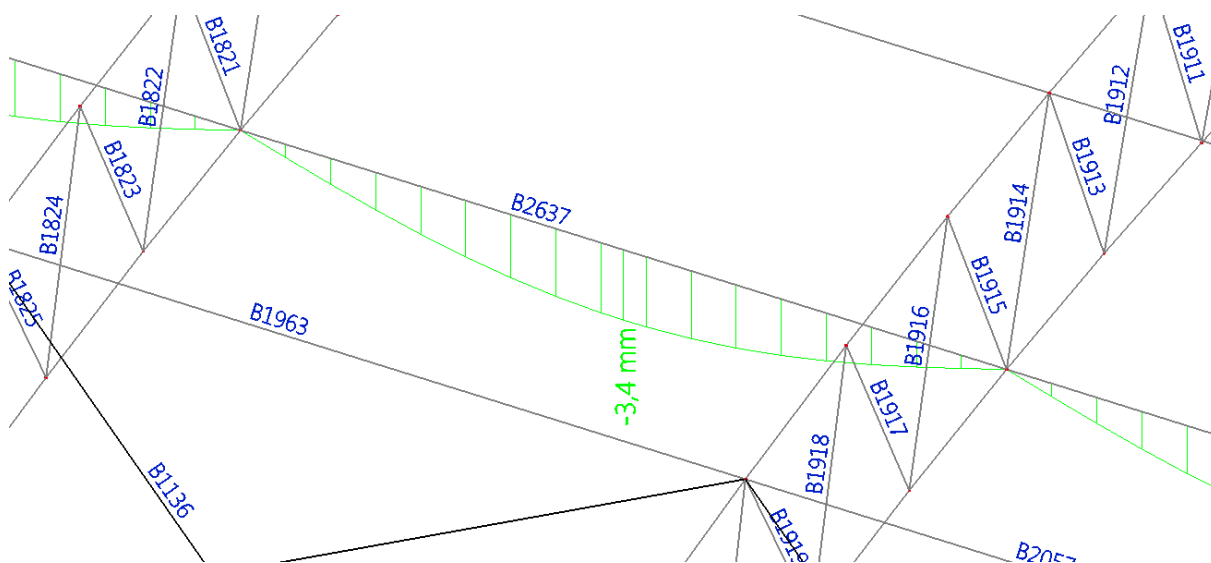
Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : CO14

Vrstva : rozpěra\_spodná

Stav - kombinace	Prvek	dx [m]	uy [mm]	uz [mm]
*Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*				
CO14/9	B2472	4,412	0,0	-1,2
CO14/4	B2682	4,412	0,0	-1,2
CO14/19	B2637	2,500	0,0	<b>-3,4</b>
CO14/17	B2414	0,000	0,0	0,0



Obr. 70 Relativní deformace rozpěry horního pásu [mm]

Délka rozpěry:  $L = 5 \text{ m}$

$$\delta_{\max} = \frac{L}{250} = \frac{5000}{250} = 20 \text{ mm} \geq \delta = 3,4 \text{ mm} \dots \textbf{Vyhovuje}$$

## 11. Výkaz materiálu

Výkaz materiálu se týká pouze nosných prvků konstrukce. Je pouze přibližný, získán výstupem z programu SCIA Engineer 2012 a slouží pouze k orientační představě o konstrukci.

Detailní výkaz materiálu je uveden na konstrukčních výkresech jednotlivých prvků.

Typ	Průřez	Hmotnost	Délka	Hmotnost	Cena		Jakost materiálu
		[kg/m']	[m]	[kg]	[Kč/m]	[Kč]	
Horní pás - Díl1	TR 114,3x5	13,502	176,517	2383,333	664,168	117236,94	S355
Horní pás - Díl2	TR 114,3x5	13,502	376,158	5078,885	664,168	249832,11	S355
Dolní pás - Díl1	TR 139,7x6,3	20,726	169,014	3502,984	624,843	105607,21	S355
Dolní pás - Díl2	TR 139,7x5	16,642	343,178	5711,168	594,023	203855,63	S355
Diagonála - díl 1	TR 48,3x4	4,370	345,088	1508,035	228,605	78888,842	S235
Diagonála - díl 2	TR 48,3x4	4,370	603,498	2637,286	228,605	137962,66	S235
Diagonála - díl 2	TR 33,7x4	2,930	377,119	1104,959	160,249	60432,943	S235
Rozpěra - horní	TR 88,9x5	10,346	550,000	5690,3	428,93	235911,5	S235
Rozpěra - spodní	TR 88,9x5	10,346	550,000	5690,3	428,93	235911,5	S235
Ztužidlo - podélné	TR 88,9x5	10,346	638,219	6603,014	428,93	273751,28	S235
Ztužidlo příčné	TR 88,9x5	10,346	362,148	3746,783	428,93	155336,14	S235
				Celkem	43657,047	<b>1854726,8</b>	kg
				Celková Plocha		1071,242	m <sup>2</sup>
<b>Drobný a spoj. materiál, svary</b>				<b>3%</b>	1309,711		kg
				<b>Celkem</b>	<b>44966,758</b>		<b>kg</b>



## 12. Seznam použitých zdrojů

### Literatura

- [1] TOMÁŠ, Pojezný. *OCELOVÁ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ HANGÁRU*. Brno, 2012. 195s., 5s. příloh., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

### Normy

- [2] ČSN EN 1990. *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [3] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [5] ČSN EN 1991-1-4. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení - Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [6] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [7] ČSN EN 1993-1-8. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčnic*. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- [8] ČSN EN 1993-1-1. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [9] ČSN EN 1993-2. *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 2: Ocelové mosty*. Praha: Český normalizační institut, 2008.

### Internetové zdroje

- [10] ACCESS STEEL. *Acess steel: Nástroj na on-line zpřístupnění evropských návrhových norem* [online]. 2006, 2012 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.access-steel.com/>
- [11] CB PROFIL. *CB Profil: trapézové plechy, sendvičové panely, klempířské prvky* [online]. 2012 cit. 2014-05-26]. Dostupné z: <http://www.cbprofil.cz/>
- [12] P, KAISER a VOKATÝ T. *Čítanka ocelových konstrukcí* [online]. 2006 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.citankaok.wz.cz/>
- [13] MARTIN, Horáček a Perhák ONDŘEJ. *Detaily ocelových konstrukcí* [online]. 2011 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://detailyok.webnode.cz/>
- [14] FERONA, a.s. *Ferona, a.s.: Velkoobchod hutním materiálem* [online]. 2012 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/>
- [15] KALZIP. *Kalzip: hliníkový profil se stojatou drážkou* [online]. 2007 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.kalzip.cz/>
- [16] VÁCLAV, Röder. *Spoje ocelových konstrukcí* [online]. 2010 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.ocel.wz.cz/>
- [17] ZINKPOWER PROMPTUS S.R.O. *PROTIKOROZNÍ OCHRANA ŽÁROVÝM ZINKOVÁNÍM* [online]. 2010 [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: <http://www.zinkovna.cz/>
- [18] HILTI. *HILTI: Kotevní technika* [online]. 2013 [cit. 2014-05-28]. Dostupné z: <http://www.hilti.cz>