



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

# STATICKÝ VÝPOČET – VÝSTAVNÍ HALA VARIANTA A

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Dvouletý

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN BARNAT, Ph.D.

BRNO 2018



## **OBSAH**

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O KONSTRUKCI	...1
2. GEOMETRIE KONSTRUKCE	...2
3. VÝPOČTOVÝ MODEL KONSTRUKCE	...4
4. MATERIÁL	...5
5. ZATÍŽENÍ	...5
5.1 STÁLÉ	...2
5.1.1 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ	...5
5.2 PROMĚNNÉ	...6
5.2.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM	...6
5.2.1.1 SNÍH (a) – PLNÝ	...7
5.2.1.2 SNÍH (b) – PRAVÝ/LEVÝ	...7
5.2.1.3 SNÍH (c) – NAVÁTÝ	...7
5.2.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM	...8
5.2.2.1 VÍTR PODÉLNÝ – SEVERNÍ / JIŽNÍ	...8
5.2.2.1 VÍTR PŘÍČNÝ – PRAVÝ / LEVÝ	...10
5.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY	...12
5.4 KOMBINACE	...12
5.4.1 KOMBINACE PRO MSÚ	...12
5.4.2 KOMBINACE PRO MSP	...12
5.5 ÚČINKY ZATÍŽENÍ	...12
6. POSOUZENÍ KONSTRUKCE NA MSÚ	...13
6.1 VÝPIS JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ NA KONSTRUKCI	...13
7. MSÚ – POSOUZENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ	...14
7.1 HLAVNÍ ČELNÍ SLOUP – HRTR 180x120x12,5	...14
7.2 ČELNÍ SLOUPY – HRTR 180x120x8,0	...18
7.3 HORNÍ PÁS – TR ø114,3x8,0	...21
7.4 DOLNÍ PÁS – TR ø168,3x12,5	...24
7.5 DIAGONÁLY VAZNÍKU – TR ø60,3x5,0	...27
7.6 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ (HORNÍ) – TR ø88,9x6,3	...30
7.7 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ (DOLNÍ) – TR ø60,3x4,0	...33
7.8 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ DIAGONÁLY – TR ø60,3x4,0	...36
7.9 ZAVĚTROVÁNÍ – příčné ztužení – TR ø88,9x5,0	...39
7.10 KONSTRUKCE PRO PŘIPOJENÍ PORTÁLU	...40
9. GLOBÁLNÍ ANALÝZA VAZNÍKU	...41
10. MSP	...44
11. POSOUZENÍ VYBRANÝCH DETAILŮ	...45
11.1 STYČNÍK K – PŘIPOJENÍ DIAGONÁL K DOLNÍMU PÁSU	...45
11.2 STYČNÍK K – PŘIPOJENÍ DIAGONÁL K HORNÍMU PÁSU	...48
11.2 PŘIPOJENÍ ČELNÍHO SLOUPU K VAZNÍKU	...51
11.3 PŘIPOJENÍ PODÉLNÉHO ZTUŽENÍ	...53
11.4 PŘIPOJENÍ PODÉLNÉHO K HORNÍMU PÁSU	...56
12. POSOUZENÍ KOTVENÍ	...57
12.1 KOTVEN K1 (K2) – HLAVNÍ SLOUPY	...57
12.2 KOTVEN K3 – VSTUP PORTÁLU	...60
12.3 KOTVEN K4 – KOTVENÍ VAZNÍKU	...63

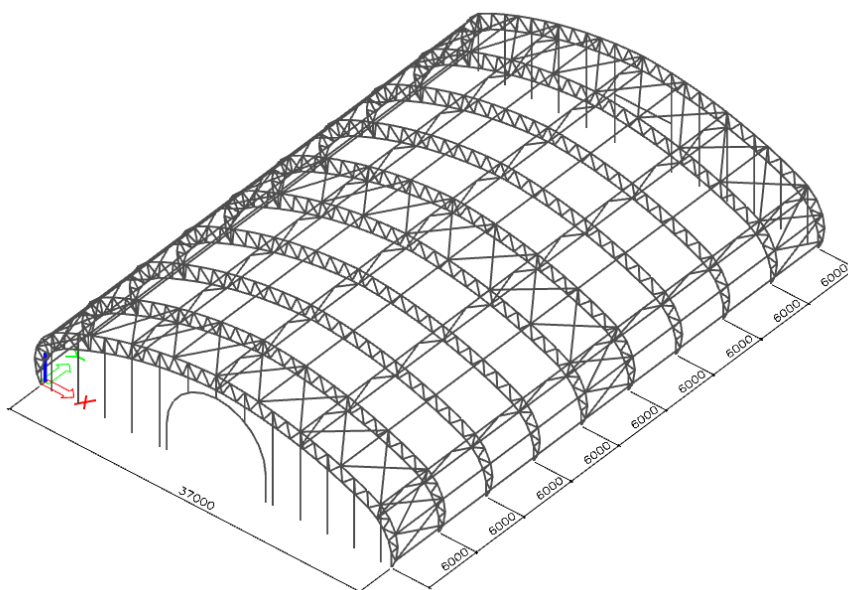
## 1. ZÁKLADNÍ INFORMACE O KONSTRUKCI

- Podrobněji v technické zprávě a výkresové dokumentaci
- Hala tvořena příhradovými obloukovými vazníky po 6,000 m
- Výška vazníků činní 10,530 m
- Rozpětí obloukových vazníků činní 37,000 m
- V podélném směru vyztužena jak jednoduchým, tak i příhradovým ztužením
- Před touto konstrukcí bude realizován vstupní portál
- Konstrukce portálu i haly jsou dilatovány
- Čelní sloupy jsou vetknuty v podélném směru pro zajištění dostatečné tuhosti
- Všechny sloupy jsou situovány do styčníků obloukového příhradového vazníku
- Sloupy jsou s obloukovým vazníkem spojeny kloubově
- Kotvení obloukových vazníků je řešeno kloubově
- Čelo konstrukce je navrženo s ohledem k budoucímu vstupnímu portálu
- Statický výpočet byl vypracován v souladu s těmito standardy:
  - ČSN EN 1991-1-1 „Eurokód 1: Zatížení konstrukcí- Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb“
  - ČSN EN 1991-1-3 „Eurokód 1: Zatížení konstrukcí- Zatížení sněhem“
  - ČSN EN 1991-1-4 „Eurokód 1: Zatížení konstrukcí- Zatížení větrem“
  - ČSN EN 1993-1-1 „Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí- Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby“
  - ČSN EN 1993-1-8 „Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí- Navrhování styčníků“

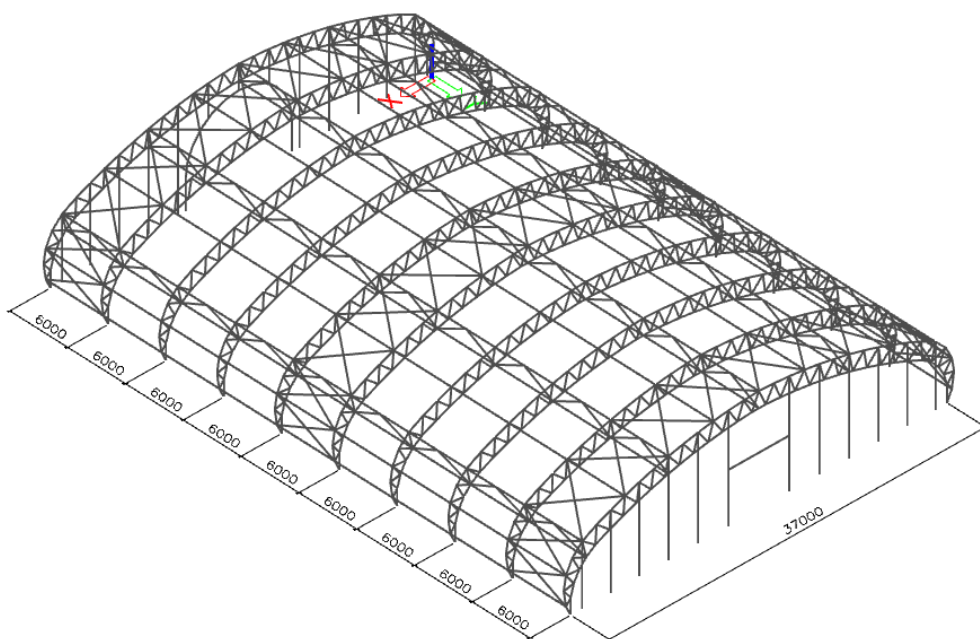
## 2. GEOMETRIE KONSTRUKCE

### AXONOMETRIE:

- Čelní pohled
- Střední část čela konstrukce je navržena s ohledem na připojení vstupního portálu

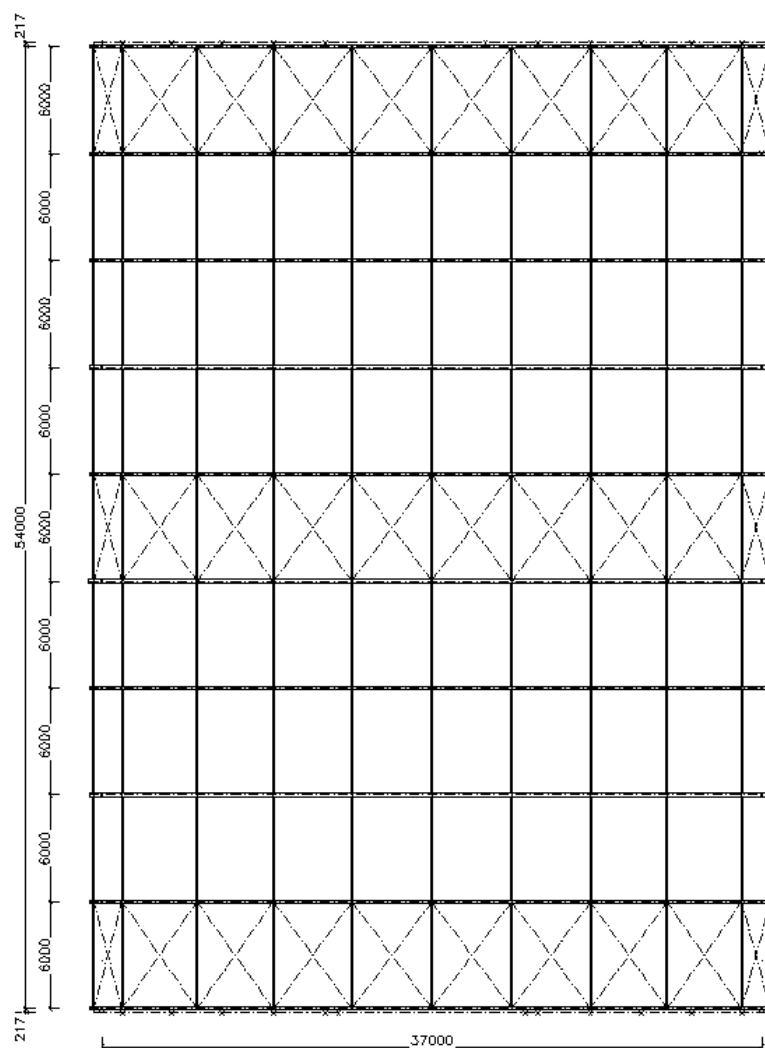


- Zadní pohled
- Střední část čela navržena pro vratový systém.

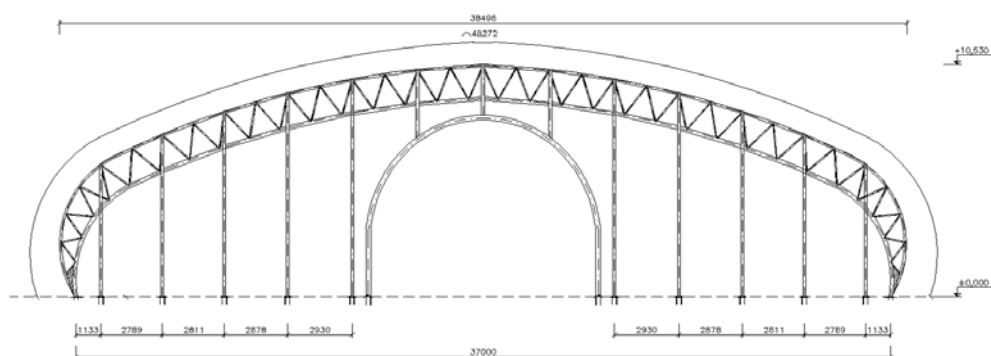


## STATICKÝ VÝPOČET

### PUĎORYS:

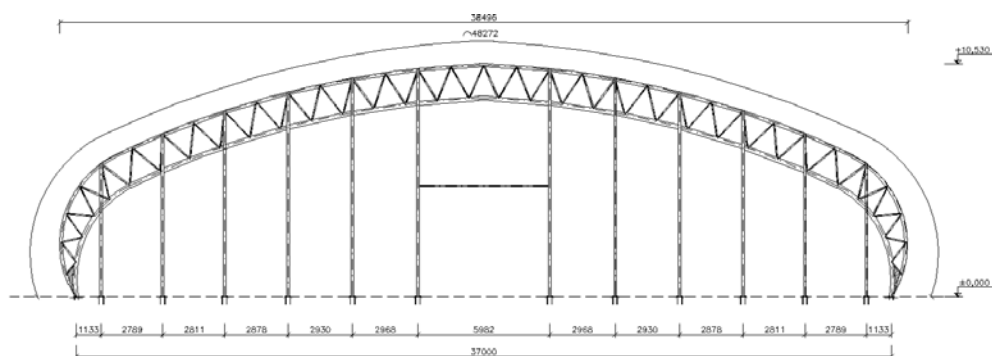


### POHLED ČELNÍ:

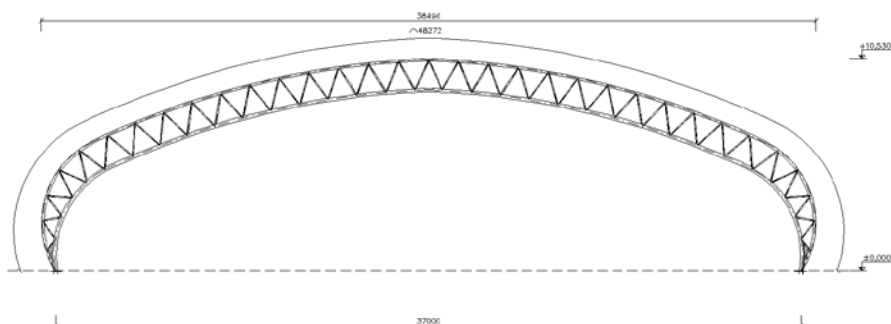


## STATICKÝ VÝPOČET

### POHLED ZADNÍ:

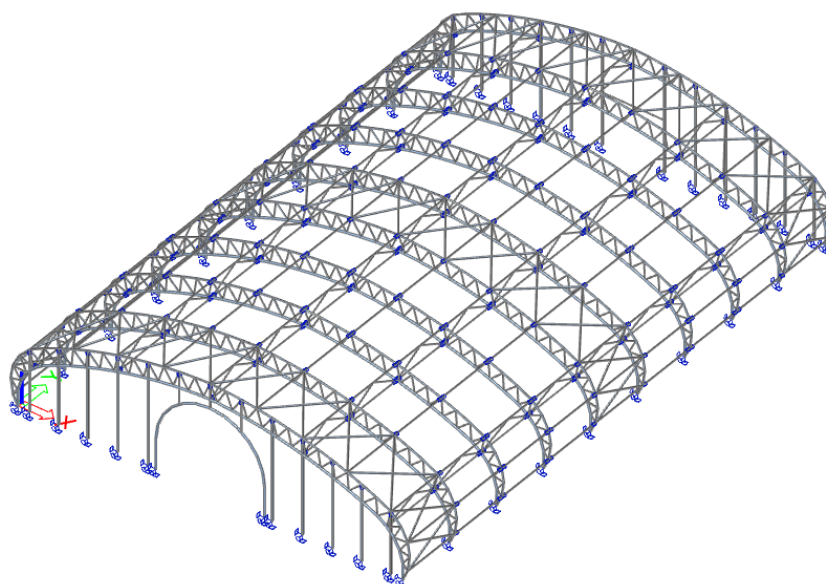


### CHARAKTERISTICKÁ GEOMETRIE VAZNÍKU:



### 3. VÝPOČTOVÝ MODEL KONSTRUKCE

- Statický model byl vypracován v programu Scia Engineer
- Výstup ze samotného programu je obsažen ve samostatné příloze



**4. MATERIÁL**

- Veškeré prvky byly navrženy z oceli **S355**
- Mez kluzu  $f_y = 355 \text{ Mpa}$
- Modulu pružnosti v tahu a tlaku  $E = 210 \text{ GPa}$
- Modul pružnosti ve smyku  $G = 81 \text{ GPa}$
- Mez pevnosti  $f_u = 490 \text{ Mpa}$
- Součinitelé spolehlivosti materiálu
- $\gamma_{M0} = 1,0$
- $\gamma_{M1} = 1,0$
- $\gamma_{M2} = 1,25$

**5. ZATÍŽENÍ****5.1 STÁLÉ****5.1.1 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ**

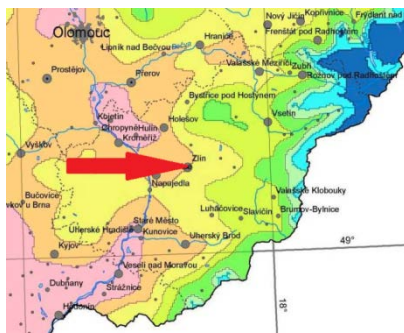
	Normové ( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$ )	souč.zat. $\gamma_F$	Výpočtové ( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$ )
<u>Trapézový plech</u> (TR 150/280, tl. 1mm)	0,15		0,20
<u>Tepelná izolace</u> (tl. 200mm)	0,08		0,11
<u>Parotěsná zábrana</u>	0,01	1,35	0,014
<u>Fasádní systém Kalzip</u> (AS 65/422; tl. 1,2 mm; elipticky ohýbaný)	0,05		0,068
<u>Osvětlení + VZT</u>	0,10		0,14
<u>Detaily - ODHÁDEM</u> (plechy, přípoj. mat.)	0,02		0,03
<b>CELKEM</b>	<b>0,41 <math>\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}</math></b>		<b>0,55 <math>\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}</math></b>

**5.1.2 OPLÁŠTĚNÍ ČELA KONSTRUKCE**

<u>KINGSPAN</u>	0,14	1,35	0,19
KS1000 AWP, tl. 120mm - kotvení ve skrytém spoji			
<b>CELKEM</b>	<b>0,14 <math>\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}</math></b>		<b>0,19 <math>\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}</math></b>

## 5.2 PROMĚNNÉ

### 5.2.1 ZATÍŽENÍ SNĚHEM



Zatížení sněhem na střeších  $s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
0,7	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	>4,0 <sup>1)</sup>

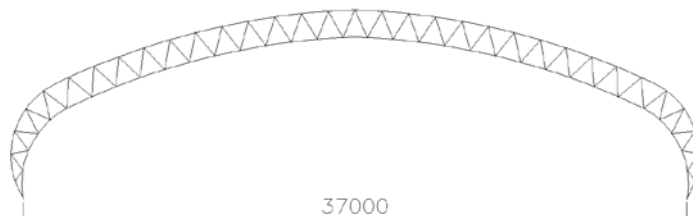
- ZLÍN – sněhová oblast II =>  $s_k = 1,0 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$

- dle [www.snehovamapa.cz](http://www.snehovamapa.cz) =>  $s_k = 0,93 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$

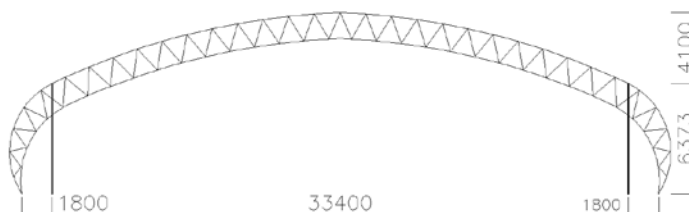
- typ krajiny  $C_e = 1,0$  ; tepelný součinitel  $C_t = 1,0$

- konstrukce byla idealizována do následovného tvaru:

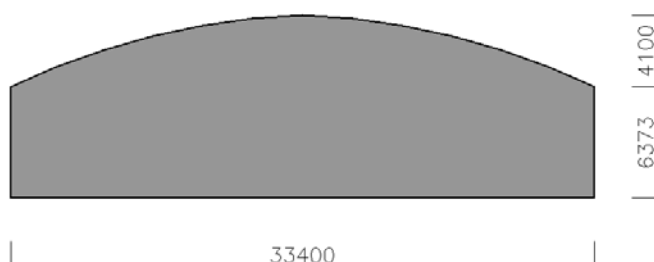
1)



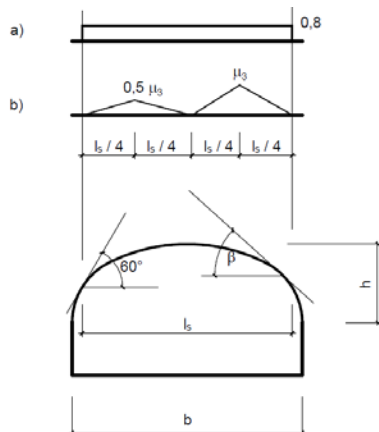
2)



3)

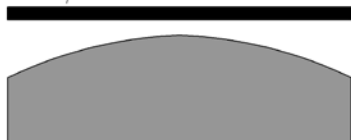






$(0,8 \text{ kN/m}^2)$

$\mu_1$

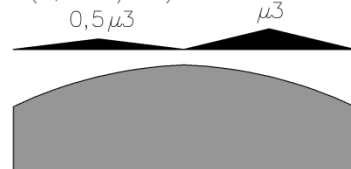


$(0,71 \text{ kN/m}^2)$

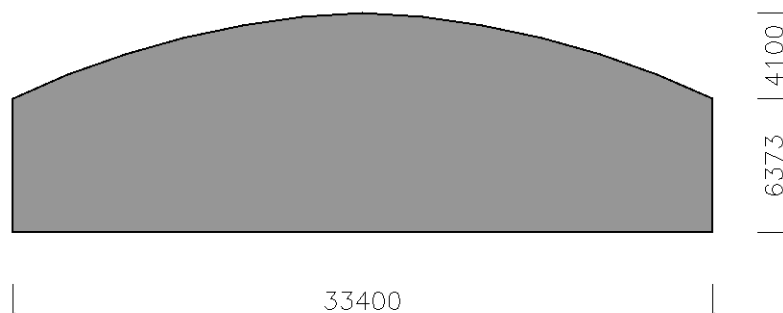
$0,5 \mu_3$

$(1,42 \text{ kN/m}^2)$

$\mu_3$



### 5.2.1.1 SNÍH (a) - PLNÝ



$$l_s = 33,4 \text{ m}$$

$$h = 4,1 \text{ m}$$

$$b = 33,4 \text{ m}$$

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_i \cdot s_k$$

$$s_a = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \underline{0,8 \text{ kN.m}^{-2}}$$

### 5.2.1.2 SNÍH (b) – PRAVÝ/LEVÝ

$$B \leq 60^\circ$$

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot \frac{h}{b} = 0,2 + 10 \cdot \frac{4,1}{33,4} = 1,42$$

$$s_b = 1,42 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = \underline{1,42 \text{ kN.m}^{-2}}$$

### 5.2.1.3 SNÍH (C) – NAVÁTÝ

$$h/b = 4,1 / 33,4 = 0,122 < 1/8 \Rightarrow \text{není nutno brát v úvahu navátý sníh}$$

## 5.2.2 ZATÍŽENÍ VĚTREM

- Konstrukce byla pro zatížení větrem taktéž idealizována, stejně jako u zatížení sněhem
- Pro vítr působící na konstrukci v podélném směru, bylo postupováno, jako působící vítr v podélném směru na střechu sedlovou
- Sklon střechy se v příčném směru mění a konzervativně byla vzata hodnota 15°
- Vítr působící v příčném směru, byl řešen dle normy – Klenbové střechy a kopule

### 5.2.2.1 VÍTR PODÉLNÝ – SEVERNÍ / JIŽNÍ

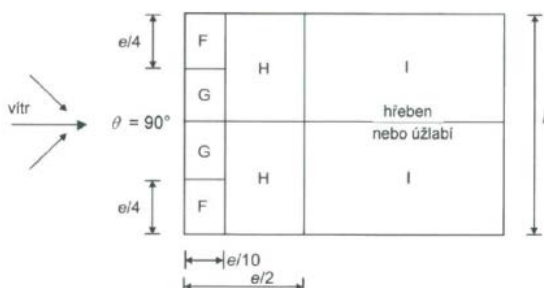
#### Zatížení větrem podle ČSN EN 1991-1-4

Charakteristická desetiminutová rychlost větru pro větrovou oblast:	II.	$v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s}$
Součinitel nadmořské výšky :		$c_{alt} = 1,00$
Součinitel směru větru:		$c_{dir} = 1,00$
Součinitel ročního období:		$c_{season} = 1,00$
<b>Základní rychlost větru</b>		$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot c_{alt} \cdot v_{b,0} = 25,00 \text{ m/s}$
Kategorie terénu:	II.	<i>krajina s nízkou vegetací, jako je tráva nebo izolované překážky</i>
Součinitel orografie - horopisu:		$c_o(z) = 1,00$
Výška objektu nad terénem	$z = 10,500$	maximální výška $z_{max} = 200,00 \text{ m}$
Délka nerovnosti	$z_0 = 0,05 \text{ m}$	minimální výška $z_{min} = 2,00 \text{ m}$
Součinitel terénu		$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} = 0,190$
Součinitel drsnosti terénu		$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) = 1,016$
Součinitel turbulence		$k_t = 1,000$
<b>Střední rychlost větru ve výšce z</b>		$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 25,40 \text{ m/s}$
Intenzita turbulence		$I_v(z) = k_t / (c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)) = 0,187$
Měrná hmotnost vzduchu	$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$	
<b>Maximální dynamický tlak větru</b>		$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = 0,931 \text{ kPa}$

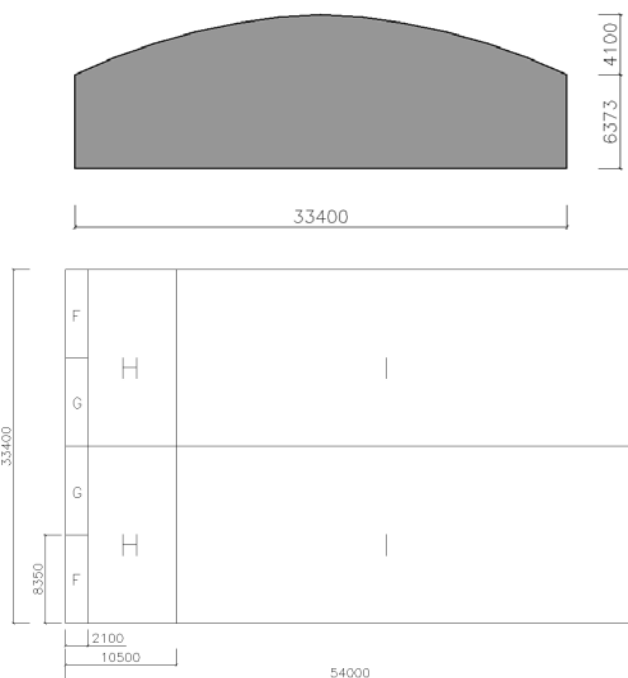
#### Součinitele vnějších tlaků pro sedlové střechy

rozměr rovnoběžný s větrem d =	54,00 m	výška objektu h =	10,500 m
rozměr kolmý na směr větru b =	37,00 m	e = min(b; 2h) =	21,00 m

SOUČiniteLE		OBLAST pro směr větru $\theta = 90^\circ$			
		F	G	H	I
$c_{pe,10}$	$\alpha [^\circ]$				
	15	-1,30	-1,30	-0,60	-0,50
Zatěžovací šířka = 1,00 m					
Char. hodnoty tlaku		-1,21	-1,21	-0,56	-0,47 kN/m <sup>2</sup>



## STATICKÝ VÝPOČET



### Součinitele vnějších tlaků pro stěny

### PODÉLNÝ SMĚR

rozměr rovnoběžný s větrem  $d = 54,00$  m

výška objektu  $h = 10,500$  m

rozměr kolmý na směr větru  $b = 37,00$  m

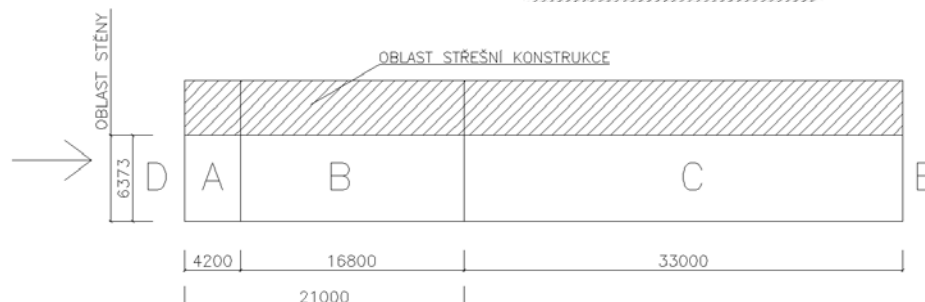
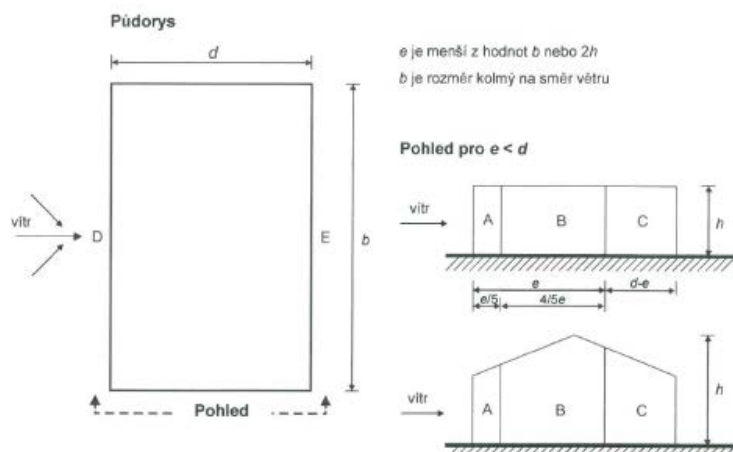
$e = \min(b; 2h) = 21,00$  m

$h/d = 0,19$

SOUČINITELE	h/d	OBLAST				
		A	B	C	D	E
výsledný $c_{pe}$		-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30

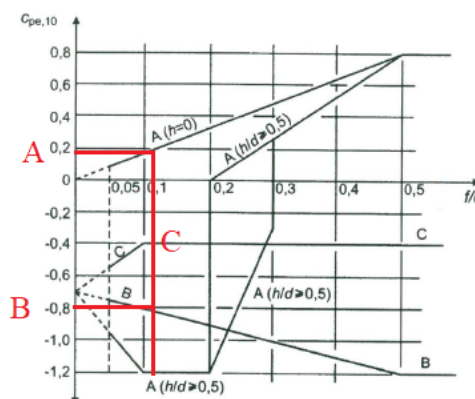
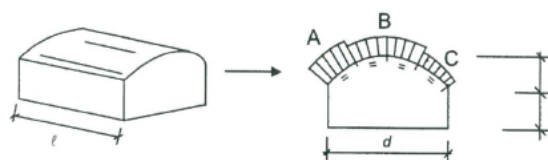
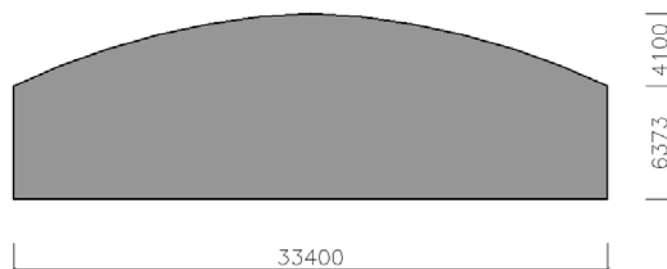
Zatěžovací šířka  $= 1,00$  m

Charakteristické hodnoty tlaku	-1,12	-0,74	-0,47	0,65	-0,28	kN/m <sup>2</sup>
--------------------------------	-------	-------	-------	------	-------	-------------------



### 5.2.2.1 VÍTR PŘÍČNÝ – PRAVÝ / LEVÝ

- Konstrukce byla idealizována, pro možný návrh dle normy.
- Idealizace je totožná jako u zatížení podélným větrem



$$h=6,373 \text{ m}; \quad f=4,1 \text{ m}; \quad d=33,4 \text{ m}$$

$$h/d=6,373/33,4=0,19 \quad \Rightarrow \quad \text{Hodnoty pro } C_{pe,A} \text{ se musí určit lin. interpolací}$$

$$f/d=4,1/33,4=0,12$$

$$h=0 \quad \Rightarrow \quad C_{pe,10}=0,2$$

$$h/d \geq 0,5 \quad \Rightarrow \quad C_{pe,10}=-1,2$$

$$h/d \geq 0,19 \quad \Rightarrow \quad C_{pe,10}=-0,33 \quad \Rightarrow \quad \text{Pro oblast A}$$

$$C_{pe,10,A}=-0,33 \Rightarrow w_{e,A}=-0,33 \cdot 0,931=\underline{-0,31 \text{ kN} \cdot \text{m}^2}$$

$$C_{pe,10,B}=-0,8 \Rightarrow w_{e,B}=-0,8 \cdot 0,931=\underline{-0,75 \text{ kN} \cdot \text{m}^2}$$

$$C_{pe,10,C}=-0,4 \Rightarrow w_{e,C}=-0,4 \cdot 0,931=\underline{-0,37 \text{ kN} \cdot \text{m}^2}$$

## STATICKÝ VÝPOČET

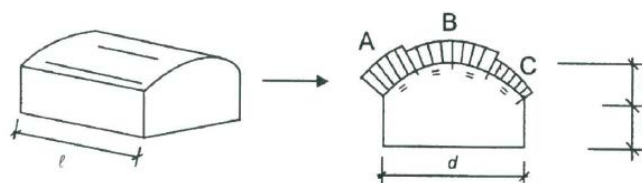
### Součinitele vnějších tlaků pro stěny PŘÍČNÝ SMĚR

rozměr rovnoběžný s větrem  $d = 37,00$  m  
rozměr kolmý na směr větru  $b = 54,00$  m  
 $h/d = 0,28$   
výška objektu  $h = 10,500$  m  
 $e = \min(b; 2h) = 21,00$  m

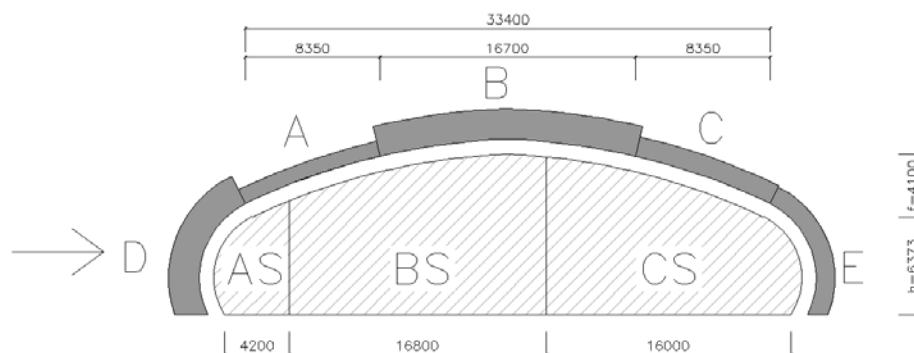
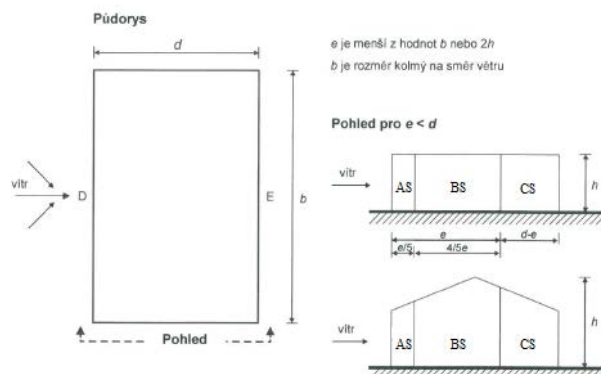
SOUČINITELE	h/d	OBLAST				
		AS	BS	CS	D	E
výsledný $c_{pe}$		-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,31
Zatěžovací šířka = 1,00 m						
Charakteristické hodnoty tlaku		-1,12	-0,74	-0,47	0,66	-0,29

kN/m<sup>2</sup>

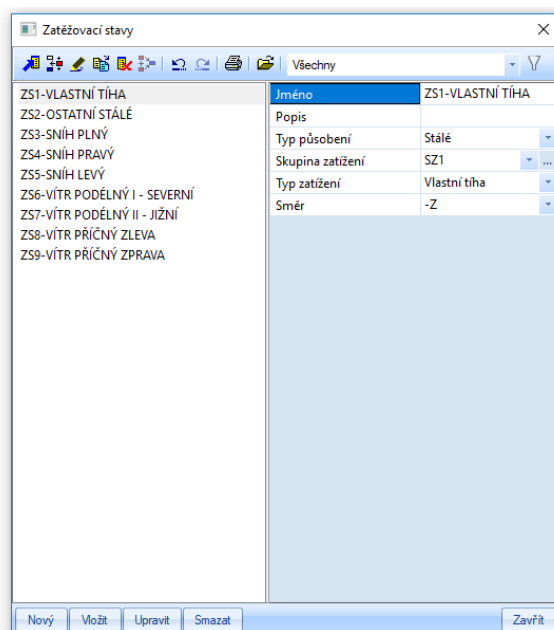
### PŘÍČNÝ VÍTR PŮSOBÍCÍ NA STŘEŠNÍ KONSTRUKCI



### PŘÍČNÝ VÍTR PŮSOBÍCÍ NA STĚNY



### 5.3 ZATĚŽOVACÍ STAVY



### 5.4 KOMBINACE

#### 5.4.1 KOMBINACE PRO MSÚ

Kombinace zatížení pro mezní stav únosnosti byla provedena dle rovnice 6.10a a 6.10b.

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

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

#### 5.4.2 KOMBINACE PRO MSP

Kombinace zatížení pro mezní stav použitelnosti byla provedena dle rovnice 6.14b.

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

### 5.5 ÚČINKY ZATÍŽENÍ

Označení účinku	Zahrnuté zatěžovací stavy	Specifikace
G	ZS1, ZS2	Stálé
Q <sub>s</sub>	ZS3, ZS4, ZS5	Sníh
Q <sub>w</sub>	ZS6, ZS7, ZS8, ZS9	Vitr

## 6. POSOUZENÍ KONSTRUKCE NA MSÚ

Posouzení konstrukce na mezní stav únosnosti bylo provedeno pomocí výpočetního softwaru Scia engineer. Jednotlivé posudky, jsou uvedeny v příloze.

Následně byly vybrány prvky, u kterých bylo provedeno ověření ručním výpočtem. Prvky pro ruční výpočet byly vybrány s ohledem na výsledky ve výpočetním programu a důležitosti jejich funkce v konstrukci.

Všechny prvky jsou navrženy z uzavřených průřezů jak trubkových, tak i hranatých, z čehož vyplývá, že tyto prvky nejsou náchylné na klopení, prostorový vzpěr a nejsou náchylné ke zkroucení.

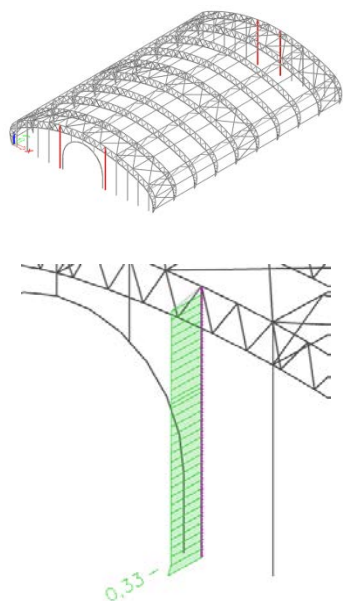
### 6.1 VÝPIS JEDNOTLIVÝCH PRVKŮ NA KONSTRUKCI

	Název prvku	Průřez
Vazník	Dolní pas	TR ø168,3x12,5
	Horní pas	TR ø114,3x8,0
	Diagonály	TR ø60,3x5,0
Příhradové podélné ztužení	Podélné ztužení - prosté	TR ø88,9x6,3
	Horní ztužení	TR ø88,9x6,3
	Dolní ztužení	TR ø60,3x4,0
	Diagonály	TR ø60,3x4,0
	Hlavní sloupy - čelo	HRTR 180x120x12,5
	Sloupy čelo	HRTR 180x120x8,0
	Konstrukce vchodu pro portál	TR ø168,3x12,5
	Svislice ke konstrukci portálu	HRTR 140x140x6,3
	Paždík - zadní řelo konstrukce	HRTR 50x50x5,0

## 7. MSÚ – POSOUZENÍ VYBRANÝCH PRVKŮ

### 7.1 HLAVNÍ ČELNÍ SLOUP – HRTR 180x120x12,5

#### DÍLEC B2065:



VNITŘNÍ SÍLY	
$N_{Ed}$	-11,04 kN
$V_{y,Ed}$	0,00 kN
$V_{z,Ed}$	-19,92 kN
$T_{Ed}$	0,53 kNm
$M_{y,Ed}$	39,89 kNm
$M_{z,Ed}$	0,00 kNm

Klíč kombinace
MSÚ - Soubor B / 1.15*ZS1-VLASTNÍ TÍHA + 1.15*ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ + 1.50*ZS8-VÍTR PŘÍČNÝ zleva

SLOUPY HLAVNÍ		
Materiál	S 355	
Výroba	tvářený za studena	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	c	c
A [m <sup>2</sup> ]	6,2040e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	2,4854e-03	3,7281e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>0</sub> [m <sup>2</sup> /m]	5,3600e-01	9,9249e-01
c <sub>y,UCS</sub> [mm], c <sub>z,UCS</sub> [mm]	60	90
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	2,3524e-05	1,2523e-05
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	62	45
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,6137e-04	2,0872e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	3,4146e-04	2,5845e-04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	1,21e+05	1,21e+05
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	9,19e+04	9,19e+04
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	3,0014e-05	7,2900e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Obrázek		

#### Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

#### Ohýbaná část

$$c = 142\text{mm}$$

$$t = 12,5\text{mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{142}{12,5} = 11,36 \leq 33 * \varepsilon = 72 * 0,814 = 58,61$$

#### Tlačená část část

$$c = 82\text{mm}$$

$$t = 12,5\text{mm}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{82}{12,5} = 6,56 \leq 72 * \varepsilon = 33 * 0,814 = 26,86$$

#### TŘÍDA 1



**Posouzení na ohybový moment:**

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{3,41 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 121,06 kNm$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{39,89}{121,06} = 0,33 < 1,0 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

**Rovinný vzpěr:  $\beta=1,0$** 

Sloup jest kloubově uložen => vzpěrná délka je rovna délce sloupu.

$$L_{cr,y}=9,837m$$

$$L_{cr,z}=9,837m$$

**Kritické síly:**

$$N_{cr;y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{l_{cr;y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 2,35 * 10^{-5}}{9,837^2} = 503,34 kN$$

$$N_{cr;z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{l_{cr;z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 1,25 * 10^{-5}}{9,837^2} = 267,73 kN$$

**Poměrné štíhlosti:**

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr;y}}} = \sqrt{\frac{6,20 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{503,34 * 10^3}} = 2,09$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_z}{N_{cr;z}}} = \sqrt{\frac{6,20 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{267,73 * 10^3}} = 2,87$$

**Součinitel imperfekce:**

Křivka „c“ –  $\alpha=0,49$

$$\begin{aligned} \phi_y &= 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2] = \\ &= 0,5 * [1 + 0,49 * (2,09 - 0,2) + 2,09^2] = 3,15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_z &= 0,5 * [1 + \alpha * (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2] = \\ &= 0,5 * [1 + 0,49 * (2,87 - 0,2) + 2,87^2] = 5,28 \end{aligned}$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{3,15 + \sqrt{3,15^2 - 2,09^2}} = 0,18$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{5,28 + \sqrt{5,28^2 - 2,87^2}} = 0,10$$

**STATICKÝ VÝPOČET****Únosnost:**

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,18 * 6,20 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 396,18 kN$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,10 * 6,20 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 220,10 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{11,04}{220,10} = 0,05 < 1,0 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

**Posouzení ohybu a osového tlaku:****Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 6,20 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 2201 kN$$

**Únosnost v ohybu**

$$M_{Rk,y} = W_{pl,y} * f_y = 3,41 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 121,10 kNm$$

$$M_{Rk,z} = W_{pl,z} * f_y = 2,58 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 91,59 kNm$$

**Interakční součinitelé****Směr Y:**

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNÉ)}$$

 **$k_{yy}$ : (průřez nenáchylný ke kroucení)**

$$\chi_y = 0,18$$

$$c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}}}{\gamma_{m1}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}}}{\gamma_{m1}} \right)$$

$$0,9 \left( 1 + (2,09 - 0,2) * \frac{\frac{11,04}{0,18 * 2201}}{1,0} \right) \leq 0,9 \left( 1 + 0,8 \frac{\frac{11,04}{0,18 * 2201}}{1,0} \right)$$

$$0,95 \leq \mathbf{0,90}$$

$$k_{yy} = 0,90$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,94 = 0,54$$

**Směr Z:**

Neuvažujeme, vzhledem k nulové momentové síle  $M_z$ .

$$C_{mz} = 0,0 \Rightarrow k_{zzy} = 0,0 \Rightarrow k_{yz} = 0,0$$

## STATICKÝ VÝPOČET

**Součinitel klopení**

$$\chi_{LT} = 1,0$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} * M_{y;Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\chi_{LT} * M_{z;Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{11,04}{0,18 * 2201} + 0,90 \frac{39,89}{1,0 * 121,10} + 0 \leq 1,0$$

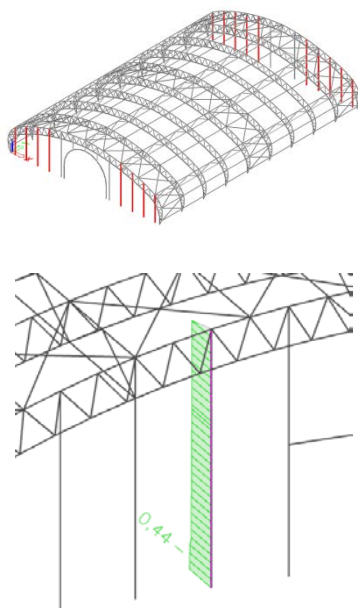
$$\mathbf{0,33 < 1,0} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\chi_{LT} * M_{y;Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\chi_{LT} * M_{z;Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{11,04}{0,1 * 2201} + 0,54 \frac{39,89}{1,0 * 2201} + 0 \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,23 < 1,0} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

**PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.**



## 7.2 ČELNÍ SLOUPY – HRTR 180x120x8,0

### DÍLEC B2122:

VNITŘNÍ SÍLY	
$N_{Ed}$	-8,19 kN
$V_{y,Ed}$	0,00 kN
$V_{z,Ed}$	19,90 kN
$T_{Ed}$	-0,38 kNm
$M_{y,Ed}$	-39,73 kNm
$M_{z,Ed}$	0,00 kNm

Klíč kombinace
MSÚ - Soubor B / ZS1-VLASTNÍ TÍHA + ZS2-OSTATNÍ STALÉ + 1.50*ZS9-VÍTR PŘÍČNÝ zprava

CFRHS180X120X8		
Jméno	SLOUPY_ČELO	
Materiál	S 355	
Výroba	tvářený za studena	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	c	c
A [m <sup>2</sup> ]	4,3240e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,7281e-03	2,5921e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	5,6600e-01	1,0808e+00
c <sub>v,UCS</sub> [mm], c <sub>z,UCS</sub> [mm]	60	90
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,8353e-05	9,7844e-06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	65	48
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,0393e-04	1,6307e-04
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	2,5314e-04	1,9157e-04
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	8,97e+04	8,97e+04
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	6,79e+04	6,79e+04
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	2,1564e-05	4,6656e-08
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Obrázek		

### Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

### Ohýbaná část

$$c = 160 \text{ mm}$$

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

$$\frac{c}{t} = \frac{160}{8} = 20 \leq 72 * \varepsilon = 72 * 0,814 = 58,61$$

### Tlačená část

$$c = 90 \text{ mm}$$

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

$$\frac{c}{t} = \frac{90}{8} = 11,25 \leq 33 * \varepsilon = 33 * 0,814 = 26,86$$

### TŘÍDA 1

### Posouzení na ohybový moment:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{2,53 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 89,82 \text{ Nm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{39,73}{89,82} = 0,44 < 1,0$$

**VYHOVUJE**

**Rovinný vzpěr:**

Sloup jest kloubově uložen => vzpěrná délka je rovna délce sloupu.

$$L_{cr,y}=9,837\text{m}$$

$$L_{cr,z}=9,837\text{m}$$

**Kritické síly:**

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 1,83 * 10^{-5}}{9,837^2} = 391,96\text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 9,78 * 10^{-6}}{9,837^2} = 209,48\text{kN}$$

$$\frac{\gamma_M * N_{Ed}}{N_{cr}} = \frac{1,0 * 8,19}{209,48} = 0,039 \leq 0,04$$

**Velikost tlakové síly umožňuje ignorovat účinky rovinného vzpěru.**

$$\chi_y=1,0$$

$$\chi_z=1,0$$

**Poměrné štíhlosti:**

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{4,32 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{391,96 * 10^3}} = 1,98$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{4,32 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{209,48 * 10^3}} = 2,71$$

**Posouzení ohybu a osového tlaku:****Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 4,32 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 1533,6\text{kN}$$

**Únosnost v ohybu**

$$M_{Rk,y} = W_{pl,y} * f_y = 2,53 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 89,82\text{ kNm}$$

$$M_{Rk,z} = W_{pl,z} * f_y = 1,92 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 68,16\text{ kNm}$$

## STATICKÝ VÝPOČET

## Interakční součinitelé

## Směr Y:

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNĚ)}$$

 $k_{yy}$ : (průřez nenáchylný ke kroucení)

$$\chi_y = 0,21$$

$$c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$0,9 \left( 1 + (1,98 - 0,2) * \frac{8,19}{\frac{1,0 * 1533,6}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left( 1 + 0,8 \frac{8,19}{\frac{1,0 * 1533,6}{1,0}} \right)$$

$$0,90 \leq \mathbf{0,90}$$

$$k_{yy} = 0,90$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,92 = 0,54$$

## Směr Z:

Neuvažujeme, vzhledem k zanedbatelné hodnotě momentové síly  $M_z$ .

$$C_{mz} = 0,0 \Rightarrow k_{zz} = 0,0 \Rightarrow k_{yz} = 0,0$$

## Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1,0$$

## Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{8,19}{\frac{1,0 * 1192,8}{1,0}} + 0,90 \frac{39,73}{\frac{1,0 * 89,82}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,40 < 1,0} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{8,19}{\frac{0,12 * 1192,8}{1,0}} + 0,54 \frac{39,73}{\frac{1,0 * 89,82}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,25 < 1,0} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.**

### 7.3 HORNÍ PÁS – TR Ø114,3x8,0

#### DÍLEC 3264:

VNITŘNÍ SÍLY	
$N_{Ed}$	-221,90 kN
$V_{y,Ed}$	0,00 kN
$V_{z,Ed}$	5,30 kN
$T_{Ed}$	0,00 kNm
$M_{y,Ed}$	-1,21 kNm
$M_{z,Ed}$	0,02 kNm

#### Klíč kombinace

MSU - Soubor B / 1.15\*ZS1-VLASTNÍ TÍHA +  
1.15\*ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ + 1.50\*ZS3-SNÍH I

HORNÍ PÁS		
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
A [m <sup>2</sup> ]	2,6700e-03	
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,7008e-03	1,7008e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	3,5900e-01	6,6787e-01
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	57	57
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	3,7900e-06	3,7900e-06
I <sub>y</sub> [mm], I <sub>z</sub> [mm]	38	38
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	6,6400e-05	6,6400e-05
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	9,0600e-05	9,0600e-05
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	3,21e+04	3,21e+04
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	3,21e+04	3,21e+04
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	7,5900e-06	3,3608e-41
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Obrázek		

#### Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

#### Ohýbaná část

$$d = 114,3 \text{ mm}$$

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

$$\frac{d}{t} = \frac{114}{8} = 14,25 \leq 50 * \varepsilon^2 = 72 * 0,814^2 = 33,13$$

#### TŘÍDA 1

#### Rovinný vzpěr:

$$L_{cr,y} = 1,500 \text{ m} \quad \text{vzpěrná délka mezi diagonálami}$$

$$L_{cr,z} = 4,499 \text{ m} \quad \text{vzpěrná délka mezi příhradovým podélným ztužením}$$

#### Kritické síly:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 3,79 * 10^{-6}}{1,500^2} = 3491,21 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 3,79 * 10^{-6}}{4,499^2} = 388,10 \text{ kN}$$

#### Poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{2,67 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{3491,21 * 10^3}} = 0,52$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,67 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{388,10 * 10^3}} = 1,56$$

**Součinitel imperfekce:**Křivka „a“ –  $\alpha=0,21$ 

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (0,52 - 0,2) + 0,52^2] = 0,66$$

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (1,56 - 0,2) + 1,56^2] = 1,86$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,66 + \sqrt{0,66^2 - 0,52^2}} = 0,94$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,86 + \sqrt{1,86^2 - 1,56^2}} = 0,35$$

**Únosnost:**

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,94 * 2,67 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 890,98 kN$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,31 * 2,67 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 331,75 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{222,00}{331,75} = 0,67 < 1,0 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

**Posouzení ohybu a osového tlaku:****Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 2,67 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 947,85 kN$$

**Únosnost v ohybu**

$$M_{Rk;y} = W_{pl,y} * f_y = 9,06 * 10^{-5} * 355 * 10^6 = 32,16 kNm$$

$$M_{Rk;z} = W_{pl,z} * f_y = 9,06 * 10^{-5} * 355 * 10^6 = 32,16 kNm$$



## STATICKÝ VÝPOČET

## Interakční součinitelé

## Směr Y:

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNĚ)}$$

 $k_{yy}$ : (průřez nenáchylný ke kroucení)

$$\chi_y = 0,94$$

$$c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$0,9 \left( 1 + (0,52 - 0,2) * \frac{222}{\frac{0,94 * 947,85}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left( 1 + 0,8 \frac{222}{\frac{0,94 * 947,85}{1,0}} \right)$$

$$0,97 \leq 1,08$$

$$k_{yy} = 0,97$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,97 = 0,58$$

## Směr Z: (bodové zatížení)

Neuvažujeme, vzhledem k zanedbatelné hodnotě momentové síly  $M_z$ .

$$C_{mz} = 0,0 \Rightarrow k_{zz} = 0,0 \Rightarrow k_{yz} = 0,0$$

## Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1,0$$

## Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{222,00}{\frac{0,94 * 947,85}{1,0}} + 0,97 \frac{1,21}{\frac{1,0 * 32,16}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$0,28 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{222,00}{\frac{0,35 * 947,85}{1,0}} + 0,58 \frac{1,21}{\frac{1,0 * 32,16}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$0,69 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

**PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.**

## 7.4 DOLNÍ PÁS – TR Ø168,3x12,5

### DÍLEC B3379:

VNITŘNÍ SÍLY	
$N_{Ed}$	-382,31 kN
$V_{y,Ed}$	-0,25 kN
$V_{z,Ed}$	1,57 kN
$T_{Ed}$	0,05 kNm
$M_{y,Ed}$	-3,96 kNm
$M_{z,Ed}$	0,64 kNm

### Klíč kombinace

MSÚ - Soubor B / 1.15\*ZS1-VLASTNÍ TÍHA +  
1.15\*ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ + 1.50\*ZS3-SNÍH I

DOLNÍ PÁS		
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
$A$ [m <sup>2</sup> ]	6,1200e-03	
$A_y$ [m <sup>2</sup> ], $A_z$ [m <sup>2</sup> ]	3,8950e-03	3,8950e-03
$A_L$ [m <sup>2</sup> /m], $A_D$ [m <sup>2</sup> /m]	5,2900e-01	9,7887e-01
$C_{Y,UCS}$ [mm], $C_{Z,UCS}$ [mm]	84	84
$\alpha$ [deg]	0,00	
$I_y$ [m <sup>4</sup> ], $I_z$ [m <sup>4</sup> ]	1,8680e-05	1,8680e-05
$i_y$ [mm], $i_z$ [mm]	55	55
$W_{el,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{el,z}$ [m <sup>3</sup> ]	2,2200e-04	2,2200e-04
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{pl,z}$ [m <sup>3</sup> ]	2,9928e-04	2,9928e-04
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	1,08e+05	1,08e+05
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	1,08e+05	1,08e+05
$d_y$ [mm], $d_z$ [mm]	0	0
$I_t$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	3,7370e-05	1,7850e-40
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	0	0
Obrázek		

### Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

### Ohýbaná část

$$d = 168,3 \text{ mm}$$

$$t = 12,5 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{168,3}{12} = 13,44 \leq 50 * \varepsilon^2 = 72 * 0,814^2 = 33,13$$

### TŘÍDA 1

### Rovinný vzpěr:

$$L_{cr,y} = 1,121 \text{ m} \quad \text{vzpěrná délka mezi diagonálami}$$

$$L_{cr,z} = 8,784 \text{ m} \quad \text{vzpěrná délka mezi příhradovým podélným ztužením}$$

### Kritické síly:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 1,87 * 10^{-5}}{1,121^2} = 30\,833 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 1,87 * 10^{-6}}{8,784^2} = 492,18 \text{ kN}$$

### Poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{6,12 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{30\,833 * 10^3}} = 0,27$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{6,12 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{492,18 * 10^3}} = 2,1$$

**Součinitel imperfekce:**Křivka „a“ –  $\alpha=0,21$ 

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (0,52 - 0,2) + 0,52^2] = 0,54$$

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (1,56 - 0,2) + 1,56^2] = 2,9$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0,54 + \sqrt{0,54^2 - 0,27^2}} = 0,99$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{2,9 + \sqrt{2,9^2 - 2,1^2}} = 0,20$$

Únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,99 * 6,12 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 2150,87 kN$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,20 * 6,12 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 434,52 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{382,31}{434,52} = 0,88 < 1,0 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

**Posouzení ohybu a osového tlaku:****Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 6,12 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 2172,60 kN$$

**Únosnost v ohybu**

$$M_{Rk;y} = W_{pl,y} * f_y = 3,03 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 107,71 kNm$$

$$M_{Rk;z} = W_{pl,z} * f_y = 3,03 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 107,71 kNm$$

## STATICKÝ VÝPOČET

## Interakční součinitelé

## Směr Y:

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNĚ)}$$

 $k_{yy}$ : (průřez nenáchylný ke kroucení)

$$\chi_y = 0,99$$

$$c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$0,9 \left( 1 + (0,27 - 0,2) * \frac{382,31}{\frac{0,99 * 2172,60}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left( 1 + 0,8 \frac{382,31}{\frac{0,99 * 2172,6}{1,0}} \right)$$

$$0,91 \leq 1,02$$

$$k_{yy} = 0,91$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,97 = 0,55$$

## Směr Z: (bodové zatížení)

Neuvažujeme, vzhledem k zanedbatelné hodnotě momentové síly  $M_z$ .

$$C_{mz} = 0,0 \Rightarrow k_{zz} = 0,0 \Rightarrow k_{yz} = 0,0$$

## Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1,0$$

## Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{382,31}{\frac{0,99 * 2172,60}{1,0}} + 0,91 \frac{3,96}{\frac{1,0 * 107,71}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$0,22 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{382,31}{\frac{0,20 * 2172,60}{1,0}} + 0,55 \frac{3,96}{\frac{1,0 * 107,71}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$0,90 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

**PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.**

## 7.5 DIAGONÁLY VAZNÍKU – TR Ø60,3x5,0

### DÍLEC B2721:

VNITŘNÍ SÍLY	
$N_{Ed}$	-101,45 kN
$V_{y,Ed}$	0,03 kN
$V_{z,Ed}$	0,18 kN
$T_{Ed}$	0,01 kNm
$M_{y,Ed}$	-0,16 kNm
$M_{z,Ed}$	0,06 kNm

#### Klíč kombinace

MSÚ - Soubor B / 1.15\*ZS1-VLASTNÍ TÍHA +  
1.15\*ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ + 1.50\*ZS3-SNÍH I

DIAGONÁLY			
Materiál	S 355		
Výroba	válcovaný		
Barva			
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a	
A [m <sup>2</sup> ]	8,6900e-04		
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	5,5300e-04	5,5300e-04	
Al [m <sup>2</sup> /m], Al <sub>0</sub> [m <sup>2</sup> /m]	1,8900e-01	3,4744e-01	
C <sub>y,UCS</sub> [mm], C <sub>z,UCS</sub> [mm]	30	30	
α [deg]	0,00		
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	3,3500e-07	3,3500e-07	
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	20	20	
W <sub>ely</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>elz</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,1100e-05	1,1100e-05	
W <sub>ply</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>plz</sub> [m <sup>3</sup> ]	1,5090e-05	1,5090e-05	
M <sub>ply,+</sub> [Nm], M <sub>ply,-</sub> [Nm]	5,44e+03	5,44e+03	
M <sub>plz,+</sub> [Nm], M <sub>plz,-</sub> [Nm]	5,44e+03	5,44e+03	
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0	
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	6,7000e-07	5,0868e-43	
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0	
Obrázek			

#### Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

#### Ohýbaná část

$$d = 60,3 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{5} = 12 \leq 50 * \varepsilon^2 = 72 * 0,814^2 = 33,13$$

#### TŘÍDA 1

#### Rovinný vzpěr:

$$L=L_{cr,y}=1,715 \text{ m} \quad \text{vzpěrná délka je celá délka diagonály}$$

$$L=L_{cr,z}=1,715 \text{ m} \quad \text{vzpěrná délka je celá délka diagonály}$$

#### Kritické síly:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 3,35 * 10^{-7}}{1,715^2} = 236,07 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 3,35 * 10^{-7}}{1,715^2} = 236,07 \text{ kN}$$

#### Poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{8,69 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{236,07 * 10^3}} = 1,14$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{8,69 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{236,07 * 10^3}} = 1,14$$

**Součinitel imperfekce:**Křivka „a“ –  $\alpha=0,21$ 

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (1,14 - 0,2) + 1,14^2] = 1,25$$

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (1,14 - 0,2) + 1,14^2] = 1,25$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1,25 + \sqrt{1,25^2 - 1,14^2}} = 0,57$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{1,25 + \sqrt{1,25^2 - 1,14^2}} = 0,57$$

Únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,57 * 8,69 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 175,84 kN$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,57 * 8,69 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 175,84 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{101,45}{175,84} = 0,58 < 1,0 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

**Posouzení ohybu a osového tlaku:****Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 8,69 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 308,50 kN$$

**Únosnost v ohybu**

$$M_{Rk;y} = W_{pl,y} * f_y = 1,51 * 10^{-5} * 355 * 10^6 = 5,36 kNm$$

$$M_{Rk;z} = W_{pl,z} * f_y = 1,51 * 10^{-5} * 355 * 10^6 = 5,36 kNm$$

**Interakční součinitelé****Směr Y:**

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNÉ)}$$

## STATICKÝ VÝPOČET

 **$k_{yy}$ : (průřez nenáchylný ke kroucení)**

$$\chi_y = 0,57$$

$$c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$0,9 \left( 1 + (1,14 - 0,2) * \frac{101,45}{\frac{0,57 * 308,5}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left( 1 + 0,8 \frac{101,45}{\frac{0,57 * 308,5}{1,0}} \right)$$

$$1,38 \leq \mathbf{1,32}$$

$$k_{yy} = 1,32$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 1,32 = 0,79$$

**Směr Z: (bodové zatížení)**Neuvažujeme, vzhledem k zanedbatelné hodnotě momentové síly  $M_z$ .

$$C_{mz} = 0,0 \Rightarrow k_{zz} = 0,0 \Rightarrow k_{yz} = 0,0$$

**Součinitel klopení**

$$\chi_{LT} = 1,0$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{101,45}{\frac{0,57 * 308,5}{1,0}} + 1,32 \frac{0,16}{\frac{1,0 * 5,36}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,61} < 1,0 \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{101,45}{\frac{0,57 * 308,5}{1,0}} + 0,79 \frac{0,16}{\frac{1,0 * 5,36}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,60} < 1,0 \quad \underline{\underline{VYHOVUJE}}$$

**PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.**

## 7.6 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ (HORNÍ) – TR Ø88,9x6,3

### DÍLEC 3106:

VNITŘNÍ SÍLY	
$N_{Ed}$	-38,02 kN
$V_{y,Ed}$	0,00 kN
$V_{z,Ed}$	0,25 kN
$T_{Ed}$	0,00 kNm
$M_{y,Ed}$	-0,12 kNm
$M_{z,Ed}$	0,00 kNm

Klíč kombinace
MSÚ - Soubor B / 1.15*ZS1-VLASTNÍ TÍHA + 1.15*ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ + 0.75*ZS3-SNÍH I + 1.50*ZS7-VÍTR PODÉLNÝ II

#### Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

#### Ohýbaná část

$$d = 88,9 \text{ mm}$$

$$t = 6,3 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{88,9}{6,3} = 14,11 \leq 50 * \varepsilon^2 = 72 * 0,814^2 = 33,13$$

#### TŘÍDA 1

#### Rovinný vzpěr:

$$L_{cr,y} = 3,000 \text{ m} \quad \text{vzdálenost prutu k diagonálám}$$

$$L = L_{cr,z} = 6,000 \text{ m} \quad \text{celá délka prutu}$$

#### Kritické síly:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 1,40 * 10^{-6}}{3,000^2} = 322,41 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 1,40 * 10^{-6}}{6,000^2} = 204,73 \text{ kN}$$

#### Poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,63 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{322,41 * 10^3}} = 1,34$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,63 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{204,7 * 10^3}} = 2,68$$

PODÉLNÉ ZTUŽENÍ			
Materiál	S 355		
Výroba	válcovaný		
Barva			
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a		a
A [m <sup>2</sup> ]	1,6300e-03		
A <sub>y</sub> [m <sup>2</sup> ], A <sub>z</sub> [m <sup>2</sup> ]	1,0408e-03		1,0408e-03
A <sub>L</sub> [m <sup>2</sup> /m], A <sub>D</sub> [m <sup>2</sup> /m]	2,7900e-01		5,1896e-01
c <sub>y,UCS</sub> [mm], c <sub>z,UCS</sub> [mm]	44		44
α [deg]	0,00		
I <sub>y</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>z</sub> [m <sup>4</sup> ]	1,4000e-06		1,4000e-06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	29		29
W <sub>el,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>el,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	3,1500e-05		3,1500e-05
W <sub>pl,y</sub> [m <sup>3</sup> ], W <sub>pl,z</sub> [m <sup>3</sup> ]	4,2388e-05		4,2388e-05
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	1,53e+04		1,53e+04
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	1,53e+04		1,53e+04
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0		0
I <sub>t</sub> [m <sup>4</sup> ], I <sub>w</sub> [m <sup>6</sup> ]	2,8000e-06		2,8709e-42
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0		0
Obrázek			



**Součinitel imperfekce:**Křivka „a“ –  $\alpha=0,21$ 

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (1,34 - 0,2) + 1,34^2] = 1,51$$

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (2,68 - 0,2) + 2,68^2] = 4,35$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1,51 + \sqrt{1,51^2 - 1,34^2}} = 0,45$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{4,35 + \sqrt{4,35^2 - 2,68^2}} = 0,13$$

Únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,45 * 1,63 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 260,39 kN$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,13 * 1,63 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 75,22 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{38,02}{75,22} = 0,51 < 1,0 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

**Posouzení ohybu a osového tlaku:****Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 1,63 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 578,65 kN$$

**Únosnost v ohybu**

$$M_{Rk;y} = W_{pl,y} * f_y = 4,24 * 10^{-5} * 355 * 10^6 = 15,05 kNm$$

$$M_{Rk;z} = W_{pl,z} * f_y = 4,24 * 10^{-5} * 355 * 10^6 = 15,05 kNm$$

## STATICKÝ VÝPOČET

## Interakční součinitelé

## Směr Y:

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNĚ)}$$

 $k_{yy}$ : (průřez nenáchylný ke kroucení)

$$\chi_y = 0,45$$

$$c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$0,9 \left( 1 + (1,34 - 0,2) * \frac{38,02}{\frac{0,45 * 578,65}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left( 1 + 0,8 \frac{38,02}{\frac{0,45 * 578,65}{1,0}} \right)$$

$$1,04 \leq \mathbf{1,01}$$

$$k_{yy} = 1,01$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 1,01 = 0,60$$

## Směr Z: (bodové zatížení)

Neuvažujeme, vzhledem k nulové momentové síle  $M_z$ .

$$C_{mz} = 0,0 \Rightarrow k_{zz} = 0,0 \Rightarrow k_{yz} = 0,0$$

## Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1,0$$

## Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{38,02}{\frac{0,45 * 578,65}{1,0}} + 1,01 \frac{0,12}{\frac{1,0 * 15,05}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,15 < 1,0} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{38,02}{\frac{0,13 * 578,65}{1,0}} + 0,60 \frac{0,12}{\frac{1,0 * 15,05}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,51 < 1,0} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

**PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.**

## 7.7 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ (DOLNÍ) – TR Ø60,3x4,0

### DÍLEC B3304:

VNITŘNÍ SÍLY	
$N_{Ed}$	-12,38 kN
$V_{y,Ed}$	0,00 kN
$V_{z,Ed}$	0,00 kN
$T_{Ed}$	0,00 kNm
$M_{y,Ed}$	0,25 kNm
$M_{z,Ed}$	0,00 kNm

Klíč kombinace
MSÚ - Soubor B / ZS1-VLASTNÍ TÍHA + ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ + 1.50*ZS7-VÍTR PODÉLNÝ II

### Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

### Ohýbaná část

$$d = 60,3 \text{ mm}$$

$$t = 4,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{4,0} = 15,01 \leq 50 * \varepsilon^2 = 72 * 0,814^2 = 33,13$$

### TŘÍDA 1

### Rovinný vzpěr:

$$L = L_{cr,y} = 6,000 \text{ m} \quad \text{celá délka prutu}$$

$$L = L_{cr,z} = 6,000 \text{ m} \quad \text{celá délka prutu}$$

### Kritické síly:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 2,82 * 10^{-7}}{6,000^2} = 16,24 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 2,82 * 10^{-7}}{6,000^2} = 16,24 \text{ kN}$$

### Poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{7,07 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{16,24 * 10^3}} = 3,93$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_z}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{7,07 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{16,24 * 10^3}} = 3,93$$

PODÉLNÉ ZTUŽENÍ PRIHRADA		
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva	a	a
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z		
$A_y$ [m <sup>2</sup> ], $A_z$ [m <sup>2</sup> ]	7,0700e-04	4,5040e-04
$A_L$ [m <sup>2</sup> /m], $A_D$ [m <sup>2</sup> /m]	4,5040e-01	3,5373e-01
$c_{y,UCS}$ [mm], $c_{z,UCS}$ [mm]	30	30
$\alpha$ [deg]	0,00	
$I_y$ [m <sup>4</sup> ], $I_z$ [m <sup>4</sup> ]	2,8200e-07	2,8200e-07
$i_y$ [mm], $i_z$ [mm]	20	20
$W_{el,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{el,z}$ [m <sup>3</sup> ]	9,3400e-06	9,3400e-06
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{pl,z}$ [m <sup>3</sup> ]	1,2500e-05	1,2500e-05
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	4,51e+03	4,51e+03
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	4,51e+03	4,51e+03
$d_y$ [mm], $d_z$ [mm]	0	0
$I_t$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	5,6300e-07	1,1638e-43
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	0	0
Obrázek		

**Součinitel imperfekce:**Křivka „a“ –  $\alpha=0,21$ 

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (3,93 - 0,2) + 3,93^2] = 8,61$$

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (3,93 - 0,2) + 3,93^2] = 8,61$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{8,61 + \sqrt{8,61^2 - 3,93^2}} = 0,06$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{8,61 + \sqrt{8,61^2 - 3,93^2}} = 0,06$$

Únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,06 * 7,07 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 15,06 kN$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,06 * 7,07 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 15,06 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{12,38}{15,06} = 0,82 < 1,0 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

**Posouzení ohybu a osového tlaku:****Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 7,07 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 250,99 kN$$

**Únosnost v ohybu**

$$M_{Rk;y} = W_{pl,y} * f_y = 1,25 * 10^{-5} * 355 * 10^6 = 4,44 kNm$$

$$M_{Rk;z} = W_{pl,z} * f_y = 1,25 * 10^{-5} * 355 * 10^6 = 4,44 kNm$$

## STATICKÝ VÝPOČET

**Interakční součinitelé****Směr Y:**

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNĚ)}$$

**k<sub>yy</sub>: (průřez nenáchylný ke kroucení)**

$$\chi_y = 0,06$$

$$c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$0,9 \left( 1 + (3,93 - 0,2) * \frac{12,38}{\frac{0,06 * 250,99}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left( 1 + 0,8 \frac{12,38}{\frac{0,06 * 250,99}{1,0}} \right)$$

$$3,67 \leq \mathbf{1,49}$$

$$k_{yy} = 1,49$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 1,49 = 0,89$$

**Směr Z: (bodové zatížení)**

Neuvažujeme, vzhledem k zanedbatelné hodnotě momentové síly.

$$C_{mz} = 0,0 \Rightarrow k_{zz} = 0,0 \Rightarrow k_{yz} = 0,0$$

**Součinitel klopení**

$$\chi_{LT} = 1,0$$

**Posouzení:**

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{12,38}{\frac{0,06 * 250,99}{1,0}} + 1,49 \frac{0,25}{\frac{1,0 * 4,44}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,91 < 1,0} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{12,38}{\frac{0,06 * 250,99}{1,0}} + 0,89 \frac{0,25}{\frac{1,0 * 4,44}{1,0}} + 0 \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,88 < 1,0} \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

**PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.**

## 7.8 PODÉLNÉ ZTUŽENÍ DIAGONÁLY – TR Ø60,3x4,0

### DÍLEC B3368:

VNITŘNÍ SÍLY	
$N_{Ed}$	-15,35 kN
$V_{y,Ed}$	0,00 kN
$V_{z,Ed}$	0,07 kN
$T_{Ed}$	0,00 kNm
$M_{y,Ed}$	0,00 kNm
$M_{z,Ed}$	0,00 kNm

Klíč kombinace
MSÚ - Soubor B / 1.15*ZS1-VLASTNÍ TÍHA + 1.15*ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ + 0.75*ZS3-SNÍH I + 1.50*ZS7-VÍTR PODÉLNÝ II

PODÉLNÉ ZTUŽENÍ PRIHRADA		
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	a
$A$ [m <sup>2</sup> ]	7,0700e-04	
$A_y$ [m <sup>2</sup> ], $A_z$ [m <sup>2</sup> ]	4,5040e-04	4,5040e-04
$A_L$ [m <sup>2</sup> /m], $A_D$ [m <sup>2</sup> /m]	1,8900e-01	3,5373e-01
$c_{Y,UCS}$ [mm], $c_{Z,UCS}$ [mm]	30	30
$\alpha$ [deg]	0,00	
$I_y$ [m <sup>4</sup> ], $I_z$ [m <sup>4</sup> ]	2,8200e-07	2,8200e-07
$I_y$ [mm], $I_z$ [mm]	20	20
$W_{el,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{el,z}$ [m <sup>3</sup> ]	9,3400e-06	9,3400e-06
$W_{pl,y}$ [m <sup>3</sup> ], $W_{pl,z}$ [m <sup>3</sup> ]	1,2500e-05	1,2500e-05
$M_{pl,y,+}$ [Nm], $M_{pl,y,-}$ [Nm]	4,51e+03	4,51e+03
$M_{pl,z,+}$ [Nm], $M_{pl,z,-}$ [Nm]	4,51e+03	4,51e+03
$d_y$ [mm], $d_z$ [mm]	0	0
$I_c$ [m <sup>4</sup> ], $I_w$ [m <sup>6</sup> ]	5,6300e-07	1,1638e-43
$\beta_y$ [mm], $\beta_z$ [mm]	0	0
Obrázek		

### Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,814$$

### Ohýbaná část

$$d = 60,3 \text{ mm}$$

$$t = 4,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{4,0} = 15,01 \leq 50 * \varepsilon^2 = 72 * 0,814^2 = 33,13$$

### TŘÍDA 1

### Rovinný vzpěr:

$$L=L_{cr,y}=3,368 \text{ m celá délka prutu}$$

$$L=L_{cr,z}=3,368 \text{ m celá délka prutu}$$

### Kritické síly:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{l_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 2,82 * 10^{-7}}{3,368^2} = 51,52 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{l_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 2,82 * 10^{-7}}{3,368^2} = 51,52 \text{ kN}$$

### Poměrné štíhlosti:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{7,07 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{51,52 * 10^3}} = 2,21$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_z}{N_{cr;z}}} = \sqrt{\frac{7,07 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{51,52 * 10^3}} = 2,21$$

**Součinitel imperfekce:**Křivka „a“ –  $\alpha=0,21$ 

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (2,21 + 2,21^2)] = 3,15$$

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (2,21 - 0,2) + 2,21^2] = 3,15$$

**Součinitel vzpěrnosti:**

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{3,15 + \sqrt{3,15^2 - 2,21^2}} = 0,19$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{3,15 + \sqrt{3,15^2 - 2,21^2}} = 0,19$$

Únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,19 * 7,07 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 47,68 kN$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,19 * 70,7 * 10^{-4} * 355 * 10^6}{1,0} = 47,68 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{15,35}{47,68} = 0,32 < 1,0 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

**Posouzení ohybu a osového tlaku:****Únosnost normálové síly**

$$N_{Rk} = A * f_y = 7,07 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 250,99 kN$$

**Únosnost v ohybu**

$$M_{Rk;y} = W_{pl,y} * f_y = 1,25 * 10^{-5} * 355 * 10^6 = 4,44 kNm$$

$$M_{Rk;z} = W_{pl,z} * f_y = 1,25 * 10^{-5} * 355 * 10^6 = 4,44 kNm$$

## STATICKÝ VÝPOČET

## Interakční součinitelé

## Směr Y:

$$c_{my} = 0,9 \text{ (posuvnost styčniců – POSUVNĚ)}$$

 $k_{yy}$ : (průřez nenáchylný ke kroucení)

$$\chi_y = 0,19$$

$$c_{my} \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right) \leq c_{my} \left( 1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} \right)$$

$$0,9 \left( 1 + (2,21 - 0,2) * \frac{15,35}{\frac{0,19 * 250,99}{1,0}} \right) \leq 0,9 \left( 1 + 0,8 \frac{15,35}{\frac{0,19 * 250,99}{1,0}} \right)$$

$$1,48 \leq 1,10$$

$$k_{yy} = 1,10$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 1,10 = 0,66$$

## Směr Z: (bodové zatížení)

Neuvažujeme, vzhledem k nulové hodnotě momentové síly  $M_z$ .

$$C_{mz} = 0,0 \Rightarrow k_{zz} = 0,0 \Rightarrow k_{yz} = 0,0$$

## Součinitel klopení

$$\chi_{LT} = 1,0$$

## Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_y * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{yz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{15,35}{\frac{0,19 * 250,99}{1,0}} + 0 + 0 \leq 1,0$$

$$0,34 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zy} \frac{M_{y;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y;Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zz} \frac{M_{z;Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{z;Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

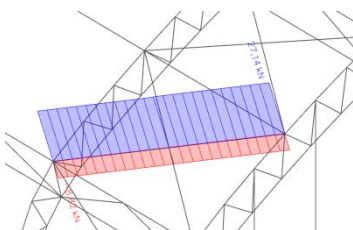
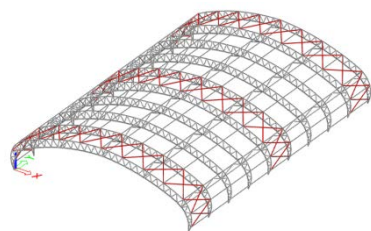
$$\frac{15,35}{\frac{0,19 * 250,99}{1,0}} + 0 + 0 \leq 1,0$$

$$0,34 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

**PRVEK SPLŇUJE PODMÍNKY STABILITNÍHO POSUDKU.**



## 7.9 ZAVĚTROVÁNÍ – příčné ztužení – TR Ø88,9x5,0



**Tahová síla:**

$$N_{Ed} = 27,14 \text{ kN}$$

**Klasifikace průřezu:**

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

**Ohýbaná část**

$$d = 88,9 \text{ mm}$$

$$t = 5,0 \text{ mm}$$

$$\frac{d}{t} = \frac{88,9}{5,0} = 17,78 \leq 50 * \varepsilon^2 = 72 * 0,814^2 = 33,13$$

**TŘÍDA 1**

Jelikož se jedná o ztužidlo, byl ruční posudek proveden s ohledem pouze na **TAH**.

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,32 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{1,0} = 468,6 \text{ kN} > N_{Ed} = 27,14 \text{ kN} \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

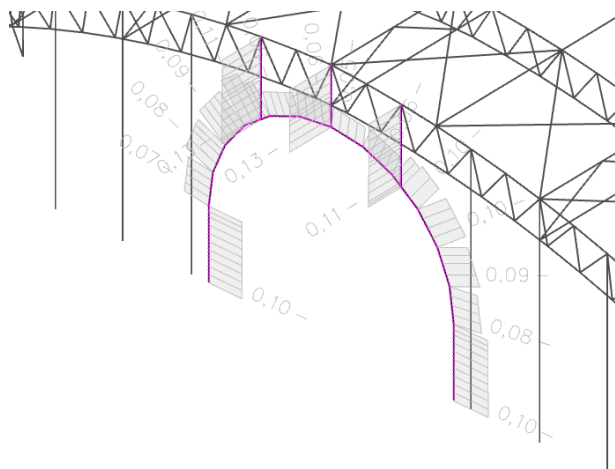
**Štíhlost:**

$$\lambda = \frac{L}{\lambda_y} = \frac{7555}{30} = 251 < \lambda_{lim} = 400 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

ZAVĚTROVÁNÍ		
Materiál	S 355	
Výroba	válcovaný	
Barva	a	a
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z		
A [m²]	1,3200e-03	
A <sub>y</sub> [m²], A <sub>z</sub> [m²]	8,3900e-04	8,3900e-04
A <sub>L</sub> [m²/m], A <sub>0</sub> [m²/m]	2,7900e-01	5,2713e-01
c <sub>y,UCS</sub> [mm], c <sub>z,UCS</sub> [mm]	44	44
α [deg]	0,00	
I <sub>y</sub> [m⁴], I <sub>z</sub> [m⁴]	1,1600e-06	1,1600e-06
i <sub>y</sub> [mm], i <sub>z</sub> [mm]	30	30
W <sub>el,y</sub> [m³], W <sub>el,z</sub> [m³]	2,6200e-05	2,6200e-05
W <sub>pl,y</sub> [m³], W <sub>pl,z</sub> [m³]	3,4682e-05	3,4682e-05
M <sub>pl,y,+</sub> [Nm], M <sub>pl,y,-</sub> [Nm]	1,25e+04	1,25e+04
M <sub>pl,z,+</sub> [Nm], M <sub>pl,z,-</sub> [Nm]	1,25e+04	1,25e+04
d <sub>y</sub> [mm], d <sub>z</sub> [mm]	0	0
I <sub>t</sub> [m⁴], I <sub>w</sub> [m⁶]	2,3300e-06	1,4683e-42
β <sub>y</sub> [mm], β <sub>z</sub> [mm]	0	0
Obrázek		

## 7.10 KONSTRUKCE PRO PŘIPOJENÍ PORTÁLU

Vzhledem k malému využití na MSÚ, byl tento posudek převzat z programu.



### 1. KONSTRUKCE PRO PŘIPOJENÍ PORTÁLU

Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ - Soubor B  
Souřadný systém: Hlavní  
Extrém 1D: Globální  
Výběr: Vše  
Filtr: Průřez = PORTÁL\_VCHOD - CHS219.1/6.3  
Celkový posudek

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	Materiál	UC Celkový [-]	UC Průřez [-]	UC Stabilita [-]
B2041	1,364	MSÚ - Soubor B/1	PORTÁL_VCHOD - CHS219.1/6.3	S 355	<b>0,11</b>	0,07	0,11

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - Soubor B/1	1.15*ZS1-VLASTNÍ TIHA + 1.15*ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ + 0.75*ZS5-SNÍH II levý + 1.50*ZS8-VÍTRPŘÍČNÝ zleva

### 2. SVISLICE VEDOUČÍ KE KONSTRUKCI PORTÁLU

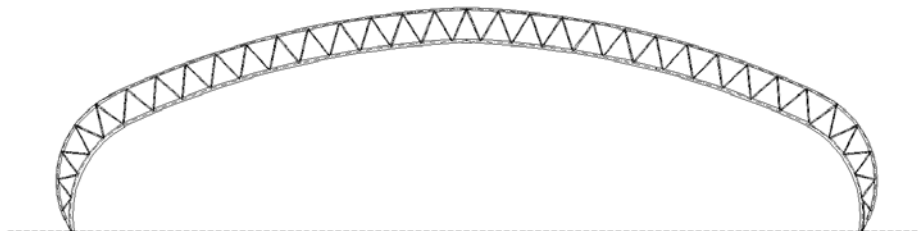
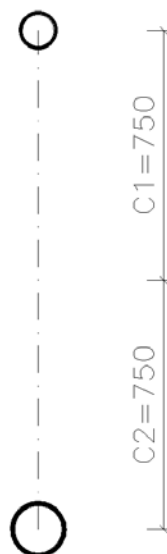
Lineární výpočet  
Kombinace: MSÚ - Soubor B  
Souřadný systém: Hlavní  
Extrém 1D: Globální  
Výběr: Vše  
Filtr: Průřez = PORTÁL - MSH140x140x6.3  
Celkový posudek

Jméno	dx [m]	Stav	Průřez	Materiál	UC Celkový [-]	UC Průřez [-]	UC Stabilita [-]
B2218	0,000	MSÚ - Soubor B/1	PORTÁL - MSH140x140x6.3	S 355	<b>0,13</b>	0,12	0,13

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - Soubor B/1	1.15*ZS1-VLASTNÍ TIHA + 1.15*ZS2-OSTATNÍ STÁLÉ + 1.50*ZS8-VÍTRPŘÍČNÝ zleva + 0.75*ZS4-SNÍH II pravý

— □ □ □ □ //

## 9. GLOBALNÍ ANALÝZA VAZNÍKU



### Průřezové charakteristiky:

Dolní pas: TRØ168,2x12,5

Horní pas: TRØ114,3x8

$$A_D = 6120 \text{ mm}^2 \quad A_H = 2670 \text{ mm}^2$$

$$I_{yD} = I_{zD} = 1868 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_{yH} = I_{zH} = 379 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A = A_{hp} + A_{dp} = 2670 + 6120 = 8790 \text{ mm}^2$$

$$I_y = I_{hp,y} + A_{hp} * c_1^2 + I_{dp,y} + A_{dp} * c_2^2 =$$

$$= 379 * 10^4 + 2670 * 750^2 + 1868 * 10^4 + 6120 * 750^2 = 4967 * 10^6 \text{ mm}^4$$

### Posudek na tlak:

$$N = 473,95 \text{ kN}$$

$$L = 37 \text{ m}$$

$$\beta = 1$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = \beta * L = 1 * 37 = 37 \text{ m}$$

### Kritická síla:

$$N_{cr,y} = N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 4,967 * 10^{-3}}{37,000^2} = 7520 \text{ kN}$$

### Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{8790 * 355}{7520000}} = 0,64$$

### Součinitel imperfekce:

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

$$= 0,5 * [1 + 0,21 * (0,64 - 0,2) + 0,64^2] = 0,75$$

## STATICKÝ VÝPOČET

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = \frac{1}{0,75 + \sqrt{0,75^2 - 0,64^2}} = 0,88$$

Návrhová vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{m1}} = \frac{0,88 * 8790 * 355}{1,0} = 2746 kN$$

POSOUZENÍ:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{473,95}{2746} = 0,18 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na globální průhyb:

Limitní průhyb vazníku:

$$w_{lim} = \frac{L}{300} = \frac{37000}{300} = 123 mm$$

POSOUZENÍ:

$$w_{lim} = 123 mm \geq w_{max} = 32,5 mm \quad \text{VYHOVUJE}$$

LINEÁRNÍ VÝPOČET:

## 3D přemístění

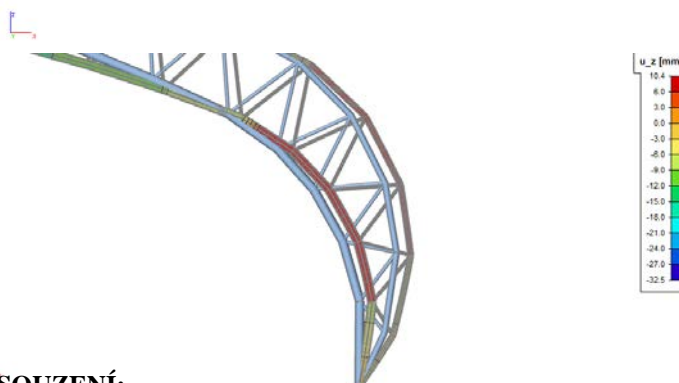
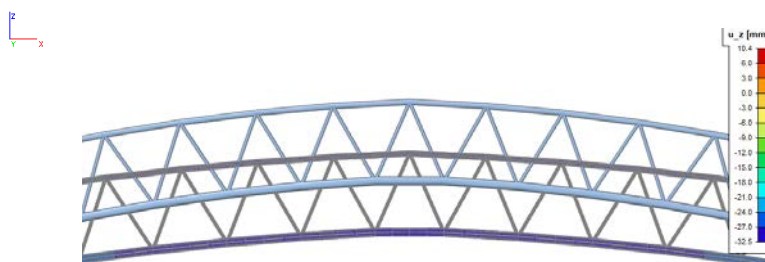
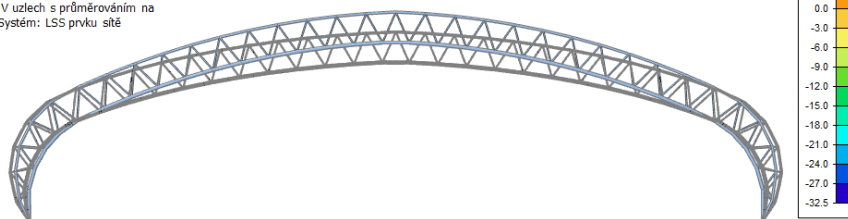
Hodnoty:  $u_z$ 

Lineární výpočet

Kombinace: MSP

Výběr: Vše

Poloha: V uzlech s průměrováním na makro. Systém: LSS prvku síť



POSOUZENÍ:

$$w_{lim} = 123 mm \geq w_{max} = 10,4 mm \quad \text{VYHOVUJE}$$

## STATICKÝ VÝPOČET

**NELINEÁRNÍ VÝPOČET:****3D přemístění**Hodnoty:  $u_z$ 

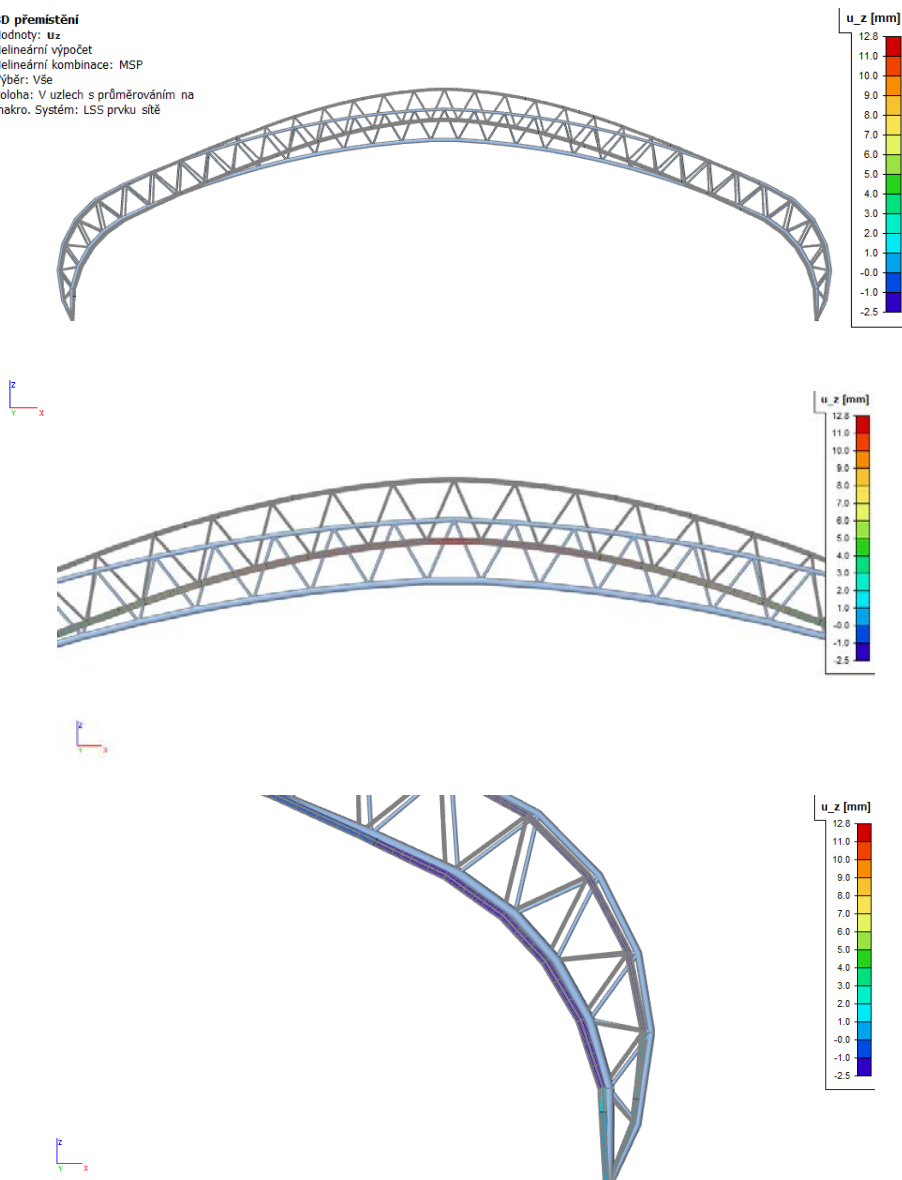
Nelineární výpočet

Nelineární kombinace: MSP

Výběr: Vše

Poloha: V úzlech s průměrováním na

makro. Systém: LSS prvku sítě

**POSOUZENÍ:**

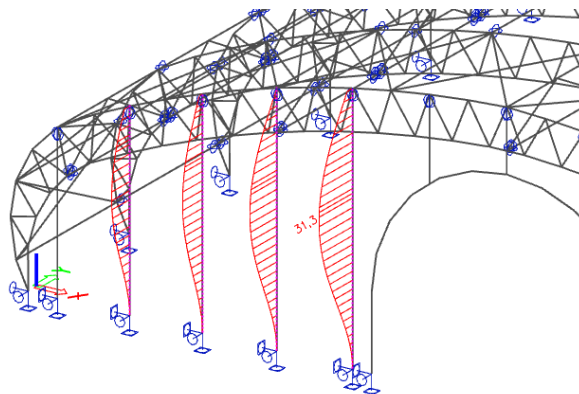
$$w_{lim} = 123mm \geq w_{max} = 12,8mm$$

**VYHOVUJE**

### 10. MSP

Pro posouzení mezního stavu použitelnosti, bylo použito nelineárního výpočtu.

Nelineárním výpočtem byly zjištěny velké deformace hlavních čelních sloupů a tato deformace, byla následně posouzena na MSP.



#### Posouzení:

Limitní průhyb sloupu:

$$w_{lim} = \frac{L}{250} = \frac{9837}{250} = 39,35mm$$

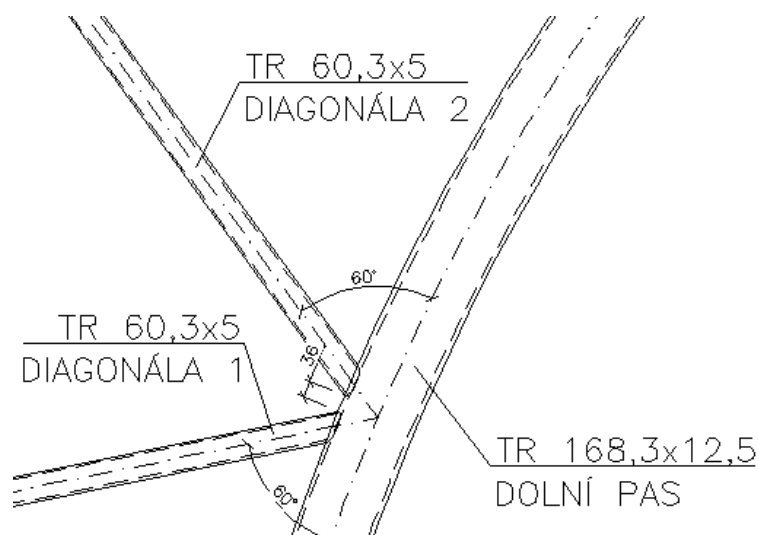
#### POSOUZENÍ:

$$w_{lim} = 31,3mm \geq w_{max} = 39,35mm$$

**VYHOVUJE**

## 11. POSOUZENÍ VYBRANÝCH DETAILŮ

### 11.1 STYČNÍK K – PŘIPOJENÍ DIAGONÁL K DOLNÍMU PÁSU



**Vnitřní síly ve styčnicku:**

$$N_1 = -110,26 \text{ kN}$$

$$N_2 = -66,87 \text{ kN}$$

$$N_0 = -473,95 \text{ kN}$$

$$M_0 = -4,12 \text{ kNm}$$

**Průřezové charakteristiky jednotlivých prvků:**

Dolní pas: TRØ168,3x12,5

$$d_0 = 168,3 \text{ mm}$$

$$t_0 = 12,5 \text{ mm}$$

$$W_{el,0} = 222000 \text{ mm}^3$$

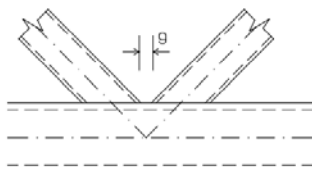
$$A_0 = 6120 \text{ mm}^2$$

Diagonála 1 = Diagonála 2 : TRØ60,3x5,0

$$d_1 = d_2 = 60,3 \text{ mm}$$

$$t_1 = t_2 = 5,0 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = \theta_2 = 60^\circ$$



**Rozsah platnosti pro svařované styčníky:**

$$0,2 \leq \frac{d_1}{d_0} = \frac{60,3}{168,3} = 0,36 \leq 1,0$$

$$10 \leq \frac{d_0}{t_0} = \frac{168,3}{12,5} = 13,46 \leq 50$$

$$10 \leq \frac{d_1}{t_1} = \frac{60,3}{5,0} = 12,06 \leq 50$$

$$g = 36 \text{ mm} > t_1 + t_2 = 5 + 5 = 10$$

**Styčník bude posuzován na porušení povrchu pásu a na prolomení smykem.**

**Porušení povrchu pásu:**

$$\begin{aligned} N_{p,Ed} &= N_{0,Ed} - \sum N_{i,Ed} * \cos \theta_i = \\ &= -473,95 - (-110,26 * \cos 60 - 66,87 * \cos 60) = -385,40 \text{ kN (TLAK)} \end{aligned}$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{385,40 * 10^3}{6120} + \frac{-4,12 * 10^6}{222000} = 44,42 \text{ MPa}$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}}{\frac{f_{yo}}{\gamma_{M5}}} = \frac{44,42}{\frac{355}{1,0}} = 0,13 > 0$$

$$\begin{aligned} k_p &= 1 - 0,3 * n_p * (1 + n_p) = \\ &= 1 - 0,3 * 0,13 * (1 + 0,13) = 0,956 \end{aligned}$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 * t_0} = \frac{168,3}{2 * 12,5} = 6,73$$

$$\begin{aligned} k_g &= \gamma^{0,2} * \left( 1 + \frac{0,024 * \gamma^{1,2}}{1 + e^{0,5 * \frac{g}{t_0} - 1,33}} \right) = \\ &= 6,73^{0,2} * \left( 1 + \frac{0,024 * 6,73^{1,2}}{1 + e^{0,5 * \frac{36}{12,5} - 1,33}} \right) = 1,63 \\ N_{1,Rd} &= \frac{\frac{k_g * k_p * f_{yo} * t_0^2}{\sin \theta_i} * \left( 1,8 + 10,2 * \frac{d_1}{d_0} \right)}{\gamma_{M5}} = \\ &= \frac{\frac{1,63 * 0,956 * 355 * 12,5^2}{\sin 60} * \left( 1,8 + 10,2 * \frac{60,3}{168,3} \right)}{1,0} = 544,40 \text{ kN} \end{aligned}$$



## STATICKÝ VÝPOČET

$$N_{2,Rd} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} * N_{1,Rd} = \frac{\sin 60}{\sin 60} * 544,40 = 544,40 \text{ kN}$$

**POSOUZENÍ:**

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{110,26}{544,40} = \mathbf{0,22} < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{66,83}{544,40} = \mathbf{0,12} < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Porušení smykem:**

$$d_i \leq d_0 - 2 * t_0 \Rightarrow 60,3 \leq 168,3 - 2 * 12,5 = 143,3$$

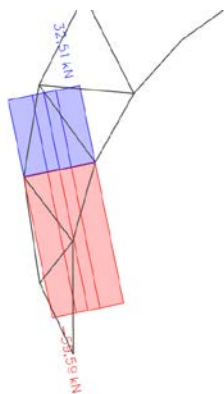
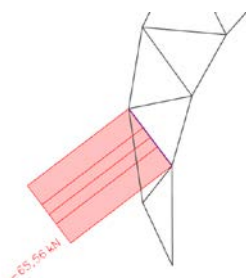
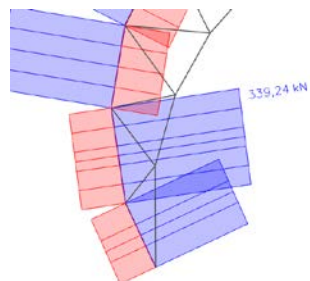
$$N_{1,Rd} = \frac{\frac{f_{yo}}{\sqrt{3}} * t_0 * \pi * d_1 * \frac{1 + \sin\theta_1}{2\sin^2\theta_1}}{\gamma_{M5}} =$$

$$= \frac{\frac{355}{\sqrt{3}} * 12,5 * \pi * 60,3 * \frac{1 + \sin 60}{2\sin^2 60}}{1,0} = 456,31 \text{ kN}$$

**POSOUZENÍ:**

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{110,24}{456,31} = \mathbf{0,24} < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

## 11.2 STYČNÍK K – PŘIPOJENÍ DIAGONÁL K HORNÍMU PÁSU



TR 114,3x8  
HORNÍ PAS

TR 60,3x5  
DIAGONÁLA 2

TR 60,3x5  
DIAGONÁLA 1

**Vnitřní síly ve styčnÍku:**

$$N_1 = -65,56 \text{ kN}$$

$$N_2 = -59,59 \text{ kN}$$

$$N_0 = 339,24 \text{ kN}$$

$$M_0 = -0,92 \text{ kNm}$$

**Průřezové charakteristiky jednotlivých prvků:**

Dolní pas: TRØ114,3x8

$$d_0 = 114,3 \text{ mm}$$

$$t_0 = 8 \text{ mm}$$

$$W_{el,0} = 66400 \text{ mm}^3$$

$$A_0 = 2670 \text{ mm}^2$$

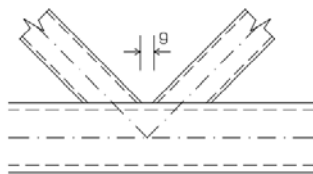
Diagonála 1 = Diagonála 2 : TRØ60,3x5,0

$$d_1 = d_2 = 60,3 \text{ mm}$$

$$t_1 = t_2 = 5,0 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 37^\circ$$

$$\theta_2 = 76^\circ$$



**Rozsah platnosti pro svařované styčníky:**

$$0,2 \leq \frac{d_1}{d_0} = \frac{60,3}{114,3} = 0,53 \leq 1,0$$

$$10 \leq \frac{d_0}{t_0} = \frac{114,3}{8} = 14,28 \leq 50$$

$$10 \leq \frac{d_1}{t_1} = \frac{60,3}{5,0} = 12,06 \leq 50$$

$$g = 10 \text{ mm} \geq t_1 + t_2 = 5 + 5 = 10$$

**Styčník bude posuzován na porušení povrchu pásu a na prolomení smykem.**

**Porušení povrchu pásu:**

$$N_{p,Ed} = N_{0,Ed} - \sum N_{i,Ed} * \cos \theta_i =$$

$$= 339,24 - (-65,56 * \cos 37 - 59,59 * \cos 76) = 406,01 \text{ (TAH)}$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{-406,01 * 10^3}{2670} + \frac{-0,92 * 10^6}{66400} = -166,00 \text{ MPa}$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed}}{\frac{f_{yo}}{\gamma_{M5}}} = \frac{-166}{\frac{355}{1,0}} = -0,46 < 0$$

$$\Rightarrow k_p = 1,0$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 * t_0} = \frac{114,3}{2 * 8} = 7,14$$

$$k_g = \gamma^{0,2} * \left( 1 + \frac{0,024 * \gamma^{1,2}}{1 + e^{0,5 * \frac{\gamma}{t_0} - 1,33}} \right) =$$

$$= 7,14^{0,2} * \left( 1 + \frac{0,024 * 7,14^{1,2}}{1 + e^{0,5 * \frac{7,14}{8} - 1,33}} \right) = 1,73$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\frac{k_g * k_p * f_{yo} * t_0^2}{\sin \theta_i} * \left( 1,8 + 10,2 * \frac{d_1}{d_0} \right)}{\gamma_{M5}} =$$

$$= \frac{\frac{1,73 * 1,0 * 355 * 8^2}{\sin 37} * \left( 1,8 + 10,2 * \frac{60,3}{114,3} \right)}{1,0} = 469,00 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} * N_{1,Rd} = \frac{\sin 37}{\sin 76} * 469 = 290,89 \text{ kN}$$

## STATICKÝ VÝPOČET

## POSOUZENÍ:

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{65,56}{469,00} = 0,14 < 1,0$$

VYHOVUJE

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{59,59}{290,89} = 0,21 < 1,0$$

VYHOVUJE

## Porušení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2 * t_0 \Rightarrow 60,3 \leq 168,3 - 2 * 12,5 = 143,3$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\frac{f_{yo}}{\sqrt{3}} * t_0 * \pi * d_1 * \frac{1 + \sin\theta_1}{2\sin^2\theta_1}}{\gamma_{M5}} =$$

$$= \frac{\frac{355}{\sqrt{3}} * 8 * \pi * 60,3 * \frac{1 + \sin 37}{2\sin^2 37}}{1,0} = 686,88 \text{ kN}$$

## POSOUZENÍ:

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{65,56}{686,88} = 0,10 < 1,0$$

VYHOVUJE

$$N_{2,Rd} = \frac{\frac{f_{yo}}{\sqrt{3}} * t_0 * \pi * d_1 * \frac{1 + \sin\theta_1}{2\sin^2\theta_1}}{\gamma_{M5}} =$$

$$= \frac{\frac{355}{\sqrt{3}} * 8 * \pi * 60,3 * \frac{1 + \sin 76}{2\sin^2 76}}{1,0} = 325,03 \text{ kN}$$

## POSOUZENÍ:

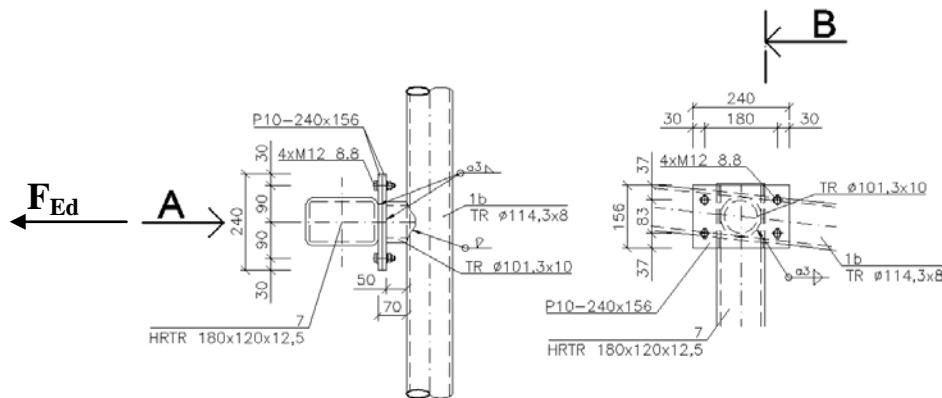
$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{59,59}{325,03} = 0,18 < 1,0$$

VYHOVUJE

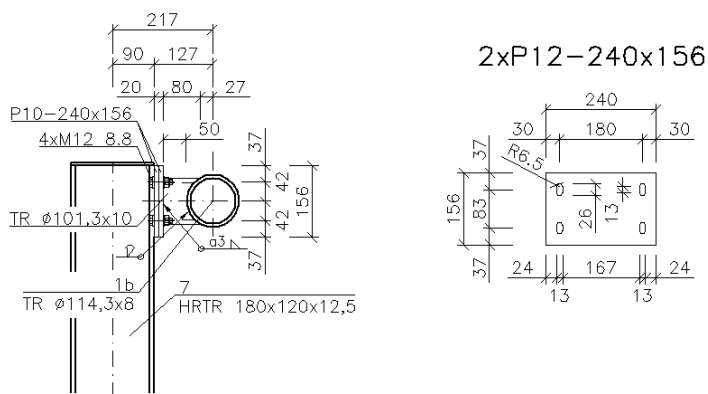
### 11.3 PŘIPOJENÍ ČELNÍHO SLOUPU K VAZNÍKU

#### PŮDORYS

#### POHLED A



#### ŘEZ B



Jelikož navržené sloupy nepodporují vazníky, bylo navrženo odpovídající spojení. Tedy spojení s prodlouženými otvory pro šrouby ve svislém směru. Toto připojení je detailněji a přehledněji vyobrazeno ve výkresové dokumentaci.

<b>Tahová síla <math>F_{Ed}</math>:</b>	13,20kN
<b>Navržené plechy:</b>	P10-240x156
<b>Navržené šrouby:</b>	4xM12 8.8
<b>Velikost svarů „a“:</b>	3

**Posouzení šroubů:****Únosnosti v tahu:**

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 * A_s * f_{ub}}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 * 84,3 * 800}{1,25} = 48,56kN$$

**Únosnosti v protlačení:**

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 * \pi * d_m * t_p * f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,6 * \pi * 20,5 * 10 * 490}{1,25} = 141,48kN$$

$$F_{t,Ed} = \frac{N_{tah}}{n} = \frac{13,20}{4} = 3,3kN$$

**POSOUZENÍ:**

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} = \frac{3,3}{48,56} = 0,07 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

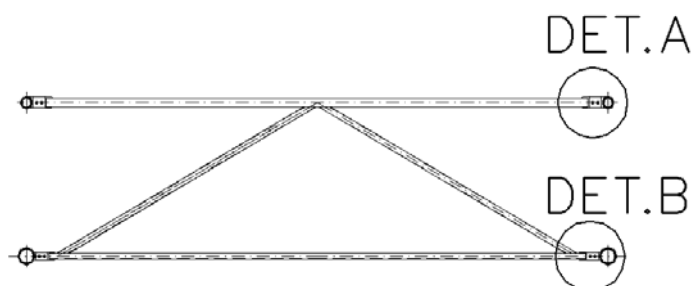
**Posouzení oslabeného průřezu (plechu):**

Vzhledem k velikosti použitého plechu a síle, která na spoj působí, není třeba posuzovat oslabený průřez.

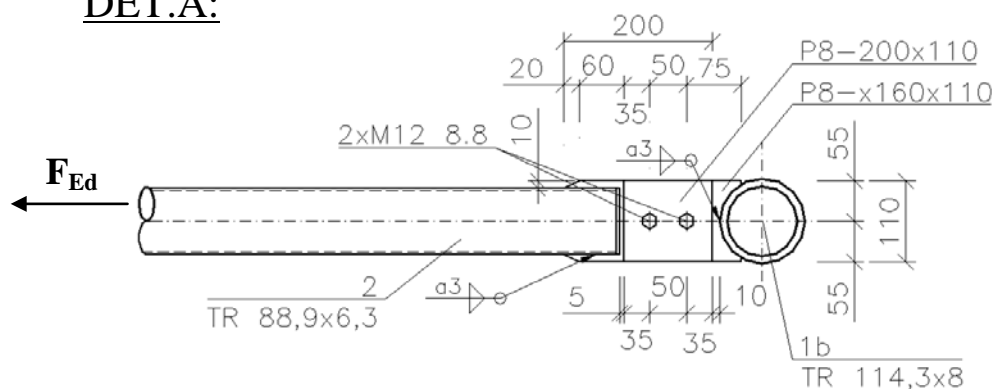
**Posouzení svarů:**

Vzhledem k nízké síle působící na tento přípoj, není nutné posuzovat jednotlivé svary na jejich únosnost. Svary jsou navrženy o dostatečné délce a síle, aby vzdorovaly účinkům sil, působících na přípoj.

## 11.4 PŘIPOJENÍ PODÉLNÉHO ZTUŽENÍ



### DET.A:



Síla $F_{Ed}$ :	38,02kN
Navržené plechy:	P8-200x110 + P8-170x110
Navržené šrouby:	2xM12 5.6
Velikost svarů „a“:	3mm

### Posouzení šroubů:

#### Střih:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A * f_{ub}}{\gamma_{m2}} = \frac{0,6 * 113 * 800}{1,25} = 43,40kN$$

#### Otlačení:

$$F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b * k_1 * f_u * d * t}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 * 2,5 * 490 * 12 * 8}{1,25} = 84,67kN$$

$$\alpha_b = \min \left( \frac{\frac{e_1}{3d_0}}{\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}}, \frac{\frac{f_{ub}}{f_u}}{1} \right) = \left( \frac{\frac{35}{3 * 13}}{\frac{50}{3 * 13} - \frac{1}{4}}, \frac{\frac{800}{490}}{1} \right) = \left( \frac{0,9}{1,03}, \frac{1,63}{1} \right) = 0,9$$

$$k_1 = \min \left( 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \right) = \left( \frac{10,14}{2,5} \right) = 2,5$$

**POSOUZENÍ:**

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{19,01}{43,40} = 0,44 < 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení oslabeného průřezu (plechu):**

$$A_{eff} = (170 * 8) - (13 * 2 * 8) = 1152 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{A_{eff} * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{1152 * 490}{1,25} = 451,84 \text{ kN} > 38,02 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení svarů:****1) Svarové připojení plechu k podélnému ztužení:**

Délka svaru: 70mm

Velikost svaru: a=3mm

$$\tau_{II} = \frac{F_{Ed}}{l * n * a} = \frac{38,02}{70 * 4 * 3} = 45,26 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{3 * 45,26^2} = 78,39 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,5 \text{ MPa}$$

$$78,39 \text{ MPa} < 435,5 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**2) Svarové připojení plechu k hornímu pasu vazníku:**

Jelikož délka svaru činí přibližně 250mm, což je obdobná délka svaru jako u připojení na podélné ztužení, není potřeba tento svar posuzovat.

Pro důkaz byl však svar posouzen zjednodušenou metodou, pro názornou ukázkou jeho únosnosti.

$l = 140 * 2 = 250 \text{ mm}$  - přibližná délka ovaření, brána na stranu bezpečnou

$a = 3 \text{ mm}$

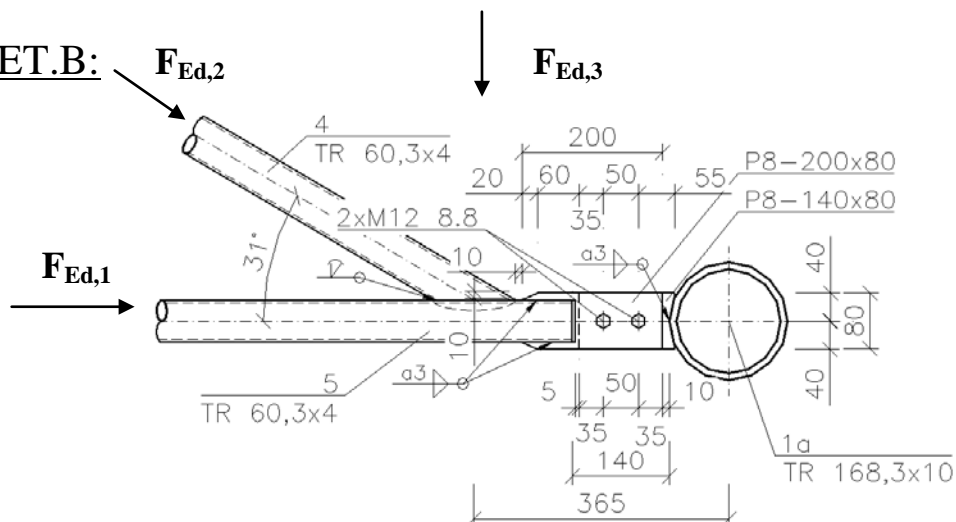
$$F_{Ed} \leq F_{w,Rd} = \frac{a * l * f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{3 * 250 * 490}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 188,60 \text{ MPa}$$

$$F_{Ed} = 38,02 \text{ kN} < F_{w,Rd} = 188,60 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$



## STATICKÝ VÝPOČET

**DET.B:**



Síla od dolního ztužení a diagonály  $F_{Ed,1}$ :  $17,56+13,22=30,78\text{kN}$

Síla od diagonály  $F_{Ed,2}$ :  $15,35\text{kN}$

Síla – výslednice od působení diagonály  $F_{Ed,3}$ :  $7,81\text{kN}$

Navržené plechy: P8-200x80 + P8-140x80

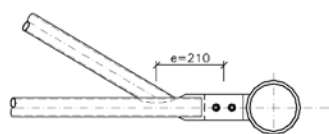
Navržené šrouby: 2xM12 8.8

Velikost svarů „a“: 3mm

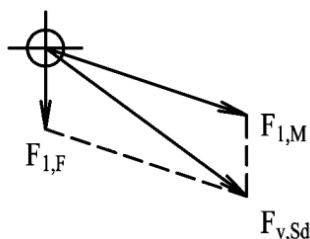
Jelikož se jedná o velmi podobný přípoj, tak jako předcházející přípoj horního podélného ztužení k hornímu pasu vazníku, nemusíme opětovně provádět propočet na posouzení ve střihu a otlacení od působící síly od spodního podélného ztužení, protože tato síla je menší, nežli v předcházejícím posudku.

Důležité je však posoudit přípoj na účinky, vlivem momentu, který vzniká od excentricky připojené diagonály.

Přípoj diagonály jak k hornímu, tak i k dolnímu podélnému ztužení, je realizován pomocí půl-V svaru, tudíž není potřeba jeho posouzení.



$$F_{v,Sd} = \vec{F}_{1,F} + \vec{F}_{1,M}$$



### Posouzení na působící moment:

Momentová síla:  $M=e \cdot F=0,21 \cdot 7,81=1,64\text{kNm}$

Síla přenášená jedním šroubem:  $F_{1,F}=F/2=1,64\text{kN}$

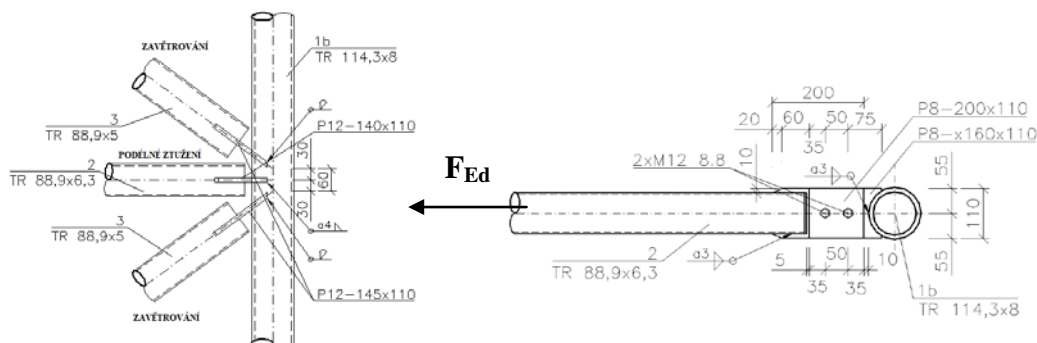
Největší síla od momentu:  $F_{1,M}=M \cdot (r_1 / \sum r_i^2)=1,64 \cdot (0,25/2 \cdot 0,25^2)=3,28\text{kN}$

Návrhová smyková síla:  $F_{v,Sd}=5,10\text{kN}$  (vektorový součet  $F_{1,F}$  a  $F_{1,M}$ )

Vzhledem k nízké hodnotě návrhové smykové síly od vzniklého momentu, není zapotřebí tento přípoj posuzovat. Vycházíme z poznatků z předešlého posouzení přípoje, tedy DET.A.

## 11.5 PŘIPOJENÍ PODÉLNÉHO K HORNÍMU PASU SVAREM, POMOCÍ STYČNÍKOVÉHO PLECHU („ŽILETKA“)

### PŮDORYS



Tahová síla v prutu  $F_{Ed}$ : 28,47kN

#### Posouzení svarů:

1) Svarové připojení plechu k podélnému ztužení:

$$\tau_{II} = \frac{F_{Ed}}{l * n * a} = \frac{28,47}{70 * 4 * 4} = 25,42 MPa$$

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

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{3 * 22,25^2} = 44,03 MPa$$

$$\frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,5 MPa$$

$$44,03 MPa < 435,5 MPa$$

VYHOVUJE

2) Svarové připojení plechu k hornímu pásu vazníku:

$$l = 145 * 2 = 290 mm \text{ (přibližně)}$$

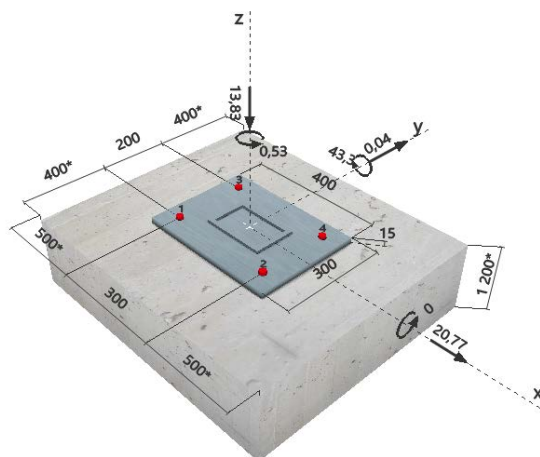
$$a = 4 mm$$

$$F_{Ed} \leq F_{w,Rd} = \frac{a * l * f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{4 * 290 * 490}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 291,70 MPa$$

$$F_{Ed} = 28,47 kN < F_{w,Rd} = 291,70 kN \quad \text{VYHOVUJE}$$

## 12. POSOUZENÍ KOTVENÍ

### 12.1 KOTVEN K1 (K2) –HLAVNÍ SLOUPY



K1

K2

MAX. SÍLY V KOTVENÍ		
$N_{Ed}$	13,83 kN	TLAK
$N_{Ed}$	0,00 kN	TAH
$V_{Ed,x}$	20,77 kN	
$V_{Ed,y}$	0,04 kNm	
$M_x$	0,00 kNm	
$M_y$	43,38 kNm	
$M_z$	0,53 kNm	

MAX. SÍLY V KOTVENÍ		
$N_{Ed}$	11,06 kN	TLAK
$N_{Ed}$	0,00 kN	TAH
$V_{Ed,x}$	22,54 kN	
$V_{Ed,y}$	0,00 kNm	
$M_x$	0,00 kNm	
$M_y$	39,73 kNm	
$M_z$	0,65 kNm	

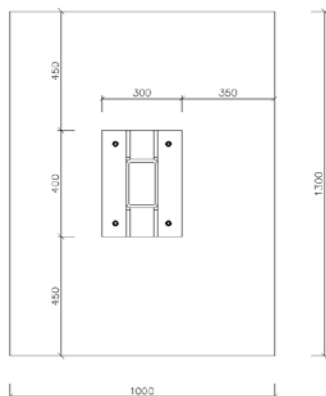
Vzhledem k velmi podobným silám u kotvení K1 a K2, provedeme pouze jeden posudek a to pro kotvení K1 a toto navržené kotvení bude platit i pro kotvení K2.

#### Posouzení únosnosti betonové patky:

Jelikož je kotvení realizováno do základového pásu, je z tohoto pásu vyjmuta délka, nutná k únosnosti patky a následnému posouzení v tomto případě zmiňovaná délka určená k posouzení činní 1000mm

Základový pás: 1000x1300x1200 mm

Patní plech: P15-300x400 mm



**Započitatelné rozměry:**

$$a_1 = \min \begin{Bmatrix} a + 2a_2 \\ 5a \\ a + h_c \\ 5b_c \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 300 + 2 \cdot 350 \\ 5 \cdot 300 \\ 300 + 1200 \\ 5 \cdot 1300 \end{Bmatrix}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 1000 \\ 1500 \\ 1500 \\ 6500 \end{Bmatrix} = 1000 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min \begin{Bmatrix} b + 2b_2 \\ 5b \\ b + h_c \\ 5a_c \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 400 + 2 \cdot 450 \\ 5 \cdot 400 \\ 400 + 1200 \\ 5 \cdot 1000 \end{Bmatrix}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 1300 \\ 2000 \\ 1600 \\ 5000 \end{Bmatrix} = 1300 \text{ mm}$$

**Součinitel kontrakce napětí:**

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1100 \cdot 1300}{300 \cdot 400}} = 3,45$$

**Návrhová pevnost betonu:**

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 3,45 \cdot 25}{1,5} = 38,75 \text{ MPa}$$

**Účinná šířka patní desky:**

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{m0}}} = 15 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 38,75 \cdot 1,0}} = 26,21 \text{ mm}$$

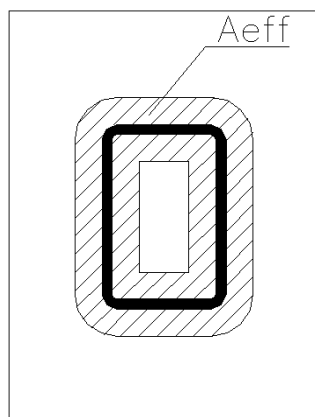
**Účinná šířka patní desky:**

$$A_{eff} = 33497 \text{ mm}^2$$

**Návrhová únosnost a posouzení:**

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 33497 \cdot 38,75 = 1298,00 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 13,83 \text{ kN} < N_{Rd} = 1298,00 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$



**Kotevní šrouby:**

Jelikož je patka namáhána jak tahem, tlakem, tak i ohybovým momentem, byl návrh kotevních šroubů navrhnut pomocí programu **HILTI PROFIS Anchor**.

Výpočet zahrnuje: Porušení oceli, Vytržení betonového kužele, Kombinaci porušení oceli a vytržení betonového kužele, Porušení rozštěpením betonu.

Samotný statický posudek, který byl v programu proveden, je součástí přílohy ke statickému výpočtu.

Pomocí programu HILTI PROFIS Anchor, bylo taktéž zjištěno, že smykové síly přenesou navržené kotevní šrouby, ovšem za předpokladu návrhové metody ETAG.

Tato metoda předpokládá, že mezi kotvami a kotevní deskou, není žádná vůle. Z tohoto důvodu budou injektovány prstencové mezery lepící hmotou dostatečné pevnosti. Samotný návrh lepící hmoty bude proveden dodatečně.

**Typ a velikost kotvy:** **4 x HIT-RE 500 V3 HIT-V(8.8) M20**

**Efektivní hloubka kotvení:** **350mm**

**Svarové spoje:**

Sloup je k patnímu plechu přivařen pomocí koutového svaru a3.

$a = 3 \text{ mm}$

$$\tau_{II} = \frac{V_{Ed,x}}{l * n * a} = \frac{20,77}{120 * 2 * 3} = 28,84 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{l * a * \sqrt{2}} = \frac{13,83}{400 * 3 * \sqrt{2}} = 8,14 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{8,14^2 + 3 * (28,84^2 + 8,14^2)} = 52,54 \text{ MPa}$$

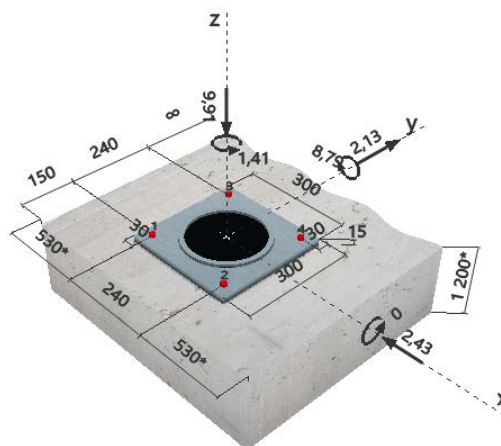
$$\frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{490}{0,9 * 1,25} = 435,5 \text{ MPa}$$

**52,54 MPa < 435,5 MPa** **VYHOVUJE**

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 * 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa}$$

**8,14 MPa < 352,8 MPa** **VYHOVUJE**

## 12.2 KOTVEN K3 –VSTUP PORTÁLU



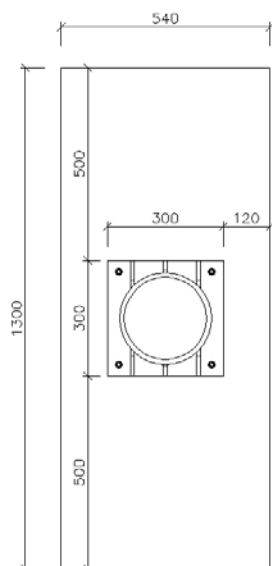
MAX. SÍLY V KOTVENÍ		
$N_{Ed}$	9,91 kN	TLAK
$N_{Ed}$	0,00 kN	TAH
$V_{Ed,x}$	2,43 kN	
$V_{Ed,y}$	2,13 kNm	
$M_x$	0,00 kNm	
$M_y$	8,79 kNm	
$M_z$	1,41 kNm	

### Posouzení únosnosti betonové patky:

Jelikož je kotvení realizováno do základového pásu, je z tohoto pásu vyjmuta délka, nutná k únosnosti patky a následnému posouzení v tomto případě zmiňovaná délka určená k posouzení činní 540mm

Základový pás: 540x1300x1200 mm

Patní plech: P15-300x200 mm



**Započitatelné rozměry:**

$$a_1 = \min \begin{Bmatrix} a + 2a_2 \\ 5a \\ a + h_c \\ 5b_c \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 300 + 2 \cdot 120 \\ 5 \cdot 300 \\ 300 + 1200 \\ 5 \cdot 1300 \end{Bmatrix}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 540 \\ 1500 \\ 1500 \\ 6500 \end{Bmatrix} = 540 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min \begin{Bmatrix} b + 2b_2 \\ 5b \\ b + h_c \\ 5a_c \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 300 + 2 \cdot 500 \\ 5 \cdot 300 \\ 300 + 1200 \\ 5 \cdot 540 \end{Bmatrix}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 1300 \\ 1500 \\ 1500 \\ 2700 \end{Bmatrix} = 1300 \text{ mm}$$

**Součinitel kontrakce napětí:**

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{540 \cdot 1300}{300 \cdot 300}} = 2,79$$

**Návrhová pevnost betonu:**

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 2,79 \cdot 25}{1,5} = 31,15 \text{ MPa}$$

**Účinná šířka patní desky:**

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{m0}}} = 15 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 31,15 \cdot 1,0}} = 29,24 \text{ mm}$$

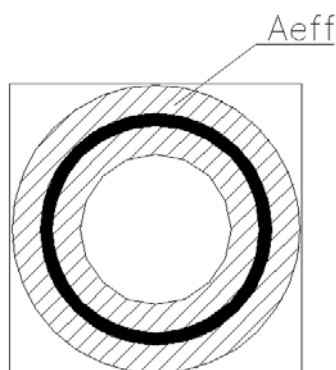
**Účinná šířka patní desky:**

$$A_{eff} = 49944 \text{ mm}^2$$

**Návrhová únosnost a posouzení:**

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 49944 \cdot 38,75 = 1555 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 9,91 \text{ kN} < N_{Rd} = 1555,8 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$



**Kotevní šrouby:**

Jelikož je patka namáhána jak tahem, tlakem, tak i ohybovým momentem, byl návrh kotevních šroubů navrhnut pomocí programu **HILTI PROFIS Anchor**.

Výpočet zahrnuje: Porušení oceli, Vytržení betonového kužele, Kombinaci porušení oceli a vytržení betonového kužele, Porušení rozštěpením betonu.

Samotný statický posudek, který byl v programu proveden, je součástí přílohy ke statickému výpočtu.

Pomocí programu HILTI PROFIS Anchor, bylo taktéž zjištěno, že smykové síly přenesou navržené kotevní šrouby, ovšem za předpokladu návrhové metody ETAG.

Tato metoda předpokládá, že mezi kotvami a kotevní deskou, není žádná vůle. Z tohoto důvodu budou injektovány prstencové mezery lepící hmotou dostatečné pevnosti. Samotný návrh lepící hmoty bude proveden dodatečně.

**Typ a velikost kotvy: 4 x HIT-RE 500 V3 HIT-V(8.8) M16**

**Efektivní hloubka kotvení: 300mm**

**Svarové spoje:**

Sloup je k patnímu plechu přivařen pomocí koutového svaru a3.

Pro posouzení svaru, byla použita zjednodušená metoda.

$l = 680 \text{ mm}$  - přibližná délka ovaření, brána na stranu bezpečnou

$a = 3 \text{ mm}$

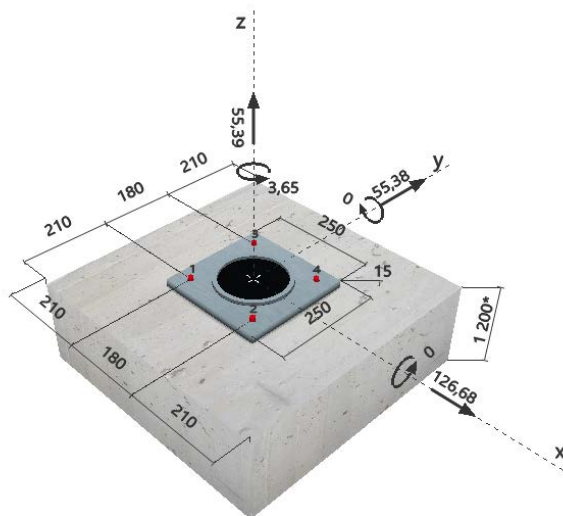
$F_{w,Ed} = 10,21 \text{ kN}$  – výslednice působících sil

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} = \frac{a * l * f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{3 * 680 * 490}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 513 \text{ MPa}$$

$$F_{w,Ed} = 10,21 \text{ kN} < F_{w,Rd} = 513 \text{ kN} \quad \text{VYYHOVUJE}$$



### 12.3 KOTVEN K4 –KOTVENÍ VAZNÍKU



MAX. SÍLY V KOTVENÍ		
$N_{Ed}$	183,19 kN	TLAK
$N_{Ed}$	55,39 kN	TAH
$V_{Ed,x}$	126,68 kN	
$V_{Ed,y}$	55,38 kNm	
$M_x$	0,00 kNm	
$M_y$	0,00 kNm	
$M_z$	3,65 kNm	

#### Posouzení únosnosti betonové patky:

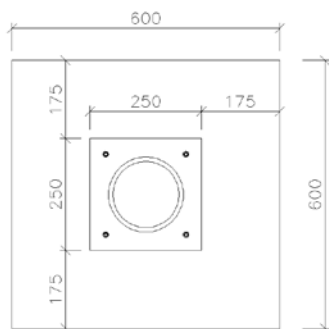
Základový pás: 600x600x1200 mm

Patní plech: P15-250x250 mm

#### Započitatelné rozměry:

$$a_1 = \min \begin{Bmatrix} a + 2a_2 \\ 5a \\ a + h_c \\ 5b_c \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 250 + 2 \cdot 175 \\ 5 \cdot 250 \\ 250 + 1200 \\ 5 \cdot 600 \end{Bmatrix}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 600 \\ 1250 \\ 1450 \\ 3000 \end{Bmatrix} = 600 \text{ mm}$$



## STATICKÝ VÝPOČET

$$b_1 = \min \begin{Bmatrix} b + 2b_2 \\ 5b \\ b + h_c \\ 5a_c \end{Bmatrix} = \min \begin{Bmatrix} 250 + 2 \cdot 175 \\ 5 \cdot 250 \\ 250 + 1200 \\ 5 \cdot 600 \end{Bmatrix}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 600 \\ 1250 \\ 1450 \\ 3000 \end{Bmatrix} = 600 \text{ mm}$$

**Součinitel kontrakce napětí:**

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{600 \cdot 600}{250 \cdot 250}} = 2,4$$

**Návrhová pevnost betonu:**

$$f_j = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 2,4 \cdot 25}{1,5} = 26,8 \text{ MPa}$$

**Účinná šířka patní desky:**

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_j \cdot \gamma_{m0}}} = 15 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 26,8 \cdot 1,0}} = 31,52 \text{ mm}$$

**Účinná šířka patní desky:**

$$A_{eff} = 36324 \text{ mm}^2$$

**Návrhová únosnost a posouzení:**

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_j = 36324 \cdot 26,80 = 973,50 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 183,19 \text{ kN} < N_{Rd} = 973,50 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Kotevní šrouby:

Jelikož je patka namáhána jak tahem, tlakem, tak i ohybovým momentem, byl návrh kotevních šroubů navrhnut pomocí programu **HILTI PROFIS Anchor**.

Výpočet zahrnuje: Porušení oceli, Vytržení betonového kužele, Kombinaci porušení oceli a vytržení betonového kužele, Porušení rozštěpením betonu.

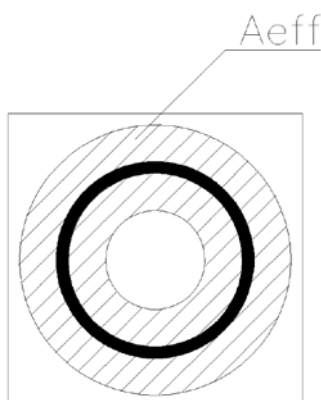
Samotný statický posudek, který byl v programu proveden, je součástí přílohy ke statickému výpočtu.

**Typ a velikost kotvy:**

**4 x HIT-RE 500 V3 HIT-V(8.8) M12**

**Efektivní hloubka kotvení:**

**200mm**



**Svarové spoje:**

Sloup je k patnímu plechu přivařen pomocí koutového svaru a3.

Pro posouzení svaru, byla použita zjednodušená metoda.

$l = 520 \text{ mm}$  - přibližná délka ovaření, brána na stranu bezpečnou

$a = 3 \text{ mm}$

$F_{w,Ed} = 222,18 \text{ kN}$  – výslednice působících sil

$$V_{Ed,x} \leq F_{w,Rd} = \frac{a * l * f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{3 * 520 * 490}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 392,29 \text{ MPa}$$

$$V_{Ed,x} = 222,18 \text{ kN} < f_{w,d} = 392,29 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení smykové síly a návrh smykové zarážky:**

Smyková zarážka: IPE100

**Délka smykové zarážky = 100mm**

$$W_{pl,y} = 39400 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 9146 \text{ mm}^3$$

$$A_v = 1030 \text{ mm}^2$$

**Délka smykové zarážky = 100mm**

**Návrhová únosnost zarážky:**

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{m0}} = \frac{1030 * 355}{\sqrt{3} * 1,0} = 211,11 \text{ kN}$$

**Posouzení:**

$$V_{Ed} = 126,68 \text{ kN} < V_{pl,Rd} = 211,11 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení na ohyb:**

$$M_{Ed} = V_{Ed} * 0,5 * h = 168,68 * 0,5 * 100 = 8,43 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{3,94 * 10^{-5} * 355 * 10^6}{1,0} = 13,99 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{8,43}{13,99} = 0,60 < 1,0$$

**VYHOVUJE**

## STATICKÝ VÝPOČET

Vzhledem ke smykové síle, která působí i ve druhém směru, je nutno posoudit smykovou zarážku i na tuto smykovou sílu, tedy  $V_{Ed,y} = 8,66kN$

$$M_{Ed} = V_{Ed,y} * 0,5 * h = 8,66 * 0,5 * 100 = 0,433kNm$$

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{9,146 * 10^{-6} * 355 * 10^6}{1,0} = 3,25kNm$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{0,43}{3,25} = 0,14 < 1,0 \quad \textbf{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svaru okolo zarážky:

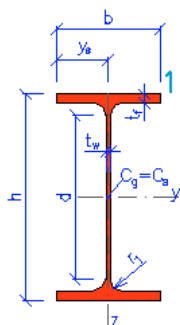
Pro posouzení svaru, byla použita zjednodušená metoda.

$l = 310 \text{ mm}$  - přibližná délka ovaření, brána na stranu bezpečnou

$a = 3mm$

$$V_{Ed,x} \leq F_{w,Rd} = \frac{a * l * f_u}{\sqrt{3} * \beta_w * \gamma_{m2}} = \frac{3 * 310 * 490}{\sqrt{3} * 0,9 * 1,25} = 233,87MPa$$

$$V_{Ed,x} = 126,68kN < F_{w,Rd} = 233,87kN \quad \textbf{VYHOVUJE}$$



## POZNÁMKA KE KOTVENÍ KONSTRUKCE!

Všechna kotvení byla posouzena v programu **HILTI PROFIS Anchor** a to zejména na tahovou a smykovou sílu. Tlaková síla byla posouzena ručním výpočtem.

Smykové zarážky nebyly navrhovány v případech, kdy smykovou sílu přenesl navržený systém kotvení, který byl ověřen výpočtem v již zmiňovaném programu.

Veškeré pokyny ke kotvení stanovené výrobcem, jsou obsaženy v příloze kotvení HILTI a je nutno je dodržet.

V případě kdy není navržena kotevní zarážka, je nutnost vyplnění prstencových mezer mezi kotvami a patní deskou. Tyto mezery budou injektovány lepicí hmotou o dostatečné pevnosti. Pokud by nebyly prstencové mezery vyplněny, měl by účinek smykových sil fatální dopad na stabilitu konstrukce.

Samotná lepicí hmota bude navržena dodatečně od výrobce kotevního systému.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

$E$	modul pružnosti v tahu a tlaku
$G$	modul pružnosti ve smyku
$f_y$	mez kluzu
$f_u$	mez pružnosti
$\gamma_{M0}$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_{M1}$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_{M2}$	součinitel spolehlivosti materiálu
$\gamma_s$	objemová hmotnost
$S$	charakteristická hodnota zatížení sněhem
$S_k$	charakteristická hodnota zatížení sněhem ve vánici
$u_i$	tvárový součinitel zatížení
$c_e$	součinitel expozice
$c_t$	tepelný součinitel
$v_b$	základní rychlost větru
$c_{dir}$	součinitel sněhu větru
$c_{season}$	součinitel ročního období
$c_{r(t)}$	součinitel drsnosti povrchu
$c_{0(z)}$	součinitel ortografie
$Z$	výška hřebene
$Z_{min}$	minimální výška
$Z_0$	parametr drsnosti povrchu
$q_b$	základní dynamický tlak větru
$I_{v(z)}$	intenzita turbulence
$c_{pe}$	součinitel vnějšího tlaku
$w_e$	tlak větru na vnější povrch
$c_{pe10}$	součinitel tlaku větru
$h$	výška prvku
$b$	šířka prvku
$A$	plocha průřezu
$A_{eff}$	efektivní plocha průřezu
$I_y$	moment setrvačnosti průřezu kolmý k ose y
$I_z$	moment setrvačnosti průřezu kolmý k ose z
$I_t$	moment tuhosti v prostém kroucení
$I_w$	výsečový moment setrvačnosti
$W_{ely}$	elastický průřezový model kolmý k ose k y
$W_{elz}$	elastický průřezový model kolmý k ose k z
$W_{eff,y}$	efektivní průřezový model kolmý k ose k y
$W_{eff,z}$	efektivní průřezový model kolmý k ose k z
$I_{eff,y}$	efektivní moment setrvačnosti průřezu kolmý k ose y
$I_{eff,z}$	efektivní moment setrvačnosti průřezu kolmý k ose z
$W_{ely}$	elastický průřezový model kolmý k ose k y
$W_{elz}$	elastický průřezový model kolmý k ose k z
$N_{Ed}$	návrhová normálová síla
$V_{Ed}$	návrhová posouvající síla
$M_{Ed}$	návrhový ohybový moment
$t_f$	tloušťka pásnice
$t_w$	tloušťka strojiny
$N_{c,Rd}$	návrhová únosnost v prostém tlaku
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
$M_{pl,Rd}$	návrhová plastická únosnost v ohybu
$M_{el,Rd}$	návrhová elastická únosnost v ohybu
$A_v$	smyková plocha
$V_{pl,Rd}$	plastická smyková únosnost
$\lambda_y$	poměrová štíhlost k y
$L_{cr}$	vzpěrná délka
$\lambda_z$	poměrová štíhlost k ose z
$\lambda_{LT}$	poměrová štíhlost při klopení
$\varphi$	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti
$N_{b,RD}$	návrhová vzpěrná únosnost
$C_1$	součinitel
$C_2$	součinitel
$C_3$	součinitel
$k_w$	součinitel vzpěrné délky
$\pi$	Ludolfovo číslo
$k_{wt}$	bezrozměrný parametr kroucení
$z_g$	souřadnice působíště zatížení vzhledem ke středu smyku
$k_z$	součinitel vzpěrné délky
$\varepsilon$	součinitel materiálův
$\mu_{cr}$	bezrozměrný kritický moment
$k_{yy}$	součinitel interakce
$k_{zy}$	součinitel interakce
$k_{yz}$	součinitel interakce
$k_{zz}$	součinitel interakce
$\varepsilon_g$	bezrozměrný parametr působíště zatížení vzhledem ke středu smyku



## STATICKÝ VÝPOČET

$C_{my}$  součinitel ekvivalentního konstantního momentu  
 $C_{mT}$  součinitel ekvivalentního konstantního momentu  
 $C_{mLT}$  součinitel ekvivalentního konstantního momentu  
 $s_{max}$  největší průhyb vztažený k přímce na spojnici podpor  
 $L_{CRy}$  vzpěrná délka kolmá k ose y  
 $L_{CRz}$  vzpěrná délka kolmá k ose z  
 $t$  tloušťka prvku  
 $d$  průměr prvku  
 $a$  účinná výška tvaru  
 $l_w$  délka tvaru  
 $\tau$  smykové napětí  
 $\sigma$  normálové napětí  
 $A_w$  plocha tvaru  
 $f_{ub}$  mez plnosti materiálu šroubu  
 $f_{yb}$  mez kluzu materiálu šroubu  
 $l_{eff}$  efektivní délka  
 $A_{net}$  oslabená průřezová plocha  
 $e_1$  vzdálenost šroubů od kraje  
 $e_2$  vzdálenost šroubů od kraje  
 $p_1$  vzdálenost šroubů mezi sebou  
 $p_2$  vzdálenost šroubů mezi sebou  
 $d_0$  průměr díry pro šroub  
 $A_s$  průřezová plocha šroubu  
 $h$  počet střízných rovin  
 $\beta_u$  korelační součinitel  
 $\tau_{||}$  smykové napětí rovnoběžné s osou tvaru  
 $\tau_{\perp}$  smykové napětí kolmé s osou tvaru  
 $f_{ck}$  charakteristická pevnost betonu ve spáře  
 $\gamma_c$  součinitel spolehlivosti betonu  
 $f_{ja}$  návrhová pevnost betonu ve spáře  
 $k_j$  součinitel koncentrace napětí