



# 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

DESIGN CALCULATION

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Miroslav Prokop

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. JINDŘICH MELCHER, DrSc.

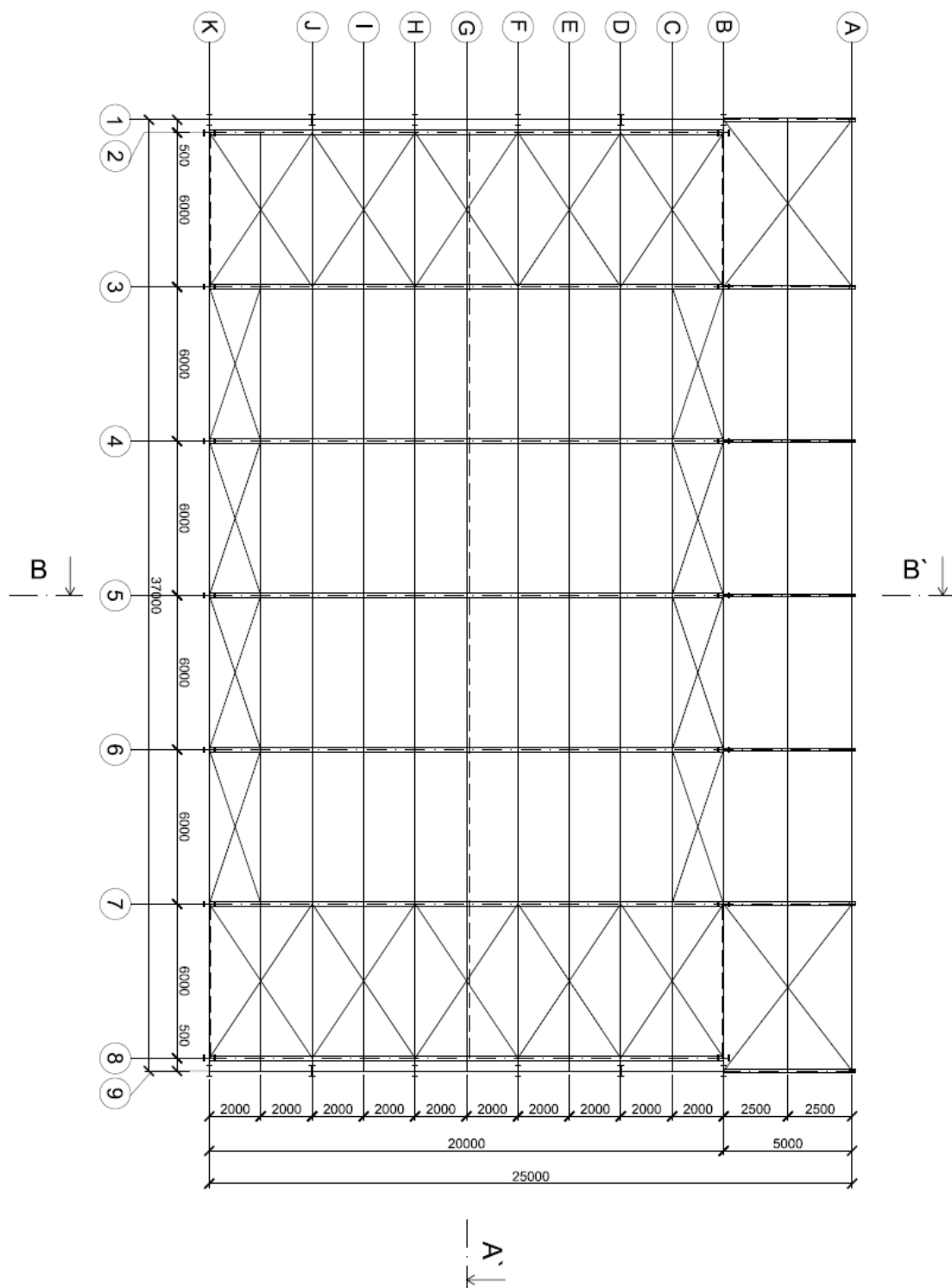
BRNO 2017

# OBSAH

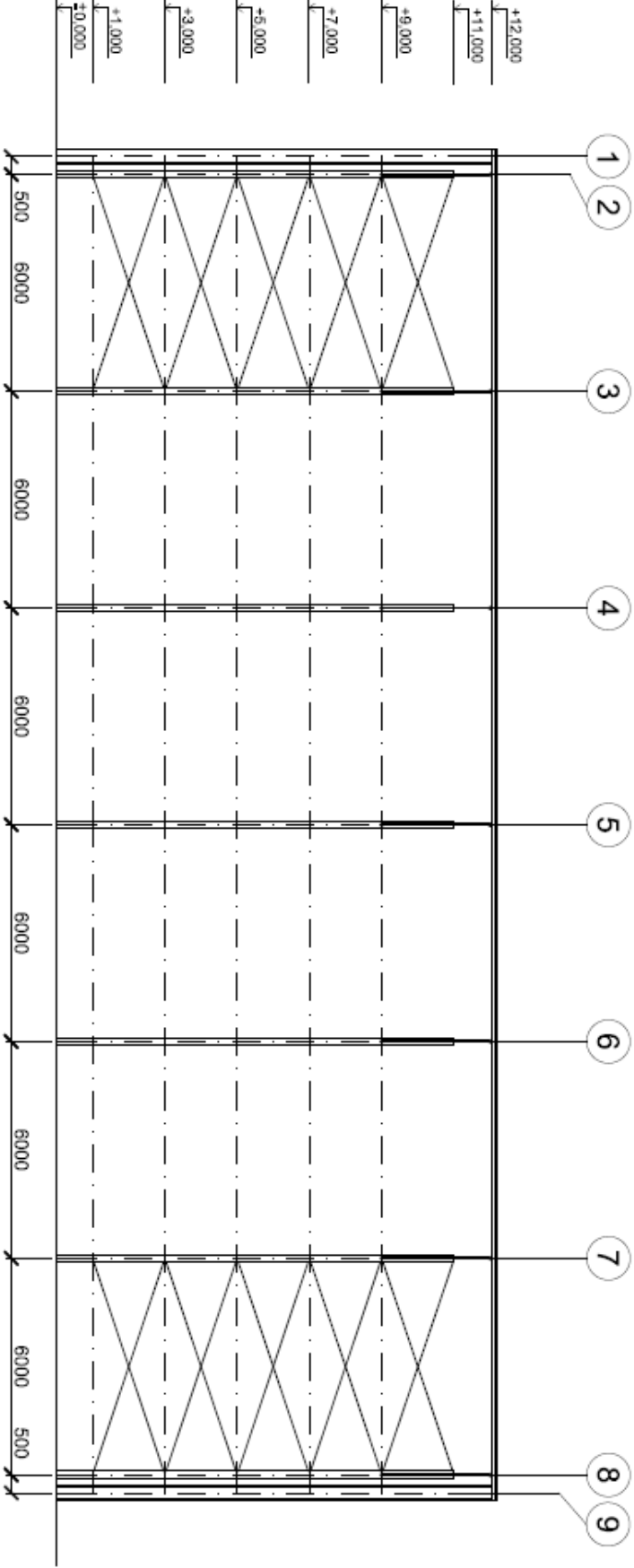
<b>1</b>	<b>Geometrie .....</b>	<b>2</b>
1.1	Půdorys.....	2
1.2	Řez A.....	2
1.3	Řez B.....	4
<b>2</b>	<b>Zatěžovací stavy a vnitřní síly .....</b>	<b>5</b>
2.1	Výpočtový model.....	5
2.2	Vlastní tíha – ZS1 .....	5
2.3	Zatížení sněhem – ZS 2, 3, 4 .....	6
2.4	Zatížení větrem – ZS5, 6, 7, 8, 9, 10.....	7
<b>3</b>	<b>Posouzení .....</b>	<b>12</b>
3.1	Posudek vaznice .....	12
3.2	Posudek horního pásu vazníku .....	20
3.3	Posudek dolního pásu vazníku .....	27
3.4	Posudek svislice .....	35
3.5	Posudek tažené diagonály .....	39
3.6	Posudek tlačené diagonály .....	43
3.7	Posouzení sloupu.....	46
3.8	Posouzení styčnicku dolního pásu.....	54
3.9	Posouzení styčnicku horního pásu .....	63
3.10	Posouzení montážního spoje pro horní pás.....	72
3.11	Posouzení montážního spoje pro dolní pás .....	76
3.12	Posouzení ztužidel .....	80

# 1 GEOMETRIE

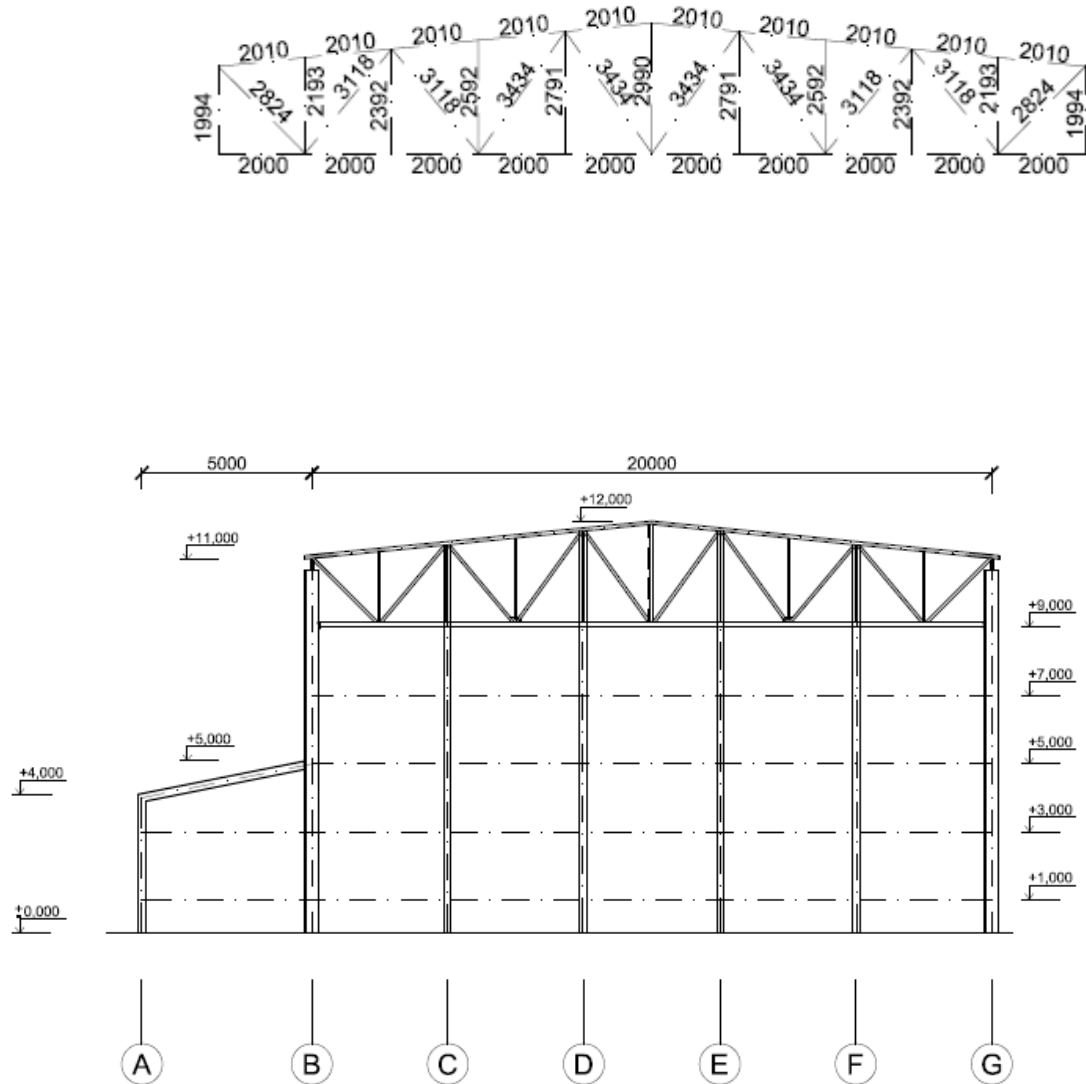
## 1.1 Půdorys



Řez A



### 1.3 Řez B



## **2 ZATĚŽOVACÍ STAVY A VNITŘNÍ SÍLY**

### **2.1 Výpočtový model**

Vnitřní síly byly vypočteny softwarem RFEM. V posudku se odkazují na čísla prvků, která byla vygenerována, schéma těchto prvků je připojeno k výstupu statického programu.

### **2.2 Vlastní tíha – ZS1**

Zatížení vlastní tíhou je vygenerované programem, do tohoto zatěžovacího stavu jsem přidal i tíhu střešního pláště o hmotnosti  $0.1 \text{ kN/m}^2$ .

## 2.3 Zatížení sněhem - ZS2, 3, 4

### 2.3.1 Výpočet zatížení pro hlavní halu

Sněhová oblast II  $s_k = 1 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$

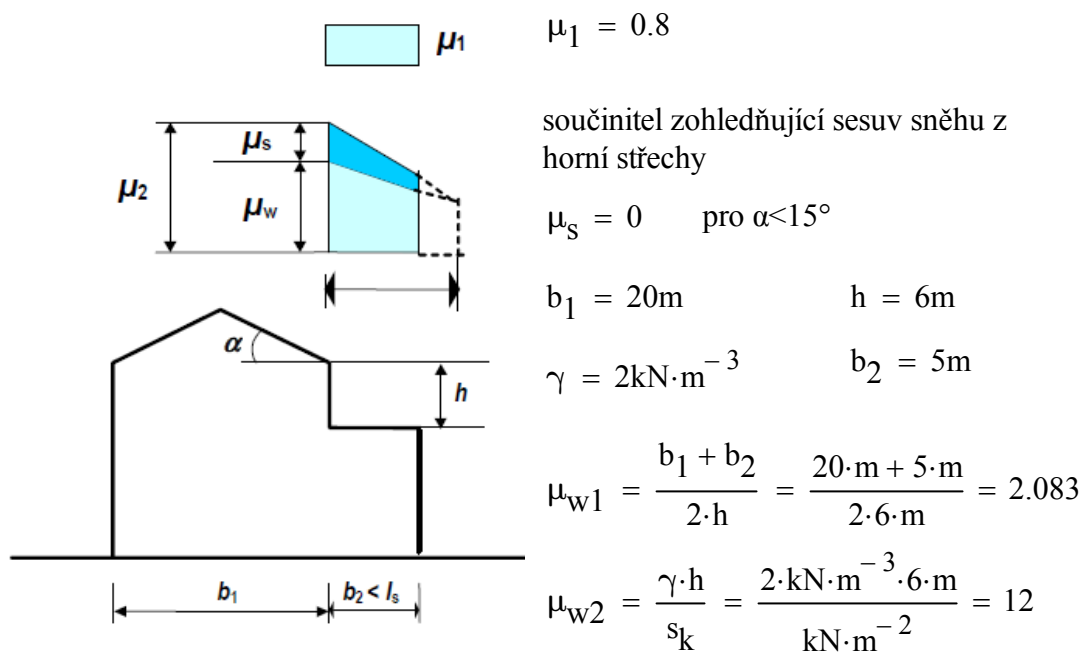
Typ krajiny - Normální  $C_e = 1$

Tvarový součinitel zatížení sněhem  $\mu_1 = 0.8$

Zatížení sněhem

$$s_1 = \mu_1 \cdot C_e \cdot s_k = 0.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

### 2.3.2 Výpočet zatížení pro sousedící střechu



$$\mu_w = \begin{cases} (\mu_{w1}) & \text{if } \mu_{w1} \leq \mu_{w2} \\ (\mu_{w2}) & \text{if } \mu_{w1} > \mu_{w2} \end{cases} = 2.083$$

$$l_s = 2 \cdot h = 12\text{m}$$

$$b_2 < l_s = 5 \cdot \text{m} < 12 \cdot \text{m}$$

## 2. 4. Zatížení větrem- ZS5, 6, 7, 8, 9, 10

### 2.4.1 Výpočet dynamického tlaku

Výchozí základní rychlost větru pro oblast II	$V_{b0} = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	
Součinitel směru větru	$C_{\text{dir}} = 1$	
Součinitel ročního období	$C_{\text{season}} = 1$	
Kategorie terénu III	$z_0 = 0.3 \text{ m}$	$z_{\text{min}} = 5 \text{ m}$
	$z_{0.II} = 0.05 \text{ m}$	$z_{\text{max}} = 200 \text{ m}$
výška konstrukce	$z = 12 \text{ m}$	
Součinitel ortogragie	$C_0 = 1$	
součinitel turbulence	$k_1 = 1$	
měrná hmotnost vzduchu	$\rho = 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	

$$V_b = C_{\text{dir}} \cdot C_{\text{season}} \cdot V_{b0} = 1 \cdot 25 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

součinitel terénu

$$k_r = 0.19 \cdot \left( \frac{z_0}{z_{0.II}} \right)^{0.07} = 0.19 \cdot \left( \frac{0.3 \cdot \text{m}}{0.05 \cdot \text{m}} \right)^{0.07} = 0.215$$

Drnost terénu

$$z = \begin{cases} (z) & \text{if } z_{\text{min}} < z \\ (z_{\text{min}}) & \text{if } z_{\text{min}} > z \end{cases} = 12$$

$$C_r = k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0.215 \cdot \ln \left( \frac{12 \cdot \text{m}}{0.3 \cdot \text{m}} \right) = 0.793$$

Střední rychlost větru

$$V_m = C_r \cdot C_0 \cdot V_b = 0.793 \cdot 25 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 19.825 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Intenzita turbulence

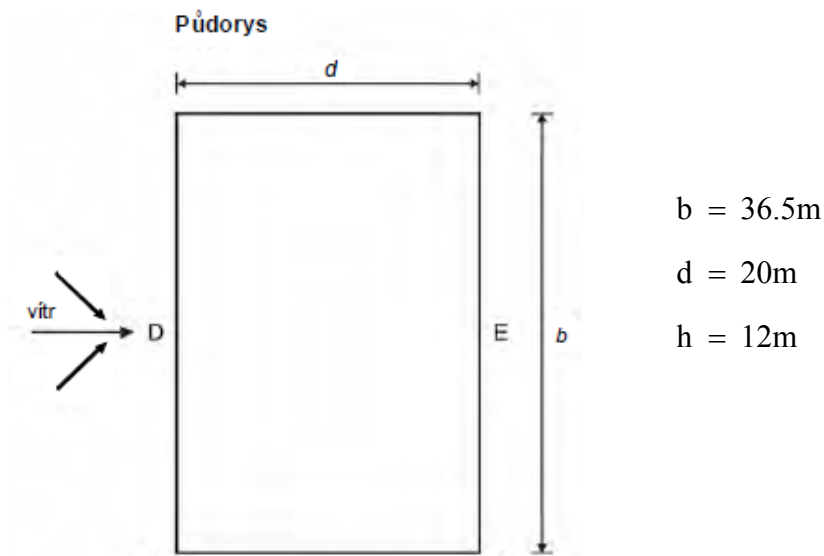
$$I_v = \frac{k_1}{C_0 \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right)} = \frac{1}{\ln \left( \frac{12 \cdot \text{m}}{0.3 \cdot \text{m}} \right)} = 0.271$$

Maximální dynamický tlak

$$q_p = \left(1 + 7 \cdot I_v\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_m^2 = (1 + 7 \cdot 0.271) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.25 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \left(19.825 \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}\right)^2$$

$$q_p = 0.712 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-2}$$

### 2.4.2 Účinek tření větru na svislé stěny



plocha delší stěny

$$A_{\text{long}} = 2 \cdot b \cdot h = 2 \cdot 36.5 \cdot \text{m} \cdot 12 \cdot \text{m} = 876 \text{ m}^2$$

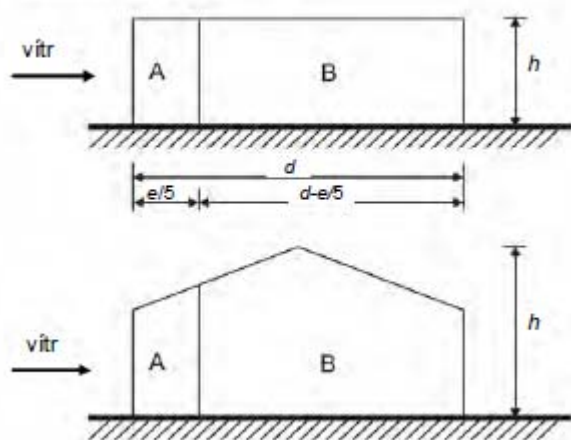
plocha příčné stěny

$$A_{\text{cros}} = 2 \cdot d \cdot h = 2 \cdot 20 \cdot \text{m} \cdot 12 \cdot \text{m} = 480 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{long}} < 4 \cdot A_{\text{cros}} = 876 \cdot \text{m}^2 < 1920 \cdot \text{m}^2 \quad \text{--vyhovuje}$$

Účinek tření na plochu lze zanedbat

### 2.4.3 Zatížení na svislé stěny - příčný směr

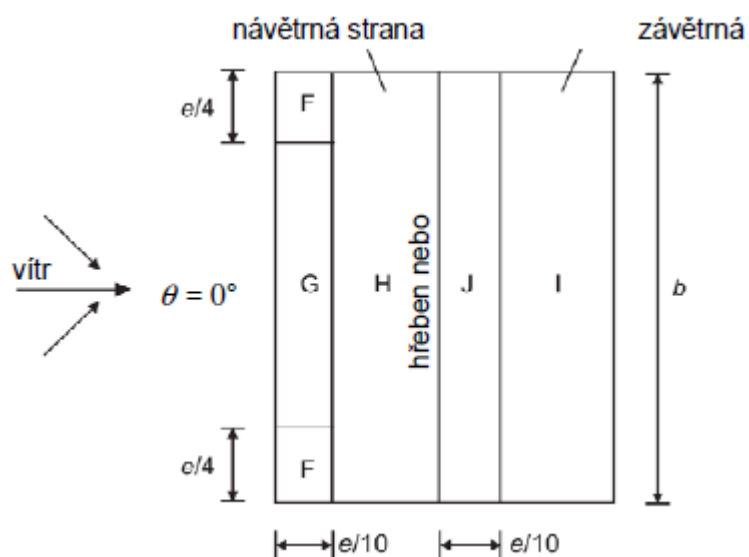


$$e = \min(b, 2 \cdot h) = \min(36.5 \cdot \text{m}, 2 \cdot 12 \cdot \text{m}) = 24 \text{ m}$$

$$\text{pro } e \geq d = 24 \cdot \text{m} \geq 20 \cdot \text{m}$$

$$\frac{e}{5} = \frac{24 \cdot \text{m}}{5} = 4.8 \text{ m}$$

$$d - \frac{e}{5} = 20 \cdot \text{m} - \frac{24 \cdot \text{m}}{5} = 15.2 \text{ m}$$



$$\frac{e}{4} = \frac{24 \cdot \text{m}}{4} = 6 \text{ m}$$

$$\frac{e}{10} = \frac{24 \cdot \text{m}}{10} = 2.4 \text{ m}$$

### 2.4.4 Zatížení na svislé stěny - příčný směr

$$h = 11\text{m}$$

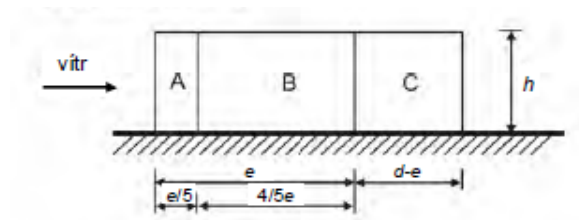
$$e = \min(d, 2 \cdot h) = \min(20 \cdot \text{m}, 2 \cdot 11 \cdot \text{m}) = 20 \text{ m}$$

$$e < b = 20 \cdot \text{m} < 36.5 \cdot \text{m}$$

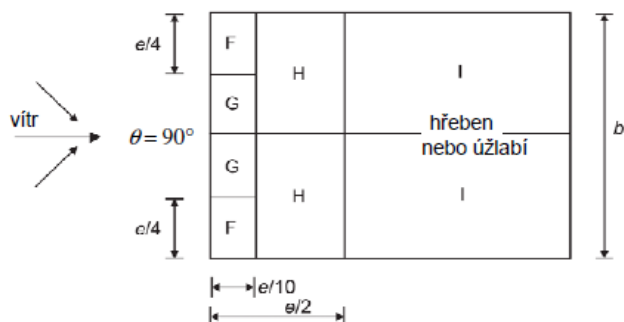
$$\frac{e}{5} = \frac{20 \cdot \text{m}}{5} = 4 \text{ m}$$

$$\frac{4e}{5} = \frac{4 \cdot 20 \cdot \text{m}}{5} = 16 \text{ m}$$

$$b - e = 36.5 \cdot \text{m} - 20 \cdot \text{m} = 16.5 \text{ m}$$



b) Směr větru  $\theta = 0^\circ$



$$\frac{e}{10} = \frac{20 \cdot \text{m}}{10} = 2 \text{ m}$$

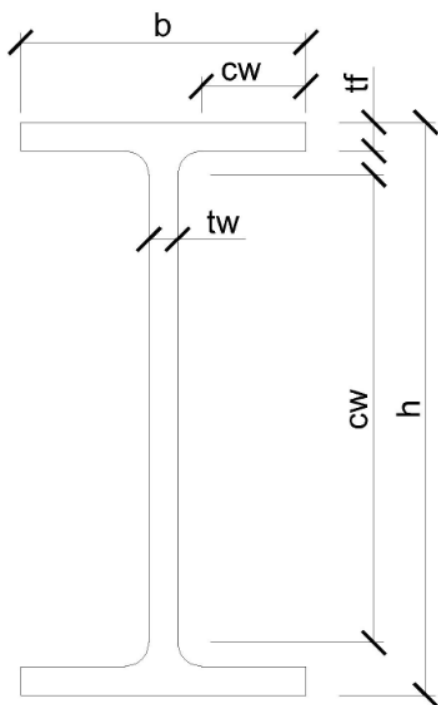
$$\frac{e}{2} = \frac{20 \cdot \text{m}}{2} = 10 \text{ m}$$

### 2.4.5 Součinitele zatížení

ZS9,10-svislé stěny			ZS9-tlak			ZS10-sání		
n	$C_{p_{e,10,n}}$	$V_{e,n}$	n	$C_{p_{e,10,n}}$	$V_{e,n}$	n	$C_{p_{e,10,n}}$	$V_{e,n}$
A	-1,20	-0,86	F	0,000	0,00	F	-1,579	-1,13
B	-0,80	-0,57	G	0,000	0,00	G	-1,300	-0,93
C	-0,50	-0,36	H	0,000	0,00	H	-0,693	-0,50
D	0,75	0,45	I	0,000	0,00	I	-0,593	-0,42
E	-0,39	-0,24						
ZS5,6,7,8-svislé stěny			ZS5-tlak			ZS7-kombinace		
n	$C_{p_{e,10,n}}$	$V_{e,n}$	n	$C_{p_{e,10,n}}$	$V_{e,n}$	n	$C_{p_{e,10,n}}$	$V_{e,n}$
A	-1,20	-0,86	F	0,014	0,01	F	-1,643	-1,17
B	-0,80	-0,57	G	0,014	0,01	G	-1,172	-0,84
C	-0,50	-0,36	H	0,014	0,01	H	-0,579	-0,41
D	0,75	0,45	I	0,000	0,00	I	0,000	0,00
E	-0,39	-0,24	J	0,186	0,13	J	0,186	0,13
			ZS6-sání			ZS8-kombinace		
			n	$C_{p_{e,10,n}}$	$V_{e,n}$	n	$C_{p_{e,10,n}}$	$V_{e,n}$
			F	-1,643	-1,17	F	0,014	0,01
			G	-1,172	-0,84	G	0,014	0,01
			H	-0,579	-0,41	H	0,014	0,01
			I	-0,586	-0,42	I	-0,586	-0,42
			J	-0,628	-0,45	J	-0,628	-0,45

### 3. Posouzení

#### 3.1. Posudek vaznice



$$h = 140\text{mm}$$

$$b = 73\text{mm}$$

$$t_w = 4.7\text{mm}$$

$$c_w = 112.2\text{mm}$$

$$t_f = 6.9\text{mm}$$

$$c_f = 27.2\text{mm}$$

$$A = 1.64 \cdot 10^3 \text{mm}^2$$

$$I_y = 5.41 \cdot 10^6 \text{mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 8.83 \cdot 10^4 \text{mm}^3$$

$$I_z = 4.49 \cdot 10^5 \text{mm}^4$$

$$W_{pl,z} = 1.92 \cdot 10^4 \text{mm}^3$$

$$f_y = 355\text{MPa}$$

$$E = 210\text{GPa}$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 126.2 \cdot \text{mm}$$

$$L = 6\text{m}$$

$$\epsilon = \sqrt{\frac{235\text{MPa}}{f_y}} = \sqrt{\frac{235 \cdot \text{MPa}}{355 \cdot \text{MPa}}} = 0.814$$

$$r = 7\text{mm}$$

Stojina

Pásnice

$$\text{třída} = \begin{cases} (1) & \text{if } \frac{c_w}{t_w} < 72 \cdot \epsilon \\ (2) & \text{if } 72 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} < 83 \cdot \epsilon \\ 3 & \text{if } 83 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} < 124 \cdot \epsilon \\ 4 & \text{if } 124 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} \end{cases}$$

$$= 1 \quad \text{třída} = \begin{cases} (1) & \text{if } \frac{c_f}{t_f} < 9 \cdot \epsilon \\ (2) & \text{if } 9 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} < 10 \cdot \epsilon \\ 3 & \text{if } 10 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} < 14 \cdot \epsilon \\ 4 & \text{if } 14 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} \end{cases} = 1$$

**Posouzení na tah - 1993-1-1 6.2.3**

Prut číslo

$$d = 2 \cdot 12 \text{ mm} = 24 \cdot \text{mm}$$

$$A_{\text{net}} = A - d \cdot t_f = 1.64 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2 - 24 \cdot \text{mm} \cdot 6.9 \cdot \text{mm} = 1.474 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad N_{\text{Ed},t} = 24.105 \text{ kN}$$

$$N_{\text{net},\text{Rd}} = \frac{A_{\text{net}} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1474.4 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 523.412 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_t = \frac{N_{\text{Ed},t}}{N_{\text{net},\text{Rd}}} = \frac{24.105 \cdot \text{kN}}{523.412 \cdot \text{kN}} = 0.046 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení na prostý tlak - 1993-1-1 6.2.4**

- vyplněné díry (pro připojení střešního pláště) v tlačené části lze zanedbat

Prut číslo 176

$$\text{Zjištěné síly: } N_{\text{Ed}} = 24.733 \text{ kN}$$

$$N_{\text{c},\text{Rd}} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.64 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 582.2 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_c = \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{c},\text{Rd}}} = \frac{24.733 \cdot \text{kN}}{582.2 \cdot \text{kN}} = 0.042 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení na ohyb kolem osy y - 1993-1-1 6.2.5**

Předpoklady: - vyplněné díry (pro připojení střešního pláště) v tlačené části lze zanedbat  
- díry v dolním pásu (pro připojení vaznice na hlavní nosník) jsou v oblasti nulových momentů

Prut číslo

$$M_{y,\text{Ed}} = 14.966 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{c.Rd.y} = \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8.83 \cdot 10^4 \cdot \text{mm}^3 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 31.346 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{Mc.y} = \frac{M_{y.Ed}}{M_{c.Rd.y}} = \frac{14.966 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{31.347 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.477 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení na ohyb kolem osy z - 1993-1-1 6.2.5**

Prut číslo 384

$$M_{z.Ed} = 1.246 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{c.Rd.z} = \frac{W_{pl.z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1.92 \cdot 10^4 \cdot \text{mm}^3 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 6.816 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{Mc.z} = \frac{M_{z.Ed}}{M_{c.Rd.z}} = \frac{1.246 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{6.816 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.183 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení na smyk ve směru y - 1993-1-1 6.2.6**

Prut číslo 384

$$V_{Ed.y} = 0.929 \text{ kN}$$

Smyková plocha pro válcovaný profil I

$$A_{v.y} = 1062.4 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl.Rd.y} = \frac{A_{v.y} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{1062.4 \cdot \text{mm}^2 \cdot \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}}}{1.00} = 217.749 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{v.y} = \frac{V_{Ed.y}}{V_{pl.Rd.y}} = \frac{0.929 \cdot \text{kN}}{217.749 \cdot \text{kN}} = 4.266 \times 10^{-3} < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení na smyk ve směru z - 1993-1-1 6.2.6**

Prut číslo 176

$$V_{Ed.z} = 10.338 \text{ kN}$$

Smyková plocha pro válcovaný profil I

$$A_{v,z} = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 129.03 \cdot \text{mm}^2 + 1640.0 \cdot \text{mm}^2 + -1007.4 \cdot \text{mm}^2$$

$$A_{v,z} = 761.63 \cdot \text{mm}^2$$

$$V_{pl.Rd,z} = \frac{A_{v,z} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{761.63 \cdot \text{mm}^2 \cdot \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}}}{1.00} = 156.103 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{v,z} = \frac{V_{Ed,z}}{V_{pl.Rd,z}} = \frac{10.338}{156.103} = 0.066$$

= vyhovuje

### **Posouzení únosnosti ve smyku při boulení - 1993-1-5 , 5.1**

Pro nevyztužené stojiny

$$\eta = 1.2$$

$$\frac{h_w}{t_w} < \frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{126.2}{4.7 \cdot \text{mm}} < \frac{72 \cdot 0.814}{1.2}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = 26.851 < \frac{72\varepsilon}{\eta} = 48.84$$

Boulení ve smyku nenastane

### **Posouzení únosnosti na ohyb a osovou sílu - 1993-1-1 6.2.9**

Tlaková síla

$$N_{Ed} = 24.733 \cdot \text{kN}$$

$$M_{y.Ed} = 14.370 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Předpoklady, zda ovlivní normálová síla ohybovou pevnost

$$N_{Ed} < 0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y = 24.733 \cdot \text{kN} < 0.5 \cdot 126.2 \cdot \text{mm} \cdot 4.7 \cdot \text{mm} \cdot 355 \cdot \text{MPa}$$

$$N_{Ed} = 24.733 \cdot \text{kN} < 0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y = 105.282 \cdot \text{kN}$$

= vyhovuje

$$\eta_{v,z} = \frac{V_{Ed,z}}{V_{pl,Rd,z}} = \frac{10.338}{156.103} = 0.066 < 0.5 - \text{neredukuje ohybovou únosnost (6.2.10)}$$

Ohybová únosnost se neredukuje

### **Posouzení vzpěru kolem osy y - 1993-1-1 6.3.**

$$N_{Ed} = 24.733 \cdot \text{kN} \quad \gamma_{M1} = 1.00$$

$$L_{cr} = L = 6 \cdot \text{m}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 5.41 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4}{(6 \cdot \text{m})^2} = 311.468 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{N_{cr,y}} = \frac{24.733 \cdot \text{kN} \cdot 1.00}{311.468 \cdot \text{kN}} = 0.079 > 0.04 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1.64 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{311.468 \cdot \text{kN}}} = 1.367 > 0.2 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

křivka a -  $\alpha = 0.21$

$$\phi = 0.5 \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2 \right] = 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.21 \cdot (1.367 - 0.2) + 1.367^2 \right] = 1.557$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1.557 + \sqrt{1.557^2 - 1.367^2}} = 0.434$$

$$N_{b,Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.434 \cdot 1.64 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 252.675 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b,y} = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} = \frac{24.733 \cdot \text{kN}}{252.675 \cdot \text{kN}} = 0.098 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení vzpěru kolem osy z - 1993-1-1 6.3.**

Předpoklad:

K vaznici je připojen střešní plášť, který zabrání vybočení kolmo na osu z

Výpočet štíhlosti z důvodu ověření kombinace ohybu a osového tlaku

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 4.49 \cdot 10^5 \cdot \text{mm}^4}{(6 \cdot \text{m})^2} = 25.85 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{N_{cr,z}} = \frac{24.733 \cdot \text{kN} \cdot 1.00}{25.85 \cdot \text{kN}} = 0.957$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1.64 \cdot 10^3 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{311.468 \cdot \text{kN}}} = 1.367$$

$$\chi_z = 1$$

**Posouzení prostorového vzpěru a zkroucení - 1993-1-1 6.3.1.4**

Předpoklad:

Vaznici je umožněno vybočení pouze kolmo k ose y

**Posouzení klopení - 1993-1-1 6.3.2**

Nosníky s dostatečným podepřením tlačené pásnice nejsou citlivé na klopení.

$$\chi_{LT} = 1$$

**Posouzení ohybu a osového tlaku - 1993-1-1 6.3.3**

určení součinitelů interakce metodou 2

Prut číslo 284

$$N_{Ed} = 19.775 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 14.966 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_h = 0$$

$$M_{y,Rk} = M_{c,Rd,y} = 31.347 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{s,y} = M_{y,Ed} = 14.966 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\alpha_{h,y} = \frac{M_h}{M_{s,y}} = \frac{0}{14.966 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0$$

$$C_{my} = 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_{h,y} = 0.95 + 0.05 \cdot 0 = 0.95$$

$$M_{s,z} = M_{z,Ed} = 1.246 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\alpha_{h,y} = \frac{M_h}{M_{s,z}} = \frac{0}{1.246 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0$$

$$C_{mz} = 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_{h,y} = 0.95 + 0.05 \cdot 0 = 0.95$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left[ 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} \right] = 0.95 \cdot \left[ 1 + (1.367 - 0.2) \cdot \frac{19.775 \cdot \text{kN}}{252.675 \cdot \text{kN}} \right]$$

$$k_{yy} = 1.037$$

$$k_{yy,max} = C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} \right) = 0.95 \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{19.775 \cdot \text{kN}}{252.675 \cdot \text{kN}} \right) = 1.009$$

$$k_{yy} = \min(k_{yy}, k_{yy,max}) = \min(1.037, 1.009) = 1.009$$

vybočení v ose y (rovnice 6.61)

$$\eta_a = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,y}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} = \frac{19.775 \cdot \text{kN}}{252.675 \cdot \text{kN}} + \frac{1.009 \cdot 14.966 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{31.347 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.56$$

$$= \eta_M$$

### **Posouzení mezního stavu použitelnosti - svislé průhyby**

$$z_{\bar{s}} = 2\text{m}$$

$$L = 6\text{m}$$

$$\delta_2 = \frac{L}{200} = \frac{6 \cdot \text{m}}{200} = 30 \cdot \text{mm}$$

$$q_s = 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{s.1} = q_s \cdot z_{\text{š}} = 0.8 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2 \cdot \text{m} = 1.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$w_2 = \frac{5 \cdot q_{s.1} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_y} = \frac{5 \cdot \frac{1.6 \cdot \text{kN}}{\text{m}} \cdot (6 \cdot \text{m})^4}{384 \cdot 210 \cdot \text{GPa} \cdot 5.41 \cdot 10^6 \cdot \text{mm}^4} = 23.766 \cdot \text{mm}$$

$$\eta_w = \frac{w_2}{\delta_2} = \frac{23.766 \cdot \text{mm}}{30 \cdot \text{mm}} = 0.792$$

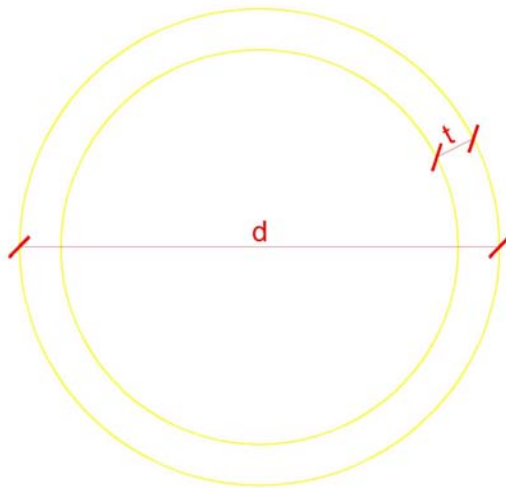
= vyhovuje

### **Souhrn využití**

Posouzení na tah	$\eta_t = 0.046$
Posouzení na prostý tlak	$\eta_c = 0.042$
Posouzení na ohyb kolem osy y	$\eta_{M_{c.y}} = 0.477$
Posouzení na ohyb kolem osy z	$\eta_{M_{c.z}} = 0.183$
Posouzení na smyk ve směru y	$\eta_{v.y} = 0$
Posouzení na smyk ve směru z	$\eta_{v.z} = 0.066$
Posouzení na vzpěr kolem osy y	$\eta_{b.y} = 0.098$
Posouzení ohybu a osového tlaku - 6.61	$\eta_a = 0.56$
Posouzení svislého průhybu	$\eta_w = 0.792$

### 3. 2. Posudek horního pásu vazníku

#### Zatřídění profilu



$$d = 101.6 \text{ mm}$$

$$t = 3.2 \text{ mm}$$

$$A = 989 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 1200000.0 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl.y} = 31000.0 \cdot \text{mm}^3$$

$$I_z = I_y = 1.2 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$W_{pl.z} = W_{pl.y} = 3.1 \times 10^4 \cdot \text{mm}^3$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$\text{třída} = \begin{cases} (1) & \text{if } \frac{d}{t} < 50 \cdot \epsilon \\ (2) & \text{if } 50 \cdot \epsilon < \frac{d}{t} < 70 \cdot \epsilon \\ 3 & \text{if } 70 \cdot \epsilon < \frac{d}{t} < 90 \cdot \epsilon \\ 4 & \text{if } 90 \cdot \epsilon < \frac{d}{t} \end{cases} = 1$$

$$\epsilon = \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = \sqrt{\frac{235 \cdot \text{MPa}}{355 \cdot \text{MPa}}} = 0.814$$

#### Posouzení na tah - 1993-1-1 6.2.3

Prut číslo

329

$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad N_{Ed.t} = 70.535 \text{ kN}$$

$$N_{t.Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{989 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 351.095 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_t = \frac{N_{Ed.t}}{N_{t.Rd}} = \frac{70.535 \cdot \text{kN}}{351.095 \cdot \text{kN}} = 0.201 < 1$$

= vyhovuje

#### **Posouzení na prostý tlak - 1993-1-1 6.2.4**

Prut číslo 323

Zjištěné síly:  $N_{c.Ed} = 173.896 \text{ kN}$

$$N_{c.Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{989 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 351.095 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_c = \frac{N_{c.Ed}}{N_{c.Rd}} = \frac{173.896 \cdot \text{kN}}{351.095 \cdot \text{kN}} = 0.495 < 1$$

= vyhovuje

#### **Posouzení na ohyb kolem osy y - 1993-1-1 6.2.5**

Prut číslo 227

$M_{y.Ed} = 0.741 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$M_{c.Rd.y} = \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{31000.0 \cdot \text{mm}^3 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 11.005 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{Mc.y} = \frac{M_{y.Ed}}{M_{c.Rd.y}} = \frac{0.741 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{11.005 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.067 < 1$$

= vyhovuje

#### **Posouzení na ohyb kolem osy z - 1993-1-1 6.2.5**

Prut číslo

$M_{z.Ed} = 3.132 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$M_{c.Rd.z} = \frac{W_{pl.z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{31000 \cdot \text{mm}^3 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 11.005 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{Mc.z} = \frac{M_{z.Ed}}{M_{c.Rd.z}} = \frac{3.132 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{11.005 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.285 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení na smyk ve směru z - 1993-1-1 6.2.6**

Prut číslo 187

$$V_{Ed.z} = 0.671 \text{ kN}$$

Smyková plocha pro válcovaný profil I

$$A_{v.z} = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 989 \cdot \text{mm}^2}{\pi} = 629.617 \cdot \text{mm}^2$$

$$V_{pl.Rd.z} = \frac{A_{v.z} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{629.617 \cdot \text{mm}^2 \cdot \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}}}{1.00} = 129.046 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{v.z} = \frac{V_{Ed.z}}{V_{pl.Rd.z}} = \frac{0.671 \cdot \text{kN}}{129.046 \cdot \text{kN}} = 5.2 \times 10^{-3} < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení na smyk ve směru y - 1993-1-1 6.2.6**

Prut číslo 314

$$V_{Ed.y} = 2.192 \text{ kN}$$

Smyková plocha pro válcovaný profil I

$$A_{v.z} = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 989 \cdot \text{mm}^2}{\pi} = 629.617 \cdot \text{mm}^2$$

$$V_{pl.Rd.y} = \frac{A_{v.z} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{629.617 \cdot \text{mm}^2 \cdot \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}}}{1.00} = 129.046 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{v.y} = \frac{V_{Ed.y}}{V_{pl.Rd.y}} = \frac{2.192 \cdot \text{kN}}{129.046 \cdot \text{kN}} = 0.017 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení únosnosti na ohyb a osovou sílu - 1993-1-1 6.2.9**

$$\eta_{v,z} = \frac{V_{Ed,z}}{V_{pl,Rd,y}} = \frac{0.671 \cdot \text{kN}}{129.046 \cdot \text{kN}} = 5.2 \times 10^{-3} < 0.5 - \text{neredukuje ohybovou únosnost (6.2.10)}$$

$$\eta_{v,y} = \frac{V_{Ed,y}}{V_{pl,Rd,y}} = \frac{2.192 \cdot \text{kN}}{129.046 \cdot \text{kN}} = 0.017 < 0.5 - \text{neredukuje ohybovou únosnost (6.2.10)}$$

Ohybová únosnost se neredukuje

**Posouzení vzpěru kolem osy y - 1993-1-1 6.3.**

$$N_{c,Ed} = 173.896 \cdot \text{kN} \quad \gamma_{M1} = 1.00$$

$$L_{cr,y} = 2.010 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 1200000.0 \cdot \text{mm}^4}{(2.010 \cdot \text{m})^2} = 615.614 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{N_{cr,y}} = \frac{173.896 \cdot \text{kN} \cdot 1.00}{615.614 \cdot \text{kN}} = 0.282 > 0.04 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{989 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{615.614 \cdot \text{kN}}} = 0.755 > 0.2 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

křivka a -  $\alpha = 0.21$

$$\phi = 0.5 \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.21 \cdot (0.755 - 0.2) + 0.755^2 \right] = 0.843$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0.843 + \sqrt{0.843^2 - 0.755^2}} = 0.821$$

$$N_{b.Rd.y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.821 \cdot 989 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 288.249 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b.y} = \frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd.y}} = \frac{173.896 \cdot \text{kN}}{288.249 \cdot \text{kN}} = 0.603 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení vzpěru kolem osy z - 1993-1-1 6.3.**

$$\lambda_z = \lambda_y = 0.755$$

$$\chi_z = \chi_y = 0.821$$

$$N_{b.Rd.z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.821 \cdot 989 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 288.249 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b.z} = \frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd.z}} = \frac{173.896 \cdot \text{kN}}{288.249 \cdot \text{kN}} = 0.603 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení prostorového vzpěru a zkroucení - 1993-1-1 6.3.1.4**

Předpoklad:

Pruty s uzavřeným průřezem nejsou náchylné na prostorový vzper a zkroucení

### **Posouzení klopení - 1993-1-1 6.3.2**

Kruhové duté průřezy nejsou citlivé na klopení

$$\chi_{LT} = 1$$

### **Posouzení ohybu a osového tlaku - 1993-1-1 6.3.3**

Určení součinitelů interakce metodou 2

Prut číslo 227

$$N_{Ed} = 167.469 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed} = 0.284 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{z.Ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{h.y} = 0.73 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{h.z} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{s.y} = 0.72 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad M_{s.z} = -0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi_y = 0.35 \quad \psi_z = -0$$

$$\alpha_{h.y} = \frac{M_{h.y}}{M_{s.y}} = \frac{0.73 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{0.72 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 1.014$$

$$\alpha_{s.z} = \frac{M_{s.z}}{M_{h.z}} = \frac{-0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0$$

$$C_{my} = 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_{h.y} = 0.95 + 0.05 \cdot 1.014 = 1.001$$

$$C_{mz} = 0.581$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left[ 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b.Rd.y}} \right] = 1.001 \cdot \left[ 1 + (0.755 - 0.2) \cdot \frac{167.469 \cdot \text{kN}}{288.249 \cdot \text{kN}} \right]$$

$$k_{yy} = 1.324$$

$$k_{yy.max} = C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b.Rd.y}} \right) = 1.001 \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{167.469 \cdot \text{kN}}{288.249 \cdot \text{kN}} \right) = 1.466$$

$$k_{yy} = \min(k_{yy}, k_{yy.max}) = \min(1.324, 1.466) = 1.324$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left[ 1 + (\lambda_z - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b.Rd.z}} \right] = 0.581 \cdot \left[ 1 + (0.755 - 0.2) \cdot \frac{167.469 \cdot \text{kN}}{288248.995 \cdot \text{N}} \right]$$

$$k_{zz} = 0.768$$

$$k_{zz.max} = C_{mz} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b.Rd.z}} \right) = 0.581 \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{167.469 \cdot \text{kN}}{N_{b.Rd.z}} \right) = 0.851$$

$$k_{zz} = \min(k_{zz}, k_{zz.max}) = \min(0.768, 0.851) = 0.768$$

$$k_{yz} = 0.6 \cdot k_{zz} \text{ explicit}, k_{zz} = 0.6 \cdot 0.768 = 0.461$$

$$k_{zy} = 0.6 \cdot k_{yy} \text{ explicit}, k_{yy} = 0.6 \cdot 1.324 = 0.794$$

Vybočení v ose y (rovnice 6.61)

$$\eta_a = \frac{N_{Ed}}{N_{b.Rd.y}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{c.Rd.y}} + \frac{k_{yz} \cdot M_{z.Ed}}{M_{c.Rd.z}}$$

$$\eta_a = \frac{167.469 \cdot \text{kN}}{288.249 \cdot \text{kN}} + \frac{1.324 \cdot 0.284 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{11.005 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} + \frac{0.461 \cdot 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{11.005 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.615 < 1$$

= vyhovuje

$$\eta_b = \frac{N_{Ed}}{N_{b.Rd.z}} + \frac{k_{zy} \cdot M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{c.Rd.y}} + \frac{k_{zz} \cdot M_{z.Ed}}{M_{c.Rd.z}}$$

$$\eta_b = \frac{167.469 \cdot \text{kN}}{288248.995 \cdot \text{N}} + \frac{0.794 \cdot 0.284 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{11.005 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} + \frac{0.768 \cdot 0 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{11.005 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.601 < 1$$

= vyhovuje

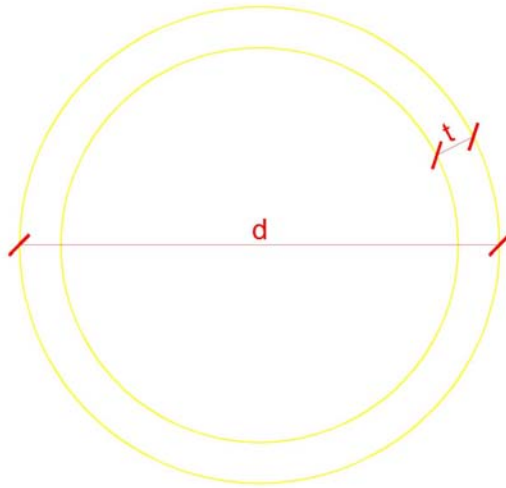
### **Souhrn využití**

Posouzení na tah	$\eta_t = 0.201$
Posouzení na prostý tlak	$\eta_c = 0.495$
Posouzení na ohyb kolem osy y	$\eta_{Mc.y} = 0.067$
Posouzení na ohyb kolem osy z	$\eta_{Mc.z} = 0.285$
Posouzení na smyk ve směru y	$\eta_{v.y} = 0.017$
Posouzení na smyk ve směru z	$\eta_{v.z} = 5.2 \times 10^{-3}$
Posouzení na vzpěr kolem osy	$\eta_{b.y} = 0.603$
Posouzení na vzpěr kolem osy	$\eta_{b.z} = 0.603$
Posouzení ohybu a osového tlaku - 6.61	$\eta_a = 0.615$
Posouzení ohybu a osového tlaku - 6.6	$\eta_b = 0.601$

-tloušťka je volena s ohledem na dodržení zásad při navrhování styčnickového spoje

### 3. 3. Posudek dolního pásu vazníku

#### Zatřídění profilu



$$d = 139.7\text{mm}$$

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

$$A = 1710\text{mm}^2$$

$$I_y = 3930000.0\text{mm}^4$$

$$W_{pl.y} = 73700.0\cdot\text{mm}^3$$

$$I_z = I_y = 3.93 \times 10^6 \cdot \text{mm}^4$$

$$W_{pl.z} = W_{pl.y} = 7.37 \times 10^4 \cdot \text{mm}^3$$

$$f_y = 355\text{MPa}$$

$$E = 210\text{GPa}$$

$$\text{třída} = \begin{cases} (1) & \text{if } \frac{d}{t} < 50 \cdot \epsilon \\ (2) & \text{if } 50 \cdot \epsilon < \frac{d}{t} < 70 \cdot \epsilon \\ 3 & \text{if } 70 \cdot \epsilon < \frac{d}{t} < 90 \cdot \epsilon \\ 4 & \text{if } 90 \cdot \epsilon < \frac{d}{t} \end{cases} = 1 \quad \epsilon = \sqrt{\frac{235\text{MPa}}{f_y}} = \sqrt{\frac{235\cdot\text{MPa}}{355\cdot\text{MPa}}} = 0.814$$

#### Posouzení na tah - 1993-1-1 6.2.3

Prut číslo 229

$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad N_{Ed.t} = 175.201\text{kN}$$

$$N_{t.Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1710 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 607.05 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_t = \frac{N_{Ed.t}}{N_{t.Rd}} = \frac{175.201 \cdot \text{kN}}{607.05 \cdot \text{kN}} = 0.289 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení na prostý tlak - 1993-1-1 6.2.4**

Prut číslo 368

Zjištěné síly:  $N_{c.Ed} = 39.948 \text{ kN}$

$$N_{c.Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1710 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 607.05 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_c = \frac{N_{c.Ed}}{N_{c.Rd}} = \frac{39.948 \cdot \text{kN}}{607.05 \cdot \text{kN}} = 0.066 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení na ohyb kolem osy y - 1993-1-1 6.2.5**

Prut číslo 229

$M_{y.Ed} = 0.468 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$M_{c.Rd.y} = \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{73700.0 \cdot \text{mm}^3 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 26.163 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{Mc.y} = \frac{M_{y.Ed}}{M_{c.Rd.y}} = \frac{0.468 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{26.164 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.018 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení na ohyb kolem osy z - 1993-1-1 6.2.5**

Prut číslo 254 252

$M_{z.Ed} = 0.212 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$M_{c.Rd.z} = \frac{W_{pl.z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{73700 \cdot \text{mm}^3 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 26.163 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{Mc.z} = \frac{M_{z.Ed}}{M_{c.Rd.z}} = \frac{0.212 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{26.164 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 8.103 \times 10^{-3} < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení na smyk ve směru z - 1993-1-1 6.2.6**

Prut číslo 117

$$V_{Ed.z} = 0.41 \text{ kN}$$

Smyková plocha pro válcovaný profil I

$$A_{v.z} = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 1710 \cdot \text{mm}^2}{\pi} = 1.089 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$V_{pl.Rd.z} = \frac{A_{v.z} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{1088.62 \cdot \text{mm}^2 \cdot \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}}}{1.00} = 223.123 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{v.z} = \frac{V_{Ed.z}}{V_{pl.Rd.z}} = \frac{0.41 \cdot \text{kN}}{223.123 \cdot \text{kN}} = 1.838 \times 10^{-3} < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení na smyk ve směru y - 1993-1-1 6.2.6**

Prut číslo 322

$$V_{Ed.y} = 0.08 \text{ kN}$$

Smyková plocha pro válcovaný profil I

$$A_{v.z} = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 1710 \cdot \text{mm}^2}{\pi} = 1.089 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$V_{pl.Rd.y} = \frac{A_{v.z} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{1088.62 \cdot \text{mm}^2 \cdot \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}}}{1.00} = 223.123 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{v.y} = \frac{V_{Ed.y}}{V_{pl.Rd.y}} = \frac{0.08 \cdot \text{kN}}{223.123 \cdot \text{kN}} = 0 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení únosnosti na ohyb a osovou sílu - 1993-1-1 6.2.9**

$$\eta_{v,z} = \frac{V_{Ed,z}}{V_{pl,Rd,y}} = \frac{0.41 \cdot \text{kN}}{223.123 \cdot \text{kN}} = 1.838 \times 10^{-3} < 0.5 - \text{neredukuje ohybovou únosnost (6.2.10)}$$

$$\eta_{v,y} = \frac{V_{Ed,y}}{V_{pl,Rd,y}} = \frac{0.08 \cdot \text{kN}}{223.123 \cdot \text{kN}} = 0 < 0.5 - \text{neredukuje ohybovou únosnost (6.2.10)}$$

Ohybová únosnost se neredukuje

**Posouzení vzpěru kolem osy y - 1993-1-1 6.3.**

$$N_{c,Ed} = 39.948 \cdot \text{kN} \quad \gamma_{M1} = 1.00$$

$$L_{cr,y} = 2.000 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 3930000.0 \cdot \text{mm}^4}{(2.000 \cdot \text{m})^2} = 2.036 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{c,Ed} \cdot \gamma_{M1}}{N_{cr,y}} = \frac{39.948 \cdot \text{kN} \cdot 1.00}{2036.346 \cdot \text{kN}} = 0.02 > 0.04 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1710 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{2036.346 \cdot \text{kN}}} = 0.546 > 0.2 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

křivka a -  $\alpha = 0.21$

$$\phi = 0.5 \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2 \right] = 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.21 \cdot (0.546 - 0.2) + 0.546^2 \right] = 0.685$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{0.685 + \sqrt{0.685^2 - 0.546^2}} = 0.91$$

$$N_{b.Rd.y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.91 \cdot 1710 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 552.415 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b.y} = \frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd.y}} = \frac{39.948 \cdot \text{kN}}{552.416 \cdot \text{kN}} = 0.072 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení vzpěru kolem osy z - 1993-1-1 6.3.**

$$N_{c.Ed} = 39.948 \cdot \text{kN} \quad \gamma_{M1} = 1.00$$

$$L_{cr.z} = 10\text{m}$$

$$N_{cr.z} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr.z}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 3.93 \cdot 10^{-6} \cdot \text{m}^4}{(10 \cdot \text{m})^2} = 81.454 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed} \cdot \gamma_{M1}}{N_{cr.z}} = \frac{39.948 \cdot \text{kN} \cdot 1.00}{81.454 \cdot \text{kN}} = 0.49 > 0,04 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.z}}} = \sqrt{\frac{1710 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{81.454 \cdot \text{kN}}} = 2.73 > 0,2 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

křivka a -  $\alpha = 0.21$

$$\phi_z = 0.5 \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.21 \cdot (2.73 - 0.2) + 2.73^2 \right] = 4.492$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{4.492 + \sqrt{4.492^2 - 0.546^2}} = 0.112$$

$$N_{b.Rd.z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.112 \cdot 1710 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 67.99 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b.z} = \frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd.z}} = \frac{39.948 \cdot \text{kN}}{67.99 \cdot \text{kN}} = 0.588 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení prostorového vzpěru a zkroucení - 1993-1-1 6.3.1.4**

Předpoklad:

Pruty s uzavřeným průřezem nejsou náchylné na prostorový vzper a zkroucení

### **Posouzení klopení - 1993-1-1 6.3.2**

Kruhové duté průřezy nejsou citlivé na klopení

$$\chi_{LT} = 1$$

### **Souhrn využití**

Posouzení na tah	$\eta_t = 0.289$
Posouzení na prostý tlak	$\eta_c = 0.066$
Posouzení na ohyb kolem osy y	$\eta_{Mc.y} = 0.018$
Posouzení na ohyb kolem osy z	$\eta_{Mc.z} = 8.103 \times 10^{-3}$
Posouzení na smyk ve směru y	$\eta_{v.y} = 0$
Posouzení na smyk ve směru z	$\eta_{v.z} = 1.838 \times 10^{-3}$
Posouzení na vzpěr kolem osy	$\eta_{b.y} = 0.072$
Posouzení na vzpěr kolem osy	$\eta_{b.z} = 0.588$

$$W_{pl.z} = \text{round}\left(\frac{W_{pl.z}}{\text{mm}^3}, 3\right) = 7.37 \times 10^4$$

$$W_{pl.z} = \backslash$$

$$\varepsilon = \text{round}(\varepsilon, 3) = 0.814$$

$$\text{vyhovuje} = 1$$

$$\text{nevyhovuje} = 2$$

$$N_{t.Rd} = \text{round}\left(\frac{N_{t.Rd}}{\text{kN}}, 3\right) = 607.05$$

$$N_{t.Rd}$$

$$\eta_t = \begin{cases} (\text{vyhovuje}) & \text{if } \eta_t \leq 1 \\ (\text{nevyhovuje}) & \text{if } \eta_t > 1 \end{cases}$$

$$\eta_t = \frac{N_{Ed,t}}{N_{t,Rd}} = \frac{175.201 \cdot \text{kN}}{607.05 \cdot \text{kN}} = 0.289$$

$$N_{c,Rd} = \text{round}\left(\frac{N_{c,Rd}}{\text{kN}}, 3\right) = 607.05 \quad N_{c,Rd} = N$$

$$\eta_c = \begin{cases} (\text{vyhovuje}) & \text{if } \eta_c \leq 1 \\ (\text{nevyhovuje}) & \text{if } \eta_c > 1 \end{cases}$$

$$\eta_c = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{39.948 \cdot \text{kN}}{607.05 \cdot \text{kN}} = 0.066$$

$$M_{c,Rd,y} = \text{round}\left(\frac{M_{c,Rd,y}}{\text{kN} \cdot \text{m}}, 3\right) = 26.164 \quad M_{c,Rd,y} = M_{c,Rd,y} \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{Mc,y} = \begin{cases} (\text{vyhovuje}) & \text{if } \eta_{Mc,y} \leq 1 \\ (\text{nevyhovuje}) & \text{if } \eta_{Mc,y} > 1 \end{cases}$$

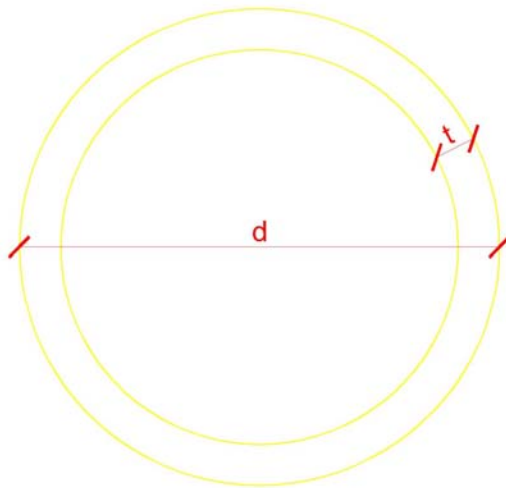
$$\eta_{Mc,y} = \frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd,y}} = \frac{0.468 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{26.164 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.018$$

$$M_{c,Rd,z} = \text{round}\left(\frac{M_{c,Rd,z}}{\text{kN} \cdot \text{m}}, 3\right) = 26.164 \quad M_{c,Rd,z} = M_{c,Rd,z} \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{Mc,z} = \begin{cases} (\text{vyhovuje}) & \text{if } \eta_{Mc,z} \leq 1 \\ (\text{nevyhovuje}) & \text{if } \eta_{Mc,z} > 1 \end{cases}$$

### 3. 4. Posudek svislice

#### Zatřídění profilu



$$d = 42.4\text{mm}$$

$$t = 3.2\text{mm}$$

$$A = 394.0\text{mm}^2$$

$$I_y = 76200.0\text{mm}^4$$

$$W_{pl.y} = 4930.0 \cdot \text{mm}^3$$

$$I_z = I_y = 7.62 \times 10^4 \cdot \text{mm}^4$$

$$W_{pl.z} = W_{pl.y} = 4.93 \times 10^3 \cdot \text{mm}^3$$

$$f_y = 355\text{MPa}$$

$$E = 210\text{GPa}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235\text{MPa}}{f_y}} = \sqrt{\frac{235 \cdot \text{MPa}}{355 \cdot \text{MPa}}} = 0.814$$

$$\text{třída} = \begin{cases} (1) & \text{if } \frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon \\ (2) & \text{if } 50 \cdot \varepsilon < \frac{d}{t} < 70 \cdot \varepsilon \\ 3 & \text{if } 70 \cdot \varepsilon < \frac{d}{t} < 90 \cdot \varepsilon \\ 4 & \text{if } 90 \cdot \varepsilon < \frac{d}{t} \end{cases} = 1$$

**Posouzení na tah - 1993-1-1 6.2.3**

Prut číslo 281

$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad N_{Ed,t} = 20.961 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{394.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 139.87 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_t = \frac{N_{Ed,t}}{N_{t,Rd}} = \frac{20.961 \cdot \text{kN}}{139.87 \cdot \text{kN}} = 0.150 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení na prostý tlak - 1993-1-1 6.2.4**

- vyplněné díry (pro připojení střešního pláště) v tlačené části lze zanedbat

Prut číslo 137

$$\text{Zjištěné síly: } N_{c,Ed} = 18.935 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{394.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 139.87 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_c = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{18.935 \cdot \text{kN}}{139.87 \cdot \text{kN}} = 0.135 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení vzpěru kolem osy y - 1993-1-1 6.3.**

Prut číslo 137

$$N_{c,Ed} = 18.789 \text{ kN} \quad \gamma_{M1} = 1.00$$

$$L_{cr,y} = 2.600 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 76200.0 \cdot \text{mm}^4}{(2.600 \cdot \text{m})^2} = 23.363 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed} \cdot \gamma_{M1}}{N_{cr,y}} = \frac{18.789 \cdot \text{kN} \cdot 1.00}{23.363 \cdot \text{kN}} = 0.804 > 0,04 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{394.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{23.363 \cdot \text{kN}}} = 2.447 > 0,2 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

křivka a -  $\alpha = 0.21$

$$\phi_y = 0.5 \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2 \right] = 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.21 \cdot (2.447 - 0.2) + 2.447^2 \right] = 3.73$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{3.73 + \sqrt{3.73^2 - 2.447^2}} = 0.153$$

$$N_{b.Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.153 \cdot 394.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 21.4 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b,y} = \frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd,y}} = \frac{18.789 \cdot \text{kN}}{21.4 \cdot \text{kN}} = 0.878 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení vzpěru kolem osy z - 1993-1-1 6.3.**

Vzpěrná délka je v obou osách stejná

$$\chi_z = \chi_y = 0.153$$

$$N_{b.Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.153 \cdot 394.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 21.4 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b,z} = \frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd,z}} = \frac{18.789 \cdot \text{kN}}{21.400 \cdot \text{kN}} = 0.878 < 1$$

=  $\eta_{b,z}$

### **Posouzení prostorového vzpěru a zkroucení - 1993-1-1 6.3.1.4**

Předpoklad:

Pruty s uzavřeným průřezem nejsou náchylné na prostorový vzpěr a zkroucení

**Souhrn využití**

Posouzení na tah

$$\eta_t = 0.15$$

Posouzení na prostý tlak

$$\eta_c = 0.134$$

Posouzení na vzpěr kolem osy y

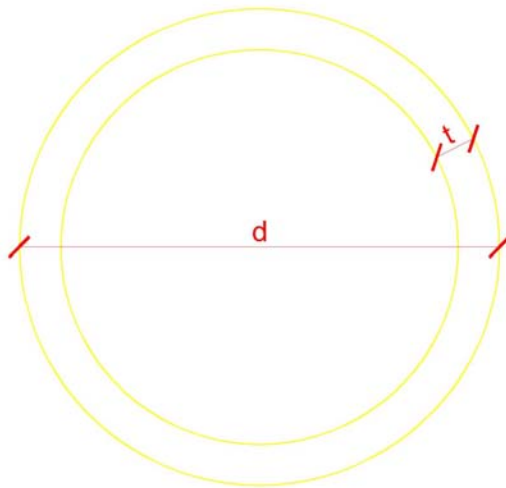
$$\eta_{b,y} = 0.878$$

Posouzení na vzpěr kolem osy z

$$\eta_{b,z} = 0.878$$

### 3. 5. Posudek tažené diagonály

#### Zatřídění profilu



$$d = 76.1 \text{ mm}$$

$$t = 3.2 \text{ mm}$$

$$A = 733.0 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 488000.0 \text{ mm}^4$$

$$I_z = I_y = 4.88 \times 10^5 \cdot \text{mm}^4$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = \sqrt{\frac{235 \cdot \text{MPa}}{355 \cdot \text{MPa}}} = 0.814$$

$$\text{třída} = \left| \begin{array}{ll} (1) & \text{if } \frac{d}{t} < 50 \cdot \varepsilon \\ (2) & \text{if } 50 \cdot \varepsilon < \frac{d}{t} < 70 \cdot \varepsilon \\ 3 & \text{if } 70 \cdot \varepsilon < \frac{d}{t} < 90 \cdot \varepsilon \\ 4 & \text{if } 90 \cdot \varepsilon < \frac{d}{t} \end{array} \right. = 1$$

**Posouzení na tah - 1993-1-1 6.2.3**

Prut číslo 116

$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad N_{Ed,t} = 117.064 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{733.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 260.215 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_t = \frac{N_{Ed,t}}{N_{t,Rd}} = \frac{117.064 \cdot \text{kN}}{260.215 \cdot \text{kN}} = 0.450 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení na prostý tlak - 1993-1-1 6.2.4**

- vyplněné díry (pro připojení střešního pláště) v tlačené části lze zanedbat

Prut číslo 479

$$\text{Zjištěné síly: } N_{c,Ed} = 32.077 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{733.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 260.215 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_c = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{32.077 \cdot \text{kN}}{260.215 \cdot \text{kN}} = 0.123 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení vzpěru kolem osy y - 1993-1-1 6.3.**

Prut číslo 479

$$N_{c,Ed} = 32.077 \text{ kN} \quad \gamma_{M1} = 1.00$$

$$L_{cr,y} = 2.828 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 488000.0 \cdot \text{mm}^4}{(2.828 \cdot \text{m})^2} = 126.468 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed} \cdot \gamma_{M1}}{N_{cr,y}} = \frac{32.077 \cdot \text{kN} \cdot 1.00}{126.468 \cdot \text{kN}} = 0.254 > 0,04 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{733.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{126.468 \cdot \text{kN}}} = 1.434 > 0,2 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

křivka a -  $\alpha = 0.21$

$$\phi_y = 0.5 \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2 \right] = 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.21 \cdot (1.434 - 0.2) + 1.434^2 \right] = 1.658$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1.658 + \sqrt{1.658^2 - 1.434^2}} = 0.402$$

$$N_{b.Rd,y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.402 \cdot 733.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 104.606 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b,y} = \frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd,y}} = \frac{32.077 \cdot \text{kN}}{104.606 \cdot \text{kN}} = 0.307 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení vzpěru kolem osy z - 1993-1-1 6.3.**

Vzpěrná délka je v obou osách stejná

$$\chi_z = \chi_y = 0.402$$

$$N_{b.Rd,z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.402 \cdot 733.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 104.606 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b,z} = \frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd,z}} = \frac{32.077 \cdot \text{kN}}{104.606 \cdot \text{kN}} = 0.307 < 1$$

$$= \eta_{b,z}$$

### **Posouzení prostorového vzpěru a zkroucení - 1993-1-1 6.3.1.4**

Předpoklad:

Pruty s uzavřeným průřezem nejsou náchylné na prostorový vzpěr a zkroucení

**Souhrn využití**

Posouzení na tah

$$\eta_t = 0.45$$

Posouzení na prostý tlak

$$\eta_c = 0.123$$

Posouzení na vzpěr kolem osy y

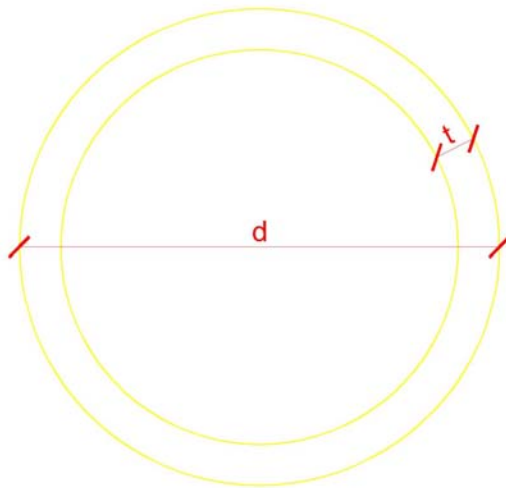
$$\eta_{b,y} = 0.307$$

Posouzení na vzpěr kolem osy z

$$\eta_{b,z} = 0.307$$

### 3. 6. Posudek tlačené diagonály

#### Zatřídění profilu



$$d = 76.1 \text{ mm}$$

$$t = 3.2 \text{ mm}$$

$$A = 733.0 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 488000.0 \text{ mm}^4$$

$$I_z = I_y = 4.88 \times 10^5 \cdot \text{mm}^4$$

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$$\epsilon = \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = \sqrt{\frac{235 \cdot \text{MPa}}{355 \cdot \text{MPa}}} = 0.814$$

$$\text{třída} = \begin{cases} (1) & \text{if } \frac{d}{t} < 50 \cdot \epsilon \\ (2) & \text{if } 50 \cdot \epsilon < \frac{d}{t} < 70 \cdot \epsilon \\ 3 & \text{if } 70 \cdot \epsilon < \frac{d}{t} < 90 \cdot \epsilon \\ 4 & \text{if } 90 \cdot \epsilon < \frac{d}{t} \end{cases} = 1$$

**Posouzení na tah - 1993-1-1 6.2.3**

Prut číslo 315

$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad N_{Ed,t} = 23.928 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{733.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 260.215 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_t = \frac{N_{Ed,t}}{N_{t,Rd}} = \frac{23.928 \cdot \text{kN}}{260.215 \cdot \text{kN}} = 0.092 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení na prostý tlak - 1993-1-1 6.2.4**

- vyplněné díry (pro připojení střešního pláště) v tlačené části lze zanedbat

Prut číslo 154

$$\text{Zjištěné síly: } N_{c,Ed} = 82.689 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{733.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 260.215 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_c = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{82.689 \cdot \text{kN}}{260.215 \cdot \text{kN}} = 0.318 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení vzpěru kolem osy y - 1993-1-1 6.3.**

Prut číslo 154

$$N_{c,Ed} = 82.689 \text{ kN} \quad \gamma_{M1} = 1.00$$

$$L_{cr,y} = 3.124 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 488000.0 \cdot \text{mm}^4}{(3.124 \cdot \text{m})^2} = 103.637 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{c.Ed} \cdot \gamma_{M1}}{N_{cr.y}} = \frac{82.689 \cdot \text{kN} \cdot 1.00}{103.637 \cdot \text{kN}} = 0.798 > 0,04 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.y}}} = \sqrt{\frac{733.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{103.637 \cdot \text{kN}}} = 1.585 > 0,2 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

křivka a -  $\alpha = 0.21$

$$\phi_y = 0.5 \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2 \right] = 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.21 \cdot (1.585 - 0.2) + 1.585^2 \right] = 1.902$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1.902 + \sqrt{1.902^2 - 1.585^2}} = 0.339$$

$$N_{b.Rd.y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.339 \cdot 733.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 88.213 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b.y} = \frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd.y}} = \frac{82.689 \cdot \text{kN}}{88.213 \cdot \text{kN}} = 0.937 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení vzpěru kolem osy z - 1993-1-1 6.3.**

Vzpěrná délka je v obou osách stejná

$$\chi_z = \chi_y = 0.339$$

$$N_{b.Rd.z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.339 \cdot 733.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 88.213 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b.z} = \frac{N_{c.Ed}}{N_{b.Rd.z}} = \frac{82.689 \cdot \text{kN}}{88.213 \cdot \text{kN}} = 0.937 < 1$$

$$= \eta_{b.z}$$

### **Posouzení prostorového vzpěru a zkroucení - 1993-1-1 6.3.1.4**

Předpoklad:

Pruty s uzavřeným průřezem nejsou náchylné na prostorový vzpěr a zkroucení

***Souhrn využití***

Posouzení na tah

$$\eta_t = 0.092$$

Posouzení na prostý tlak

$$\eta_c = 0.318$$

Posouzení na vzpěr kolem osy y

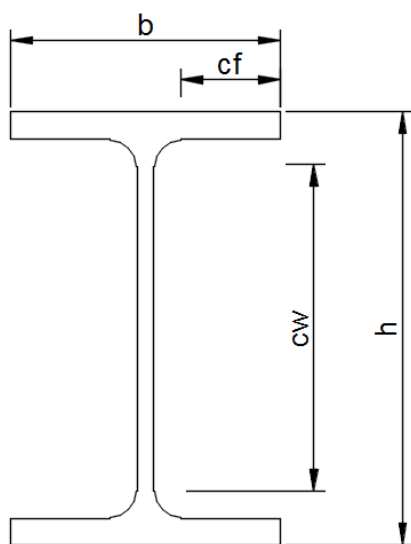
$$\eta_{b,y} = 0.937$$

Posouzení na vzpěr kolem osy z

$$\eta_{b,z} = 0.937$$

### 3.7. Posouzení sloupu

#### Zatřídění profilu



$$h = 390\text{mm}$$

$$b = 300\text{mm}$$

$$t_w = 11\text{mm}$$

$$c_w = 112.2\text{mm}$$

$$t_f = 19\text{mm}$$

$$c_f = 117.5\text{mm}$$

$$A = 8680.0\text{mm}^2$$

$$I_y = 4.507 \cdot 10^8 \text{mm}^4 \quad W_{pl,y} = 2560000.0\text{mm}^3$$

$$I_z = 85600000.0\text{mm}^4 \quad W_{pl,z} = 872864.0\text{mm}^3$$

$$f_y = 355\text{MPa}$$

$$E = 210\text{GPa}$$

$$h_w = h - 2 \cdot t_f = 352 \cdot \text{mm}$$

$$L = 6\text{m}$$

$$\epsilon = \sqrt{\frac{235\text{MPa}}{f_y}} = \sqrt{\frac{235 \cdot \text{MPa}}{355 \cdot \text{MPa}}} = 0.814$$

$$r = 24.0\text{mm}$$

#### Stojina

$$\text{třída} = \begin{cases} (1) & \text{if } \frac{c_w}{t_w} < 72 \cdot \epsilon \\ (2) & \text{if } 72 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} < 83 \cdot \epsilon \\ 3 & \text{if } 83 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} < 124 \cdot \epsilon \\ 4 & \text{if } 124 \cdot \epsilon < \frac{c_w}{t_w} \end{cases}$$

$$= 1$$

#### Pásnice

$$\text{třída} = \begin{cases} (1) & \text{if } \frac{c_f}{t_f} < 9 \cdot \epsilon \\ (2) & \text{if } 9 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} < 10 \cdot \epsilon \\ 3 & \text{if } 10 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} < 14 \cdot \epsilon \\ 4 & \text{if } 14 \cdot \epsilon < \frac{c_f}{t_f} \end{cases}$$

$$= 1$$

**Posouzení na tah - 1993-1-1 6.2.3**

prut číslo 598

$$d = 4 \cdot 18 \text{ mm} = 72 \cdot \text{mm}$$

$$A_{\text{net}} = A - d \cdot t_f = 8680.0 \cdot \text{mm}^2 - 72 \cdot \text{mm} \cdot 19 \cdot \text{mm} = 7.312 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad N_{\text{Ed},t} = 57.2 \text{ kN}$$

$$N_{\text{net},\text{Rd}} = \frac{A_{\text{net}} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7312 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 2.596 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_t = \frac{N_{\text{Ed},t}}{N_{\text{net},\text{Rd}}} = \frac{57.2 \cdot \text{kN}}{2595.76 \cdot \text{kN}} = 0.022 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení na prostý tlak - 1993-1-1 6.2.4**

prut číslo 82

Zjištěné síly:  $N_{\text{Ed}} = 189.088 \text{ kN}$

$$N_{\text{c},\text{Rd}} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{8680.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 3.081 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_c = \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{c},\text{Rd}}} = \frac{189.088 \cdot \text{kN}}{3081.4 \cdot \text{kN}} = 0.061 < 1$$

= vyhovuje

**Posouzení na ohyb kolem osy y - 1993-1-1 6.2.5**

Předpoklady: - vyplněné díry (pro připojení střešního pláště) v tlačené části lze zanedbat  
- díry v dolním pásu (pro připojení vaznice na hlavní nosník) jsou v oblasti nulových momentů

prut číslo 534

$$M_{y,\text{Ed}} = 197.693 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{c.Rd.y} = \frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2560000.0 \cdot \text{mm}^3 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 908.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{Mc.y} = \frac{M_{y.Ed}}{M_{c.Rd.y}} = \frac{197.693 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{908.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.218 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení na ohyb kolem osy z - 1993-1-1 6.2.5**

prut číslo 104

$$M_{z.Ed} = 12.064 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad - \text{způsobeno umístěním ztužidla}$$

$$M_{c.Rd.z} = \frac{W_{pl.z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{872864.0 \cdot \text{mm}^3 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 309.867 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{Mc.z} = \frac{M_{z.Ed}}{M_{c.Rd.z}} = \frac{12.064 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{309.867 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.039 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení na smyk ve směru z - 1993-1-1 6.2.6**

prut číslo 534

$$V_{Ed.z} = 37.248 \text{ kN}$$

Smyková plocha pro válcovaný profil I

$$A_{v.z} = 5735.0 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl.Rd.z} = \frac{A_{v.z} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{5735.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}}}{1.00} = 1.175 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{v.z} = \frac{V_{Ed.z}}{V_{pl.Rd.z}} = \frac{37.248}{1175.442} = 0.032 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení na smyk ve směru y - 1993-1-1 6.2.6**

prut číslo 105

$$V_{Ed.y} = 12.989 \text{ kN}$$

Smyková plocha pro válcovaný profil I

$$A_{v.y} = 6736.3 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl.Rd.y} = \frac{A_{v.y} \cdot \left( \frac{f_y}{\sqrt{3}} \right)}{\gamma_{M0}} = \frac{6736.3 \cdot \text{mm}^2 \cdot \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}}}{1.00} = 1.381 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{v.y} = \frac{V_{Ed.y}}{V_{pl.Rd.y}} = \frac{12.989}{1380.668} = 9.408 \times 10^{-3} < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení únosnosti ve smyku při boulení - 1993-1-5 , 5.1**

Pro nevyztužené stojiny

$$\eta = 1.2$$

$$\frac{h_w}{t_w} < \frac{72\varepsilon}{\eta} = \frac{352}{11 \cdot \text{mm}} < \frac{72 \cdot 0.814}{1.2}$$

$$\frac{h_w}{t_w} = 32 < \frac{72\varepsilon}{\eta} = 48.84$$

Boulení ve smyku nenastane

### **Posouzení únosnosti na ohyb a osovou sílu - 1993-1-1 6.2.9**

tlaková síla

$$N_{Ed} = 189.088 \cdot \text{kN}$$

$$M_{y,Ed} = 14.370 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Předpoklady, zda ovlivní normálová síla ohybovou pevnost

$$N_{Ed} < 0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y = 189.088 \cdot \text{kN} < 0.5 \cdot 352 \cdot \text{mm} \cdot 11 \cdot \text{mm} \cdot 355 \cdot \text{MPa}$$

$$N_{Ed} = 189.088 \cdot \text{kN} < 0.5 \cdot h_w \cdot t_w \cdot f_y = 687.28 \cdot \text{kN}$$

= vyhovuje

$$\eta_{v,z} = \frac{V_{Ed,z}}{V_{pl,Rd,z}} = \frac{37.248}{1175.442} = 0.032$$

< 0.5 - neredukuje ohybovou únosnost (6.2.10)

Ohybová únosnost se neredukuje

### **Posouzení vzpěru kolem osy y - 1993-1-1 6.3.**

$$N_{Ed} = 189.088 \cdot \text{kN} \quad \gamma_{M1} = 1.00$$

$$L_{cr} = 22 \text{ m}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_y}{L_{cr}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 4.507 \cdot 10^8 \cdot \text{mm}^4}{(22 \cdot \text{m})^2} = 1.93 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{N_{cr,y}} = \frac{189.088 \cdot \text{kN} \cdot 1.00}{1930.017 \cdot \text{kN}} = 0.098 > 0.04 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{8680.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1930.017 \cdot \text{kN}}} = 1.264 > 0.2 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

křivka b -

$$\phi = 0.5 \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.34 \cdot (1.264 - 0.2) + 1.264^2 \right] = 1.48$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_y^2}} = \frac{1}{1.48 + \sqrt{1.48^2 - 1.264^2}} = 0.444$$

$$N_{b.Rd.y} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.444 \cdot 8680.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 1.368 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b.y} = \frac{N_{Ed}}{N_{b.Rd.y}} = \frac{189.088 \cdot \text{kN}}{1368.142 \cdot \text{kN}} = 0.138 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení vzpěru kolem osy z - 1993-1-1 6.3.**

$$N_{Ed} = 189.088 \cdot \text{kN} \quad \gamma_{M1} = 1.00$$

$$L_{cr} = 1\text{m}$$

$$N_{cr.z} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_z}{L_{cr}^2} = \pi^2 \cdot \frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 85600000.0 \cdot \text{mm}^4}{1\text{m}^2} = 1.774 \times 10^5 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{N_{cr.z}} = \frac{189.088 \cdot \text{kN} \cdot 1.00}{177416.009 \cdot \text{kN}} = 1.066 \times 10^{-3}$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr.z}}} = \sqrt{\frac{8680.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{177416.009 \cdot \text{kN}}} = 0.132 > 0,2 - \text{je nutné posoudit vzpěr}$$

křivka b -  $\alpha = 0.34$

$$\phi = 0.5 \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.34 \cdot (0.132 - 0.2) + 0.132^2 \right] = 0.497$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{0.497 + \sqrt{0.497^2 - 0.132^2}} = 1.024$$

$$N_{b.Rd.z} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1.024 \cdot 8680.0 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 3.155 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_{b,z} = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = \frac{189.088 \cdot \text{kN}}{3155.354 \cdot \text{kN}} = 0.06 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení klopení - STN EN 1993 -1 -1/NA**

$$I_z = 85600000.0 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_t = 1900000.0 \text{mm}^4$$

$$I_w = 2.942 \cdot 10^{12} \text{mm}^6$$

$$z_g = \frac{h}{2} = \frac{390 \cdot \text{mm}}{2} = 195 \cdot \text{mm}$$

$$k_z = 1$$

$$L = 1000 \text{mm}$$

$$M_{y,Ed} = 197.693 \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$G = 81 \text{GPa}$$

$$\frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1000 \cdot \text{mm}} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 2.942 \cdot 10^{12} \cdot \text{mm}^6}{81 \cdot \text{GPa} \cdot 1900000.0 \cdot \text{mm}^4}} = 6.295$$

$$\frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0.195 \cdot \text{m}}{1000 \cdot \text{mm}} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot \text{GPa} \cdot 85600000.0 \cdot \text{mm}^4}{81 \cdot \text{GPa} \cdot 1900000.0 \cdot \text{mm}^4}} = 6.621$$

$$z_j = 0$$

$$\mu_{cr} = 0.443$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L}$$

$$M_{cr} = 0.443 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot \text{GPa} \cdot 85600000.0 \cdot \text{mm}^4 \cdot 81 \cdot \text{GPa} \cdot 1900000.0 \cdot \text{mm}^4}}{1000 \cdot \text{mm}}$$

$$M_{cr} = 2.315 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl.y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2560000.0 \cdot \text{mm}^3 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{2314831.79299568 \cdot \text{J}}} = 0.627$$

křivka b -  $\alpha = 0.34$

$$\phi = 0.5 \left[ 1 + \alpha \cdot (\lambda_{LT} - 0.2) + \lambda_{LT}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.34 \cdot (0.627 - 0.2) + 0.627^2 \right] = 0.76$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0.769 + \sqrt{0.769^2 - 0.627^2}} = 0.824$$

$$\chi_{LT} = \min \left( \chi_{LT}, 1, \frac{1}{\lambda_{LT}^2} \right)_{\text{explicit}}, \chi_{LT}, \lambda_{LT} = \min \left( 0.824, 1, \frac{1}{0.627^2} \right) = 0.824$$

$$M_{b.Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{pl.y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.824 \cdot W_{pl.y} \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 748.851 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\eta_{Mb} = \frac{M_{y.Ed}}{M_{b.Rd}} = \frac{197.693 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{748.851 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.264 < 1$$

= vyhovuje

### **Posouzení ohybu a osového tlaku - 1993-1-1 6.3.3**

určení součinitelů interakce metodou 2

Prut číslo 302

$$N_{Ed} = 79.83 \text{ kN}$$

$$M_{y.Ed} = 197.693 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{y.Rk} = M_{c.Rd.y} = 908.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

osa y - lineární diagram

$$\psi_y = \frac{160}{197} = 0.812$$

$$C_{my} = 0.6 + 0.4 \cdot \psi_y = 0.6 + 0.4 \cdot 0.812 = 0.925$$

osa z - nevznikají momenty

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left[ 1 + (\lambda_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b.Rd.y}} \right] = 0.925 \cdot \left[ 1 + (1.264 - 0.2) \cdot \frac{79.83 \cdot \text{kN}}{1368.142 \cdot \text{kN}} \right] =$$

$$k_{yy.max} = C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{N_{b.Rd.y}} \right) = 0.925 \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{79.83 \cdot \text{kN}}{1368.142 \cdot \text{kN}} \right) = 0.968$$

$$k_{yy} = \min(k_{yy}, k_{yy.max}) = \min(0.982, 0.968) = 0.968$$

vybočení v ose y (rovnice 6.61)

$$\eta_a = \frac{N_{Ed}}{N_{b.Rd.y}} + \frac{k_{yy} \cdot M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y.Rk}} = \frac{79.83 \cdot \text{kN}}{1368.142 \cdot \text{kN}} + \frac{0.968 \cdot 197.693 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}}{0.824 \cdot 908.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}} = 0.314$$

= vyhovuje

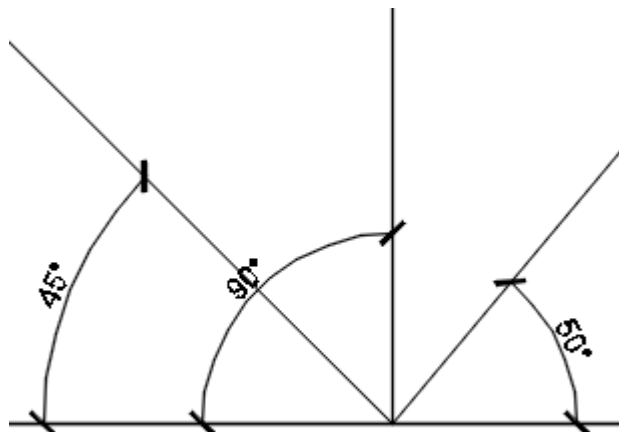
- nosník není náchylný na vybočení okolo osy z

### **Souhrn využití**

Posouzení na tah	$\eta_t = 0.022$
Posouzení na prostý tlak	$\eta_c = 0.061$
Posouzení na ohyb kolem osy y	$\eta_{Mc.y} = 0.218$
Posouzení na ohyb kolem osy z	$\eta_{Mc.z} = 0.039$
Posouzení na smyk ve směru y	$\eta_{v.y} = 9.408 \times 10^{-3}$
Posouzení na smyk ve směru z	$\eta_{v.z} = 0.032$
Posouzení na vzpěr kolem osy y	$\eta_{b.y} = 0.138$
Posouzení na vzpěr kolem osy z	$\eta_{b.z} = 0.06$
Posouzení na klopení	$\eta_{Mb} = 0.264$
Posouzení ohybu a osového tlaku - 6.61	$\eta_a = 0.314$

### 3. 8. Posouzení styčnicku dolního pásu

#### Vnitřní síly



$$t_0 = 4\text{mm}$$

$$t_1 = 3.2\text{mm}$$

$$t_2 = 3.2\text{mm}$$

$$t_3 = 3.2\text{mm}$$

$$d_0 = 139.7\text{mm}$$

$$d_1 = 76.1\text{mm}$$

$$d_2 = 42.4\text{mm}$$

$$d_3 = 76.1\text{mm}$$

$$\theta_1 = 50.19\text{deg}$$

$$\theta_2 = 90\text{deg}$$

$$\theta_3 = 45\text{deg}$$

$$N_{\text{Ed}.0} = 130.762\text{kN} \quad N_{\text{Ed}.1} = 112.24\text{kN} \quad N_{\text{Ed}.2} = 17.287\text{kN} \quad N_{\text{Ed}.3} = 80.154\text{kN}$$

$$f_u = 490\text{MPa}$$

$$\gamma_{\text{M}2} = 1.25$$

$$\beta_w = 0.9 \quad \text{-pro nejnižší třídu pevnost (S355)}$$

$$t = \min(t_1, t_2, t_3, t_0) = \min(3.2\cdot\text{mm}, 3.2\cdot\text{mm}, 3.2\cdot\text{mm}, 4\cdot\text{mm}) = 3.2\cdot\text{mm}$$

$$a_{\text{max}} = 1.1 \cdot t = 1.1 \cdot 3.2\cdot\text{mm} = 3.52\cdot\text{mm}$$

$$a = 3\text{mm}$$

#### Posouzení svaru na diagonále 1

$$\theta = \theta_1 = 50.19 \cdot \text{deg}$$

$$N_{\text{Ed}} = N_{\text{Ed},1} = 112.24 \cdot \text{kN}$$

$$L_1 = \pi \cdot d_1 = \pi \cdot d_1 = 239.075 \cdot \text{mm}$$

$$A = L_1 \cdot a = L_1 \cdot 3 \cdot \text{mm} = 717.225 \cdot \text{mm}^2$$

$$\sigma_{\text{kolm}} = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot \sin(\theta)}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{112.24 \cdot \text{kN} \cdot \sin(50.19 \cdot \text{deg})}{717.225 \cdot \text{mm}^2 \cdot \sqrt{2}} = 85.003 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{\text{kolm}} = \sigma_{\text{kolm}} = 85.003 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot \cos(\theta)}{A} = \frac{112.24 \cdot \text{kN} \cdot \cos(50.19 \cdot \text{deg})}{717.225 \cdot \text{mm}^2} = 100.193 \cdot \text{MPa}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{\sigma_{\text{kolm}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{kolm}}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2}}{\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{\text{M2}}}}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{(85.003 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (85.003 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (100.193 \cdot \text{MPa})^2}}{\frac{490 \cdot \text{MPa}}{0.9 \cdot 1.25}} = 0.558$$

$$\eta_{\text{kolm}} = \frac{\sigma_{\text{kolm}}}{\left( \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{\text{M2}}} \right)} = \frac{85.003 \cdot \text{MPa}}{\frac{0.9 \cdot 490 \cdot \text{MPa}}{1.25}} = 0.241$$

### **Posouzení svaru na svislici 2**

$$\theta = \theta_2 = 90 \cdot \text{deg}$$

$$N_{\text{Ed}} = N_{\text{Ed},2} = 17.287 \cdot \text{kN}$$

$$L_2 = \pi \cdot d_2 = \pi \cdot 42.4 \cdot \text{mm} = 133.204 \cdot \text{mm}$$

$$A = L_2 \cdot a = 133.204 \cdot \text{mm} \cdot 3 \cdot \text{mm} = 399.612 \cdot \text{mm}^2$$

$$\sigma_{\text{kolm}} = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot \sin(\theta)}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{17.287 \cdot \text{kN} \cdot \sin(90 \cdot \text{deg})}{399.612 \cdot \text{mm}^2 \cdot \sqrt{2}} = 30.589 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{\text{kolm}} = \sigma_{\text{kolm}} = 30.589 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot \cos(\theta)}{A} = \frac{17.287 \cdot \text{kN} \cdot \cos(90 \cdot \text{deg})}{399.612 \cdot \text{mm}^2} = 0 \cdot \text{MPa}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{\sigma_{\text{kolm}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{kolm}}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2}}{\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{(30.589 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (30.589 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (0 \cdot \text{MPa})^2}}{\frac{490 \cdot \text{MPa}}{0.9 \cdot 1.25}} = 0.14$$

$$\eta_{\text{kolm}} = \frac{\sigma_{\text{kolm}}}{\left( \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \right)} = \frac{30.589 \cdot \text{MPa}}{\frac{0.9 \cdot 490 \cdot \text{MPa}}{1.25}} = 0.087$$

### **Posouzení svaru diagonále 3**

$$\theta = \theta_3 = 45 \cdot \text{deg}$$

$$N_{\text{Ed}} = N_{\text{Ed},3} = 80.154 \cdot \text{kN}$$

$$L_3 = \pi \cdot d_3 = \pi \cdot 76.1 \cdot \text{mm} = 239.075 \cdot \text{mm}$$

$$A = L_3 \cdot a = 239.075 \cdot \text{mm} \cdot 3 \cdot \text{mm} = 717.225 \cdot \text{mm}^2$$

$$\sigma_{\text{kolm}} = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot \sin(\theta)}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{80.154 \cdot \text{kN} \cdot \sin(45 \cdot \text{deg})}{717.225 \cdot \text{mm}^2 \cdot \sqrt{2}} = 55.878 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{\text{kolm}} = \sigma_{\text{kolm}} = 55.878 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot \cos(\theta)}{A} = \frac{80.154 \cdot \text{kN} \cdot \cos(45 \cdot \text{deg})}{717.225 \cdot \text{mm}^2} = 79.023 \cdot \text{MPa}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{\sigma_{\text{kolm}}^2 + 3 \cdot \tau_{\text{kolm}}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2}}{\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{(55.878 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (55.878 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (79.023 \cdot \text{MPa})^2}}{\frac{490 \cdot \text{MPa}}{0.9 \cdot 1.25}} = 0.406$$

$$\eta_{\text{kolm}} = \frac{\sigma_{\text{kolm}}}{\left( \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \right)} = \frac{55.878 \cdot \text{MPa}}{\frac{0.9 \cdot 490 \cdot \text{MPa}}{1.25}} = 0.158$$

Rozsah platnosti

$$0.2 < \frac{d_1}{d_0} = \frac{76.1 \cdot \text{mm}}{139.7 \cdot \text{mm}} = 0.545 < 1 - \text{vyhovuje}$$

$$0.2 < \frac{d_2}{d_0} = \frac{42.4 \cdot \text{mm}}{139.7 \cdot \text{mm}} = 0.304 < 1 - \text{vyhovuje}$$

$$0.2 < \frac{d_2}{d_0} = \frac{42.4 \cdot \text{mm}}{139.7 \cdot \text{mm}} = 0.304 < 1 - \text{vyhovuje}$$

pás

$$10 < \frac{d_0}{t_0} = \frac{139.7 \cdot \text{mm}}{4 \cdot \text{mm}} = 34.925 < 50 - \text{vyhovuje}$$

mezipásové pruty

$$10 < \frac{d_1}{t_1} = \frac{76.1 \cdot \text{mm}}{3.2 \cdot \text{mm}} = 23.781 < 50 - \text{vyhovuje}$$

$$10 < \frac{d_2}{t_2} = \frac{42.4 \cdot \text{mm}}{3.2 \cdot \text{mm}} = 13.25 < 50 - \text{vyhovuje}$$

$$10 < \frac{d_3}{t_3} = \frac{76.1 \cdot \text{mm}}{3.2 \cdot \text{mm}} = 23.781 < 50 - \text{vyhovuje}$$

$$q_{12} = -25 \text{mm}$$

$$q_{23} = -15.2 \text{mm}$$

$$e_1 = 15 \text{mm} < 0.25 \cdot d_0 = 0.25 \cdot 139.7 \cdot \text{mm} = 34.925 \cdot \text{mm}$$

$$e_2 = 10 \text{mm} < 0.25 \cdot d_0 = 0.25 \cdot 139.7 \cdot \text{mm} = 34.925 \cdot \text{mm}$$

-excentricity jsou zanedbatelné

Přesah

$$0.25 < \lambda_{1.2.ov} = 0.252 < 0.8 - \text{vyhovuje}$$

$$0.25 < \lambda_{2.3.ov} = 0.358 < 0.8 - \text{vyhovuje}$$

**Porušení povrchu pásu styčnicku**

tažená diagonála - 1

$$k_p = 1$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{139.7 \cdot \text{mm}}{2 \cdot 4 \cdot \text{mm}} = 17.462$$

$$k_g = 3.2 \quad - \text{dle 1993-1-8 (obrázek 7.6)}$$

$$f_{y,0} = 355 \text{ MPa}$$

$$\gamma_5 = 1$$

$$N_{1.Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y,0} \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \frac{\left(1.8 + 10.2 \cdot \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3 \cdot d_0}\right)}{\gamma_5}$$

$$N_{1.Rd} = \frac{3.2 \cdot 355 \cdot \text{MPa} \cdot (4 \cdot \text{mm})^2}{\sin(50.19 \cdot \text{deg})} \cdot \frac{1.8 + 10.2 \cdot \frac{76.1 \cdot \text{mm} + 42.4 \cdot \text{mm} + 76.1 \cdot \text{mm}}{3 \cdot 139.7 \cdot \text{mm}}}{1}$$

$$N_{1.Rd} = 154.654 \cdot \text{kN}$$

$$N_{2.Rd} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)} \cdot N_{1.Rd} = \frac{\sin(50.19 \cdot \text{deg})}{\sin(90 \cdot \text{deg})} \cdot 154.654 \cdot \text{kN} = 118.801 \cdot \text{kN}$$

$$N_{3.Rd} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_3)} \cdot N_{1.Rd} = \frac{\sin(50.19 \cdot \text{deg})}{\sin(45 \cdot \text{deg})} \cdot 154.654 \cdot \text{kN} = 168.01 \cdot \text{kN}$$

$$a = N_{Ed,1} \cdot \sin(\theta_1) + N_{Ed,2} \cdot \sin(\theta_2)$$

$$a = 112.24 \cdot \text{kN} \cdot \sin(50.19 \cdot \text{deg}) + 17.287 \cdot \text{kN} \cdot \sin(90 \cdot \text{deg}) = 103.507 \cdot \text{kN}$$

$$b = N_{1.Rd} \cdot \sin(\theta_1) = 154.654 \cdot \text{kN} \cdot \sin(50.19 \cdot \text{deg}) = 118.801 \cdot \text{kN}$$

$$a = 103.507 \cdot \text{kN} < b = 118.801 \cdot \text{kN} \quad - \text{vyhovuje}$$

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed.1}}{N_{1.Rd}} = \frac{112.24 \cdot \text{kN}}{154.654 \cdot \text{kN}} = 0.726 < 1 - \text{vyhovuje}$$

$$\eta_2 = \frac{N_{Ed.2}}{N_{2.Rd}} = \frac{17.287 \cdot \text{kN}}{118.801 \cdot \text{kN}} = 0.146 < 1 - \text{vyhovuje}$$

$$\eta_3 = \frac{N_{Ed.3}}{N_{3.Rd}} = \frac{80.154 \cdot \text{kN}}{168.01 \cdot \text{kN}} = 0.477 < 1 - \text{vyhovuje}$$

#### 4.1. Porušení prolomením smykem

$$d_1 = 76.1 \cdot \text{mm}$$

$$d_2 = 42.4 \cdot \text{mm}$$

$$d_3 = 76.1 \cdot \text{mm} < d_0 - 2 \cdot t_0 = 139.7 \cdot \text{mm} - 2 \cdot 4 \cdot \text{mm} = 131.7 \cdot \text{mm} - \text{vyhovuje}$$

$$N_{1.Rd} = \frac{f_{y.0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin(\theta_1)}{2 \cdot \sin(\theta_1)^2}$$

$$N_{1.Rd} = \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}} \cdot 4 \cdot \text{mm} \cdot \pi \cdot 76.1 \cdot \text{mm} \cdot \frac{1 + \sin(50.19 \cdot \text{deg})}{2 \cdot \sin(50.19 \cdot \text{deg})^2} = 293.657 \cdot \text{kN}$$

$$N_{2.Rd} = \frac{f_{y.0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \frac{1 + \sin(\theta_2)}{2 \cdot \sin(\theta_2)^2}$$

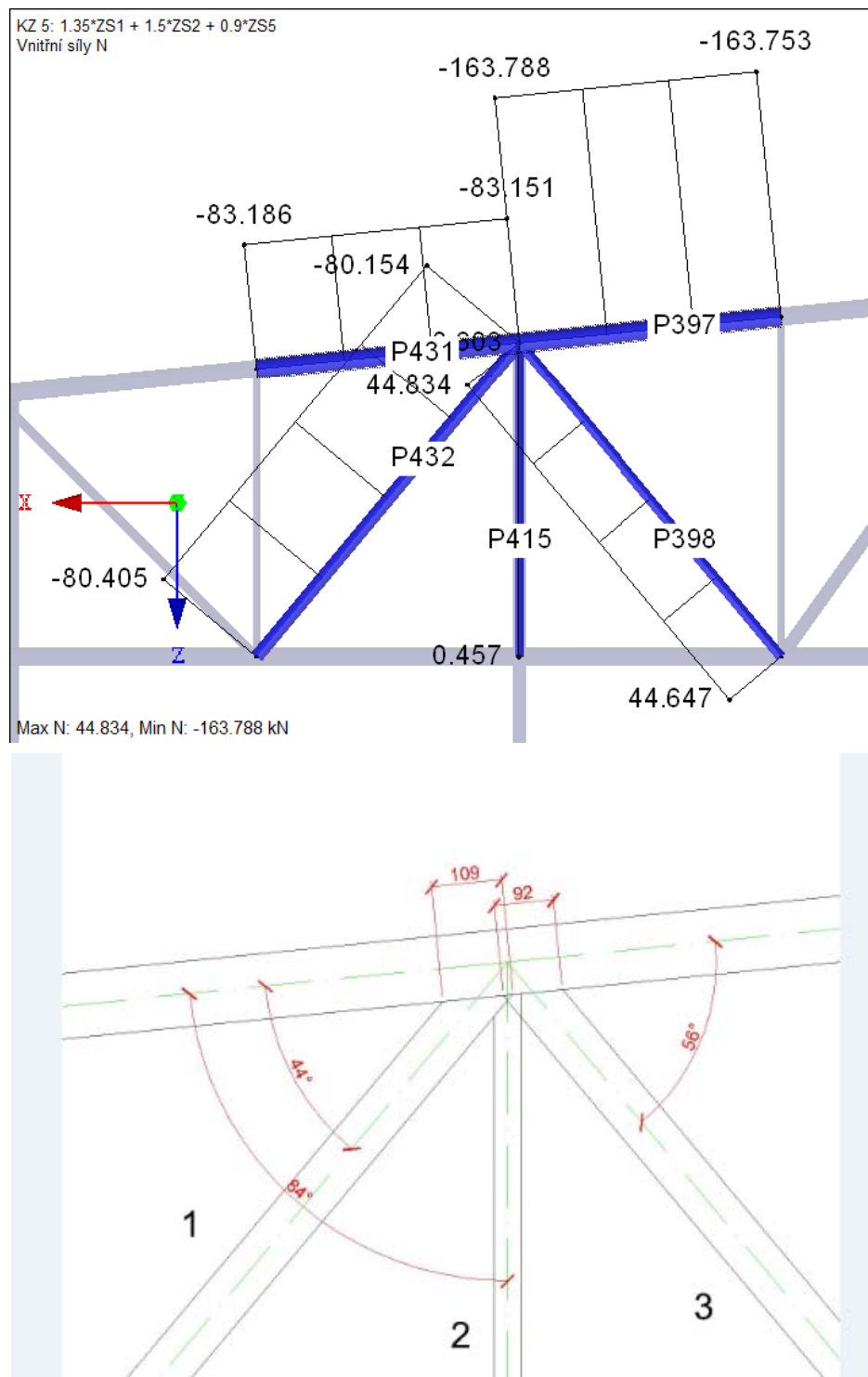
$$N_{2.Rd} = \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}} \cdot 4 \cdot \text{mm} \cdot \pi \cdot 42.4 \cdot \text{mm} \cdot \frac{1 + \sin(90 \cdot \text{deg})}{2 \cdot \sin(90 \cdot \text{deg})^2} = 109.205 \cdot \text{kN}$$

$$N_{3.Rd} = \frac{f_{y.0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \frac{1 + \sin(\theta_3)}{2 \cdot \sin(\theta_3)^2}$$

$$N_{3.Rd} = \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}} \cdot 4 \cdot \text{mm} \cdot \pi \cdot 76.1 \cdot \text{mm} \cdot \frac{1 + \sin(45 \cdot \text{deg})}{2 \cdot \sin(45 \cdot \text{deg})^2} = 334.598 \cdot \text{kN}$$

### 3. 9. Posouzení styčnicku horního pásu

#### Vnitřní síly



$$\begin{aligned}
 t_0 &= 3.2\text{mm} & t_1 &= 3.2\text{mm} \\
 d_0 &= 101.6\text{mm} & d_1 &= 76.1\text{mm} \\
 & & \theta_1 &= 44\text{deg} \\
 N_{\text{Ed}.0} &= 167.788\text{kN} & N_{\text{Ed}.1} &= 80.405\text{kN} \\
 t_2 &= 3.2\text{mm} & t_3 &= 3.2\text{mm} \\
 d_2 &= 42.4\text{mm} & d_3 &= 76.1\text{mm} \\
 \theta_2 &= 84\text{deg} & \theta_3 &= 56\text{deg} \\
 N_{\text{Ed}.2} &= 0.457\text{kN} & N_{\text{Ed}.3} &= 44.647\text{kN}
 \end{aligned}$$

$$f_u = 490\text{MPa}$$

$$\gamma_{\text{M2}} = 1.25$$

$$\beta_w = 0.9 \quad \text{-pro nejnižší třídu pevnost (S355)}$$

$$t = \min(t_1, t_2, t_3, t_0) = \min(3.2\cdot\text{mm}, 3.2\cdot\text{mm}, 3.2\cdot\text{mm}, 3.2\cdot\text{mm}) = 3.2\cdot\text{mm}$$

$$a_{\text{max}} = 1.1 \cdot t = 1.1 \cdot 3.2\cdot\text{mm} = 3.52\cdot\text{mm}$$

$$a = 3\text{mm}$$

### **Posouzení svaru na diagonále 1**

$$\theta = \theta_1 = 44\cdot\text{deg}$$

$$N_{\text{Ed}} = N_{\text{Ed}.1} = 80.405\cdot\text{kN}$$

$$L_1 = \pi \cdot d_1 = \pi \cdot d_1 = 239.075\cdot\text{mm}$$

$$A = L_1 \cdot a = L_1 \cdot 3\cdot\text{mm} = 717.225\cdot\text{mm}^2$$

$$\sigma_{\text{kolm}} = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot \sin(\theta)}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{80.405\cdot\text{kN} \cdot \sin(44\cdot\text{deg})}{717.225\cdot\text{mm}^2 \cdot \sqrt{2}} = 55.066\cdot\text{MPa}$$

$$\tau_{\text{kolm}} = \sigma_{\text{kolm}} = 55.066\cdot\text{MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\text{Ed}} \cdot \cos(\theta)}{A} = \frac{80.405\cdot\text{kN} \cdot \cos(44\cdot\text{deg})}{717.225\cdot\text{mm}^2} = 80.642\cdot\text{MPa}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{\sigma_{kolm}^2 + 3 \cdot \tau_{kolm}^2 + 3 \cdot \tau_{||}^2}}{\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{(55.066 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (55.066 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (80.642 \cdot \text{MPa})^2}}{\frac{490 \cdot \text{MPa}}{0.9 \cdot 1.25}} = 0.408$$

$$\eta_{kolm} = \frac{\sigma_{kolm}}{\left( \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \right)} = \frac{55.066 \cdot \text{MPa}}{\frac{0.9 \cdot 490 \cdot \text{MPa}}{1.25}} = 0.156$$

### **Posouzení svaru na svislici**

$$\theta = \theta_2 = 84 \cdot \text{deg}$$

$$N_{Ed} = N_{Ed.2} = 0.457 \cdot \text{kN}$$

$$L_2 = \pi \cdot d_2 = \pi \cdot 42.4 \cdot \text{mm} = 133.204 \cdot \text{mm}$$

$$A = L_2 \cdot a = 133.204 \cdot \text{mm} \cdot 3 \cdot \text{mm} = 399.612 \cdot \text{mm}^2$$

$$\sigma_{kolm} = \frac{N_{Ed} \cdot \sin(\theta)}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{0.457 \cdot \text{kN} \cdot \sin(84 \cdot \text{deg})}{399.612 \cdot \text{mm}^2 \cdot \sqrt{2}} = 0.804 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{kolm} = \sigma_{kolm} = 0.804 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{||} = \frac{N_{Ed} \cdot \cos(\theta)}{A} = \frac{0.457 \cdot \text{kN} \cdot \cos(84 \cdot \text{deg})}{399.612 \cdot \text{mm}^2} = 0.12 \cdot \text{MPa}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{\sigma_{kolm}^2 + 3 \cdot \tau_{kolm}^2 + 3 \cdot \tau_{||}^2}}{\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{(0.804 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (0.804 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (0.12 \cdot \text{MPa})^2}}{\frac{490 \cdot \text{MPa}}{0.9 \cdot 1.25}} = 3.723 \times 10^{-3}$$

$$\eta_{kolm} = \frac{\sigma_{kolm}}{\left( \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \right)} = \frac{0.804 \cdot \text{MPa}}{\frac{0.9 \cdot 490 \cdot \text{MPa}}{1.25}} = 2.279 \times 10^{-3}$$

### **Posouzení svaru na diagonále 2**

$$\theta = \theta_3 = 56 \cdot \text{deg}$$

$$N_{Ed} = N_{Ed,3} = 44.647 \cdot \text{kN}$$

$$L_3 = \pi \cdot d_3 = \pi \cdot 76.1 \cdot \text{mm} = 239.075 \cdot \text{mm}$$

$$A = L_3 \cdot a = 239.075 \cdot \text{mm} \cdot 3 \cdot \text{mm} = 717.225 \cdot \text{mm}^2$$

$$\sigma_{kolm} = \frac{N_{Ed} \cdot \sin(\theta)}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{44.647 \cdot \text{kN} \cdot \sin(56 \cdot \text{deg})}{717.225 \cdot \text{mm}^2 \cdot \sqrt{2}} = 36.492 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{kolm} = \sigma_{kolm} = 36.492 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{||} = \frac{N_{Ed} \cdot \cos(\theta)}{A} = \frac{44.647 \cdot \text{kN} \cdot \cos(56 \cdot \text{deg})}{717.225 \cdot \text{mm}^2} = 34.81 \cdot \text{MPa}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{\sigma_{kolm}^2 + 3 \cdot \tau_{kolm}^2 + 3 \cdot \tau_{||}^2}}{\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{(36.492 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (36.492 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (34.81 \cdot \text{MPa})^2}}{\frac{490 \cdot \text{MPa}}{0.9 \cdot 1.25}} = 0.217$$

$$\eta_{kolm} = \frac{\sigma_{kolm}}{\left( \frac{0.9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} \right)} = \frac{36.492 \cdot \text{MPa}}{\frac{0.9 \cdot 490 \cdot \text{MPa}}{1.25}} = 0.103$$

Rozsah platnosti

$$0.2 < \frac{d_1}{d_0} = \frac{76.1 \cdot \text{mm}}{101.6 \cdot \text{mm}} = 0.749 < 1 - \text{vyhovuje}$$

$$0.2 < \frac{d_2}{d_0} = \frac{42.4 \cdot \text{mm}}{101.6 \cdot \text{mm}} = 0.417 < 1 - \text{vyhovuje}$$

$$0.2 < \frac{d_2}{d_0} = \frac{42.4 \cdot \text{mm}}{101.6 \cdot \text{mm}} = 0.417 < 1 - \text{vyhovuje}$$

pás

$$10 < \frac{d_0}{t_0} = \frac{101.6 \cdot \text{mm}}{3.2 \cdot \text{mm}} = 31.75 < 50 - \text{vyhovuje}$$

mezipásové pruty

$$10 < \frac{d_1}{t_1} = \frac{76.1 \cdot \text{mm}}{3.2 \cdot \text{mm}} = 23.781 < 50 - \text{vyhovuje}$$

$$10 < \frac{d_2}{t_2} = \frac{42.4 \cdot \text{mm}}{3.2 \cdot \text{mm}} = 13.25 < 50 - \text{vyhovuje}$$

$$10 < \frac{d_3}{t_3} = \frac{76.1 \cdot \text{mm}}{3.2 \cdot \text{mm}} = 23.781 < 50 - \text{vyhovuje}$$

$$q_{12} = -30 \text{mm} \quad p_1 = 109 \text{mm} \quad \lambda_{1.2.ov} = \frac{q_{12}}{-p_1} = \frac{-30 \cdot \text{mm}}{-109 \cdot \text{mm}} = 0.275$$

$$q_{23} = -28 \text{mm} \quad p_3 = 92 \text{mm} \quad \lambda_{2.3.ov} = \frac{q_{23}}{-p_3} = \frac{-28 \cdot \text{mm}}{-92 \cdot \text{mm}} = 0.304$$

$$e_1 = 1 \text{mm} < 0.25 \cdot d_0 = 0.25 \cdot 101.6 \cdot \text{mm} = 25.4 \cdot \text{mm}$$

$$e_2 = 0 \text{mm} < 0.25 \cdot d_0 = 0.25 \cdot 101.6 \cdot \text{mm} = 25.4 \cdot \text{mm}$$

-excentricity jsou zanedbatelné

Přesah

$$0.25 < \lambda_{1.2.ov} = 0.275 < 0.8 - \text{vyhovuje}$$

$$0.25 < \lambda_{2.3.ov} = 0.304 < 0.8 - \text{vyhovuje}$$

### **Porušení povrchu pásu styčnicku**

tažená diagonála - 1

$$k_p = 1$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{101.6 \cdot \text{mm}}{2 \cdot 3.2 \cdot \text{mm}} = 15.875$$

$$k_g = 2.76 \quad - \text{dle 1993-1-8 (obrázek 7.6)}$$

$$f_{y.0} = 355 \text{MPa}$$

$$\gamma_5 = 1$$

$$N_{1.Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y.0} \cdot t_0^2}{\sin(\theta_1)} \cdot \frac{\left( 1.8 + 10.2 \cdot \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3 \cdot d_0} \right)}{\gamma_5}$$

$$N_{1.Rd} = \frac{2.76 \cdot 355 \cdot \text{MPa} \cdot (3.2 \cdot \text{mm})^2}{\sin(44 \cdot \text{deg})} \cdot \frac{1.8 + 10.2 \cdot \frac{76.1 \cdot \text{mm} + 42.4 \cdot \text{mm} + 76.1 \cdot \text{mm}}{3 \cdot 101.6 \cdot \text{mm}}}{1}$$

$$N_{2.Rd} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_2)} \cdot N_{1.Rd} = \frac{\sin(44 \cdot \text{deg})}{\sin(84 \cdot \text{deg})} \cdot 120.056 \cdot \text{kN} = 83.857 \cdot \text{kN}$$

$$N_{3.Rd} = \frac{\sin(\theta_1)}{\sin(\theta_3)} \cdot N_{1.Rd} = \frac{\sin(44 \cdot \text{deg})}{\sin(56 \cdot \text{deg})} \cdot 120.056 \cdot \text{kN} = 100.596 \cdot \text{kN}$$

$$a = N_{Ed.1} \cdot \sin(\theta_1) + N_{Ed.2} \cdot \sin(\theta_2)$$

$$a = 80.405 \cdot \text{kN} \cdot \sin(44 \cdot \text{deg}) + 0.457 \cdot \text{kN} \cdot \sin(84 \cdot \text{deg}) = 56.309 \cdot \text{kN}$$

$$b = N_{1.Rd} \cdot \sin(\theta_1) = 120.056 \cdot \text{kN} \cdot \sin(44 \cdot \text{deg}) = 83.398 \cdot \text{kN}$$

$$a = 56.309 \cdot \text{kN} < b = 83.398 \cdot \text{kN} \quad - \text{vyhovuje}$$

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed.1}}{N_{1.Rd}} = \frac{80.405 \cdot \text{kN}}{120.056 \cdot \text{kN}} = 0.67 < 1 - \text{vyhovuje}$$

$$\eta_2 = \frac{N_{Ed.2}}{N_{2.Rd}} = \frac{0.457 \cdot \text{kN}}{83.857 \cdot \text{kN}} = 5.45 \times 10^{-3} < 1 - \text{vyhovuje}$$

$$\eta_3 = \frac{N_{Ed.3}}{N_{3.Rd}} = \frac{44.647 \cdot \text{kN}}{100.596 \cdot \text{kN}} = 0.444 < 1 - \text{vyhovuje}$$

### **Porušení prolomením smykem**

$$d_1 = 76.1 \cdot \text{mm}$$

$$d_2 = 42.4 \cdot \text{mm}$$

$$d_3 = 76.1 \cdot \text{mm} < d_0 - 2 \cdot t_0 = 101.6 \cdot \text{mm} - 2 \cdot 3.2 \cdot \text{mm} = 95.2 \cdot \text{mm} - \text{vyhovuje}$$

$$N_{1.Rd} = \frac{f_{y.0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin(\theta_1)}{2 \cdot \sin(\theta_1)^2}$$

$$N_{1.Rd} = \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}} \cdot 3.2 \cdot \text{mm} \cdot \pi \cdot 76.1 \cdot \text{mm} \cdot \frac{1 + \sin(44 \cdot \text{deg})}{2 \cdot \sin(44 \cdot \text{deg})^2} = 275.335 \cdot \text{kN}$$

$$N_{2.Rd} = \frac{f_{y.0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \frac{1 + \sin(\theta_2)}{2 \cdot \sin(\theta_2)^2}$$

$$N_{2.Rd} = \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}} \cdot 3.2 \cdot \text{mm} \cdot \pi \cdot 42.4 \cdot \text{mm} \cdot \frac{1 + \sin(84 \cdot \text{deg})}{2 \cdot \sin(84 \cdot \text{deg})^2} = 88.087 \cdot \text{kN}$$

$$N_{3.Rd} = \frac{f_{y.0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \frac{1 + \sin(\theta_3)}{2 \cdot \sin(\theta_3)^2}$$

$$N_{3.Rd} = \frac{355 \cdot \text{MPa}}{\sqrt{3}} \cdot 3.2 \cdot \text{mm} \cdot \pi \cdot 76.1 \cdot \text{mm} \cdot \frac{1 + \sin(56 \cdot \text{deg})}{2 \cdot \sin(56 \cdot \text{deg})^2} = 208.639 \cdot \text{kN}$$

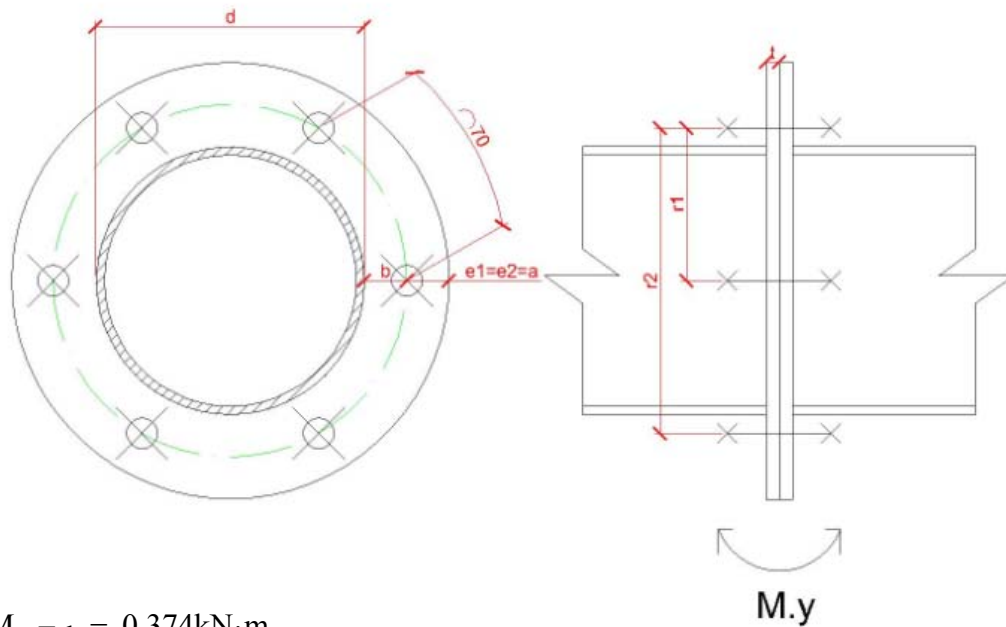
$$\eta_1 = \frac{N_{\text{Ed.1}}}{N_{1.\text{Rd}}} = \frac{80.405 \cdot \text{kN}}{275.335 \cdot \text{kN}} = 0.292 < 1 - \text{vyhovuje}$$

$$\eta_2 = \frac{N_{\text{Ed.2}}}{N_{2.\text{Rd}}} = \frac{0.457 \cdot \text{kN}}{88.087 \cdot \text{kN}} = 5.188 \times 10^{-3} < 1 - \text{vyhovuje}$$

$$\eta_3 = \frac{N_{\text{Ed.3}}}{N_{3.\text{Rd}}} = \frac{44.647 \cdot \text{kN}}{208.639 \cdot \text{kN}} = 0.214 < 1 - \text{vyhovuje}$$

### 3. 10. Posouzení montážního spoje pro horní pás

#### Vnitřní síly



$$M_{y.Ed} = 0.374 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{t.Ed} = 43.858 \text{ kN}$$

$$V_{y.Ed} = 0.121 \text{ kN}$$

šroub M12 4.8

plech

$$d = 12 \text{ mm} \quad d_0 = 13 \text{ mm}$$

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

$$\alpha_v = 0.5$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$A_s = 84.3 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (12 \cdot \text{mm})^2}{4} = 113.097 \cdot \text{mm}^2$$

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

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

$$f_{ub} = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 320 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

minimální hodnoty

$$e_1 = 1.2 \cdot d_0 = 1.2 \cdot 13 \cdot \text{mm} = 15.6 \cdot \text{mm}$$

$$p_1 = 2.2 \cdot d_0 = 2.2 \cdot 13 \cdot \text{mm} = 28.6 \cdot \text{mm}$$

$$e_2 = e_1 = 15.6 \cdot \text{mm}$$

$$p_2 = 0$$

zvolené hodnoty

$$e_1 = 16 \text{mm}$$

$$e_2 = e_1 = 16 \cdot \text{mm}$$

$$p_1 = 70 \text{mm}$$

### **Únosnost ve stříhu**

$$F_{v.Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0.5 \cdot 400 \cdot \text{MPa} \cdot 113.097 \cdot \text{mm}^2}{1.25} = 18.096 \cdot \text{kN}$$

$$F_{v.1.Ed} = \frac{V_{y.Ed}}{6} = \frac{0.121 \cdot \text{kN}}{6} = 0.02 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_v = \frac{F_{v.1.Ed}}{F_{v.Rd}} = \frac{0.02 \cdot \text{kN}}{18.096 \cdot \text{kN}} = 1.105 \times 10^{-3} < 1 - \text{vyhovuje}$$

### **Únosnost v otlačení**

$$k_1 = \min \left( 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right)$$

$$k_1 = \min \left( 2.8 \cdot \frac{16 \cdot \text{mm}}{13 \cdot \text{mm}} - 1.7, 2.5 \right) = 1.746$$

$$\alpha_d = \min \left( 1, \frac{f_{ub}}{f_u} \right) = \min \left( 1, \frac{400 \cdot \text{MPa}}{510 \cdot \text{MPa}} \right) = 0.784$$

$$F_{b.Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_d \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{1.746 \cdot 0.784 \cdot 510 \cdot \text{MPa} \cdot 12 \cdot \text{mm} \cdot 6 \cdot \text{mm}}{1.25} = 40.212 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_b = \frac{F_{v.1.Ed}}{F_{b.Rd}} = \frac{0.02 \cdot \text{kN}}{40.212 \cdot \text{kN}} = 0 < 1 - \text{vyhovuje}$$

**Únosnost v tahu**

$$k_2 = 0.63$$

$$F_{t.Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.63 \cdot 400 \cdot \text{MPa} \cdot 84.3 \cdot \text{mm}^2}{1.25} = 16.995 \cdot \text{kN}$$

Příspěvek od páčení

$$r_1 = 58 \text{ mm}$$

$$r_2 = 116 \text{ mm}$$

$$F_{1.M} = M_{y.Ed} \cdot \frac{r_2}{2 \cdot r_2^2 + 2 \cdot r_1^2} = 0.374 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \cdot \frac{116 \cdot \text{mm}}{2 \cdot (116 \cdot \text{mm})^2 + 2 \cdot (58 \cdot \text{mm})^2}$$

$$F_{1.M} = 1.29 \cdot \text{kN}$$

Tloušťka desky při které nedojde k páčení

$$t_e = 4.3 \cdot \left( \frac{b \cdot d^2}{a} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \text{mm} = 4.3 \cdot \left( \frac{16 \cdot 12^2}{16} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \text{mm} = 22.538 \cdot \text{mm}$$

$$\gamma_p = 1 + 0.005 \cdot \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0.005 \cdot \frac{22.538^3 - 6^3}{12^2} = 1.39$$

$$F_{t.tot.Rd} = \gamma_p \cdot (F_{1.M} + F_{t.Rd}) = 1.39 \cdot (1.29 \cdot \text{kN} + 16.995 \cdot \text{kN}) = 25.416 \cdot \text{kN}$$

$$F_{t.1.Ed} = \frac{N_{t.Ed}}{6} = \frac{43.858 \cdot \text{kN}}{6} = 7.31 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_b = \frac{F_{t.1.Ed}}{F_{t.tot.Rd}} = \frac{7.31 \cdot \text{kN}}{25.416 \cdot \text{kN}} = 0.288 < 1 - \text{vyhovuje}$$

**Posouzení svaru na desku**

$$a = 3\text{mm}$$

$$\beta_w = 0.9$$

$$N_{Ed} = N_{t,Ed}$$

$$f_u = 490\text{MPa}$$

$$d_1 = 101.6\text{mm}$$

$$L_1 = \pi \cdot d_1 = \pi \cdot d_1 = 319.186 \cdot \text{mm}$$

$$A = L_1 \cdot a = 319.186 \cdot \text{mm} \cdot 3 \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_{kolm} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{N_{t,Ed}}{319.186 \cdot \text{mm} \cdot 3 \cdot \text{mm} \cdot \sqrt{2}} = 32.387 \cdot \text{MPa}$$

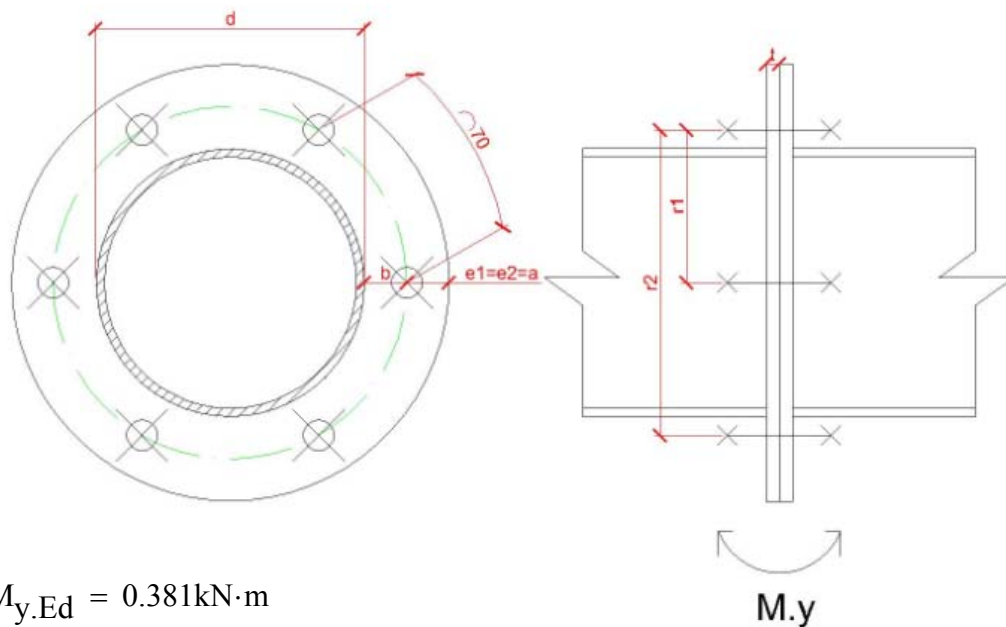
$$\tau_{kolm} = \sigma_{kolm} = 32.387 \cdot \text{MPa}$$

$$\eta_c = \frac{\frac{\sqrt{\sigma_{kolm}^2 + 3 \cdot \tau_{kolm}^2}}{f_u}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\eta_c = \frac{\frac{\sqrt{(32.387 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (32.387 \cdot \text{MPa})^2}}{\frac{490 \cdot \text{MPa}}{0.9 \cdot 1.25}}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 0.149$$

### 3. 10. Posouzení montážního spoje pro dolní pás

#### Vnitřní síly



$$M_{y.Ed} = 0.381 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{t.Ed} = 131.476 \text{ kN}$$

$$V_{y.Ed} = 0.01 \text{ kN}$$

šroub M12 4.8

příložka

$$d = 12 \text{ mm} \quad d_0 = 13 \text{ mm}$$

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

$$\alpha_v = 0.5$$

$$f_u = 510 \text{ MPa}$$

$$A_s = 84.3 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (12 \cdot \text{mm})^2}{4} = 113.097 \cdot \text{mm}^2$$

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

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

$$f_{ub} = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 320 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

minimální hodnoty

$$e_1 = 1.2 \cdot d_0 = 1.2 \cdot 13 \cdot \text{mm} = 15.6 \cdot \text{mm}$$

$$p_1 = 2.2 \cdot d_0 = 2.2 \cdot 13 \cdot \text{mm} = 28.6 \cdot \text{mm}$$

$$e_2 = e_1 = 15.6 \cdot \text{mm}$$

$$p_2 = 0$$

zvolené hodnoty

$$e_1 = 16 \text{mm}$$

$$e_2 = e_1 = 16 \cdot \text{mm}$$

$$p_1 = 70 \text{mm}$$

### **Únosnost ve střihu**

$$F_{v.Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0.5 \cdot 400 \cdot \text{MPa} \cdot 113.097 \cdot \text{mm}^2}{1.25} = 18.096 \cdot \text{kN}$$

$$F_{v.1.Ed} = \frac{V_{y.Ed}}{6} = \frac{0.01 \cdot \text{kN}}{6} = 1.667 \times 10^{-3} \cdot \text{kN}$$

$$\eta_v = \frac{F_{v.1.Ed}}{F_{v.Rd}} = \frac{0.002 \cdot \text{kN}}{18.096 \cdot \text{kN}} = 0 \quad < 1 - \text{vyhovuje}$$

### **Únosnost v otlačení**

$$k_1 = \min \left( 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 2.5 \right)$$

$$k_1 = \min \left( 2.8 \cdot \frac{16 \cdot \text{mm}}{13 \cdot \text{mm}} - 1.7, 2.5 \right) = 1.746$$

$$\alpha_d = \min \left( 1, \frac{f_{ub}}{f_u} \right) = \min \left( 1, \frac{400 \cdot \text{MPa}}{510 \cdot \text{MPa}} \right) = 0.784$$

$$F_{b.Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_d \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{1.746 \cdot 0.784 \cdot 510 \cdot \text{MPa} \cdot 12 \cdot \text{mm} \cdot 6 \cdot \text{mm}}{1.25} = 40.212 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_b = \frac{F_{v.1.Ed}}{F_{b.Rd}} = \frac{0.002 \cdot \text{kN}}{40.212 \cdot \text{kN}} = 0 \quad < 1 - \text{vyhovuje}$$

**Únosnost v tahu**

$$k_2 = 0.63$$

$$F_{t.Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.63 \cdot 400 \cdot \text{MPa} \cdot 84.3 \cdot \text{mm}^2}{1.25} = 16.995 \cdot \text{kN}$$

Příspěvek od páčení

$$r_1 = 58 \text{ mm}$$

$$r_2 = 116 \text{ mm}$$

$$F_{1.M} = M_{y.Ed} \cdot \frac{r_2}{2 \cdot r_2^2 + 2 \cdot r_1^2} = 0.381 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \cdot \frac{116 \cdot \text{mm}}{2 \cdot (116 \cdot \text{mm})^2 + 2 \cdot (58 \cdot \text{mm})^2}$$

$$F_{1.M} = 1.314 \cdot \text{kN}$$

Tloušťka desky při které nedojde k páčení

$$t_e = 4.3 \cdot \left( \frac{b \cdot d^2}{a} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \text{mm} = 4.3 \cdot \left( \frac{16 \cdot 12^2}{16} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \text{mm} = 22.538 \cdot \text{mm}$$

$$\gamma_p = 1 + 0.005 \cdot \frac{t_e^3 - t^3}{d^2} = 1 + 0.005 \cdot \frac{22.538^3 - 6^3}{12^2} = 1.39$$

$$F_{t.tot.Rd} = \gamma_p \cdot (F_{1.M} + F_{t.Rd}) = 1.39 \cdot (1.314 \cdot \text{kN} + 16.995 \cdot \text{kN}) = 25.45 \cdot \text{kN}$$

$$F_{t.1.Ed} = \frac{N_{t.Ed}}{6} = \frac{131.476 \cdot \text{kN}}{6} = 21.913 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_b = \frac{F_{t.1.Ed}}{F_{t.tot.Rd}} = \frac{21.913 \cdot \text{kN}}{25.45 \cdot \text{kN}} = 0.861 < 1 - \text{vyhovuje}$$

**Posouzení svaru na desku**

$$a = 3\text{mm}$$

$$\beta_w = 0.9$$

$$N_{Ed} = N_{t,Ed}$$

$$f_u = 490\text{MPa}$$

$$d_1 = 101.6\text{mm}$$

$$L_1 = \pi \cdot d_1 = \pi \cdot d_1 = 319.186 \cdot \text{mm}$$

$$A = L_1 \cdot a = 319.186 \cdot \text{mm} \cdot 3 \cdot \text{mm}$$

$$\sigma_{kolm} = \frac{N_{Ed}}{A \cdot \sqrt{2}} = \frac{N_{t,Ed}}{319.186 \cdot \text{mm} \cdot 3 \cdot \text{mm} \cdot \sqrt{2}} = 97.088 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_{kolm} = \sigma_{kolm} = 97.088 \cdot \text{MPa}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{\sigma_{kolm}^2 + 3 \cdot \tau_{kolm}^2}}{\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}}$$

$$\eta_c = \frac{\sqrt{(97.088 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (97.088 \cdot \text{MPa})^2}}{\frac{490 \cdot \text{MPa}}{0.9 \cdot 1.25}} = 0.446 < 1 - \text{vyhovuje}$$

### 3. 12. Posouzení ztužidel

$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

#### **Svislé ztužidlo**

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

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (16 \cdot \text{mm})^2}{4} = 201.062 \cdot \text{mm}^2$$

prut číslo 116

$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad N_{\text{Ed.t}} = 49.90 \text{ kN}$$

$$N_{\text{t.Rd}} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{201.062 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 71.377 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_t = \frac{N_{\text{Ed.t}}}{N_{\text{t.Rd}}} = \frac{49.90 \cdot \text{kN}}{71.377 \cdot \text{kN}} = 0.699 < 1$$

= vyhovuje

#### **Okapové ztužidlo**

$$d = 12 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (12 \cdot \text{mm})^2}{4} = 113.097 \cdot \text{mm}^2$$

prut číslo 116

$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad N_{\text{Ed.t}} = 7.7 \text{ kN}$$

$$N_{\text{t.Rd}} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{113.097 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 40.149 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_t = \frac{N_{\text{Ed.t}}}{N_{\text{t.Rd}}} = \frac{7.7 \cdot \text{kN}}{40.149 \cdot \text{kN}} = 0.192 < 1$$

= vyhovuje

**Střešní ztužidlo**

$$d = 12\text{mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot (12 \cdot \text{mm})^2}{4} = 113.097 \cdot \text{mm}^2$$

prut číslo 116

$$\gamma_{M0} = 1.00 \quad N_{\text{Ed},t} = 26.297\text{kN}$$

$$N_{\text{t},\text{Rd}} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{113.097 \cdot \text{mm}^2 \cdot 355 \cdot \text{MPa}}{1.00} = 40.149 \cdot \text{kN}$$

$$\eta_t = \frac{N_{\text{Ed},t}}{N_{\text{t},\text{Rd}}} = \frac{26.297 \cdot \text{kN}}{40.149 \cdot \text{kN}} = 0.655 < 1$$

= vyhovuje

vyhovuje = 1

nevyhovuje = 2

$$A = \text{round}\left(\frac{A}{\text{mm}^2}, 3\right) = 201.062 \quad A = A \cdot \text{mm}^2$$

$$N_{t.Rd} = \text{round}\left(\frac{N_{t.Rd}}{\text{kN}}, 3\right) = 71.377 \quad N_{t.Rd} = N_{t.Rd} \cdot \text{k}$$

$$\eta_t = \begin{cases} (\text{vyhovuje}) & \text{if } \eta_t \leq 1 \\ (\text{nevyhovuje}) & \text{if } \eta_t > 1 \end{cases}$$

$$A = \text{round}\left(\frac{A}{\text{mm}^2}, 3\right) = 113.097 \quad A = A \cdot \text{mm}^2$$

$$N_{t.Rd} = \text{round}\left(\frac{N_{t.Rd}}{\text{kN}}, 3\right) = 40.149 \quad N_{t.Rd} = N_{t.Rd} \cdot \text{kN}$$

$$\eta_t = \begin{cases} (\text{vyhovuje}) & \text{if } \eta_t \leq 1 \\ (\text{nevyhovuje}) & \text{if } \eta_t > 1 \end{cases}$$