



# 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

## LESNÍ VYHLÍDKOVÁ VĚŽ V BESKYDECH

FOREST OBSERVATION TOWER IN BESKYDY

## STATICKÝ VÝPOČET

STRUCTURAL CALCULATION

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Michaela Kamrádová

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Šmak, Ph.D.

BRNO 2018



## 1. Obsah

2. Zatěžovací stavy.....	3
2.1 Stálé zatížení.....	3
2.1.1 ZS1-Vlastní tíha nosné konstrukce .....	3
2.1.2 ZS2- Ostatní stálé zatížení .....	3
2.2 Užité zatížení .....	4
2.2.1 ZS3- Užité zatížení na schodišti .....	4
2.2.2 ZS4- Užité zatížení na plošinách 1.šach .....	5
2.2.3 ZS5 - Užité zatížení na plošinách 2.šach .....	5
2.2.4 ZS6 - Užité zatížení na plošinách 3.šach .....	6
2.2.5 ZS7 - Užité zatížení na plošinách 4.šach .....	6
2.2.6 ZS8 - Sníh 1.šach .....	7
2.2.7 ZS9 - Sníh 2.šach .....	8
2.2.8 ZS10 - Sníh 3.šach .....	8
2.2.9 ZS11 - Sníh 4.šach .....	8
2.2.10 ZS12 - Vítr .....	8
3. Návrh schodiště .....	15
3.1 Návrh schodiště dolní poloviny rozhledny (0,0-24,0 m výšky) .....	15
3.2 Návrh schodiště horní poloviny rozhledny (24,0-38,5 m výšky) .....	16
3.3 Návrh schodiště na vyhlídku.....	17
4. Posudky prvků konstrukce .....	17
4.1 Hlavní nosníky .....	17
4.2 Středový sloup.....	22
5. Posouzení kotvení .....	26
5.1 Kotvení středového sloupu .....	26
5.2 Kotvení hlavních sloupů .....	29
5.3 Přípoj táhla ke kotvení hlavních sloupů.....	34
5.4 Montážní spojení středového sloupu.....	36
5.5 Montážní spoj hlavních sloupů.....	37
6. Posouzení detailů .....	42
6.1 Detail připojení horního nosníku na středový sloup .....	42
6.2 Přípoj hlavních sloupů na kotvení .....	46
6.3 Přípoj horizontálního ztužidla a hlavních sloupů.....	49

---

6.3.1 Přípoj horizontálního ztužidla: .....	50
6.3.2 Přípoj styčnicku na hlavní sloup .....	53
6.4 Přípoj podélníku vrchního ochozu a horního nosníku k hlavním sloupům .....	57
6.4.1 Přípoj vrchního nosníku .....	58
6.4.2 Přípoj styčnicků na hlavní sloup .....	61
6.4.3 Přípoj podélníku vrchního nosníku .....	65
6.4.4 Přípoj styčnicku na hlavní sloup .....	68
6.5 Přípoj táhla k hlavním sloupům .....	71
6.6 Přípoj schodiště .....	72
6.7 Přípoj konzoly pro ochoz k hlavním sloupům .....	74
6.8 Připojení podélníku ochozu ke konzole pro ochoz .....	78
7. Posouzení mezního stavu použitelnosti a Globální deformace .....	82
8. Globální stabilita .....	87

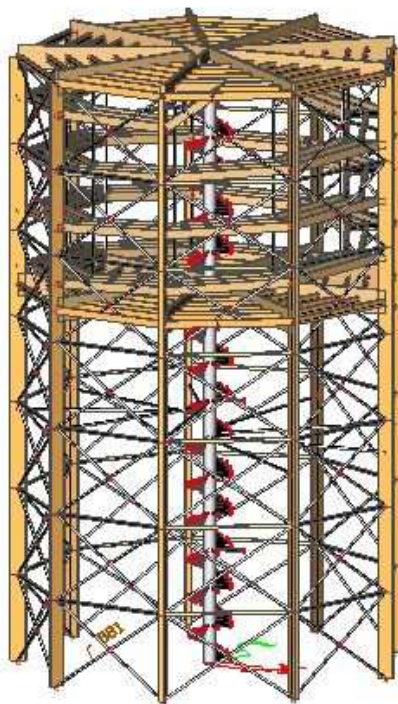


## **2. Zatěžovací stavy**

### **2.1 Stálé zatížení**

#### **2.1.1 ZS1-Vlastní tíha nosné konstrukce**

Vlastní tíha nosné konstrukce je automaticky generována výpočetním programem Scia Engineer 16.



#### **2.1.2 ZS2- Ostatní stálé zatížení**

Podlaha ochozu a vyhlídkové plošiny je z fošen rostlého dřeva tl. 50mm. Do výpočtového modelu bylo toto zatížení zadáno jako rovinné zatížení na příslušný prvek.  
 $g = 0,25 \text{ kN/m}^2$

Zábradlí se skládá ze dřevěných madel, sloupků a pletiva. Madla jsou trámký 200x120mm z rostlého dřeva C24 délky 3,5m.  
 $g = 0,084 \text{ kN/m}$

Sloupky jsou trámký 100x120mm z rostlého dřeva C24 délky 1,1.  
 $g = 0,046 \text{ kN/m}$

Pletivo je vyrobeno z pozinkovaného drátu kovovýroby společnosti Holoubek trade s.r.o. [14]. Drát je o průměru 2 mm, standardní rozměr čtyřhranného oka je 50mm.  
 $g = 0,011 \text{ kN/m}$

Tobogán je dodán firmou Alfeko s.r.o. [15] z nerezové oceli tl. 1 mm, průměru 0,7 m, délky 51 m. Podpírán je šesti ocelovými konzolami IPE160 délky 1,85 m. Zatížení je uvažováno jako bodová síla na konci. Pro získání přesných hodnot zatížení tobogánem, byl sestrojen samostatný model ve výpočetním programu Scia Engineer 16.

Rozklad sil: z-ová rovina 100%, x-ová rovina 10% a y-ová rovina 15%

$g=0,193 \text{ kN/m}$

$F_z=1,25 \text{ kN}$

$F_x=0,125 \text{ kN}$

$F_y=0,128 \text{ kN}$

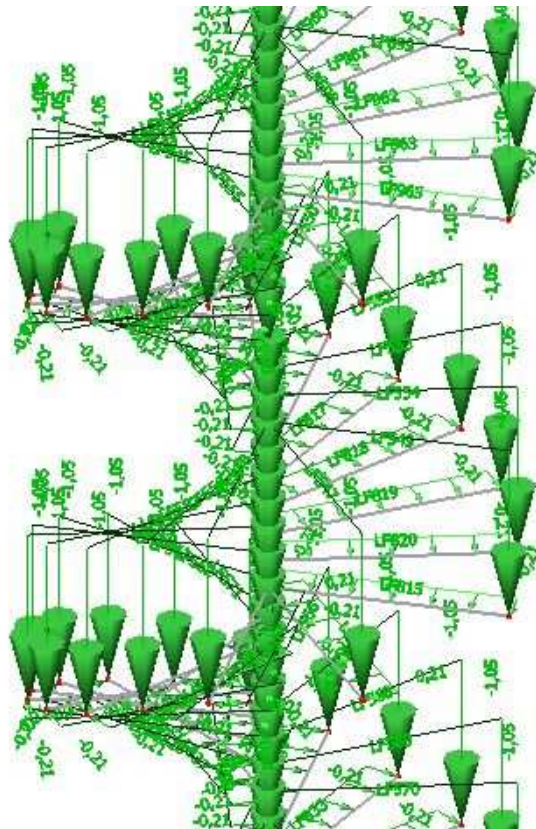
## 2.2 Užité zatížení

### 2.2.1 ZS3- Užité zatížení na schodišti

Z hlediska užitého zatížení řadím do kategorie C5 -plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí. Do výpočetního programu je zatížení zadáno jako liniové.

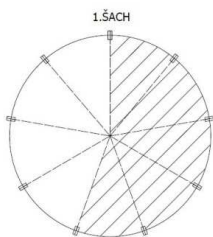
svislé:  $q=3,0 \text{ kN/m}^2$

vodorovné:  $q=0,6 \text{ kN/m}^2$  (20% ze svislé složky)



Zatížení na schodišti

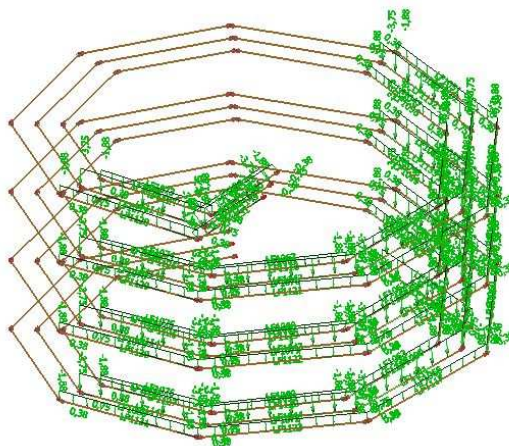
### 2.2.2 ZS4- Užiténé zatížení na plošinách 1.šach



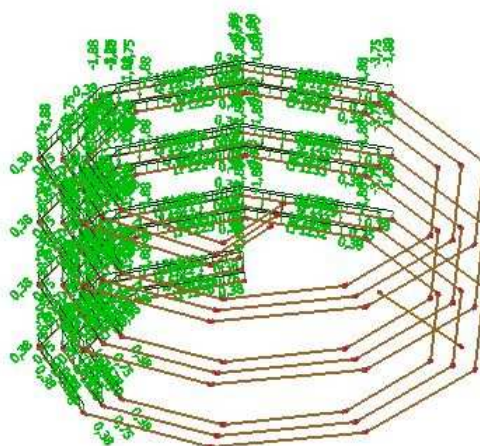
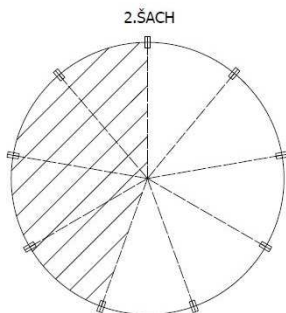
Z hlediska užiténého zatížení dle [6] řadím do kategorie C5 -plochy, kde může dojít k vysoké koncentraci lidí. Do výpočetního programu je zatížení zadáno jako liniové. Zatížení je rozděleno do různých šachů, tak aby bylo možno co nejlépe postihnout nejnepříznivější účinky na konstrukci.

$q = \text{svislé: } q = 3,0 \text{ kN/m}^2$

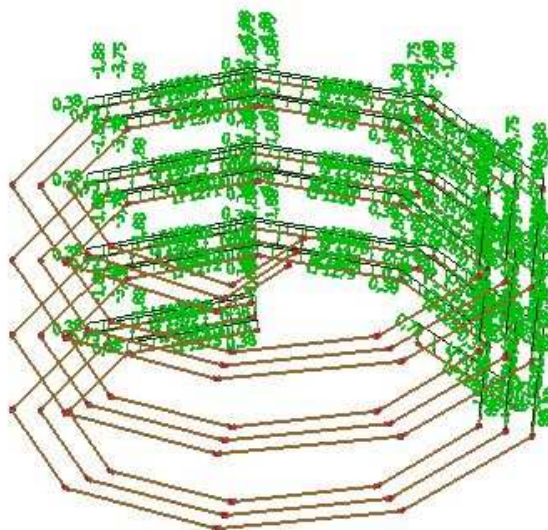
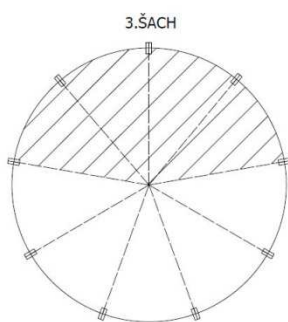
$q = \text{vodorovné: } q = 0,6 \text{ kN/m}^2$  (20% ze svislé složky)



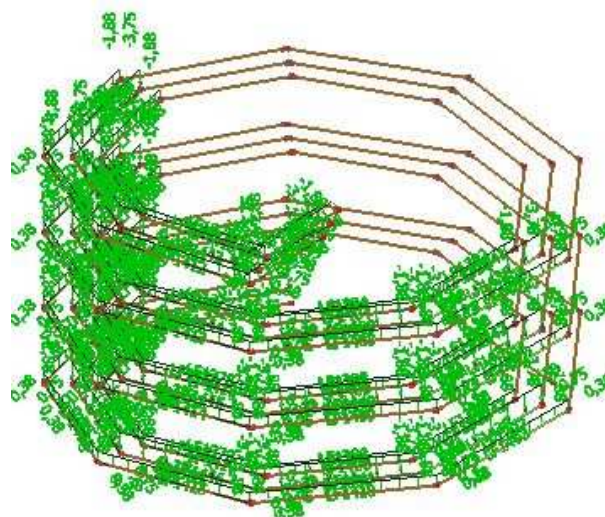
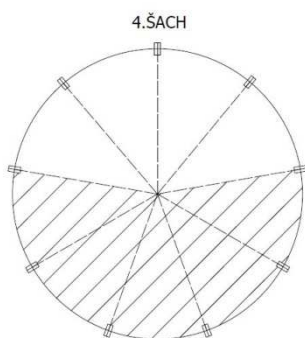
### 2.2.3 ZS5 - Užiténé zatížení na plošinách 2.šach



## 2.2.4 ZS6 - Užité zátížení na plošinách 3.šach



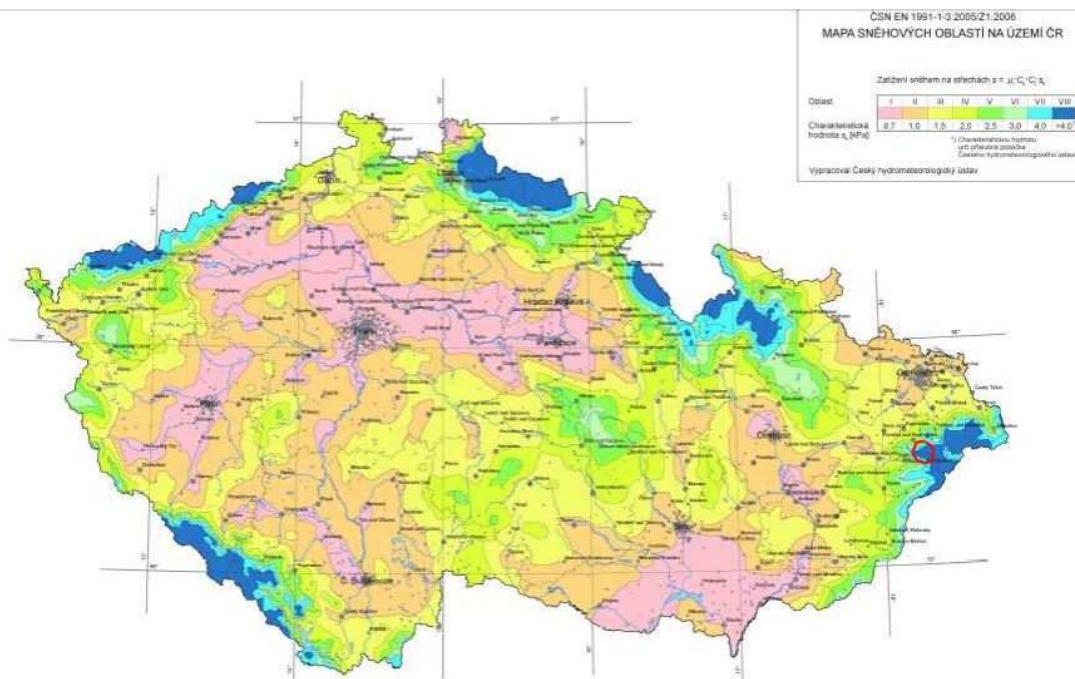
## 2.2.5 ZS7 - Užité zátížení na plošinách 4.šach





## 2.2.6 ZS8 - Sníh 1.šach

Stavba se dle mapy sněhových oblastí nachází v oblasti VIII. Charakteristická hodnota zatížení sněhem pro tuto oblast je  $s_k=5,9 \text{ kN/m}^2$ . Do výpočetního programu je zatížení zadáno jako liniové na příslušné prvky.



Na vyhlídkové vrchní plošině uvažují se 100% zatížením sněhem, kdežto u ochozu a spodní vyhlídkové plošiny pouze 50% zatížení. Zatížení je rozděleno do různých šachů, tak aby bylo možno co nejlépe postihnout nejnepříznivější účinky na konstrukci.

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

kde	$\mu_i$	...	tvarový součinitel zatížení sněhem
	$C_e$	...	součinitel expozice
	$C_t$	...	tepelný součinitel
	$s_k$	...	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi

- předpokládá se, že zatížení působí svisle a je vztaženo k půdorysné ploše střechy
- tvarový součinitel  $\mu_i$  je závislý na tvaru střechy a jeho hodnota je pro celou řadu typických případů uvedena v normě ČSN EN 1991-1-3
- při volbě součinitele  $C_e$  se má uvážit budoucí výstavba v okolí staveniště. Hodnota se určí z tabulky podle typu krajiny

TAB. 3 Typ krajiny

Typ krajiny	$C_e$
otevřená	0,8
normální	1,0
chráněná	1,2

**TAB. 4 Tvarové součinitele zatížení sněhem**

Úhel sklonu střechy	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0,0
$\mu_2$	$0,8 + 0,8\alpha / 30$	1,6	---

$$s_k = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_{k,0}$$

$$s_k = 5,9 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,8$$

$$s_k = 5,66 \text{ kN/m}^2$$

## 2.2.7 ZS9 - Sníh 2.šach

Schéma šachu dle ZS5.

## 2.2.8 ZS10 - Sníh 3.šach

Schéma šachu dle ZS6.

## 2.2.9 ZS11 - Sníh 4.šach

Schéma šachu dle ZS7.

## 2.2.10 ZS12 - Vítr

Stavba se dle mapy větrných oblastí nachází v oblasti IV, pro kterou platí hodnota základní rychlosti větru  $V_{bo} = 30 \text{ m/s}$ . Pro stanovení účinku větru na stavbu uvažují s kategorií terénu III (oblast rovnoměrně pokrytá vegetací).

Zatížení větrem popisují v těchto bodech:

- Maximální dynamický tlak  $q_p$
- Součinitel konstrukce  $C_s C_d$
- Součinitel sil  $C_f$
- Výsledné síly na konstrukci  $F_w$

**Maximální dynamický tlak  $q_p$**

- Základní rychlost větru:  $V_b = V_{bo} \cdot C_{dir} \cdot C_{season} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 30 = 30 \text{ m/s}$

$C_{dir}$  ... součinitel směru větru

$C_{season}$  ...součinitel ročního období

- Střední rychlost větru:  $v_{n(ze)} = v_b \cdot C_{0(ze)} \cdot C_{r(ze)} = 30 \cdot 2,04 \cdot 1,05 = 64,50$

$$C_{r(z)} = k_r \cdot \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) = 0,22 \cdot \ln \left( \frac{40}{0,3} \right) = 1,05$$

$$K_{r(z)} = 0,19 \left( \frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \left( \frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,22$$

$C_{r(z)}$  ...součinitel nerovnosti terénu

$z_0$  ...0,3 pro kategorii terénu III.

$z_{0,II}$  ...0,05 pro kategorii terénu III.

$$C_{0(z_e)} = 1,0 + 2,0 \cdot s \cdot \emptyset$$

$$C_{0(z_e)} = 1,0 + 2,0 \cdot 0,95 \cdot 0,55$$

$$C_{0(z_e)} = 2,04$$

$$s = A \cdot \exp\left(B \cdot \left(\frac{x}{L_u}\right)\right)$$

$$s = 0,95 \cdot \exp\left(2,61 \cdot \left(\frac{0}{1129}\right)\right)$$

$$s = 0,95$$

$$A = 0,1552 \cdot \left(\frac{z_e}{L_e}\right)^4 - 0,8575 \cdot \left(\frac{z_e}{L_e}\right)^3 + 1,8133 \cdot \left(\frac{z_e}{L_e}\right)^2 - 1,9115 \cdot \left(\frac{z_e}{L_e}\right)$$

$$A = 0,1552 \cdot \left(\frac{40}{1129}\right)^4 - 0,8575 \cdot \left(\frac{40}{1129}\right)^3 + 1,8133 \cdot \left(\frac{40}{1129}\right)^2 - 1,9115 \cdot \left(\frac{40}{1129}\right)$$

$$A = 0,95$$

$$B = 0,3542 \cdot \left(\frac{z_e}{L_e}\right)^2 - 1,0577 \cdot \left(\frac{z_e}{L_e}\right) + 2,6456$$

$$B = 0,3542 \cdot \left(\frac{40}{1129}\right)^2 - 1,0577 \cdot \left(\frac{40}{1129}\right) + 2,6456$$

$$B = 2,61$$

$$L_e = L_u = 1129 \text{ m}$$

$$H = 620 \text{ m}$$

$$z_e = 40 \text{ m}$$

$$\emptyset = 0,55$$

- Intenzita turbulence větru:  $I_{v(z_e)} = \frac{K1}{Co(z_e) \cdot \ln\left(\frac{z_e}{z_0}\right)}$

$$I_{v(z_e)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{40}{0,3}\right)}$$

$$I_{v(z_e)} = 0,10$$

$K1$  ...1,0 součinitel turbulence

$z_0$  ...0,3 pro kategorii terénu III.

- Maximální dynamický tlak:  $q_{p(z)} = \left(1 + 7 \cdot I_{v(z)}\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \zeta \cdot V_{n(z)}^2$

$$q_{p(z)} = \left(1 + 7 \cdot 0,1\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot (30 \cdot 1,0 \cdot 1,08)^2$$

$$q_{p(z)} = 4,42 \text{ kN/m}^2$$

*Součinitel konstrukce  $c_s c_d$*

- Měřítka délky turbulence:  $L_{(zs)} = L_t \cdot \left(\frac{zs}{zt}\right)^{0,67+0,05 \cdot \ln(zs)} = 300 \cdot \left(\frac{24}{200}\right)^{0,67+0,05 \cdot \ln(0,3)}$

$$L_{(zs)} = 82,34 \text{ m}$$

$L_t = 300 \text{ m}$  ...měřítko délky

$Z_t = 200 \text{ m}$  ...referenční výška

- Bezrozměrná frekvence:  $f_{L(zs,n1)} = n_1 \cdot \frac{L(zs)}{vm(zs)} = 2,5 \cdot \frac{82,34}{64,50}$

$$f_{L(zs,n1)} = 3,19$$

$n_1$  ...základní vlastní frekvence  $n_1 = 2,50 \text{ Hz}$

- Výkonová spektrální hustota:  $S_{l(zs,n1)} = \frac{6,8 \cdot f_{L(zs,n1)}}{(1+10,2 \cdot f_{L(zs,n1)}^{5/3})} = \frac{6,8 \cdot 3,19}{(1+10,2 \cdot 3,19)^{5/3}}$

$$S_{l(zs,n1)} = 0,06$$

-Aerodynamické admitance:  $\mu_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(zs)} \cdot f_{L(zs,n1)} = \frac{4,6 \cdot 40}{82,34} \cdot 3,19$

$$\mu_h = 7,13$$

$$\mu_h = \frac{4,6 \cdot b}{L(zs)} \cdot f_{L(zs,n1)} = \frac{4,6 \cdot 24}{82,34} \cdot 3,19$$

$$\mu_h = 4,28$$

$$R_{b(\mu h)} = \frac{1}{\mu h} - \frac{1}{2 \cdot \mu h^2} \cdot (1 - \exp^{-2 \cdot \mu h}) = \frac{1}{7,13} - \frac{1}{2 \cdot 7,13^2} \cdot (1 - \exp^{-2 \cdot 7,13})$$

$$R_{b(\mu h)} = 0,13$$

$$R_{b(\mu b)} = \frac{1}{\mu b} - \frac{1}{2 \cdot \mu b^2} \cdot (1 - \exp^{-2 \cdot \mu b}) = \frac{1}{4,28} - \frac{1}{2 \cdot 4,28^2} \cdot (1 - \exp^{-2 \cdot 4,28})$$

$$R_{b(\mu h)} = 0,21$$

-Celkový logaritmický dekrement útlumu:

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$$

$$\delta_s = 0,05 \quad \dots \text{příhradové ocelové věže}$$

$$\delta_a = \frac{cf \cdot \rho \cdot b \cdot vm(zs)}{2 \cdot n_1 \cdot m_e} = \frac{1 \cdot 1,25 \cdot 24 \cdot 64,50}{2 \cdot 2,5 \cdot 2391,25}$$

$$\delta_a = 0,16$$

$n_1$  ...základní vlastní frekvence  $n_1 = 2,50 \text{ Hz}$

$m_e$  ... hmotnost konstrukce 2391,25 Kg/m

$$\delta_d = 0$$



$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d = 0,05 + 0,16 + 0 = 0,21$$

-Rezonanční část odezvy:  $R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_{L(zs, n1)} \cdot R_{h(\mu h)} \cdot R_{b(\mu b)} = \frac{\pi^2}{2 \cdot 0,21} \cdot 0,06 \cdot 0,13 \cdot 0,21$

$$R^2 = 0,04$$

-Součinitel odezvy pozadí:  $B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{b+h}{L(zs)}\right)^{0,63}} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{24+40}{82,34}\right)^{0,63}}$

$$B^2 = 0,57$$

-Součinitel maximální hodnoty:  $K_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} = \sqrt{2 \cdot \ln(0,63 \cdot 600)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(0,63 \cdot 600)}}$

$$K_p = 3,47$$

$$T = 600s$$

$$v = n_1 \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} = n_1 \cdot \sqrt{\frac{0,04}{0,57 + 0,04}} = 0,63$$

-Součinitel konstrukce:  $C_s C_d = \frac{1 + 2 \cdot K_p \cdot I_v(zs) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(zs)} = \frac{1 + 2 \cdot 3,47 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{0,57 + 0,04}}{1 + 7 \cdot 0,1}$

$$C_s C_d = 0,91$$

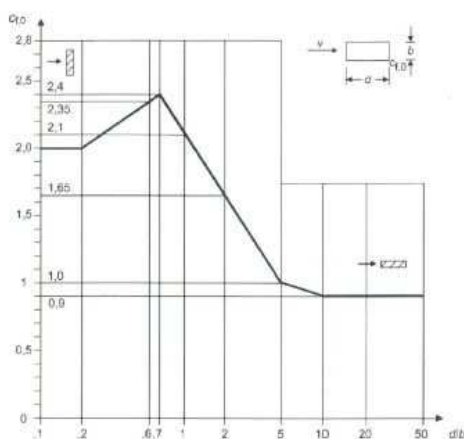
$$I_v(zs) = 0,1$$

### Součinitelé sil $c_f$

-Pro vnější sloupy - obdélníkový průřez (vítr na kratší stranu)

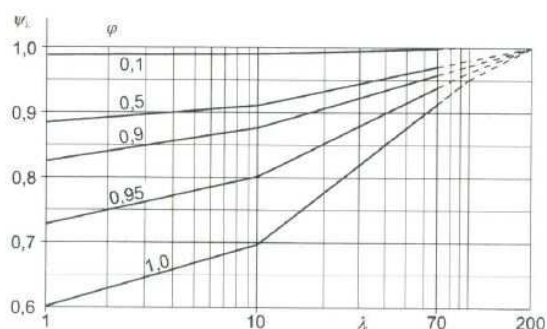
$$C_f = C_{f0} \cdot \psi_\lambda = 1,66 \cdot 0,91 = 1,51$$

$$\frac{d}{b} = \frac{1000}{480} = 2,08 \dots C_f = 1,66 \text{ z grafu}$$



Obrázek 7.23 – Součinitel síly  $c_{f,0}$  pro obdélníkové průřezy s ostrými rohy bez vlivu proudění kolem volných konců

I ...40,0m výška konstrukce



Obrázek 7.36 – Směrné hodnoty součinitele koncového efektu  $\psi_s$  jako funkce součinitele plnosti  $\varphi$  v závislosti na štíhlosti  $\lambda$

$\varphi$  ...1,0 z grafu

$\psi$  ...0,91 z grafu

$$\lambda = \frac{1,4 \cdot l}{b} = \frac{1,4 \cdot 40}{0,48} = 0,7$$

Tabulka 7.16 – Doporučené hodnoty  $\lambda$  pro válce, mnohoúhelníkové průřezy, obdélníkové průřezy, otevřené konstrukční průřezy a příhradové konstrukce

Č.	Poloha konstrukce, vlnr kolmý k rovině strany	Efektivní štíhlost $\lambda$
1		Pro mnohoúhelníkové, obdélníkové a ostrohranné průřezy a příhradové konstrukce: pro $l \geq 50$ m, menší z hodnot $\lambda = 1,4/b$ nebo $\lambda = 70$ ; pro $l < 15$ m, menší z hodnot $\lambda = 2/b$ nebo $\lambda = 70$ ; Pro válce s kruhovým průřezem: pro $l \geq 50$ m, menší z hodnot $\lambda = 0,7/b$ nebo $\lambda = 70$ ; pro $l < 15$ m, menší z hodnot $\lambda = l/b$ nebo $\lambda = 70$ ; Pro mezilehlé hodnoty $l$ se doporučuje použít lineární interpolaci.
2		Pro mezilehlé hodnoty $l$ se doporučuje použít lineární interpolaci.
3		Pro $l \geq 50$ m, menší z hodnot $\lambda = 0,7/b$ nebo $\lambda = 70$ ; Pro $l < 15$ m, menší z hodnot $\lambda = l/b$ nebo $\lambda = 70$ ; Pro mezilehlé hodnoty $l$ se doporučuje použít lineární interpolaci.
4		Pro $l \geq 50$ m, menší z hodnot $\lambda = 0,7/b$ nebo $\lambda = 70$ ; Pro $l < 15$ m, menší z hodnot $\lambda = l/b$ nebo $\lambda = 70$ ; Pro mezilehlé hodnoty $l$ se doporučuje použít lineární interpolaci.

-Pro vnější sloupy - obdélníkový průřez (vítr na delší stranu)

$$C_b = C_{f0} \cdot \psi_\lambda = 2,28 \cdot 0,91 = 2,07$$

$$\frac{b}{d} = \frac{480}{1000} = 0,48 \dots C_f = 2,28 \text{ z grafu}$$

$\varphi$  ...1,0 z grafu

$\psi$  ...0,91 z grafu

$$\lambda = \frac{1,4 \cdot l}{b} = \frac{1,4 \cdot 40}{0,48} = 0,63$$

-Pro středový sloup -kruhový průřez

$$C_b = C_{f0} \cdot \psi_\lambda = 1,27 \cdot 0,91 = 1,15$$

$$C_{f0} = 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log(10 \cdot \frac{k}{b})}{1 + 0,4 \cdot \log(Re \cdot 10^{-6})} = 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log(10 \cdot \frac{0,2}{0,7})}{1 + 0,4 \cdot \log(3925883,94 \cdot 10^{-6})} = 1,27$$

k ...0,2 mm pro pozinkovanou ocel

b ...0,7 m

$$R_e = \frac{b \cdot v(z)}{v} = \frac{0,7 \cdot 84,13}{1,15} = 3925883,94$$

$$v(ze) = \sqrt{2 \cdot \frac{qp}{\rho}} = \sqrt{2 \cdot \frac{4,42}{1,25}} = 84,13 \text{ m/s}$$

ze= l ...40,0 m

$\varphi$  ...1,0 z grafu

$\psi$  ...0,91 z grafu

-Pro zbývajících prvky - ztužidla

$$C_b = C_{f0} \cdot \psi_\lambda = 1,46 \cdot 0,91 = 1,33$$

$$C_{f0} = 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log(10 \cdot \frac{k}{b})}{1 + 0,4 \cdot \log(Re \cdot 10^{-6})} = 1,2 + \frac{0,18 \cdot \log(10 \cdot 0,1)}{1 + 0,4 \cdot \log(560840,56 \cdot 10^{-6})} = 1,46$$

k ...0,2 mm pro pozinkovanou ocel

b ...0,1 m

$$R_e = \frac{b \cdot v(z)}{v} = \frac{0,1 \cdot 84,13}{1,15} = 560840,56$$

$$v(ze) = \sqrt{2 \cdot \frac{qp}{\rho}} = \sqrt{2 \cdot \frac{4,42}{1,25}} = 84,13 \text{ m/s}$$

ze= l ...9,9 m

$\varphi$  ...1,0 z grafu

$\psi$  ...0,91 z grafu

---

*Výsledné síly na konstrukci  $w_e$*

$$F_w = C_s C_d \cdot C_f \cdot q_p \cdot A_{ref}$$

$$w_e = C_s C_d \cdot C_f \cdot q_p \cdot b_{ref}$$

- Síly na vnější sloupy- vítr na kratší stranu

$$F_w = 0,91 \cdot 1,51 \cdot 4,42 \cdot 1 \cdot 0,48 = 2,91 \text{ kN}$$

$$w_e = 0,91 \cdot 1,51 \cdot 4,42 \cdot 0,48 = 2,91 \text{ kN/m}$$

- Síly na vnější sloupy- vítr na kratší stranu

$$F_w = 0,91 \cdot 2,07 \cdot 4,42 \cdot 1 \cdot 0,48 = 3,99 \text{ kN}$$

$$w_e = 0,91 \cdot 2,07 \cdot 4,42 \cdot 0,48 = 3,99 \text{ kN/m}$$

- Síly na středový sloup

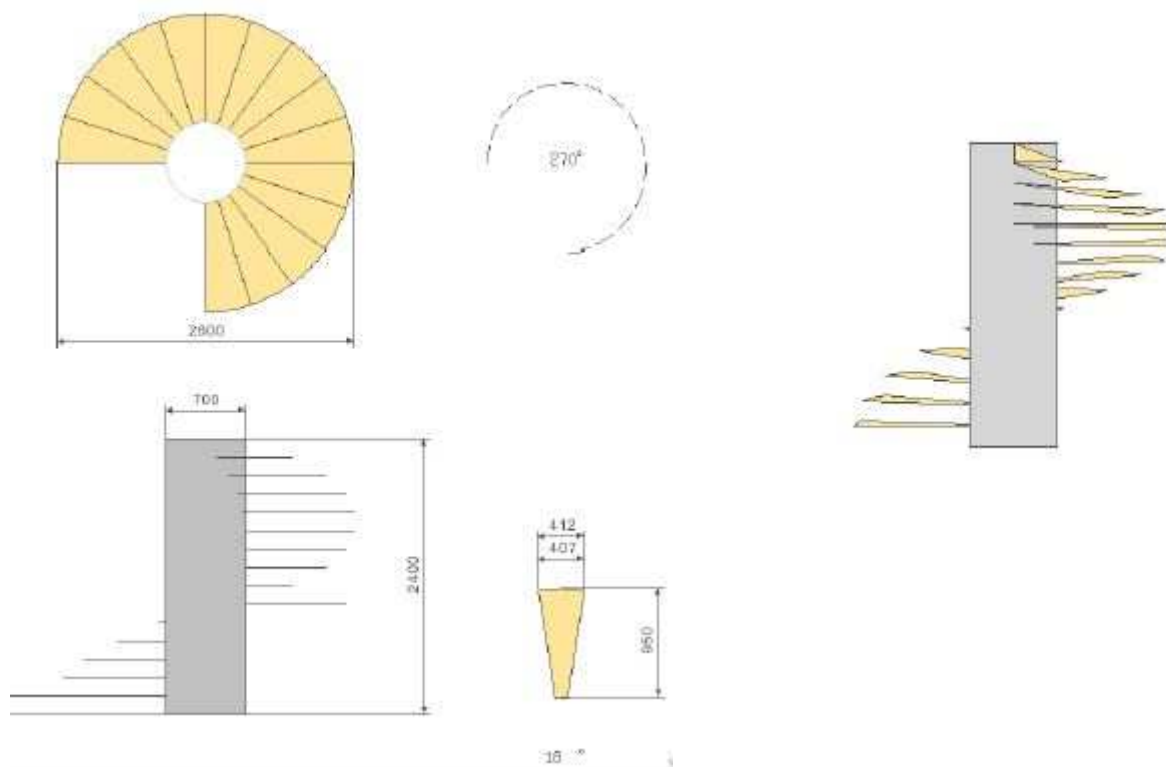
$$F_w = 0,91 \cdot 1,15 \cdot 4,42 \cdot 0,7 \cdot 0,38465 = 1,78 \text{ kN}$$

$$w_e = 0,91 \cdot 1,15 \cdot 4,42 \cdot 0,7 = 3,23 \text{ kN/m}$$

- Síly na ostatní prvky                      ...neuvažují

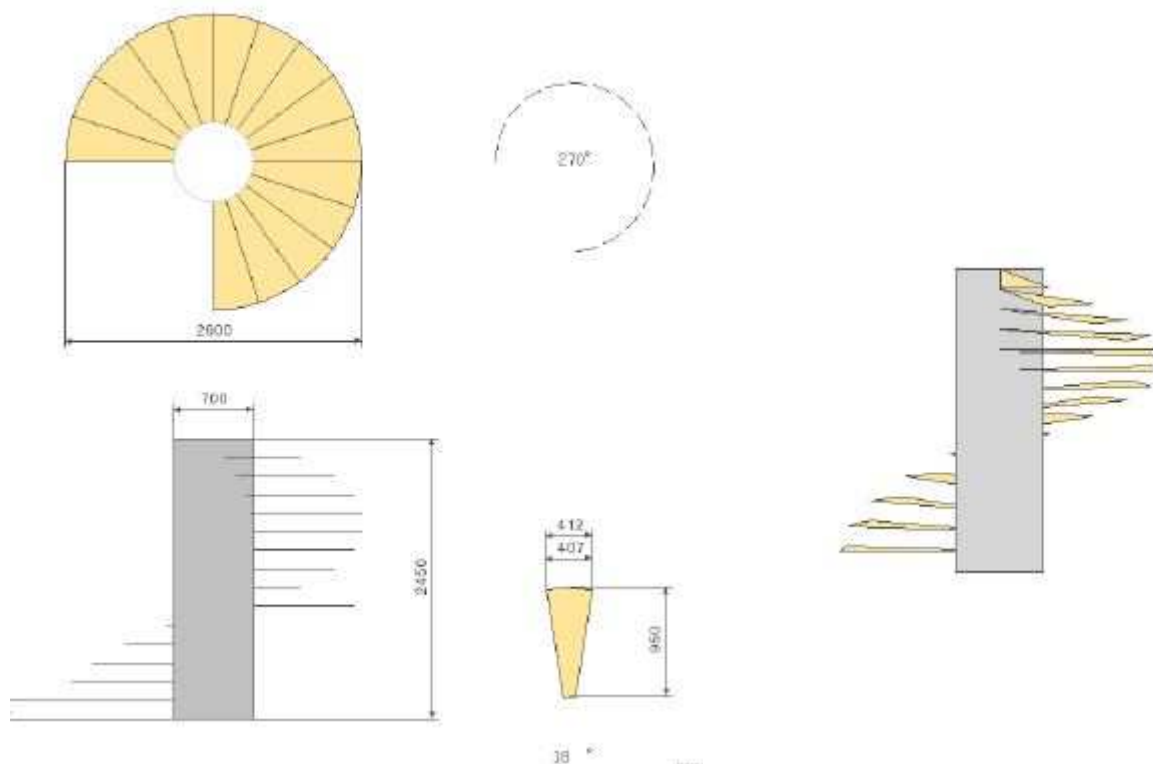
### 3. Návrh schodiště

#### 3.1 Návrh schodiště dolní poloviny rozhledny (0,0-24,0 m výšky)



Počáteční data:	Výška schodiště 2400 mm
	Průměr schodiště 2600 mm
	Vnitřní průměr 700 mm
	Počet schodů 15
	Úhel natočení 270°
	Výška stupně 163 mm
	Úhel stupně 18°
	Délka etapy 950 mm
	Šířka stupně 407 mm

### **3.2 Návrh schodiště horní poloviny rozhledny (24,0-38,5 m výšky)**



Počáteční data:

- Výška schodiště 2450 mm
- Průměr schodiště 2600 mm
- Vnitřní průměr 700 mm
- Počet schodů 15
- Úhel natočení 270°
- Výška stupně 163 mm
- Úhel stupně 18°
- Délka etapy 950 mm
- Šířka stupně 407 mm

### 3.3 Návrh schodiště na vyhlídku

Jedná se o jednoramenné schodiště, které překonává výšku 2,1m a to dvanácti schodišťovými stupni.

Počáteční data:  $h = 170 \text{ mm}$

$n = 12$

$b = 630 - 2 \cdot h = 280 \text{ mm}$  ...  $b_{\min} = 250 \text{ mm}$

$\text{tg}\alpha = \frac{h}{b} = \frac{170}{280} = 0,625$  ...  $\alpha = 32^\circ$  ...  $\alpha \leq 35^\circ$

$L = (n-1) \cdot b = (12-1) \cdot 280 = 3080 \text{ mm}$

$h_1 = 1500 + \frac{750}{\cos\alpha} = 1500 + \frac{750}{\cos 32} = 2384 \text{ mm}$  ...  $h_1 > 2100 \text{ mm}$

$h_2 = 750 + 1500 \cdot \cos\alpha = 750 + 1500 \cdot \cos 32^\circ = 2022 \text{ mm}$  ...  $h_2 > 1900 \text{ mm}$

L ... délka schodišťového ramene

$h_1$  ... podchodná výška schodiště

$h_2$  ... průchodná výška schodiště

## 4. Posudky prvků konstrukce

### 4.1 Hlavní nosníky

#### Materiálové charakteristiky

Dřevo lepené lamelové GL24h

pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	= 24 MPa
pevnost v tahu	$f_{t,0,k}$	= 16,5 MPa
	$f_{t,90,k}$	= 0,50 MPa
pevnost v tlaku	$f_{c,0,k}$	= 24 MPa
	$f_{c,90,k}$	= 2,7 MPa
pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	= 3,5 MPa
modul pružnosti	$E_{0,05}$	= 8,8 GPa
hustota	$\zeta_k$	= 380 Kg/m <sup>3</sup>
modul pružnosti	$E_{0,mean}$	= 11,6 GPa

$$f_{m,d} = K_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,y,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,40 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = K_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{16,5}{1,25} = 9,24 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = K_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{0,50}{1,25} = 0,22 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = K_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

$$f_{v,d} = K_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{3,50}{1,25} = 1,51 \text{ MPa}$$

$\gamma_M$  ...1,25 Dílčí součinitel vlastnosti materiálu pro lepené lamelové dřevo.

$K_{mod}$  ...0,7 Modifikační součinitel pro třídu vlhkosti a trvání zatížení.

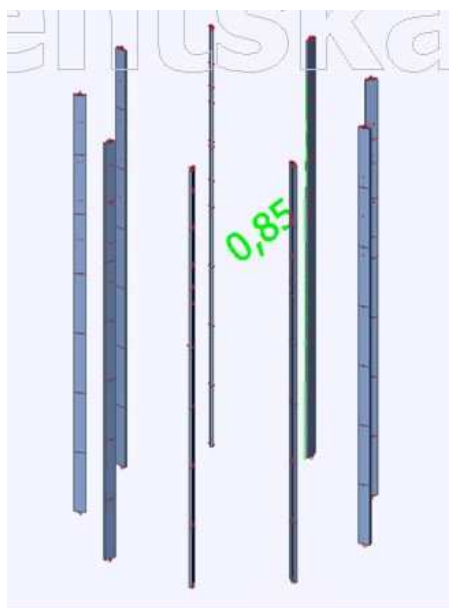
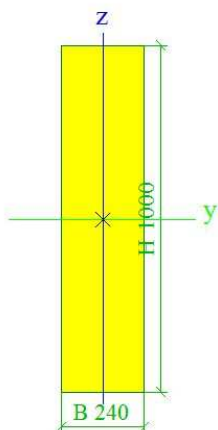
$K_b$  ...min  $\left(\frac{600}{b}\right)^{0,1} = \left(\frac{600}{240}\right)^{0,1} = 1,1$  Modifikační součinitel pro třídu vlhkosti a trvání zatížení.

1,0

#### Průřezové charakteristiky

$b = 240 \text{ mm}$

$h = 1000 \text{ mm}$



$$A = b \cdot h = 0,24 \cdot 1,0 = 0,24 \text{ m}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 0,24 \cdot 1,0^3 = 20,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = \frac{1}{12} \cdot 0,24^3 \cdot 1,0 = 1,152 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 0,24 \cdot 1,0^2 = 40,00 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h = \frac{1}{6} \cdot 0,24^2 \cdot 1,0 = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$



**Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:**

$$N_{Ed} = 1137,75 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,98 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 38,85 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 0,05 \text{ kNm}$$

$$M_{y,Ed} = 145,80 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 1,40 \text{ kNm}$$

**Posouzení na tlak (rovnoběžně s vlákny)**

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{1137,75 \cdot 10^3}{0,24 \cdot 10^6} = 4,74 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{4,74}{13,44} = \mathbf{0,35 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

**Posouzení na tlak (kolmo na vlákna)**

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,Ed}}{A} = \frac{27,3 \cdot 10^3}{0,24 \cdot 10^6} = 0,11 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{c,90,d}} = \frac{0,11}{1,51} = \mathbf{0,07 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

**Posouzení na smyk**

$$\tau_{v,Ed} = \frac{3}{2} \frac{V_{y,Ed}}{b_{ef} \cdot h} = \frac{3}{2} \frac{0,98 \cdot 10^3}{0,1608 \cdot 1,0} = 0,01 \text{ MPa} \quad \dots \text{návrhové napětí ve smyku}$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,24 = 0,1608 \text{ m} \quad \dots \text{vliv trhlin}$$

$$\frac{\tau_{y,Ed}}{f_{v,d}} = \frac{0,091 \cdot 10^6}{1,51 \cdot 10^6} = \mathbf{0,006 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\tau_{z,Ed} = \frac{3}{2} \frac{V_{z,Ed}}{b_{ef} \cdot h} = \frac{3}{2} \frac{38,85 \cdot 10^3}{0,1608 \cdot 1,0} = 0,36 \text{ MPa} \quad \dots \text{návrhové napětí ve smyku}$$

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,24 = 0,1608 \text{ m} \quad \dots \text{vliv trhlin}$$

$$\frac{\tau_{z,Ed}}{f_{v,d}} = \frac{0,36 \cdot 10^6}{1,51 \cdot 10^6} = \mathbf{0,24 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

**Posouzení na ohyb**

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{145,8 \cdot 10^3}{40 \cdot 10^{-3}} = 3,65 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,Ed}}{W_z} = \frac{1,40 \cdot 10^3}{9,60 \cdot 10^{-3}} = 0,14 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,65}{13,44} + 0,7 \cdot \frac{0,14}{13,44} = 0,28 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \cdot \frac{3,65}{13,44} + \frac{0,14}{13,44} = 0,20 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Posudek na kombinaci vzpěrného tlaku a ohybu

Vybočení kolmo na osu y-y je ve spodní části bráněno ocelovými ztužidly uchycenými na středový sloup a ve vrchní části ochozem vyhlídky.

Vybočení kolmo na osu z-z je bráněno dřevěnými horizontálními ztužidly.

$$L_{cr,y} = 14,5 \text{ m}$$

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

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Rd}}{A} = \frac{1137,75 \cdot 10^3}{0,24 \cdot 10^6} = 4,74 \text{ MPa} \quad \dots \text{návrhové napětí v tlaku}$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,85 + \sqrt{0,85^2 - 0,81^2}} = 0,9 \quad \dots \text{součinitel vzpěrnosti}$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,37 + \sqrt{1,37^2 - 1,28^2}} = 0,54 \quad \dots \text{součinitel vzpěrnosti}$$

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,81 - 0,3) + 0,81^2] = 0,85$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (1,28 - 0,3) + 1,28^2] = 1,37$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{50,23}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{9,4 \cdot 10^9}} = 0,81 \quad \dots \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{79,39}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{9,4 \cdot 10^9}} = 1,28 \quad \dots \text{poměrná štíhlost}$$

$$\lambda_y = L_{cr,y} \cdot \sqrt{\frac{A}{I_y}} = 14,5 \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 10^{-1}}{2,0 \cdot 10^{-2}}} = 50,23 \quad \dots \text{kritická štíhlost}$$

$$\lambda_z = L_{cr,z} \cdot \sqrt{\frac{A}{I_z}} = 5,5 \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 10^{-1}}{1,152 \cdot 10^{-2}}} = 79,39 \quad \dots \text{kritická štíhlost}$$

$$\frac{6_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{6_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{4,7 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + 0,28 = \mathbf{0,67 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{6_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{6_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{4,7 \cdot 10^6}{0,54 \cdot 13,44 \cdot 10^6} + 0,20 = \mathbf{0,85 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Posudek na klopení

$$I_{tor} = \frac{1}{3} \cdot [1 - 0,63 \cdot \frac{b}{h} \cdot (1 - \frac{b^4}{12 \cdot h^4})] \cdot b^4 \cdot h = \frac{1}{3} \cdot [1 - 0,63 \cdot \frac{0,24}{1,0} \cdot (1 - \frac{0,24^4}{12 \cdot 1^4})] \cdot 0,24^4 \cdot 1,0$$

$$I_{tor} = 3,91 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4 \quad \dots \text{moment setrvačnosti kroucení}$$

$$L_{ef} = 0,8 \cdot L = 0,8 \cdot 5,5 = 4,4 \text{ m} \quad \dots \text{účinná délka}$$

$$\sigma_{m, crit} = \frac{\pi \cdot \sqrt{E_{05} \cdot I_z \cdot G_{05} \cdot I_{tor}}}{l_{ef} \cdot h} = \frac{\pi \cdot \sqrt{9,4 \cdot 10^9 \cdot 1,152 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5875 \cdot 10^9 \cdot 3,91 \cdot 10^{-3}}}{4,4 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}$$

$$\sigma_{m, crit} = 89,03 \text{ MPa} \quad \dots \text{kritické napětí za ohybu}$$

$$\lambda_{rel, m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m, crit}}} = \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{89,03 \cdot 10^6}} = 0,52 \leq 0,75$$

$$k_{crit} = \begin{cases} 1,0 & \text{pro } \lambda_{rel, m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \lambda_{rel, m} & \text{pro } 0,75 < \lambda_{rel, m} \leq 1,40 \\ \frac{1}{\lambda_{rel, m}^2} & \text{pro } 1,40 < \lambda_{rel, m} \end{cases}$$

$$k_{crit} = 1,0$$

návrhové napětí za ohybu:

$$\frac{6m_{y,d}}{k_{crit} \cdot f_{md}} = \frac{3,65}{1,0 \cdot 13,44} = \mathbf{0,27 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

posudek:

$$\left( \frac{6m_{y,d}}{k_{crit} \cdot f_{md}} \right)^2 + \frac{6c_d}{K_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \left( \frac{3,65}{1,0 \cdot 13,44} \right)^2 + \frac{4,74}{0,54 \cdot 13,44} = \mathbf{0,73 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

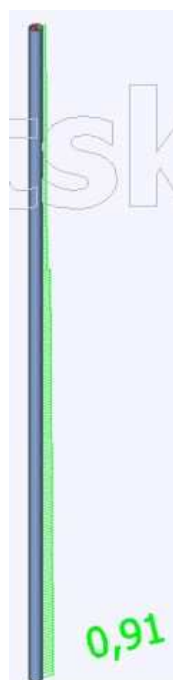
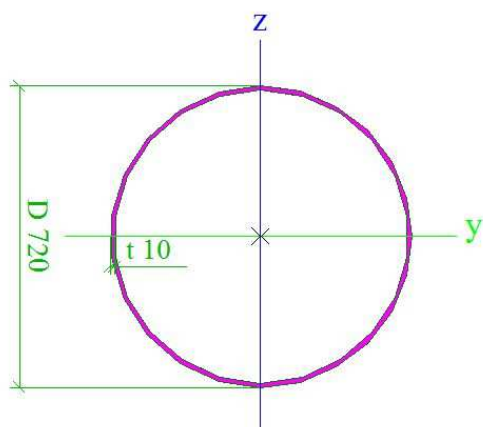
## 4.2 Středový sloup

### Materiálové charakteristiky

Ocel S235

mez pevnosti	$f_y$	= 235 MPa
mez kluzu	$f_u$	= 360 MPa

### Průřezové charakteristiky



$$A = 0,022305 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$I_y = 1,4058 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_z = 1,4058 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$W_{el} = 3,9050 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_{pl} = 5,0413 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

**Ve výpočtu uvažovány vnitřní síly:**

$$N_{Ed} = 1631,63 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 21,48 \text{ kN}$$

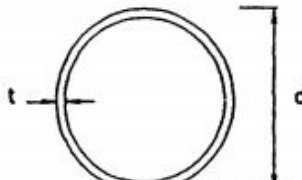
$$V_{z,Ed} = 49,10 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 201,51 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 89,72 \text{ kNm}$$

**Zatřídění průřezu**

$$\frac{d}{t} = \frac{720}{10} = 72 \quad 70 \cdot \epsilon^2 = 70 \cdot 1^2 \leq 72 \leq 90 \cdot \epsilon^2 = 90 \cdot 1^2 \quad \dots \text{třída průřezu 3}$$

(e) Trubky			
			
Třída	Průřez v ohybu, v tlaku, v tlaku a ohybu		
1	$d/t \leq 50 \epsilon^2$		
2	$d/t \leq 70 \epsilon^2$		
3	$d/t \leq 90 \epsilon^2$		
$f_y$	235	275	355
$\epsilon = \sqrt{235 / f_y}$	1	0,92	0,81
$\epsilon^2$	1	0,85	0,66

**Posouzení na tlak**

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,2305 \cdot 10^{-2} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 5242 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{1631,63}{5242} = \mathbf{0,31 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Posouzení na smyk

$$A_v = \frac{2 \cdot A}{\pi} = \frac{2 \cdot 2,2305 \cdot 10^{-2}}{\pi} = 1,420 \cdot 10^2 \text{ m}^2$$

$$V_{y,pl,Rd} = V_{z,pl,Rd} = \frac{A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3}}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,420 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{235 \cdot 10^3}{\sqrt{3}}}{1,0} = 1926,62 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{y,Ed}}{V_{y,pl,Rd}} = \frac{21,48}{1926,62} = \mathbf{0,01 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{z,pl,Rd}} = \frac{49,10}{1926,62} = \mathbf{0,03 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Posouzení na ohyb

$$M_{y,el,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,9050 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^3}{1,0} = 917,68 \text{ kNm}$$

$$M_{z,el,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,9050 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^3}{1,0} = 917,68 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,el,Rd}} = \frac{201,51}{917,68} = \mathbf{0,20 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{M_{z,Ed}}{M_{z,el,Rd}} = \frac{89,72}{917,68} = \mathbf{0,10 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Posouzení na vzpěrný tlak

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,53 \cdot 2,2305 \cdot 10^{-2} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 2778,1 \text{ kN}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 + \lambda^2}} = \frac{1}{1,22 + \sqrt{1,22^2 + 1,02^2}} = 0,53 \leq 1,0$$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 (1,02 - 0,2) + 1,02^2] = 1,22$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{2,2305 \cdot 10^{-2} \cdot 235 \cdot 10^6}{5058,45 \cdot 10^3}} = 1,02$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,4058 \cdot 10^{-3}}{24,0^2} = 5058,45 \cdot 10^3 \text{ N}$$

L ... 48,5 m systémová délka

$k_{yy}=k_{zz}$  ...1,0 součinitel vzpěru

$L_{cr}=L_{cry}=L_{crz}$  ...24,0 m vzpěrná délka

$\alpha$  ...0,49 součinitel imperfekce - křivka c

$$\frac{\gamma M_0 \cdot N_{ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{1,0 \cdot 1631,63}{2778,1} = 0,59 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Posouzení na tlak s ohybem

$$\chi = 0,53$$

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

$$N_{RK} = f_y \cdot A = 235 \cdot 10^3 \cdot 2,2305 \cdot 10^{-2} = 5241,68 \text{ kN}$$

$$M_{y,RK} = f_y \cdot W_{el,y} = 235 \cdot 10^3 \cdot 3,9050 \cdot 10^{-3} = 917,68 \text{ kNm}$$

$$M_{z,RK} = f_y \cdot W_{el,z} = 235 \cdot 10^3 \cdot 3,9050 \cdot 10^{-3} = 917,68 \text{ kNm}$$

$$c_{m,y} = 0,9$$

$$c_{m,z} = 0,6$$

$$c_{LT} = 0,6$$

$$k_{yy} = c_{my} \cdot (1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}}) \leq c_{my} \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}})$$

$$k_{yy} = 0,9 \cdot (1 + (1,02 - 0,2) \cdot \frac{1631,63}{0,53 \cdot \frac{5241,68}{1,0}}) \leq 0,9 \cdot (1 + 0,8 \cdot \frac{1631,63}{0,53 \cdot \frac{5241,68}{1,0}})$$

$$k_{yy} = 1,21 \leq 1,32$$

$$k_{zz} = c_{mz} \cdot (1 + (2 \cdot \lambda_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}}) \leq c_{mz} \cdot (1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{RK}}{\gamma_{M1}}})$$

$$k_{zz} = 0,6 \cdot (1 + (2 \cdot 1,02 - 0,6) \cdot \frac{1631,63}{0,53 \cdot \frac{5241,68}{1,0}}) \leq 0,6 \cdot (1 + 1,4 \cdot \frac{1631,63}{0,53 \cdot \frac{5241,68}{1,0}})$$

$$k_{zz} = 0,8 \leq 1,09$$

$$k_{yz} = 0,8$$

$$k_{zy} = 0,92$$

Posudek:

$$\frac{NEd}{\chi_Y \frac{NRk}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{My,Ed}{\chi_{LT} \cdot \frac{My,Rk}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{Mz,Ed}{\frac{Mz,Rk}{\gamma_{M1}}} = \frac{1631,63}{0,53 \cdot \frac{5241,68}{1,0}} + 1,21 \cdot \frac{201,51}{1,0 \cdot \frac{917,68}{1,0}} + 0,8 \cdot \frac{89,72}{\frac{917,68}{1,0}}$$

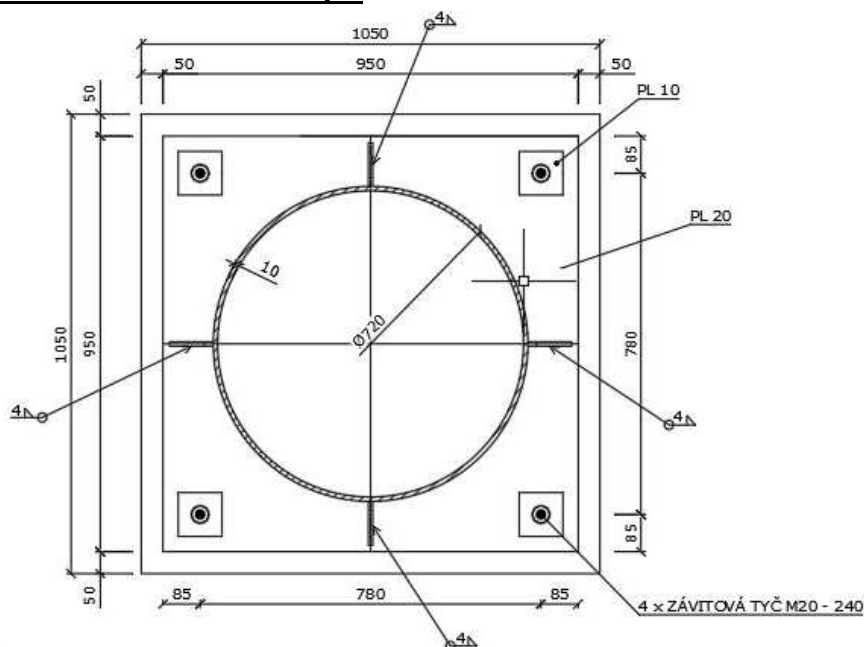
$$= \underline{0,91 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{NEd}{\chi_Y \frac{NRk}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{My,Ed}{\chi_{LT} \cdot \frac{My,Rk}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{Mz,Ed}{\frac{Mz,Rk}{\gamma_{M1}}} = \frac{1631,63}{0,53 \cdot \frac{5241,68}{1,0}} + 0,92 \cdot \frac{201,51}{1,0 \cdot \frac{917,68}{1,0}} + 0,8 \cdot \frac{89,72}{\frac{917,68}{1,0}}$$

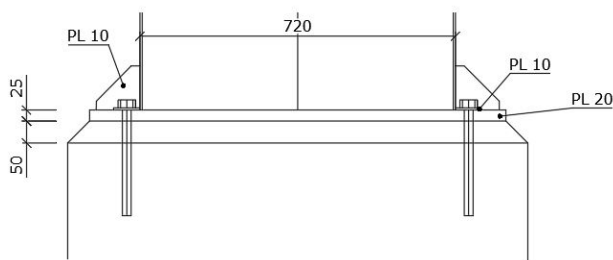
$$= \underline{0,85 < 1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

## 5. Posouzení kotvení

### 5.1 Kotvení středového sloupu







### Návrh patního plechu

ocel S235

$f_y = 235 \text{ MPa}$

$a = 950 \text{ mm}$

$b = 950 \text{ mm}$

### Návrh betonové patky

beton C20/25

$f_{c,k} = 20 \text{ MPa}$

$A = 1050 \text{ mm}$

$B = 1050 \text{ mm}$

$N_{ed} = 1890,01 \text{ kN}$

$L_k = 150 \text{ mm}$

Tloušťka patního plechu:

$$\sigma_b = \frac{N_{Ed,max}}{a \cdot b} = \frac{1890,01 \cdot 10^3}{950 \cdot 950} = 2,08 \text{ MPa}$$

$$M = \sigma_b \cdot \frac{L_k^2}{2} = 2,08 \cdot \frac{150^2}{2} = 234,32 \text{ kNm}$$

$$W = \frac{M \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{234,32 \cdot 10^6 \cdot 1,0}{235 \cdot 10^6} = 99,71 \text{ mm}^3$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t^2 \quad \dots t = \sqrt{W \cdot 6} = \sqrt{99,71 \cdot 6} = 24,46 \text{ mm} \quad \dots \text{navrhuji } 25 \text{ mm}$$

$$\text{Výška podlití} \leq 0,2 \cdot \min(950; 950) = 190 \text{ mm} \quad \dots \text{navrhuji } 50 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1050 \cdot 1050}{950 \cdot 950}} = 1,11$$

$k_j$  ...součinitel koncentrace napětí

$$f_{j,Rd} = 0,67 \cdot k_j \cdot \frac{f_{c,k}}{\gamma_c} = 0,67 \cdot 1,11 \cdot \frac{20}{1,5} = 9,87 \text{ MPa}$$

$f_{j,Rd}$  ...návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{j,Rd} \cdot \gamma_{M0}}} = 25 \cdot \sqrt{\frac{355 \cdot 10^3}{3 \cdot 9,87 \cdot 10^3 \cdot 1,0}} = 70,42 \text{ mm}$$

$$A_{ef} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 406944 \text{ mm}^2$$

$A_{ef}$  ...efektivní plocha

$$N_{Rd} = A_{ef} \cdot f_{j,Rd} = 406944 \cdot 10^3 \cdot 9,87 = 4018,04 \text{ kN}$$

$N_{Rd}$  ...návrhová únosnost betonové patky

Posouzení:

$$\frac{F_{t,Ed}}{N_{Rd}} = \frac{1890,01}{4018,04} = 0,47 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

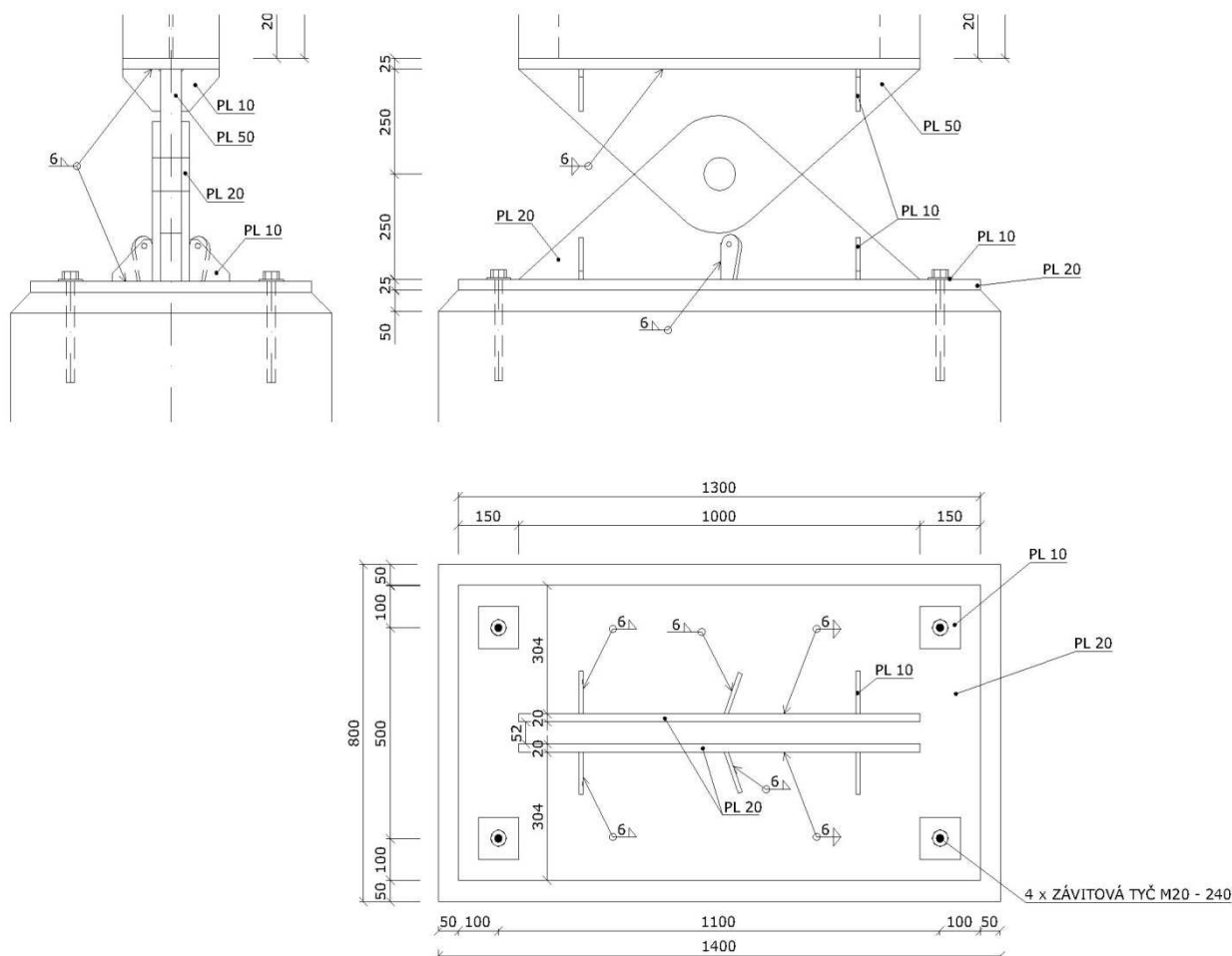
**Kotevní tyče** navrhuji pouze konstrukčně, sloup není namáhám tahovou silou.

Ø 20 mm

kotevní hloubka 240 mm

třída oceli 8.8

## 5.2 Kotvení hlavních sloupů



**Materiálové charakteristiky:** ocel S355

$f_{yk}=355$  MPa

$f_u=510$  MPa

**Síly působící na kotvení:**

$N_{Ed}=1454,14$  kN

$V_y= 228,06$  kN

$V_z=71,71$  kN

Výslednice sil na čep:

$$F_{ed} = \sqrt{N_{Ed}^2 + V_z^2} = \sqrt{1454,14^2 + 71,71^2} = 1455,91 \text{ kN}$$

**Geometrie čepového spoje:**

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y}}$$

$$0,7 \cdot \sqrt{\frac{1454,14 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{355 \cdot 10^6}} = 44,83 \text{ mm}$$

...navrhují t = 50 mm

$$d_b \leq 2,5 \cdot t = 2,5 \cdot 50 = 125 \text{ mm}$$

...navrhují d<sub>b</sub>=80 mm

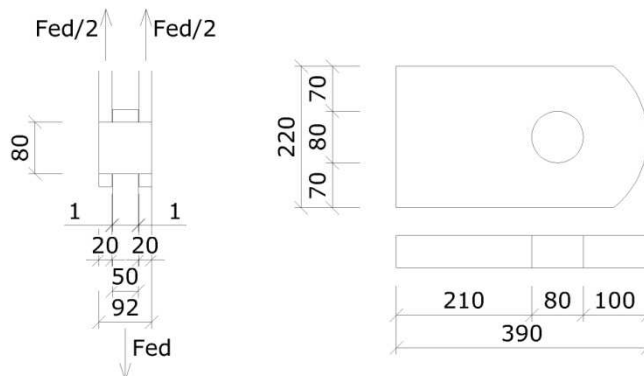
$$d_0 = d_b + 1 = 80 + 1 = 81 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{1454,14 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,05 \cdot 355 \cdot 10^6} + \frac{2 \cdot 0,081}{3} = 94,96 \text{ mm}$$

...navrhují a = 100 mm

$$c \geq \frac{F_{v,Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{1454,14 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{2 \cdot 0,05 \cdot 355 \cdot 10^6} + \frac{0,081}{3} = 67,96 \text{ mm}$$

...navrhují a = 70mm



**Posouzení čepu na střih:**

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 80^2}{4} = 5024 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0,6 \cdot A \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot 0,6 \cdot 5024 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{510 \cdot 10^6}{1,25} = 2459,75 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{1454,14}{2459,75} = 0,59 < 1,0 \quad \text{...vyhovuje}$$

### Posouzení únosnosti plechu a čepu v otláčení :

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1,5 \cdot 0,05 \cdot 0,08 \cdot \frac{355 \cdot 10^6}{1,0} = 2130 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{1454,14}{2130} = 0,68 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Posouzení únosnosti čepu v ohybu:

$$d = 80 \text{ mm}$$

$$d_0 = 81 \text{ mm}$$

$$c = 1 \text{ mm}$$

$$a = 20 \text{ mm}$$

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = 1454,14 \text{ kN}$$

$$N_{ed}/2 = 727,07 \text{ kN}$$

$$M_{ed} = \frac{F_{v,ed}}{8} \cdot (b + 4 \cdot c + 2 \cdot a) = \frac{1454,14 \cdot 10^3}{8} \cdot (50 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 20) = 15,29 \text{ kNm}$$

$$M_{rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 50,24 \cdot 10^{-6} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 26,75 \text{ kNm}$$

$$W_{el} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 80^3}{32} = 50,24 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{15,29}{26,75} = 0,57 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Posouzení únosnosti čepu v kombinaci stříhu a ohybu:

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{15,29}{26,75}\right)^2 + \left(\frac{1454,14}{2459,75}\right)^2 = 0,68 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Posouzení svarů:

Přivaření styčnickových plechů , svislé desky tl.50 mm.

$\beta_w$  ...korelační součinitel

$\beta_w = 0,9$  pro ocel S355

$a$  ...účinná výška svaru

$a = 6 \text{ mm}$

$l$  ...účinná délka svaru

$l = 800 - 2 \cdot a = 800 - 2 \cdot 6 = 788 \text{ mm}$

$A_w$  ...účinná plocha svaru

$A_w = 2 \cdot a \cdot l = 2 \cdot 6 \cdot 788 = 9456 \text{ mm}^2$

$$\sigma_L = \tau_L = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = \frac{1454,14 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 9,456 \cdot 10^{-3}} = 108,74 \text{ MPa}$$

$$\tau_L = \frac{V_{Ed}}{A_w} = \frac{71,71 \cdot 10^3}{9,456 \cdot 10^{-3}} = 24,12 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_L^2 + 3\tau_L^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{108,74^2 + 3 \cdot 108,746^2 + 3 \cdot 24,12^2} \leq \frac{510 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1,25}$$

**221,45 < 453,33** ...vyhovuje

### Posouzení patního plechu:

#### **Návrh patního plechu**

ocel S235

$f_y = 235 \text{ MPa}$

$a = 700 \text{ mm}$

$b = 1300 \text{ mm}$

#### **Návrh betonové patky**

beton C20/25

$f_{c,k} = 20 \text{ MPa}$

$A = 800 \text{ mm}$

$B = 1400 \text{ mm}$

$$N_{ed} = 1350,09 \text{ kN}$$

$$L_k = 150 \text{ mm}$$

Tloušťka patního plechu:

$$\sigma_b = \frac{N_{Ed,max}}{a \cdot b} = \frac{1454,14 \cdot 10^3}{700 \cdot 1300} = 1,60 \text{ MPa}$$

$$M = \sigma_b \cdot \frac{L_k^2}{2} = 1,60 \cdot \frac{150^2}{2} = 180,00 \text{ kNm}$$

$$W = \frac{M \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{180 \cdot 10^6 \cdot 1,0}{235 \cdot 10^6} = 76,6 \text{ mm}^3$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t^2 \quad \dots t = \sqrt{W \cdot 6} = \sqrt{76,6 \cdot 6} = 21,44 \text{ mm} \quad \dots \text{navrhují } 25 \text{ mm}$$

$$\text{Výška podlití} \leq 0,2 \cdot \min. (700; 1300) = 140 \text{ mm} \quad \dots \text{navrhují } 50 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{A \cdot B}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{800 \cdot 1400}{700 \cdot 1300}} = 1,11$$

$k_j$  ...součinitel koncentrace napětí

$$f_{j,Rd} = 0,67 \cdot k_j \cdot \frac{f_{c,k}}{\gamma_c} = 0,67 \cdot 1,11 \cdot \frac{20}{1,5} = 9,91 \text{ MPa}$$

$f_{j,Rd}$  ...návrhová pevnost betonu v koncentrovaném tlaku

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{j,Rd} \cdot \gamma_{M0}}} = 25 \cdot \sqrt{\frac{355 \cdot 10^3}{3 \cdot 9,91 \cdot 10^3 \cdot 1,0}} = 70,28 \text{ mm}$$

$$A_{ef} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 240000 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = A_{ef} \cdot f_{j,Rd} = 240000 \cdot 10^3 \cdot 9,91 = 2378,55 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{F_{t,Ed}}{N_{Rd}} = \frac{1454,14}{2378,55} = 0,61 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

#### Posouzení smykové zarážky:

$\mu$  ...součinitel tření ocel-beton

$$\mu = 0,2$$

$$V_{ed,max.} = 228,06 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,max.} = 1454,14 \text{ kN}$$

$$\mu \cdot N_{Ed,max.} \geq V_{ed,max.}$$

$$0,2 \cdot 1454,14 = 290,83 \geq 228,06 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

Není nutno navrhovat smykovou zarážku.

**Kotevní tyče** navrhují pouze konstrukčně, sloup není namáhán tahovou silou.

Ø 20 mm

kotevní hloubka 240 mm

třída oceli 8.8

**Posouzení na střih:**

$$V_z = 228,06 \text{ kN}$$

$$V_y = 71,71 \text{ kN}$$

Výslednice sil:

$$F_{v,Ed} = \sqrt{V_z^2 + V_y^2} = \sqrt{228,06^2 + 71,71^2} = 239,07 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{u,b} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 245 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{239,07 \cdot 10^3}{4 \cdot 94,08 \cdot 10^3} = 0,64 < 1 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### 5.3 Přípoj táhla ke kotvení hlavních sloupů

Šikmé ztužidlo

Ø RO 152,4 x 11 mm

ocel S355

**Vnitřní síly:**  $N_{Ed} = 229,64 \text{ kN}$

$$V_y = 0,06 \text{ kN}$$

$$V_z = 0,75 \text{ kN}$$



### Posouzení svarového přípoje styčnickového plechu:

$$N_{Ed,h} = N_{Ed} \cdot \cos \alpha = 229,64 \cdot \cos 20^\circ = 215,79 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,v} = N_{Ed} \cdot \sin \alpha = 229,64 \cdot \sin 20^\circ = 78,54 \text{ kN}$$

$\beta_w$  ...korelační součinitel

$$\beta_w = 0,9 \text{ pro ocel S355}$$

$a$  ...účinná výška svaru

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

$l$  ...účinná délka svaru

$$l = 100 - 2 \cdot a = 100 - 2 \cdot 6 = 88 \text{ mm}$$

$A_w$  ...účinná plocha svaru

$$A_w = 2 \cdot a \cdot l = 2 \cdot 6 \cdot 88 = 1056 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kol.} = \tau_{kol.} = \frac{N_{Ed,v}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = \frac{78,54 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 1056 \cdot 10^{-4}} = 52,59 \text{ MPa}$$

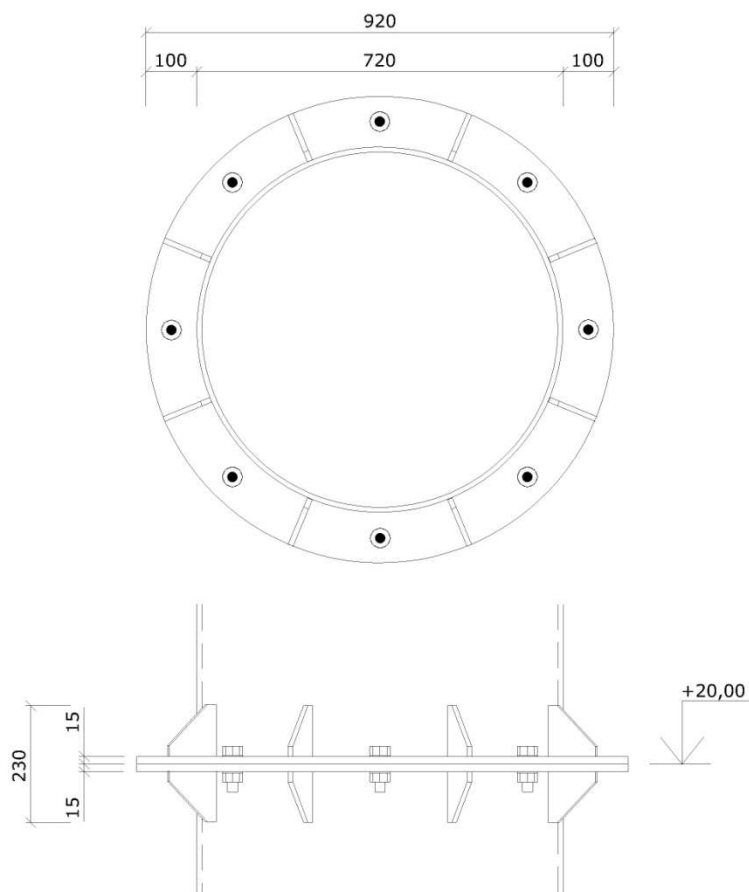
$$\tau_{kol.} = \frac{N_{Ed,h}}{A_w} = \frac{215,79 \cdot 10^3}{1056 \cdot 10^{-4}} = 204,34 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{52,59^2 + 3 \cdot 52,59^2 + 3 \cdot 204,3^2} \leq \frac{510 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$369,23 < 453,33 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

## 5.4 Montážní spojení středového sloupu



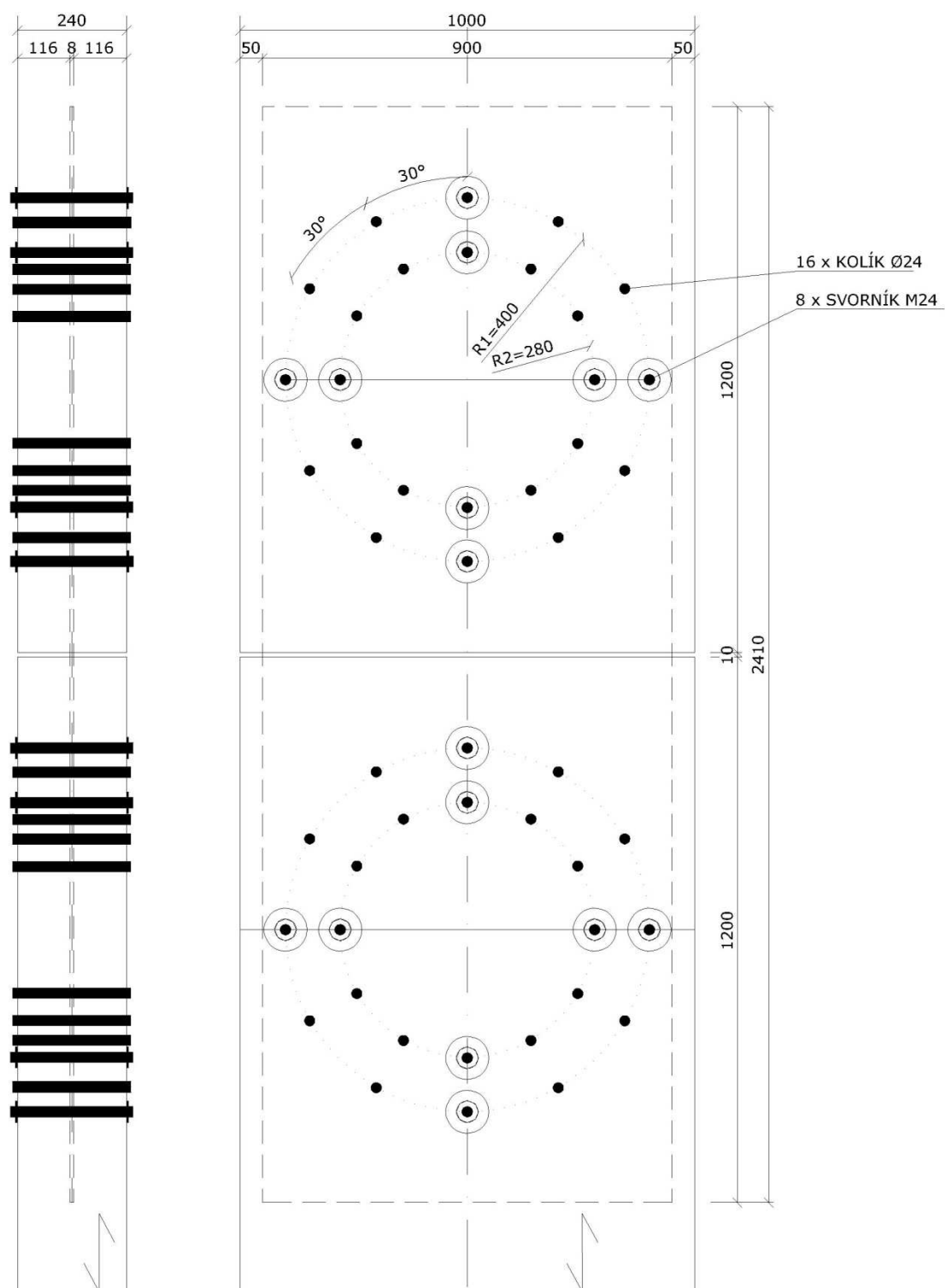
středový sloup  $\varnothing 720 \times 10$  mm

přírubová deska  $t = 15$  mm, S235

8x metrický šroub  $\varnothing 20$ , pevnosti 8.8

Na montážní spoj nepůsobí žádná tahová síla, proto navrhuji tento spoj pouze konstrukčně.  
Při výstavbě mohou vznikat tahové síly, je nutné středový sloup provizorně zajistit a posoudit.

## 5.5 Montážní spoj hlavních sloupů



**Síly působící na kotvení:**  $N_{Ed}=1121,13 \text{ kN}$

$$V_y = 12,00 \text{ kN}$$

$$V_z = 19,84 \text{ kN}$$

$$M_y = 177,94 \text{ kNm}$$

### Kolíky a svorníky

Materiálové charakteristiky:

22 x kolík  $\varnothing 24 \text{ mm}$ , pevnosti 10.9

8 x svorník  $\varnothing 24 \text{ mm}$ , pevnosti 10.9

$$f_{yk} = 900 \text{ MPa}$$

$$f_u = 1000 \text{ MPa}$$

$$d = d_0 = 24 \text{ mm}$$

$$n_1 = 12 \text{ ks}$$

$$r_1 = 400 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 30^\circ$$

$$n_2 = 12 \text{ ks}$$

$$r_2 = 280 \text{ mm}$$

$$\alpha_2 = 30^\circ$$

$$e = 605 \text{ mm}$$

### Rozteče a vzdálenosti od konců

$$\text{mezi kolíky : } \frac{2 \cdot \pi \cdot r_1}{n_1} = 209 \text{ mm} \quad \geq 6 \cdot d = 144 \text{ mm}$$

$$\text{mezi kolíky : } \frac{2 \cdot \pi \cdot r_2}{n_2} = 146,5 \text{ mm} \quad \geq 6 \cdot d = 144 \text{ mm}$$

$$\text{mezi kružnicemi : } r_1 - r_2 = 120 \text{ mm} \quad \geq 5 \cdot d = 120 \text{ mm}$$

$$\text{od konce : } e - \frac{10}{2} - r_1 = 200 \text{ mm} \quad \geq 7 \cdot d = 168 \text{ mm}$$

$$\text{od okraje : } \frac{h}{2} - r_1 = 100 \text{ mm} \quad \geq 4 \cdot d = 96 \text{ mm}$$

### Únosnost ve střihu:

$$M = M_{y,Ed} + V_{z,Ed} \cdot e = 177,94 + 19,84 \cdot 0,605 = 12,18 \text{ kNm}$$

$$F_{1,M} = \frac{M \cdot r_1}{n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2} = \frac{12,18 \cdot 10^3 \cdot 0,4}{12 \cdot 0,4^2 + 12 \cdot 0,28^2} = 1,62 \text{ kN}$$

$$F_{1,N} = \frac{N_{Ed}}{n_1 + n_2} = \frac{1121,13 \cdot 10^3}{12 + 12} = 46,71 \text{ kN}$$

$$F_{1,V} = \frac{V_{z,Ed}}{n_1 + n_2} = \frac{19,84 \cdot 10^3}{12 + 12} = 0,83 \text{ kN}$$

$$F_{1,M,\parallel} = F_{1,M} \cdot \cos(i \cdot \alpha_1 + 90)$$

$$F_{1,M,\perp} = F_{1,M} \cdot \sin(i \cdot \alpha_1 + 90)$$

$$F_{\parallel} = F_{1,N} + F_{1,M,\parallel}$$

$$F_{\perp} = F_{1,V} + F_{1,M,\perp}$$

$$F_{v,Ed} = \sqrt{F_{\parallel}^2 + F_{\perp}^2}$$

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$t_1 = 0,5 \cdot (b - t) = 0,5 \cdot (240 - 8) = 116 \text{ mm}$$

**Charakteristická pevnost v otlačení:**

$$f_{h,1,k} = f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin \alpha^2 + \cos \alpha^2}$$

$$\alpha = 90 + \arctg \frac{F_{\parallel}}{F_{\perp}}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 380 = 30,41 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 24 = 1,71$$

**Charakteristický plastický moment únosnosti spojovacího prvku:**

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 1000 \cdot 24^{2,6} = 1163,24 \text{ kNm}$$

**Charakteristická únosnost na vytažení spojovacího prostředku:**

$$F_{ax,Rk} = 0 \text{ kN}$$

i	$F_{1,M\parallel}$ (kN)	$F_{1,M\perp}$ (kN)	$F_{\parallel}$ (kN)	$F_{\perp}$ (kN)	$F_{v,Ed}$ (kN)
0	-0,73	1,45	45,99	2,28	46,04
1	1,32	0,94	48,04	1,77	48,07
2	1,14	-1,16	47,85	-0,33	47,85
3	-0,97	-1,30	45,74	-0,47	45,74
4	-1,44	0,76	45,28	1,59	45,31
5	0,53	1,54	47,24	2,36	47,30
6	1,60	-0,29	48,31	0,54	48,32
7	-0,04	-1,62	46,68	-0,80	46,68
8	-1,61	-0,22	45,10	0,61	45,11
9	-0,46	1,56	46,25	2,38	46,31
10	1,47	0,70	48,18	1,52	48,21
11	0,91	-1,34	47,63	-0,52	47,63

i	$\alpha$ (°)	$f_{h,\alpha,k}$ (Mpa)	$F_{v,Rk,f}$ (kN)	$F_{v,Rk,g}$ (kN)	$F_{v,Rk,h}$ (kN)	$F_{v,Rd}$ (kN)	Posudek
0	91,52	27,26	75,90	44,79	63,45	50,17	0,92
1	91,53	27,10	75,45	44,60	63,26	49,95	0,96
2	88,44	26,53	73,85	43,92	62,59	49,19	0,97
3	88,44	26,48	73,72	43,87	62,54	49,13	0,93
4	91,54	27,08	75,38	44,57	63,24	49,92	0,91
5	91,52	27,27	75,92	44,80	63,46	50,17	0,94
6	91,56	26,77	74,52	44,20	62,87	49,51	0,98
7	88,45	26,39	73,47	43,76	62,43	49,01	0,95
8	91,56	26,80	74,60	44,24	62,91	49,55	0,91
9	91,52	27,29	75,97	44,82	63,48	50,20	0,92
10	91,54	27,03	75,26	44,52	63,18	49,86	0,97
11	88,44	26,47	73,70	43,86	62,53	49,12	0,97

### Styčnickový plech

Charakteristika plechu:  $t = 8 \text{ mm}$

$$v = 900 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net}} = v \cdot t - 4 \cdot d_0 \cdot t = 900 \cdot 8 - 4 \cdot 24 \cdot 8 = 6432 \text{ mm}^2$$

### Únosnost v roztržení:

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 6432 \cdot 510}{1,25} = 2361,83 \text{ kN} \\ N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7200 \cdot 355}{1,0} = 2556,00 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$N_{t,Rd} = 2361,83 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{1121,13}{2361,83} = 0,47 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot t \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,69 \cdot 24 \cdot 8 \cdot 510}{1,25} = 135,13 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min \left( \alpha_d ; \frac{f_u}{f_u} ; 1,0 \right) = (0,69 ; 1,0 ; 1,0) = 0,69$$

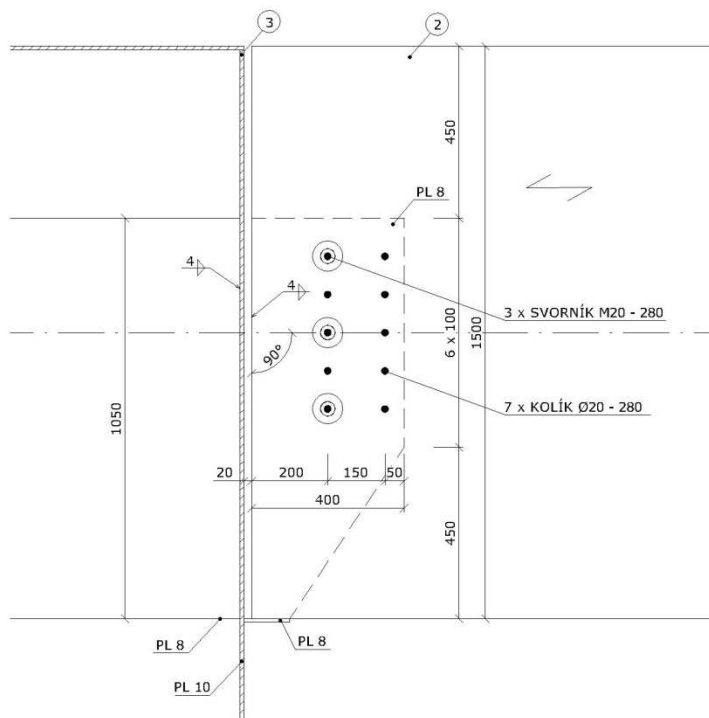
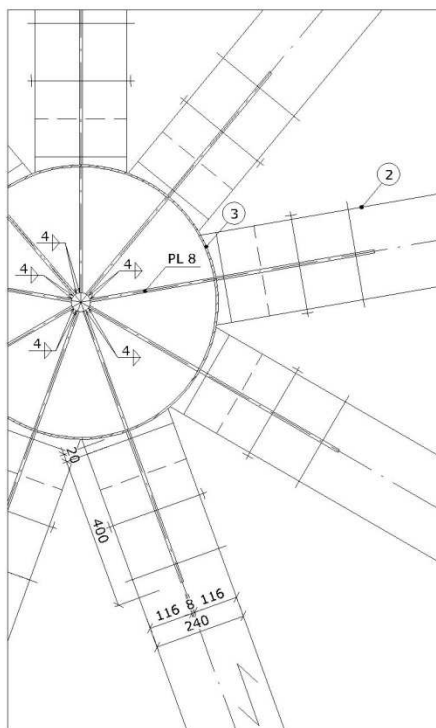
$$\alpha_d = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0} ; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25 \right) = \min (0,69 ; 1,42) = 0,69$$

$$k_1 = \min \left( 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5 \right) = \min (4,13 ; 2,5) = 2,5$$

$$\frac{F_{v,Ed,max}}{F_{b,Rd}} = \frac{19,84 \cdot 10^3}{135,13 \cdot 10^3} = 0,15 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$$

## 6. Posouzení detailů

### 6.1 Detail připojení horního nosníku na středový sloup



#### Kolíky

$t_1$  ...tloušťka krajního dřevěného prvku

$d$  ...průměr spojovacího kolíku

$\rho_k$  ...charakteristická hustota dřeva

$\alpha$  ...úhel zatížení vzhledem k vláknům

Síly působící na spoj:  $N_{Ed} = 52,28 \text{ kN}$

$V_{z,Ed} = 225,25 \text{ kN}$

$V_{y,Ed} = 3,68 \text{ kN}$



### Únosnost ve střihu:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 430 = 28,21 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \cdot d = 1,30 + 0,015 \cdot 20 = 1,6$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{28,21}{1,60 \cdot \sin^2 0^\circ + \cos^2 0^\circ} = 28,21 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 510 \cdot 20^{2,6} = 369,29 \text{ kN/m}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 28,21 \cdot 116 \cdot 20 \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 28,21 \cdot 116 \cdot 20 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 369,29}{28,21 \cdot 116 \cdot 20}} - 1 \right] \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 2,3 \cdot \sqrt{369,29 \cdot 28,21 \cdot 20} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 65,44 \text{ kN} \\ 27,11 \text{ kN} \\ 33,20 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{27,11}{1,25} = 15,18 \text{ kN}$$

Navrhují 7 kolíků Ø20 a 3 svorníky Ø20

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 15,18 = 30,34 \text{ kN}$$

$R_d$  ...návrhová únosnost jednoho dvojstřížného kolíku

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{225,25}{20} = 22,53 \text{ kN}$$

$F_{1,Ed}$  ... zatížení na jeden kolík

Posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} = \frac{22,53}{30,34} = 0,74 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Minimální rozteče a vzdálenosti okrajů a konců pro kolíky

$$a_1 = (3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = (3 + 2 \cdot \cos 0^\circ) \cdot 20 = 120 \text{ mm} \quad \text{volím } a_1 = 150 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 20 = 60 \text{ mm} \quad \text{volím } a_2 = 100 \text{ mm}$$

$$a_3 = \max(7 \cdot d ; 80 \text{ mm}) = \max(140 ; 80) = 140 \text{ mm} \quad \text{volím } a_3 = 200 \text{ mm}$$

$$a_4 = \max[(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d ; 3 \cdot d] = \max(40 ; 60) = 60 \text{ mm} \quad \text{volím } a_4 = 100 \text{ mm}$$

### Dřevěný profil

$$A_{\text{net}} = h \cdot (b-t) - m \cdot (b-t) = 1500 \cdot (240-8) - 5 \cdot (240-8) = 0,32 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ef}} = (b-t) \cdot l = (240-8) \cdot 375 = 0,09 \text{ m}^2$$

### Posudek na osový tah:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{\text{net}}} = \frac{52,28}{0,32} = 0,16 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{0,16}{12,6} = 0,01 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$$

### Posudek na kolmý tlak:

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{V_{z,Ed}}{A_{\text{ef}}} = \frac{225,25}{0,09} = 2,59 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{2,59}{1,75 \cdot 2} = 0,74 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$$

### Styčnickový plech

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

$$v = 400 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net}} = v \cdot t - m \cdot d_0 \cdot t = 400 \cdot 8 - 5 \cdot 20 \cdot 8 = 2400 \text{ mm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{\text{net}} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 2400 \cdot 510}{1,25} = 881,28 \text{ kN} \\ N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3200 \cdot 355}{1,0} = 1136,00 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$N_{t,Rd} = 881,28 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{52,28}{881,28} = 0,06 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$$

### Koutový svar

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

$$L = 1050 \text{ mm}$$

$$e_{\parallel} = 0 \text{ mm}$$

$$e_{\perp} = 275 \text{ mm}$$

$$A_w = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 4 \cdot 1050 = 8400 \text{ mm}^2$$

$$N_{\perp} = 52,28 \text{ kN}$$

$$N_{\parallel} = 225,25 \text{ kN}$$

$$M = N_{\perp} \cdot e_{\parallel} + N_{\parallel} \cdot e_{\perp} = 61,94 \text{ kN/m}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{A} = \frac{225,25 \cdot 10^3}{(4 \cdot 1050)} = 26,82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w,N_{\perp}} = \frac{N_{\perp}}{A} = \frac{52,28 \cdot 10^3}{(4 \cdot 1050)} = 21,83 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{w,M} = \frac{M}{W} = \frac{M}{\frac{1}{6} a \cdot L \cdot 2} = \frac{61,94}{\frac{1}{6} 0,004 \cdot 1,05 \cdot 2} = 6,22 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{w,N_{\perp}} + \sigma_{w,M}}{\sqrt{2}} = 34,20 \text{ MPa}$$

Posouzení:

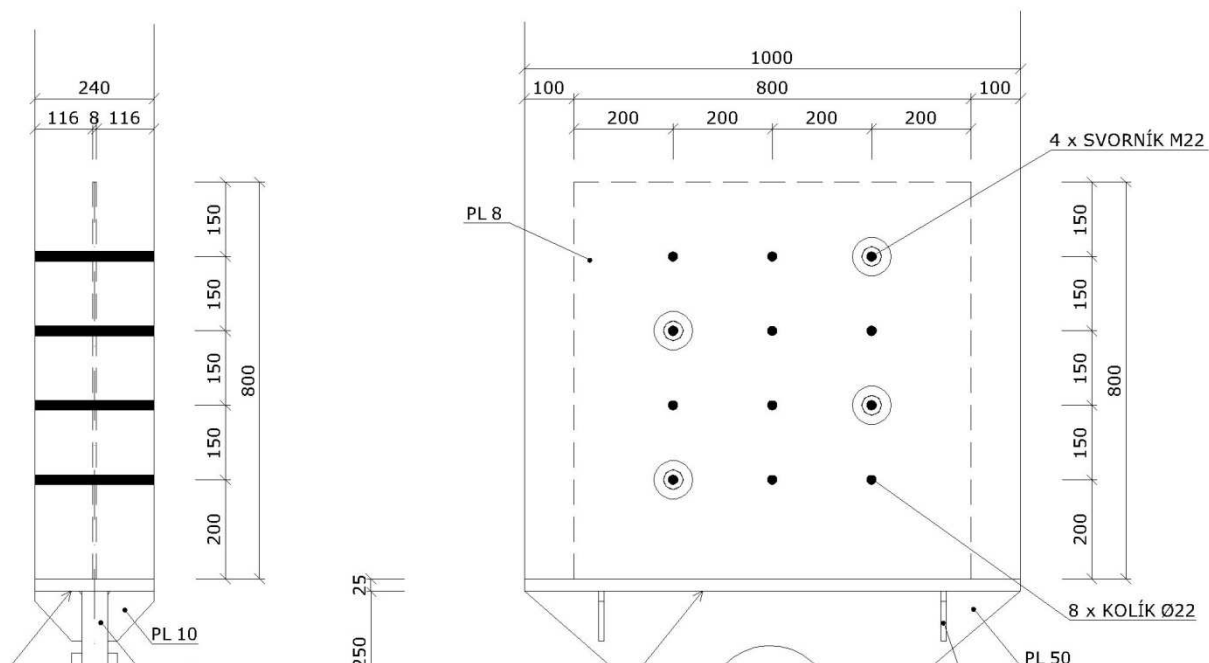
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3\tau_{\perp}^2 + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{34,20^2 + 3 \cdot 34,20^2 + 3 \cdot 26,82^2} \leq \frac{510 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$82,67 < 453,33$$

...vyhovuje

## 6.2 Připoj hlavních sloupů na kotvení



### Kolíky

$$t_1 = 235 \text{ mm}$$

$$d = 22 \text{ mm}$$

$$\rho_k = 380 \text{ Kg/m}^3$$

$t_1$  ...tloušťka krajního dřevěného prvku

$d$  ...průměr spojovacího kolíku

$\rho_k$  ...charakteristická hustota dřeva

**Síly působící na spoj**  $N_{Ed} = 1350,09 \text{ kN}$

$$V_y = 14,33 \text{ kN}$$

$$V_z = 9,55 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \sqrt{N_{Ed}^2 + V_y^2} = \sqrt{1350,09^2 + 14,33^2} = 1350,17 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{N_{Ed}}{V_y}\right) = \arctg\left(\frac{1350,09}{14,33}\right) = 0,01^\circ$$

$\alpha$  ...úhel mezi zatížením a vlákny dřeva

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 22) \cdot 380 = 24,30 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,30 + 0,015 \cdot d = 1,30 + 0,015 \cdot 22 = 1,63$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin \alpha + \cos \alpha} = \frac{24,30}{1,63 \cdot \sin 0 + \cos 0} = 132,36 \text{ MPa}$$

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 22^{2,6} = 742,18 \text{ kN/m}$$

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 24,30 \cdot 235 \cdot 22 \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_1}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 24,30 \cdot 235 \cdot 22 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 742,18}{24,3 \cdot 235 \cdot 22}} - 1 \right] + \frac{0}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 2,3 \cdot \sqrt{742,18 \cdot 24,30 \cdot 22} + \frac{0}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 125,66 \text{ kN} \\ 1146,73 \text{ kN} \\ 1448,91 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{125,66}{1,25} = 70,37 \text{ kN}$$

**Navrhují 8 kolíků Ø22 a 4 svorníky Ø22**

$$R_d = 2 \cdot F_{v,Rd} = 2 \cdot 70,37 = 140,75 \text{ kN}$$

$R_d$  ...návrhová únosnost jednoho dvojstrážného kolíku

$$F_{1,Ed} = \frac{F_{Ed}}{n} = \frac{1350,09}{12} = 112,51 \text{ kN}$$

$F_{1,Ed}$  ... zatížení na jeden kolík

Posouzení:

$$\frac{F_{1,Ed}}{R_d} = \frac{112,51}{140,75} = 0,80 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

**Minimální rozteče a vzdálenosti okrajů a konců pro kolíky**

$$a_1 = (3 + 2 \cdot \cos \alpha) \cdot d = (3 + 2 \cdot \cos 0) \cdot 22 = 110 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3 \cdot d = 3 \cdot 22 = 66 \text{ mm}$$

$$a_3 = \max. (7 \cdot d ; 80 \text{ mm}) = \max. (154 ; 80) = 154 \text{ mm}$$

$$a_4 = \max. [(2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d ; 3 \cdot d] = \max. (44,40 ; 66) = 66 \text{ mm}$$

### Dřevěný profil

$$A_{\text{net}} = h \cdot (b-t) - m \cdot (b-t) = 1500 \cdot (240-8) - 4 \cdot (240-8) = 0,217 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ef}} = (b-t) \cdot l = (240-8) \cdot 800 = 0,232 \text{ m}^2$$

### Posudek na osový tah:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,Ed}}{A_{\text{net}}} = \frac{1350,09}{0,217} = 0,07 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} = \frac{0,07}{9,24} = 0,01 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$$

### Posudek na kolmý tlak:

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{N_{Ed}}{A_{\text{ef}}} = \frac{1350,09}{0,232} = 5,82 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{t,90,d}}{f_{c,90,d}} = \frac{5,82}{13,44} = 0,43 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$$

### Styčnickový plech

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

$$v = 800 \text{ mm}$$

$$A_{\text{net}} = v \cdot t - m \cdot d_0 \cdot t = 800 \cdot 8 - 4 \cdot 22 \cdot 8 = 5696 \text{ mm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{\text{net}} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 5696 \cdot 510}{1,25} = 1476,40 \text{ kN} \\ N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6400 \cdot 355}{1,0} = 1504,00 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$N_{t,Rd} = 1476,40 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{1350,09}{1476,40} = 0,91 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$$



**Působící síly:**  $N = 37,25 \text{ kN}$

$V_z = 5,75 \text{ kN}$

**Spojovací prostředky:** M16 4.6

$d = 16 \text{ mm}$

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

$f_{yb} = 240 \text{ MPa}$

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

**Styčnickový plech:** S235

$t = 10 \text{ mm}$

### 6.3.1 Přípoj horizontálního ztužidla:

C24 100/180

$$t_1 = \frac{100-10}{2} = 45 \text{ mm}$$

$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

**Pevnost dřeva v otlačení:**

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 350 = 24,11 \text{ N/mm}^2$$

**Plastický moment únosnosti**

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 400 \cdot 16^{2,6} = 162,14 \text{ kNm}$$

**Únosnost svorníku v tahu**

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 400 \cdot 157 \cdot 10^{-3} = 56,52 \text{ kN}$$

$k_2 = 0,9$

$A_s = 157 \text{ mm}^2$  ...plocha jádra šroubu

**Únosnost ocelové podložky**

$$F_{\phi,Rk} = A_p \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = 2962 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 22,22 \text{ kN}$$

$A_p = 2962 \text{ mm}^2$  ...plocha podložky

$$F_{ax,Rk} = \min(F_{t,Rd}; F_{\phi,Rk}) = \min(162,14; 22,22) = 22,22 \text{ kN}$$



### Únosnost svorníku na jeden stříh:

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 24,11 \cdot 45 \cdot 16 \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_{12}}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 24,11 \cdot 45 \cdot 16 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 324,28}{24,11 \cdot 45 \cdot 16}} - 1 \right] + \frac{22,22}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 2,3 \cdot \sqrt{324,28 \cdot 24,11 \cdot 16} + \frac{22,22}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 17,36 \text{ kN} \\ 17,40 \text{ kN} \\ 23,74 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{17,36}{1,30} = 9,35 \text{ kN}$$

Účinný počet svorníků

$n=2$  ...počet svorníků v řadě

$$n_{ef,0} = \min \left( n ; n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right) = \min \left( 2 ; 2^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{80}{13 \cdot 16}} \right) = \min (2 ; 1,47) = 1,47$$

Únosnost jednoho spojovacího prostředku

$$F_{Rd} = F_{v,Rd} \cdot n_{ef} \cdot s \cdot r = 9,35 \cdot 1,47 \cdot 2 \cdot 2 = 54,94 \text{ kN}$$

$s=2$  ...počet stříhů

$r=2$  ...počet řad

Posudek:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{37,25}{54,94} = 0,68 < 1,0 \text{ ...vyhovuje}$$

### **Rozteče svorníků a vzdálenosti od okrajů**

$$a_1 \geq (4 + \cos \alpha) \cdot d = (4 + \cos 0^\circ) \cdot 16 = 64 \text{ mm} \quad \text{...volím } a_1=80 \text{ mm}$$

$$a_2 \geq 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm} \quad \text{...volím } a_2=70 \text{ mm}$$

$$a_3 \geq \max(7 \cdot d ; 80) = \max(7 \cdot 16 ; 80) = 112 \quad \text{...volím } a_3=130 \text{ mm}$$

$$a_4 \geq \max((2+2 \cdot \sin \alpha) \cdot d ; 3 \cdot d) = \max(2+2 \cdot \sin 0^\circ) \cdot 16 ; 3 \cdot 16) = \max(32 ; 48) = 48 \quad \dots \text{volím } 50 \text{ mm}$$

#### Únosnost svorníku ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = n \cdot s \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 4 \cdot 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 157}{1,25} \cdot 10^{-3} = \mathbf{120,58 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 37,25 \text{ kN}}$$

#### Únosnost svorníku v otláčení:

$$F_{b,Rd} = n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_y \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 4 \cdot \frac{2,5 \cdot 0,74 \cdot 240 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} \cdot 10^{-3} = \mathbf{113,78 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 37,25 \text{ kN}}$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7) = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{50}{18} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{70}{18} - 1,7)$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 6,08 ; 3,74) = 2,5$$

$$d_0 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$e_1 = 40 \text{ mm}$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 70 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min(\frac{f_{ub}}{f_{yb}} ; 1 ; \frac{e_1}{3 \cdot d_0}) = \min(\frac{400}{240} ; 1 ; \frac{40}{3 \cdot 18}) = \min(1,67 ; 1 ; 0,74) = 0,74$$

#### Posudek oslabeného plechu:

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$S235$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

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

$$A = 310 \cdot 10 = 3100 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} = 3100 - 2 \cdot (18 \cdot 10) = 2740 \text{ mm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \min(\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} ; \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}) = \min(\frac{3100 \cdot 235}{1,0} ; \frac{0,9 \cdot 2740 \cdot 360}{1,25}) = \min(728,5 ; 710,21) = 710,21 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = 710,21 \text{ kN} > N_t = 5,75 \text{ kN}$$

#### Posudek oslabeného dřeva (tlak):

$$A_c = 310 \cdot (100 - 10) = 27900 \text{ mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_c}{A_c} = \frac{37,25}{27900} \cdot 10^3 = 1,34 \text{ MPa}$$

Posudek:  $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{1,34}{11,31} = 0,12 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$

#### Posudek oslabeného dřeva (tah):

$$A_{\text{net}} = (310 - 2 \cdot 16) \cdot (100 - 10) = 25020 \text{ mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,7 = 7,54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_t}{A_{\text{net}}} = \frac{5,75}{25020} \cdot 10^3 = 0,23 \text{ MPa}$$

Posudek:  $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,23}{11,31} = 0,02 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$

### 6.3.2 Přípoj styčnicku na hlavní sloup

#### Posudek svorníku na střih:

4 x M20 5.6

Síly ve styčnicku:

$$V_z = 11,5 \text{ kN}$$

$$N = 70,0 \text{ kN}$$

$$V_y = 25,48 \text{ kN}$$

$$e = 88 \text{ mm}$$

$$F_{1,N} = \frac{N}{n}$$

$$F_{1,V} = \frac{V}{n}$$

$$M = N_z \cdot e = 25,48 \cdot 0,088 = 2,24 \text{ MPa}$$

$$F_{1,M} = M \cdot \frac{r_i}{\sum r_i^2}$$

$$F_{1,Mx} = F_{1,M} \cdot \sin(\beta)$$

$$F_{1,My} = F_{1,M} \cdot \cos(\beta)$$

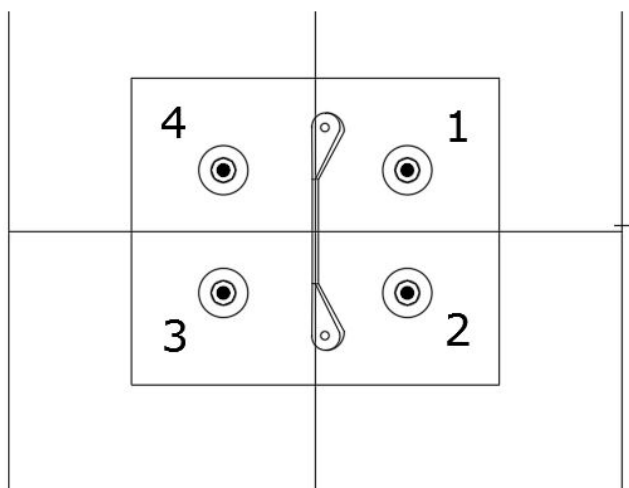
$\beta$  ...úhel mezi ramenem spojovacího prostředku a osy x

$$F_{1,y} = F_{1,My} + F_{1,N}$$

$$F_{1,x} = F_{1,Mx} + F_{1,N}$$

$$F_{1,Ed} = \sqrt{F_{1,x}^2 + F_{1,y}^2}$$

n	x (mm)	y (mm)	r (mm)	r <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>1,N</sub> (kN)	F <sub>1,V</sub> (kN)	F <sub>1,M</sub> (kN)	β (°)	F <sub>1,Mx</sub> (kN)	F <sub>1,My</sub> (kN)	F <sub>1,x</sub> (kN)	F <sub>1,y</sub> (kN)	F <sub>1,Ed</sub> (kN)
1	150	100	180,28	32501	2,88	17,50	3,11	146,4	2,96	-0,97	20,46	1,91	20,54
2	150	-100	180,28	32501	2,88	17,50	3,11	213,6	-0,09	3,11	17,41	5,98	18,41
3	-150	-100	180,28	32501	2,88	17,50	3,11	326,4	-0,99	2,95	16,51	5,82	17,50
4	-150	100	180,28	32501	2,88	17,50	3,11	33,6	2,54	-1,79	20,04	1,09	20,07



### Únosnost spojovacích prostředků

Spojovací prostředky

4x M20 5.6

d= 20 mm

$f_{ub}$ = 500 MPa

$f_{yk}$ =300 MPa

Ocelová deska

$t_2$ =10 mm

Dřevěný sloup

GL24h

$t_1 = 240 \text{ mm}$

$\rho_k = 380 \text{ Kg/m}^3$

#### Pevnost dřeva v otláčení:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = 24,93 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 20 = 1,65$$

$$\alpha = \arctg \left( \frac{F_{1,x}}{F_{1,y}} \right)$$

#### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 500 \cdot 20^{2,6} = 289,64 \text{ kNm}$$

#### Osová únosnost svorníku:

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 500 \cdot 245 \cdot 10^3 = 56,52 \text{ kN}$$

$$k_2 = 0,9$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{plocha jádra šroubu}$$

$$\varnothing = \min (12 \cdot t_l ; 4 \cdot d) = \min (12 \cdot 10 ; 4 \cdot d) = \min (120 ; 80) = 80 \text{ mm}$$

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$A_p = \frac{\pi \cdot (\varnothing^2 - d_0^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (80^2 - 20^2)}{4} = 4644 \text{ mm}^2$$

$$F_{\varnothing,Rk} = A_p \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = 4644 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 34,83 \text{ kN}$$

#### Únosnost svorníku na jeden střih:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_{12}}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

Únosnost jednoho spojovacího prostředku

$$F_{Rd} = F_{v,Rd} \cdot s$$

$s=2$  ...počet stříhů

Posudek:  $\frac{F_{1,Ed}}{F_{Rd}} \leq 1,0$  ...vyhovuje

n	$\alpha$ (°)	$f_{hak}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$F_{vrk}$ , (kN)	$F_{v,rd}$ (kN)	$F_{rd}$ (kN)	$F_{1,ed}$ (kN)	posudek
1	1,48	15,16	23,95	12,90	25,79	20,54	0,80
2	1,24	15,76	24,25	13,06	26,11	18,41	0,71
3	1,23	15,80	19,71	10,61	21,22	17,50	0,82
4	1,52	15,13	23,93	12,89	25,77	20,07	0,78

#### Únosnost svorníku ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = s \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 245}{1,25} \cdot 10^{-3} = 94,08 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = 0,6$$

#### Únosnost svorníku v otlačení:

$$F_{b,Rd} = n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_y \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{2,5 \cdot 0,64 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} \cdot 10^{-3} = 184,32 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 25,48 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{e}{d_0} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7) = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{150}{18} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{100}{18} - 1,7)$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 13,86 ; 6,01) = 2,5$$

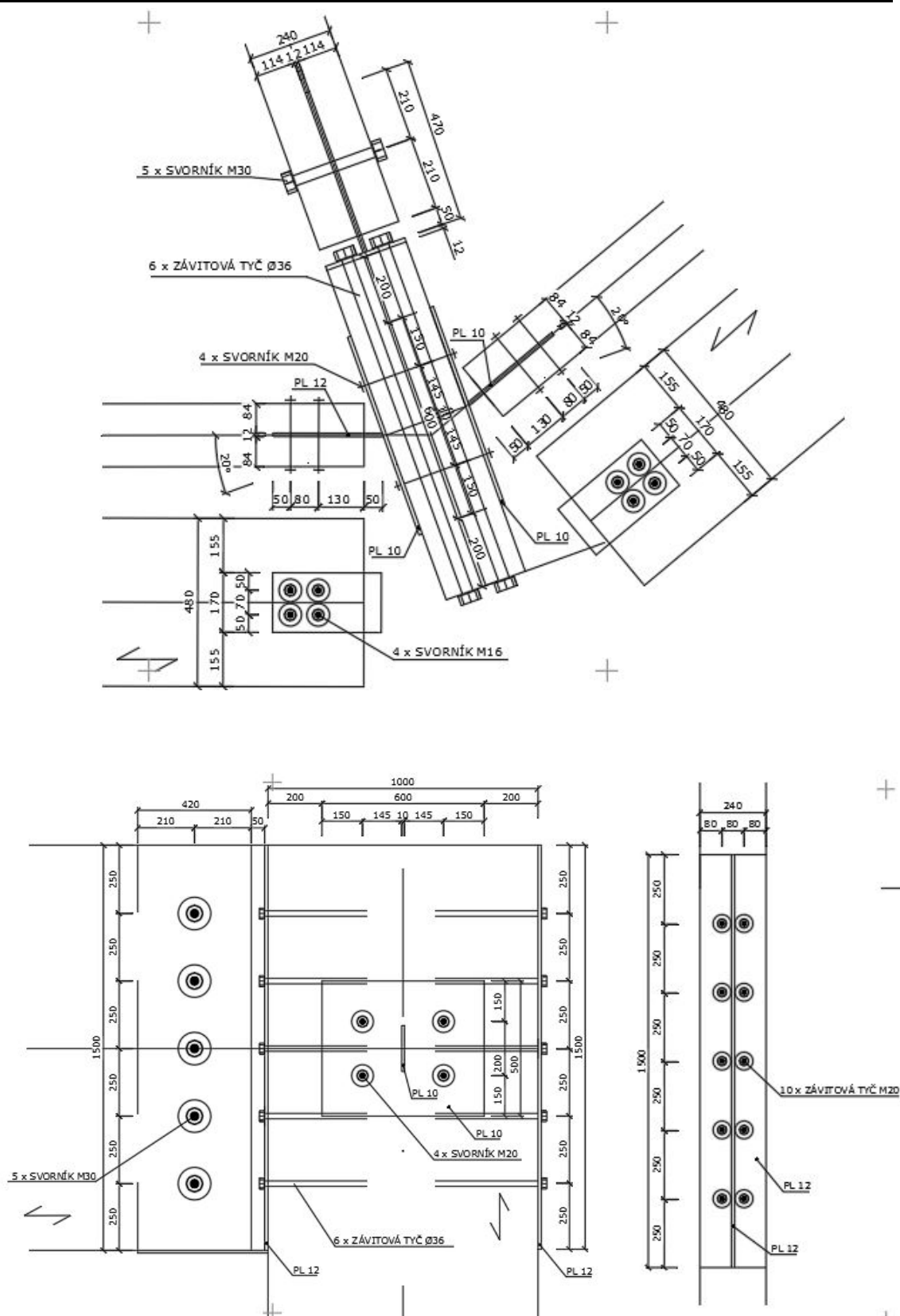
$$d_0 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$e = 150 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min(\frac{f_{ub}}{f_{yb}} ; 1 ; \frac{e}{3 \cdot d_0}) = \min(\frac{400}{240} ; 1 ; \frac{150}{3 \cdot 18}) = \min(1,67 ; 1 ; 2,78) = 0,74$$

## 6.4 Připoj podélníku vrchního ochozu a horního nosníku k hlavním sloupům



### 6.4.1 Přípoj vrchního nosníku

#### Posudek svorníku na stříh:

**Působící síly:**  $V_z = 211,24 \text{ kN}$

$N = 65,01 \text{ kN}$

**Spojovací prostředky:** 5 x M30 8.8

$d = 30 \text{ mm}$

$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$

$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$

$A_s = 561 \text{ mm}^2$

**Styčnickový plech:** S235

$t = 12 \text{ mm}$

**Vrchní nosník:**

GL36h 240/1500

$$t_1 = \frac{240 - 12}{2} = 114 \text{ mm}$$

$\rho_k = 430 \text{ Kg/m}^3$

**Pevnost dřeva v otláčení:**

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 430 = 24,68 \text{ N/mm}^2$$

**Plastický moment únosnosti**

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 30^{2,6} = 1662,4 \text{ kNm}$$

**Únosnost svorníku v tahu**

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 561 \cdot 10^{-3} = 403,92 \text{ kN}$$

$k_2 = 0,9$

$A_s = 561 \text{ mm}^2$  ...plocha jádra šroubu

**Únosnost ocelové podložky**

$$F_{\phi,Rk} = A_p \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = 1454 \cdot 3 \cdot 3,3 \cdot 10^{-3} = 103,49 \text{ kN}$$

$A_p = 10454 \text{ mm}^2$  ...plocha podložky

$$F_{ax,Rk} = \min(F_{t,Rd}; F_{\phi,Rk}) = \min(403,92; 103,49) = 103,49 \text{ kN}$$



### Únosnost svorníku na jeden stříh:

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 24,68 \cdot 114 \cdot 30 \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_{12}}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 24,68 \cdot 114 \cdot 30 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 1662,4}{24,68 \cdot 114 \cdot 30}} - 1 \right] + \frac{103,49}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 2,3 \cdot \sqrt{1662,4 \cdot 24,68 \cdot 30} + \frac{103,49}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 84,41 \text{ kN} \\ 79,93 \text{ kN} \\ 82,93 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{79,93}{1,30} = 43,04 \text{ kN}$$

Účinný počet svorníků

$n=1$  ...počet svorníků v řadě

$$n_{ef,0} = \min \left( n ; n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right) = \min \left( 1 ; 1^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{110}{13 \cdot 30}} \right) = \min (1 ; 0,73) = 0,73$$

Únosnost jednoho spojovacího prostředku

$$F_{Rd} = F_{v,Rd} \cdot n_{ef} \cdot s \cdot r = 43,04 \cdot 0,73 \cdot 2 \cdot 5 = 313,66 \text{ kN}$$

$s=2$  ...počet stříhů

$r=5$  ...počet řad

Posudek:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{211,24}{313,66} = 0,67 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### **Rozteče svorníků a vzdálenosti od okrajů**

$$a_1 \geq (4 + \cos \alpha) \cdot d = (4 + \cos 0^\circ) \cdot 30 = 120 \text{ mm} \quad \dots \text{volím } a_1 = 0 \text{ mm}$$

$$a_2 \geq 4 \cdot d = 4 \cdot 30 = 120 \text{ mm} \quad \dots \text{volím } a_2 = 250 \text{ mm}$$

$$a_3 \geq \max(7 \cdot d ; 80) = \max(7 \cdot 30 ; 80) = 210 \quad \dots \text{volím } a_3 = 210 \text{ mm}$$

$$a_4 \geq \max((2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d ; 3 \cdot d) = \max(2 + 2 \cdot \sin 0^\circ) \cdot 30 ; 3 \cdot 30 = \max(60 ; 90) = 90 \quad \dots \text{volím } 250 \text{ mm}$$

### Únosnost svorníku ve střihu:

$$F_{v,Rd} = n \cdot s \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 5 \cdot 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 561}{1,25} \cdot 10^{-3} = \mathbf{1077,12 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 211,24 \text{ kN}}$$

### Únosnost svorníku v otláčení:

$$F_{b,Rd} = n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_y \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 6 \cdot \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 640 \cdot 30 \cdot 12}{1,25} \cdot 10^{-3} = \mathbf{460,80 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 211,24 \text{ kN}}$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7) = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{100}{33} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{120}{33} - 1,7)$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 19,51 ; 8,91) = 2,5$$

$$d_0 = 30 + 3 = 33 \text{ mm}$$

$$e_1 = 210 \text{ mm}$$

$$e_2 = 250 \text{ mm}$$

$$p_2 = 250 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min(\frac{f_{ub}}{f_{yb}} ; 1 ; \frac{e_1}{3 \cdot d_0}) = \min(\frac{800}{640} ; 1 ; \frac{210}{3 \cdot 33}) = \min(1,25 ; 1 ; 2,12) = 1,0$$

### Posudek oslabeného plechu:

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

$$S235$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

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

$$A = 420 \cdot 12 = 4920 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} = 4920 - 3 \cdot (33 \cdot 12) = 4852 \text{ mm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \min(\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} ; \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}) = \min(\frac{4920 \cdot 235}{1,0} ; \frac{0,9 \cdot 4852 \cdot 360}{1,25}) = \min(1184,4 ; 998,4) = 998,40 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = 998,40 \text{ kN} > N_t = 65,01 \text{ kN}$$

### Posudek oslabeného dřeva (tlak):

$$A_c = 420 \cdot (240 - 12) = 95760 \text{ mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = \frac{29}{1,3} \cdot 0,7 = 15,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_c}{A_c} = \frac{211,24}{95760} \cdot 10^3 = 2,21 \text{ MPa}$$

Posudek:  $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{2,21}{15,62} = 0,14 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$

#### Posudek oslabeného dřeva (tah):

$$A_{\text{net}} = (420 - 1 \cdot 30) \cdot (240 - 12) = 88920 \text{ mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = \frac{22,5}{1,3} \cdot 0,7 = 12,1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_t}{A_{\text{net}}} = \frac{65,01}{88920} \cdot 10^3 = 0,73 \text{ MPa}$$

Posudek:  $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,73}{12,1} = 0,06 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$

### 6.4.2 Přípoj styčníků na hlavní sloup

#### Posudek svorníků na střih:

10xM Ø20

Síly působící na spoj:  $N = 65,01 \text{ kN}$

$V_z = 211,24 \text{ kN}$

$$F_{1,N} = \frac{N}{n}$$

$$F_{1,V} = \frac{V}{n}$$

$$M = V_z \cdot e = 211,24 \cdot 0,2 = 42,25 \text{ MPa}$$

$$F_{1,M} = M \cdot \frac{r_i}{\sum r_i^2}$$

$$F_{1,Mx} = F_{1,M} \cdot \sin(\beta)$$

$$F_{1,My} = F_{1,M} \cdot \cos(\beta)$$

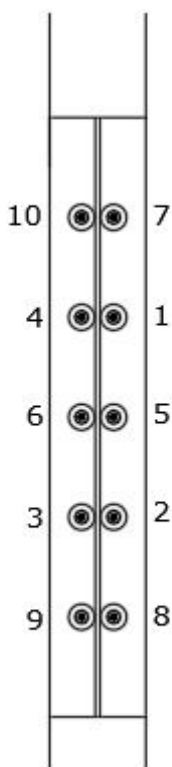
$\beta$  ...úhel mezi ramenem spojovacího prostředku a osy x

$$F_{1,y} = F_{1,My} + F_{1,N}$$

$$F_{1,x} = F_{1,Mx} + F_{1,N}$$

$$F_{1,Ed} = \sqrt{F_{1,x}^2 + F_{1,y}^2}$$

n	x (mm)	y (mm)	r (mm)	r <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	F1,N (kN)	F1,V (kN)	F1,M (kN)	β (°)	F1,Mx (kN)	F1,My (kN)	F1,x (kN)	F1,y (kN)	F1,Ed (kN)
1	55	250	77,78	6049,728	6,50	21,12	3,15	135	0,28	-3,14	21,40	3,36	21,66
2	55	-250	77,78	6049,728	6,50	21,12	3,15	225	-2,93	1,16	18,19	7,66	19,74
3	-55	-250	77,78	6049,728	6,50	21,12	3,15	315	2,35	2,10	23,47	8,60	25,00
4	-55	250	77,78	6049,728	6,50	21,12	3,15	45	2,68	1,66	23,81	8,16	25,17
5	55	0	55	3025	6,50	21,12	2,23	180	-1,79	-1,33	19,34	5,17	20,02
6	-55	0	55	3025	6,50	21,12	2,23	0	0,00	2,23	21,12	8,73	22,86
7	55	500	503	253029,1	6,50	21,12	20,39	95	13,93	14,89	35,05	21,39	41,06
8	55	-500	503	253029,1	6,50	21,12	20,39	262	-19,33	-6,47	1,79	0,03	1,79
9	-55	-500	503	253029,1	6,50	21,12	20,39	278	20,38	0,63	41,50	7,13	42,11
10	-55	500	503	253029,1	6,50	21,12	20,39	82	6,39	19,36	27,51	25,86	37,76



#### Únosnost spojovacích prostředků:

**Spojovací prostředky:** 10x M20 8.8

**Ocelová deska:**  $t_2=12$  mm

**Dřevěný sloup:** GL24h

$t_1=240$  mm

$\rho_k= 380$  Kg/m<sup>3</sup>

**Pevnost dřeva v otláčení:**

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = 28,21 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 20 = 1,65$$

$$\alpha = \arctg \left( \frac{F_{1,x}}{F_{1,y}} \right)$$

**Plastický moment únosnosti**

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 20^{2,6} = 579,28 \text{ kNm}$$

**Osová únosnost svorníku:**

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 245 \cdot 10^3 = 176,40 \text{ kN}$$

$$k_2 = 0,9$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{plocha jádra šroubu}$$

$$\emptyset = \min (12 \cdot t_l ; 4 \cdot d) = \min (12 \cdot 12 ; 4 \cdot d) = \min (144 ; 80) = 80 \text{ mm}$$

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$A_p = \frac{\pi \cdot (\emptyset^2 - d_0^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (80^2 - 22^2)}{4} = 4644,06 \text{ mm}^2$$

$$F_{\emptyset,Rk} = A_p \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = 4644,06 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} = 33,44 \text{ kN}$$

**Únosnost svorníku na jeden střih:**

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_{12}}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

**Únosnost jednoho spojovacího prostředku**

$$F_{Rd} = F_{v,Rd} \cdot s$$

$$s = 2 \quad \dots \text{počet střihů}$$

Posudek:  $\frac{F_{1,Ed}}{F_{Rd}} \leq 1,0$  ...vyhovuje

n	$\alpha$ (°)	$f_{hak}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$F_{vrk}$ (kN)	$F_{v,rd}$ (kN)	$F_{rd}$ (kN)	$F_{1,ed}$ (kN)	posudek
1	1,42	17,26	49,94	26,89	53,78	21,66	0,40
2	1,17	18,17	49,94	26,89	53,78	19,74	0,37
3	1,22	17,93	49,94	26,89	53,78	25,00	0,46
4	1,24	17,83	49,94	26,89	53,78	25,17	0,47
5	1,31	17,56	49,94	26,89	53,78	20,02	0,37
6	1,18	18,14	49,94	26,89	53,78	22,86	0,43
7	1,02	19,14	49,94	26,89	53,78	41,06	0,76
8	1,55	17,10	49,94	26,89	53,78	1,79	0,03
9	1,40	17,29	49,94	26,89	53,78	42,11	0,78
10	0,82	20,97	49,94	26,89	53,78	37,76	0,70

#### Únosnost svorníku ve střihu:

$$F_{v,Rd} = S \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} \cdot 10^{-3} = 188,16 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = 0,6$$

#### Únosnost svorníku v otláčení:

$$F_{b,Rd} = n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_y \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 640 \cdot 20 \cdot 12}{1,25} \cdot 10^{-3} = 614,40 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 25,48 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{e}{d_0} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7) = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{80}{22} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{250}{22} - 1,7)$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 8,48 ; 14,21) = 2,5$$

$$d_0 = 20 + 2 = 22 \text{ mm}$$

$$e = 80 \text{ mm}$$

$$p_2 = 250 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min(\frac{f_{ub}}{f_{yb}} ; 1 ; \frac{e}{3 \cdot d_0}) = \min(\frac{800}{640} ; 1 ; \frac{250}{3 \cdot 22}) = \min(1,25 ; 1 ; 3,79) = 1,0$$

### 6.4.3 Přípoj podélníku vrchního nosníku

**Působící síly:**  $N = 62,76 \text{ kN}$

$$V_z = 16,70 \text{ kN}$$

**Spojovací prostředky:** M16 8.8

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

$$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$$

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

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

**Styčnickový plech:** S235

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

**Podélník vrchního ochozu:**

GL24h 180/480

$$t_1 = \frac{180-12}{2} = 84 \text{ mm}$$

$$\rho_k = 350 \text{ Kg/m}^3$$

**Pevnost dřeva v otláčení:**

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 16) \cdot 350 = 24,11 \text{ N/mm}^2$$

**Plastický moment únosnosti:**

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 16^{2,6} = 324,28 \text{ kNm}$$

**Únosnost svorníku v tahu:**

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 157 \cdot 10^{-3} = 113,04 \text{ kN}$$

$$k_2 = 0,9$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{plocha jádra šroubu}$$

**Únosnost ocelové podložky:**

$$F_{\emptyset,Rk} = A_p \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = 2962 \cdot 3 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} = 21,33 \text{ kN}$$

$$A_p = 2962 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{plocha podložky}$$

$$F_{ax,Rk} = \min(F_{t,Rd}; F_{\phi,Rk}) = \min(113,04; 21,33) = 21,33 \text{ kN}$$

### Únosnost svorníku na jeden stříh:

$$F_{v,Rk} = \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d = 24,11 \cdot 84 \cdot 16 \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_{12}}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 24,11 \cdot 84 \cdot 16 \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 \cdot 324,28}{24,11 \cdot 84 \cdot 16}} - 1 \right] + \frac{21,33}{4} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} = 2,3 \cdot \sqrt{324,28 \cdot 24,11 \cdot 16} + \frac{21,33}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} 32,40 \text{ kN} \\ 19,33 \text{ kN} \\ 26,46 \text{ kN} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,Rk}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{19,33}{1,30} = 10,41 \text{ kN}$$

### Účinný počet svorníků:

$n=2$  ...počet svorníků v řadě

$$n_{ef,0} = \min \left( n; n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13 \cdot d}} \right) = \min \left( 2; 2^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{80}{13 \cdot 16}} \right) = \min(2; 1,47) = 1,47$$

### Únosnost jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{Rd} = F_{v,Rd} \cdot n_{ef} \cdot s \cdot r = 10,41 \cdot 1,47 \cdot 2 \cdot 2 = 66,25 \text{ kN}$$

$s=2$  ...počet stříhů

$r=2$  ...počet řad

Posudek:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{37,25}{66,25} = 0,95 < 1,0 \text{ ...vyhovuje}$$

### Rozteče svorníků a vzdálenosti od okrajů

$$a_1 \geq (4 + \cos \alpha) \cdot d = (4 + \cos 0^\circ) \cdot 16 = 64 \text{ mm} \quad \dots \text{volím } a_1 = 80 \text{ mm}$$

$$a_2 \geq 4 \cdot d = 4 \cdot 16 = 64 \text{ mm} \quad \dots \text{volím } a_2 = 70 \text{ mm}$$

$$a_3 \geq \max(7 \cdot d; 80) = \max(7 \cdot 16; 80) = 112 \quad \dots \text{volím } a_3 = 130 \text{ mm}$$

$$a_4 \geq \max((2 + 2 \cdot \sin \alpha) \cdot d; 3 \cdot d) = \max(2 + 2 \cdot \sin 0^\circ) \cdot 16; 3 \cdot 16 = \max(32; 48) = 48 \quad \dots \text{volím } 50 \text{ mm}$$



### Únosnost svorníku ve střihu:

$$F_{v,Rd} = n \cdot s \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 4 \cdot 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 157}{1,25} \cdot 10^{-3} = \mathbf{241,15 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 98,41 \text{ kN}}$$

### Únosnost svorníku v otláčení:

$$F_{b,Rd} = n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_y \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 4 \cdot \frac{2,5 \cdot 0,74 \cdot 640 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} \cdot 10^{-3} = \mathbf{303,41 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 118 \text{ kN}}$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7) = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{50}{18} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{70}{18} - 1,7)$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 6,08 ; 3,74) = 2,5$$

$$d_0 = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$e_1 = 40 \text{ mm}$$

$$e_2 = 50 \text{ mm}$$

$$p_2 = 70 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min(\frac{f_{ub}}{f_{yb}} ; 1 ; \frac{e_1}{3 \cdot d_0}) = \min(\frac{800}{640} ; 1 ; \frac{40}{3 \cdot 18}) = \min(1,25 ; 1 ; 0,74) = 0,74$$

### Posudek oslabeného plechu:

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$S235$$

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$

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

$$A = 300 \cdot 10 = 3000 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} = 3000 - 2 \cdot (18 \cdot 10) = 2640 \text{ mm}^2$$

$$N_{t,Rd} = \min(\frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} ; \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}}) = \min(\frac{3000 \cdot 235}{1,0} ; \frac{0,9 \cdot 2640 \cdot 360}{1,25}) = \min(705 ; 684,29) = 684,29 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = 684,29 \text{ kN} > V_z = 16,70 \text{ kN}$$

### Posudek oslabeného dřeva (tlak):

$$A_c = 300 \cdot (100 - 10) = 27000 \text{ mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = \frac{21}{1,3} \cdot 0,7 = 11,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A_c} = \frac{62,76}{27000} \cdot 10^3 = 0,72 \text{ MPa}$$

Posudek:  $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,72}{11,31} = 0,05 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$

**Posudek oslabeného dřeva (tah):**

$$A_{\text{net}} = (300 - 2 \cdot 16) \cdot (100 - 10) = 24120 \text{ mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = \frac{14}{1,3} \cdot 0,7 = 7,54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N}{A_{\text{net}}} = \frac{62,76}{24120} \cdot 10^3 = 0,83 \text{ MPa}$$

Posudek:  $\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} = \frac{0,83}{11,31} = 0,07 < 1,0 \dots \text{vyhovuje}$

## 6.4.4 Přípoj styčnicku na hlavní sloup

**Posudek svorníku na střih:**

4 x M20 8.8

Síly ve styčnicku:  $N = 31,38 \text{ kN}$

$V_z = 125,52 \text{ kN}$

$V_y = 11,42 \text{ kN}$

$e = 88 \text{ mm}$

$$F_{1,N} = \frac{N}{n}$$

$$F_{1,V} = \frac{V}{n}$$

$$M = V_z \cdot e = 125,52 \cdot 0,088 = 11,05 \text{ MPa}$$

$$F_{1,M} = M \cdot \frac{r_i}{\sum r_i^2}$$

$$F_{1,Mx} = F_{1,M} \cdot \sin(\beta)$$

$$F_{1,My} = F_{1,M} \cdot \cos(\beta)$$

$\beta$  ...úhel mezi ramenem spojovacího prostředku a osy x

$$F_{1,y} = F_{1,My} + F_{1,N}$$

$$F_{1,x} = F_{1,Mx} + F_{1,N}$$

$$F_{1,Ed} = \sqrt{F_{1,x}^2 + F_{1,y}^2}$$

n	x (mm)	y (mm)	r (mm)	r <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>1,N</sub> (kN)	F <sub>1,V</sub> (kN)	F <sub>1,M</sub> (kN)	β (°)	F <sub>1,Mx</sub> (kN)	F <sub>1,My</sub> (kN)	F <sub>1,x</sub> (kN)	F <sub>1,y</sub> (kN)	F <sub>1,Ed</sub> (kN)
1	150	100	180,28	32501	2,86	7,85	15,32	146,4	14,56	-4,76	22,40	-1,90	22,49
2	150	-100	180,28	32501	2,86	7,85	15,32	213,6	-0,43	15,31	7,41	18,17	19,62
3	-150	-100	180,28	32501	2,86	7,85	15,32	326,4	-4,90	14,51	2,94	17,37	17,62
4	-150	100	180,28	32501	2,86	7,85	15,32	33,6	12,53	-8,82	20,37	-5,96	21,23

### Únosnost spojovacích prostředků:

**Spojovací prostředky:** 4x M20 8.8

d= 20 mm

f<sub>ub</sub>= 800 MPa

f<sub>yk</sub>= 640 MPa

**Ocelová deska:** t<sub>2</sub>=10 mm

**Dřevěný sloup:**

GL24h

t<sub>1</sub>=240 mm

ρ<sub>k</sub>= 380 Kg/m<sup>3</sup>

### Pevnost dřeva v otlačení:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = 24,93 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 20 = 1,65$$

$$\alpha = \arctg \left( \frac{F_{1,x}}{F_{1,y}} \right)$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 20^{2,6} = 579,28 \text{ kNm}$$

### Osová únosnost svorníku:

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 245 \cdot 10^3 = 176,4 \text{ kN}$$

$$k_2 = 0,9$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{plocha jádra šroubu}$$

$$\emptyset = \min(12 \cdot t_l; 4 \cdot d) = \min(12 \cdot 10; 4 \cdot d) = \min(120; 80) = 80 \text{ mm}$$

$$f_{c,90,k} = 2,4 \text{ MPa}$$

$$A_p = \frac{\pi \cdot (\emptyset^2 - d_0^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (120^2 - 22^2)}{4} = 4644 \text{ mm}^2$$

$$F_{\emptyset,Rk} = A_p \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = 4644 \cdot 3 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} = 33,44 \text{ kN}$$

#### Únosnost svorníku na jeden střih:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_{12}}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

#### Únosnost jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{Rd} = F_{v,Rd} \cdot s$$

$$s=2 \quad \dots \text{počet střihů}$$

$$\text{Posudek: } \frac{F_{1,Ed}}{F_{Rd}} \leq 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

n	$\alpha$ (°)	$f_{h,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$F_{v,Rk}$ (kN)	$F_{v,Rd}$ (kN)	$F_{Rd}$ (kN)	$F_{1,Ed}$ (kN)	posudek
1	-1,49	15,15	29,91	16,10	32,21	22,49	0,70
2	0,39	22,81	34,80	18,74	37,48	19,62	0,52
3	0,17	24,48	29,58	15,93	31,85	17,62	0,55
4	-1,29	15,59	30,22	16,27	32,54	21,23	0,65

#### Únosnost svorníku ve střihu:

$$F_{v,Rd} = s \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} \cdot 10^{-3} = 188,16 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = 0,6$$

#### Únosnost svorníku v otláčení:

$$F_{b,Rd} = n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_y \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 640 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} \cdot 10^{-3} = 512 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 254,18 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min(2,5; 2,8 \cdot \frac{e}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7) = \min(2,5; 2,8 \cdot \frac{150}{22} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{100}{22} - 1,7)$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 17,39 ; 4,66) = 2,5$$

$$d_0 = 20 + 2 = 22 \text{ mm}$$

$$e = 150 \text{ mm}$$

$$p_2 = 100 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{f_{ub}}{f_{yb}} ; 1 ; \frac{e}{3 \cdot d_0}\right) = \min\left(\frac{800}{640} ; 1 ; \frac{150}{3 \cdot 22}\right) = \min(1,25 ; 1 ; 2,27) = 1,0$$

## 6.5 Přípoj táhla k hlavním sloupům

**Šikmé ztužidlo:** Ø RO 152,4 x 7,1 mm

ocel S355

**Vnitřní síly:**  $N_{Ed} = 142,18 \text{ kN}$

$$V_y = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_z = 0,70 \text{ kN}$$

### Posouzení svarového přípoje styčnickového plechu:

$$N_{Ed,h} = N_{Ed} \cdot \cos \alpha = 142,18 \cdot \cos 20^\circ = 133,61 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,v} = N_{Ed} \cdot \sin \alpha = 142,18 \cdot \sin 20^\circ = 48,63 \text{ kN}$$

$\beta_w$  ...korelační součinitel

$\beta_w = 0,9$  pro ocel S355

$a$  ...účinná výška svaru

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

$l$  ...účinná délka svaru

$$l = 90 - 2 \cdot a = 90 - 2 \cdot 4 = 82 \text{ mm}$$

$A_w$  ...účinná plocha svaru

$$A_w = 2 \cdot a \cdot l = 2 \cdot 4 \cdot 82 = 656 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{kol.} = \tau_{kol.} = \frac{N_{Ed,v}}{\sqrt{2} \cdot A_w} = \frac{48,63 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 656 \cdot 10^{-4}} = 52,42 \text{ MPa}$$

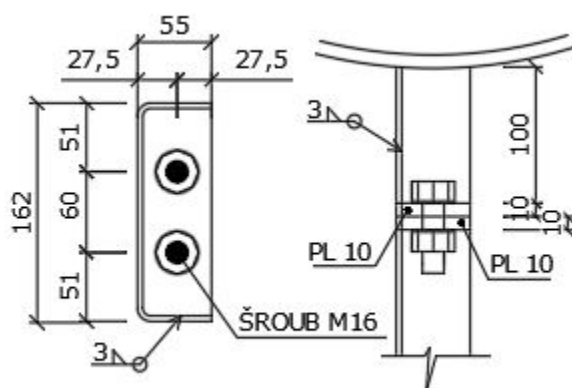
$$\tau_{kol.} = \frac{N_{Ed,h}}{A_w} = \frac{133,61 \cdot 10^3}{656 \cdot 10^{-4}} = 203,67 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \tau_{\parallel}^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{52,42^2 + 3 \cdot 52,42^2 + 3 \cdot 203,67^2} \leq \frac{510 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 1,25}$$

**368,02 < 453,33 MPa**      **...vyhovuje**

## 6. 6 Přípoj schodiště



**Síly působící na spoj:** N=0,08 kN

V<sub>z</sub>=2,77 kN

V<sub>y</sub>= 0,42 kN

**Navrhují svar:** a=3mm

l=260mm

tl.plechu=10mm

S235

d<sub>0</sub>= 16+2 = 18 mm

e<sub>1</sub>= 27,5 mm

e<sub>2</sub>=60 mm

p<sub>2</sub>=51 mm

$$\sigma_M = \frac{N}{a \cdot l} = \frac{0,08 \cdot 10^3}{3 \cdot 260} = 0,10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_L = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{0,10}{\sqrt{2}} = 0,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_L = \tau_L$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_z}{a \cdot l} = \frac{2,77 \cdot 10^3}{3 \cdot 260} = 3,55 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_L^2 + 3 \cdot \tau_L^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} = \sqrt{0,07^2 + 3 \cdot 0,07^2 + 3 \cdot 3,55^2} = 6,15 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhoví}$$

$$\sigma_L = 0,07 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,2 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhoví}$$

**Šroubový spoj:** M16 pevnosti 4.6

#### Únosnost ve stříhu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s \cdot n}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 157 \cdot 1}{1,25} = 30,14 \text{ kN}$$

$$\frac{V_z}{F_{v,Rd}} = \frac{2,77 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 10^3} = 0,09 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

#### Únosnost v otlačení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,74 \cdot 400 \cdot 16 \cdot 6}{1,25} = 56,83 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min(1,0; 1,0; 0,74; 0,77) = 0,74$$

$$\frac{V_z}{F_{b,Rd}} = \frac{2,77 \cdot 10^3}{56,83 \cdot 10^3} = 0,05 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

#### Únosnost v tahu:

$$F_{t,Rd} = \frac{k2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 400 \cdot 157}{1,25} = 45,22 \text{ kN}$$

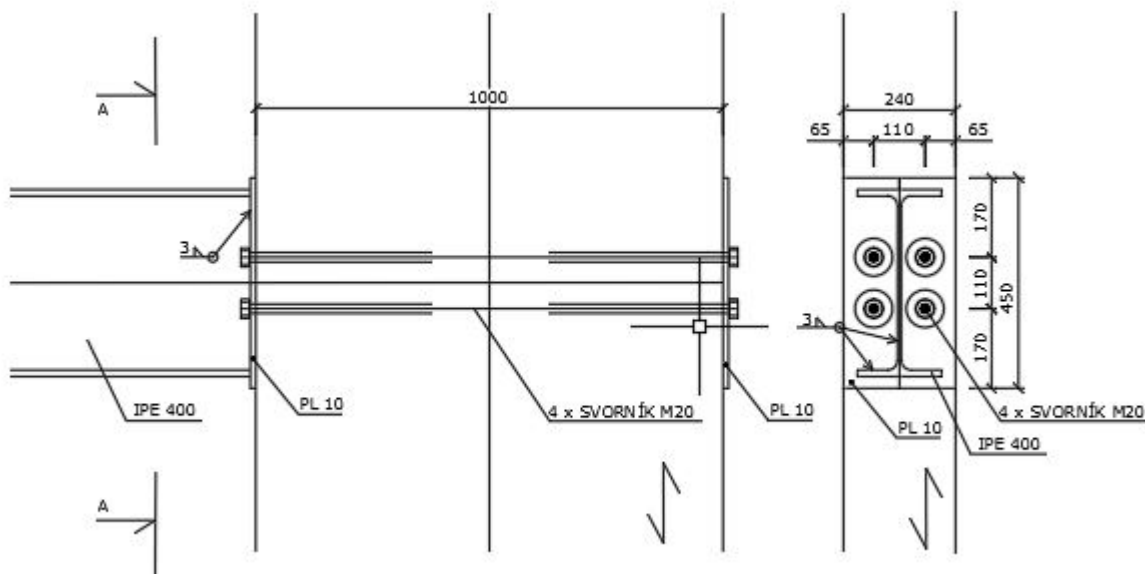
$$\frac{N}{F_{t,Rd}} = \frac{0,08 \cdot 10^3}{45,22 \cdot 10^3} = 0,01 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

#### Únosnost v protlačení:

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 25,85 \cdot 6 \cdot 400}{1,25} = 93,55 \text{ kN}$$

$$\frac{N}{B_{p,Rd}} = \frac{0,08 \cdot 10^3}{93,55 \cdot 10^3} = 0,01 < 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

## 6.7 Přípoj konzoly pro ochoz k hlavním sloupům



**Síly působící na spoj:**  $N=22,62 \text{ kN}$

$V_z=184,93 \text{ kN}$

$V_y= 7,53 \text{ kN}$

**Navrhují svar:**  $a=3\text{mm}$

$l=1502\text{mm}$

tl.plechu= $12\text{mm}$

S235

$$\sigma_M = \frac{N}{a \cdot l} = \frac{22,62 \cdot 10^3}{3 \cdot 1502} = 5,02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_L = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{3,76}{\sqrt{2}} = 3,55 \text{ MPa}$$

$$\sigma_L = \tau_L$$

$$\tau_{||} = \frac{V_z}{a \cdot l} = \frac{184,93 \cdot 10^3}{3 \cdot 1502} = 41,04 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_L^2 + 3 \cdot \tau_L^2 + 3 \cdot \tau_{||}^2} = \sqrt{3,55^2 + 3 \cdot 3,55^2 + 3 \cdot 41,04^2} = 71,44 \text{ MPa} < 510 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhoví}$$

$$\sigma_L = 3,55 \text{ MPa} < \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{510}{1,25} = 367,20 \text{ MPa} \quad \dots \text{vyhoví}$$



### Únosnost ve střihu:

4 x M20 8.8

Síly ve styčnicku:  $N=22,62 \text{ kN}$

$V_z=184,93 \text{ kN}$

$$F_{1,N} = \frac{N}{n}$$

$$F_{1,V} = \frac{V}{n}$$

$$F_{1,M} = M \cdot \frac{r_i}{\sum r_i^2}$$

$$F_{1,Mx} = F_{1,M} \cdot \sin(\beta)$$

$$F_{1,My} = F_{1,M} \cdot \cos(\beta)$$

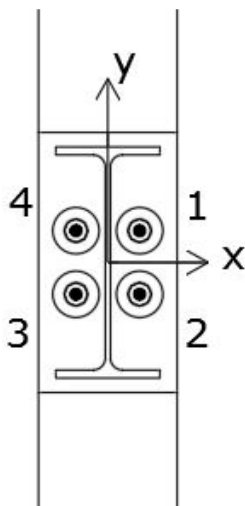
$\beta$  ...úhel mezi ramenem spojovacího prostředku a osy x

$$F_{1,y} = F_{1,My} + F_{1,N}$$

$$F_{1,x} = F_{1,Mx} + F_{1,N}$$

$$F_{1,Ed} = \sqrt{F_{1,x}^2 + F_{1,y}^2}$$

n	x (mm)	y (mm)	r (mm)	$r^2$ (mm <sup>2</sup> )	$F_{1,N}$ (kN)	$F_{1,V}$ (kN)	$F_{1,M}$ (kN)	$\beta$ (°)	$F_{1,Mx}$ (kN)	$F_{1,My}$ (kN)	$F_{1,x}$ (kN)	$F_{1,y}$ (kN)	$F_{1,Ed}$ (kN)
1	55	55	77,78	6049,728	5,66	46,23	0,00	135	0,00	0,00	46,23	5,66	46,58
2	55	-55	77,78	6049,728	5,66	46,23	0,00	225	0,00	0,00	46,23	5,66	46,58
3	-55	-55	77,78	6049,728	5,66	46,23	0,00	315	0,00	0,00	46,23	5,66	46,58
4	-55	55	77,78	6049,728	5,66	46,23	0,00	45	0,00	0,00	46,23	5,66	46,58



### Únosnost spojovacích prostředků

Spojovací prostředky: 4x M20 8.8

$d = 20 \text{ mm}$

$f_{ub} = 800 \text{ MPa}$

$f_{yk} = 640 \text{ MPa}$

Ocelová deska:  $t_2 = 12 \text{ mm}$

### Dřevěný sloup

GL24h

$t_1 = 240 \text{ mm}$

$\rho_k = 380 \text{ Kg/m}^3$

### Pevnost dřeva v otláčení:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 380 = 24,93 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 20 = 1,65$$

$$\alpha = \arctg \left( \frac{F_{1,x}}{F_{1,y}} \right)$$

### Plastický moment únosnosti

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 20^{2,6} = 579,28 \text{ kNm}$$

### Osová únosnost svorníku

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 245 \cdot 10^3 = 176,4 \text{ kN}$$

$$k_2 = 0,9$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{plocha jádra šroubu}$$

$$\varnothing = \min (12 \cdot t_l ; 4 \cdot d) = \min (12 \cdot 10 ; 4 \cdot d) = \min (120 ; 80) = 80 \text{ mm}$$

$$f_{c,90,k} = 2,4 \text{ MPa}$$

$$A_p = \frac{\pi \cdot (\varnothing^2 - d_0^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (120^2 - 22^2)}{4} = 4644 \text{ mm}^2$$

$$F_{\varnothing,Rk} = A_p \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = 4644 \cdot 3 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} = 33,44 \text{ kN}$$

### Únosnost svorníku na jeden střih:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_{12}}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

### Únosnost jednoho spojovacího prostředku:

$$F_{Rd} = F_{v,Rd} \cdot s$$

s=2 ...počet stříhů

Posudek:  $\frac{F_{1,Ed}}{F_{Rd}} \leq 1,0$  ...vyhovuje

n	$\alpha$ (°)	$f_{h,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$F_{v,Rk}$ (kN)	$F_{v,Rd}$ (kN)	$F_{Rd}$ (kN)	$F_{1,Ed}$ (kN)	posudek
1	1,45	17,20	49,94	26,89	53,78	46,58	0,87
2	1,45	17,20	49,94	26,89	53,78	46,58	0,87
3	1,45	17,20	49,94	26,89	53,78	46,58	0,87
4	1,45	17,20	49,94	26,89	53,78	46,58	0,87

### Únosnost svorníku ve stříhu

$$F_{v,Rd} = s \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 353}{1,25} \cdot 10^{-3} = 271,10 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 254,18 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = 0,6$$

### Únosnost svorníku v otláčení

$$F_{b,Rd} = n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_y \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 640 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} \cdot 10^{-3} = 512 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 254,18 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{e}{d_0} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7) = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{65}{22} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{110}{22} - 1,7)$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 8,48 ; 5,3) = 2,5$$

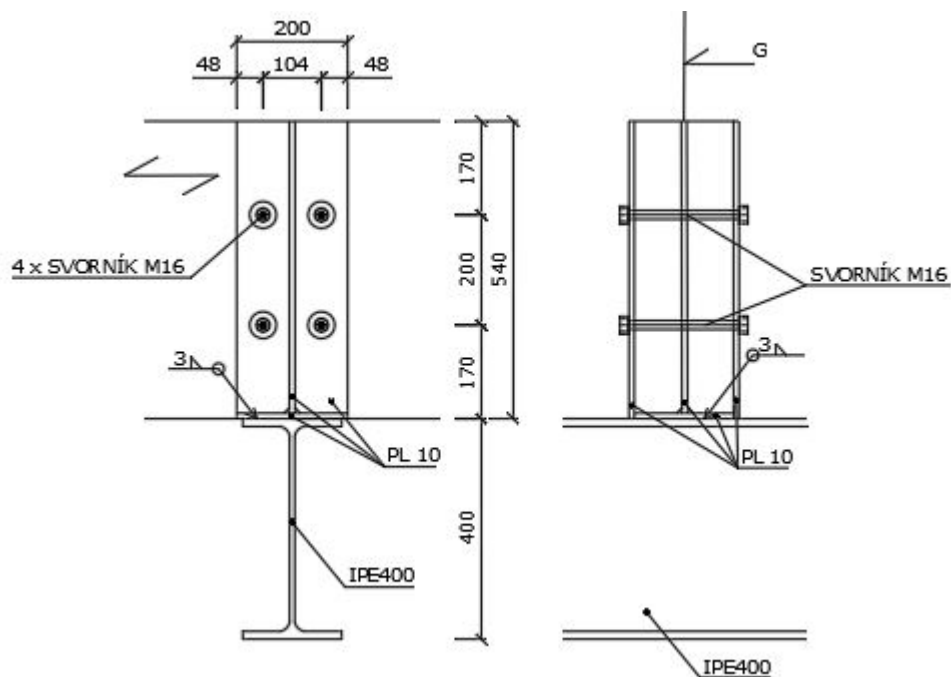
$$d_0 = 20 + 2 = 22 \text{ mm}$$

$$e = 65 \text{ mm}$$

$$p_2 = 110 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{f_{ub}}{f_{yb}} ; 1 ; \frac{e}{3 \cdot d_0}\right) = \min\left(\frac{800}{640} ; 1 ; \frac{65}{3 \cdot 22}\right) = \min(1,25 ; 1 ; 1,21) = 1,0$$

## 6.8 Připojení podélníku ochozu ke konzole pro ochoz



Síly působící na spoj:  $N=62,80 \text{ kN}$

$V_z=47,71 \text{ kN}$

Navrhuji svar:  $a=3 \text{ mm}$

$l=720 \text{ mm}$

tl.plechu=10mm

S235

$$\sigma_M = \frac{N}{a \cdot l} = \frac{62,80 \cdot 10^3}{3 \cdot 720} = 29,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_L = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{29,07}{\sqrt{2}} = 20,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_L = \tau_L$$

$$\tau_{||} = \frac{V_z}{a \cdot l} = \frac{47,71 \cdot 10^3}{3 \cdot 720} = 22,09 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_L^2 + 3 \cdot \tau_L^2 + 3 \cdot \tau_{||}^2} = \sqrt{20,56^2 + 3 \cdot 20,56^2 + 3 \cdot 22,09^2} = 56,17 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa} \dots \text{vyhoví}$$

$$\sigma_L = 20,56 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 0,9 \cdot \frac{360}{1,25} = 259,20 \text{ MPa} \dots \text{vyhoví}$$

### Únosnost ve střihu:

4 x M12 4.6

**Síly ve styčnících:** N=62,80 kN

Vz=47,71 kN

$$F_{1,N} = \frac{N}{n}$$

$$F_{1,V} = \frac{V}{n}$$

$$F_{1,M} = M \cdot \frac{r_i}{\sum r_i^2}$$

$$F_{1,Mx} = F_{1,M} \cdot \sin(\beta)$$

$$F_{1,My} = F_{1,M} \cdot \cos(\beta)$$

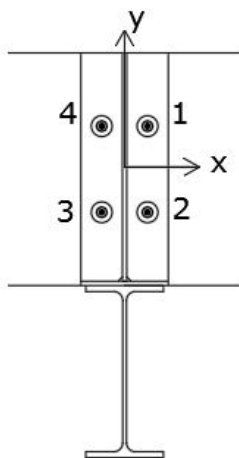
$\beta$  ...úhel mezi ramenem spojovacího prostředku a osy x

$$F_{1,y} = F_{1,My} + F_{1,N}$$

$$F_{1,x} = F_{1,Mx} + F_{1,N}$$

$$F_{1,Ed} = \sqrt{F_{1,x}^2 + F_{1,y}^2}$$

n	x (mm)	y (mm)	r (mm)	r <sup>2</sup> (mm <sup>2</sup> )	F <sub>1,N</sub> (kN)	F <sub>1,V</sub> (kN)	F <sub>1,M</sub> (kN)	β (°)	F <sub>1,Mx</sub> (kN)	F <sub>1,My</sub> (kN)	F <sub>1,x</sub> (kN)	F <sub>1,y</sub> (kN)	F <sub>1,Ed</sub> (kN)
1	48	100	110,92	12303,246	6,28	4,77	5,16	116	1,22	-5,01	5,99	1,27	6,12
2	48	-100	110,92	12303,246	6,28	4,77	5,16	224	-4,19	-3,02	0,58	3,26	3,32
3	-48	-100	110,92	12303,246	6,28	4,77	5,16	296	3,29	3,98	8,06	10,26	13,05
4	-48	100	110,92	12303,246	6,28	4,77	5,16	64	4,75	2,02	9,52	8,30	12,63



### Únosnost spojovacích prostředků:

Ocelová deska:  $t_2 = 12 \text{ mm}$

### Pevnost dřeva v otlačení:

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 12) \cdot 380 = 31,03 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 12 = 1,53$$

$$\alpha = \arctg \left( \frac{F_{1,x}}{F_{1,y}} \right)$$

### Plastický moment únosnosti:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 12^{2,6} = 153,49 \text{ kNm}$$

### Osová únosnost svorníku

$$F_{t,Rk} = k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s = 0,9 \cdot 800 \cdot 84,3 \cdot 10^3 = 60,70 \text{ kN}$$

$$k_2 = 0,9$$

$$A_s = 84,3 \text{ mm}^2 \quad \dots \text{plocha jádra šroubu}$$

$$\varnothing = \min (12 \cdot t_l ; 4 \cdot d) = \min (12 \cdot 10 ; 4 \cdot d) = \min (120 ; 48) = 48 \text{ mm}$$

$$f_{c,90,k} = 2,4 \text{ MPa}$$

$$A_p = \frac{\pi \cdot (\varnothing^2 - d_0^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (48^2 - 14^2)}{4} = 1654,78 \text{ mm}^2$$

$$F_{\varnothing,Rk} = A_p \cdot 3 \cdot f_{c,90,k} = 1654,78 \cdot 3 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} = 11,91 \text{ kN}$$

### Únosnost svorníku na jeden střih

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot d \cdot t_{12}}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{array} \right\}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_M}$$

### Únosnost jednoho spojovacího prostředku

$$F_{Rd} = F_{v,Rd} \cdot s$$

$$s = 2 \quad \dots \text{počet střihů}$$

Posudek:  $\frac{F_{1,Ed}}{F_{Rd}} \leq 1,0$  ...vyhovuje

n	$\alpha$ (°)	$f_{h\alpha k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$F_{vrk}$ (kN)	$F_{v,rd}$ (kN)	$F_{rd}$ (kN)	$F_{1,ed}$ (kN)	posudek
1	1,36	20,58	15,27	8,22	16,45	6,12	0,37
2	0,18	30,53	15,27	8,22	16,45	3,32	0,20
3	0,67	25,81	15,27	8,22	16,45	13,05	0,79
4	0,85	23,85	15,27	8,22	16,45	12,63	0,77

#### Únosnost svorníku v otlačení:

$$F_{b,Rd} = n \cdot \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_y \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{2,5 \cdot 1,0 \cdot 640 \cdot 12 \cdot 10}{1,25} \cdot 10^{-3} = 307,20 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 254,18 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{e}{d_0} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7) = \min(2,5 ; 2,8 \cdot \frac{48}{14} - 1,7 ; 1,4 \cdot \frac{170}{14} - 1,7)$$

$$k_1 = \min(2,5 ; 7,9 ; 15,3) = 2,5$$

$$d_0 = 12 + 2 = 14 \text{ mm}$$

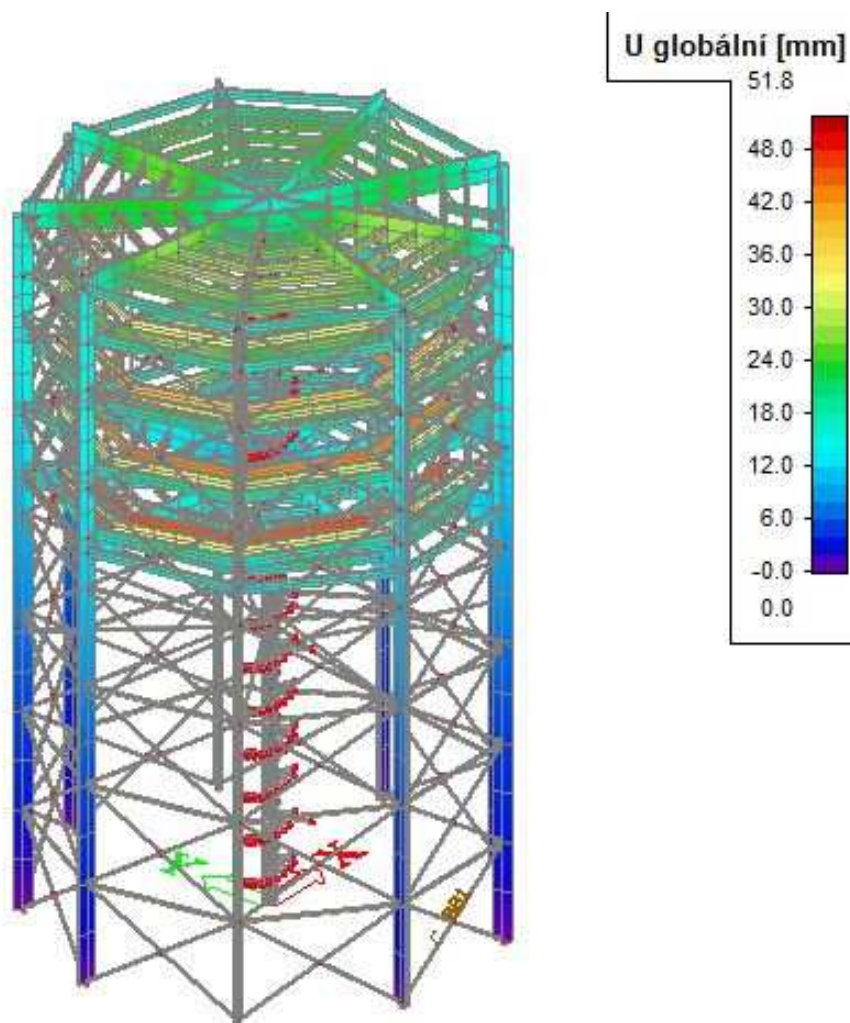
$$e = 48 \text{ mm}$$

$$p_2 = 170 \text{ mm}$$

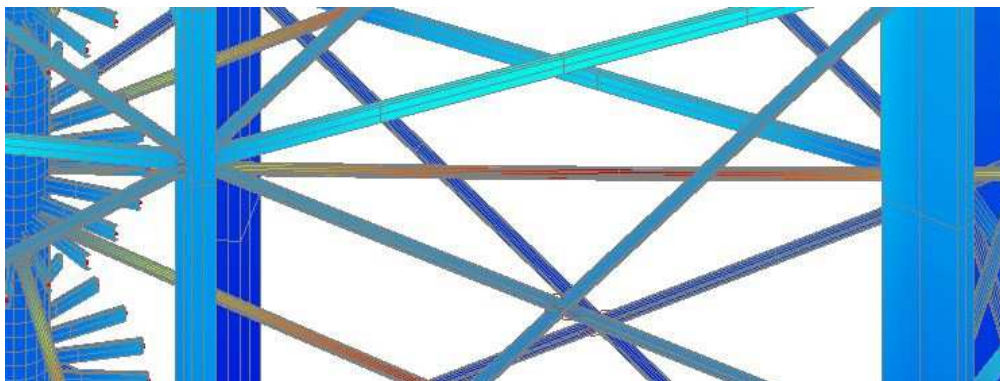
$$\alpha_b = \min(\frac{f_{ub}}{f_{yb}} ; 1 ; \frac{e}{3 \cdot d_0}) = \min(\frac{800}{640} ; 1 ; \frac{80}{3 \cdot 14}) = \min(1,25 ; 1 ; 1,90) = 1,0$$

## **7. Posouzení mezního stavu použitelnosti a Globální deformace**

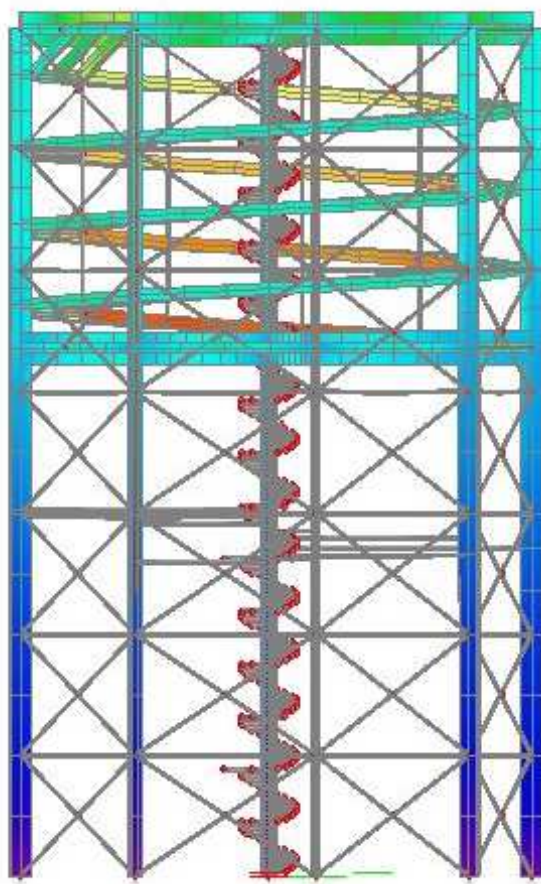
Maximální celkové posunutí konstrukce



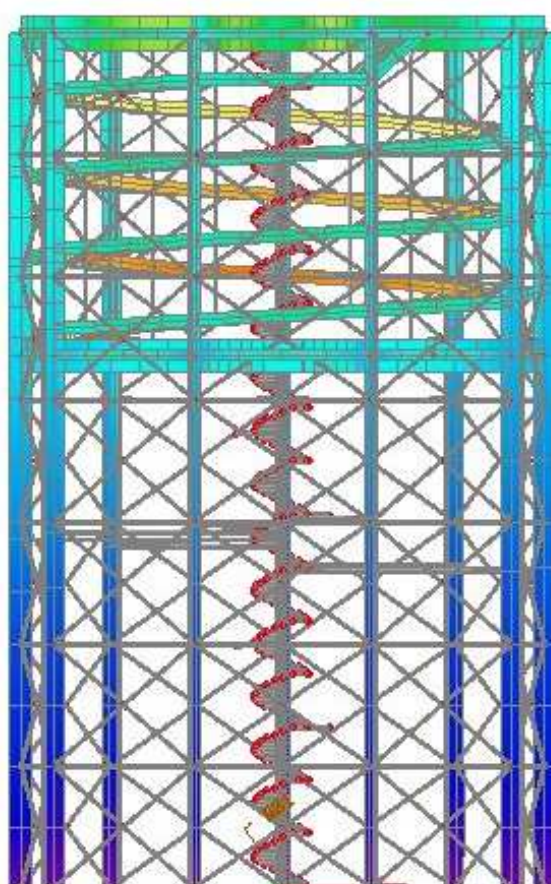
Detail celkového maximálního posunutí středovém táhle:







Pohled směru osy x



Pohled směru osy y

### Celkové vodorovné posunutí

$$\sigma_{\max.} = \frac{H}{400} = \frac{38500}{400} = 96,25 \text{ mm}$$

$\sigma_{\max}$  ...limitní vodorovný posun

H ...výška stavby

$\sigma = 80,8 \text{ mm}$  (dle výpočetního programu Scia Engineer 16.0)

$\sigma$  ...skutečný vodorovný posun konstrukce (vzniká v šikmém ztužidle)

Posouzení:

$$\frac{\sigma}{\sigma_{\max.}} \leq 1,0$$

$$\frac{80,80}{96,25} = 0,84 \leq 1,0$$

...vyhovuje

### Svislé posunutí

$k_{\text{def}}$  ...modifikační součinitel deformace

$$k_{\text{def}} = 0,2$$

Označení průhybů:

- $u_{\text{inst},G}$  ...okamžitá deformace pro stálé zatížení
- $u_{\text{inst},Q1}$  ...okamžitá deformace pro užité zatížení
- $u_{\text{inst},Q2}$  ...okamžitá deformace pro zatížení sněhem
- $u_{\text{inst},Q3}$  ...okamžitá deformace pro zatížení větrem

- $u_{\text{fin},G}$  ...konečná deformace pro stálé zatížení
- $u_{\text{fin},Q1}$  ...konečná deformace pro užité zatížení
- $u_{\text{fin},Q2}$  ...konečná deformace pro zatížení sněhem
- $u_{\text{fin},Q3}$  ...konečná deformace pro zatížení větrem

- $u_{\text{fin},\text{lim}}$  ...limitní konečný posun
- $u_{\text{inst},\text{lim}}$  ...limitní okamžitý posun

### **Středové ztužidlo**

$$u_{\text{inst},\text{lim}} = \frac{L}{300} = \frac{12000}{300} = 40 \text{ mm}$$

$$u_{\text{fin},\text{lim}} = \frac{L}{150} = \frac{12000}{150} = 80 \text{ mm}$$

$$u_{\text{inst}} = u_{\text{inst},G} + u_{\text{inst},Q2} + u_{\text{inst},Q3} = 16,53 + 1,87 + 0,4 = 18,8 \text{ mm}$$

$$u_{\text{fin}} = u_{\text{inst},G} \cdot (1 + k_{\text{def}}) + u_{\text{inst},Q2} \cdot (1 + \Psi_{2,Q2} \cdot k_{\text{def}}) + u_{\text{inst},Q3} \cdot (\Psi_{0,Q2} + \Psi_{2,Q3} \cdot k_{\text{def}})$$

$$u_{\text{fin}} = 16,53 \cdot (1 + 2) + 1,87 \cdot (1 + 0) + 0,4 \cdot (0,6 + 0) = 51,7 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\frac{u_{\text{inst}}}{u_{\text{inst},\text{lim}}} = \frac{18,8}{40} = 0,47 \leq 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{u_{fin}}{u_{fin,lim}} = \frac{51,7}{80} = 0,64 \leq 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Horní nosník

$$u_{inst,lim} = \frac{L}{300} = \frac{10400}{300} = 34,67 \text{ mm}$$

$$u_{fin,lim} = \frac{L}{250} = \frac{10400}{250} = 41,60 \text{ mm}$$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q2} + u_{inst,Q3} = 8,6 + 8,5 + 0,8 = 17,9 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst,Q2} \cdot (1 + \psi_{2,Q2} \cdot k_{def}) + u_{inst,Q3} \cdot (\psi_{0,Q2} + \psi_{2,Q3} \cdot k_{def})$$

$$u_{fin} = 8,6 \cdot (1+2) + 8,5 \cdot (1+0) + 0,8 \cdot (0,6+0) = 34,78 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\frac{u_{inst}}{u_{inst,lim}} = \frac{17,9}{34,67} = 0,52 \leq 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{u_{fin}}{u_{fin,lim}} = \frac{34,78}{41,60} = 0,84 \leq 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Horizontální ztužidlo

$$u_{inst,lim} = \frac{L}{300} = \frac{8000}{300} = 26,67 \text{ mm}$$

$$u_{fin,lim} = \frac{L}{250} = \frac{8000}{250} = 32,00 \text{ mm}$$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q2} + u_{inst,Q3} = 5,8 + 2,8 + 1,6 = 10,2 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst,Q2} \cdot (1 + \psi_{2,Q2} \cdot k_{def}) + u_{inst,Q3} \cdot (\psi_{0,Q2} + \psi_{2,Q3} \cdot k_{def})$$

$$u_{fin} = 5,8 \cdot (1+2) + 2,8 \cdot (1+0) + 1,6 \cdot (0,6+0) = 21,16 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\frac{u_{inst}}{u_{inst,lim}} = \frac{10,2}{26,67} = 0,38 \leq 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{u_{fin}}{u_{fin,lim}} = \frac{21,16}{32,00} = 0,66 \leq 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Konzola pro ochoz

$$u_{inst,lim} = \frac{L}{150} = \frac{2950}{150} = 19,67 \text{ mm}$$

$$u_{fin,lim} = \frac{L}{75} = \frac{2950}{75} = 39,33 \text{ mm}$$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q2} = 11,0 + 6,2 = 17,2 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst,Q2} \cdot (1 + \Psi_{2,Q2} \cdot k_{def})$$

$$u_{fin} = 11 \cdot (1 + 2) + 6,2 \cdot (1 + 0) = 39,20 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\frac{u_{inst}}{u_{inst,lim}} = \frac{17,20}{19,67} = \mathbf{0,87} \leq \mathbf{1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{u_{fin}}{u_{fin,lim}} = \frac{39,20}{39,33} = \mathbf{0,98} \leq \mathbf{1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Konzola pro tobogán

$$u_{inst,lim} = \frac{L}{150} = \frac{1850}{150} = 12,33 \text{ mm}$$

$$u_{fin,lim} = \frac{L}{75} = \frac{1850}{75} = 24,67 \text{ mm}$$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q1} = 4,6 + 2,8 = 7,40 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst,Q1} \cdot (1 + \Psi_{2,Q2} \cdot k_{def})$$

$$u_{fin} = 4,6 \cdot (1 + 2) + 2,8 \cdot (1 + 0,6 \cdot 2) = 19,96 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\frac{u_{inst}}{u_{inst,lim}} = \frac{7,40}{12,33} = \mathbf{0,60} \leq \mathbf{1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{u_{fin}}{u_{fin,lim}} = \frac{19,96}{24,67} = \mathbf{0,81} \leq \mathbf{1,0} \quad \dots \text{vyhovuje}$$

### Podélník ochozu

$$u_{inst,lim} = \frac{L}{300} = \frac{7740}{300} = 25,8 \text{ mm}$$

$$u_{fin,lim} = \frac{L}{150} = \frac{7740}{150} = 51,6 \text{ mm}$$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q2} + u_{inst,Q3} = 10,3 + 4,8 + 1,7 = 16,8 \text{ mm}$$

$$u_{fin} = u_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + u_{inst,Q2} \cdot (1 + \psi_{2,Q2} \cdot k_{def}) + u_{inst,Q3} \cdot (\psi_{0,Q2} + \psi_{2,Q3} \cdot k_{def})$$

$$u_{fin} = 10,3 \cdot (1 + 2) + 4,8 \cdot (1 + 0) + 1,7 \cdot (0,6 + 0) = 37,40 \text{ mm}$$

Posouzení:

$$\frac{u_{inst}}{u_{inst,lim}} = \frac{16,8}{25,8} = 0,65 \leq 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

$$\frac{u_{fin}}{u_{fin,lim}} = \frac{37,4}{51,6} = 0,72 \leq 1,0 \quad \dots \text{vyhovuje}$$

## 8. Globální stabilita

Posouzení vybočení rozhledny jako celku vlivem vzpěrného tlaku. Vlastnosti konstrukce charakterizují pouze hlavními sloupy o délce 38,5 m, které uvažují jako konzoly. Posudek je proveden v patě sloupu.

Tlak v posuzovaném řezu  $N_{c,Ed} \approx 1400 \cdot 9 = 12600 \text{ kN}$  (součet tlakových sil, které působí na sloupy)

### Posudek na vzpěrný tlak:

$$L_{cr,y} = \beta \cdot L = 2 \cdot 38,5 = 77,00 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = \beta \cdot L = 2 \cdot 38,5 = 77,00 \text{ m}$$

$\lambda$  ...kritická štíhlost

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = L_{cr,y} \cdot \sqrt{\frac{A}{I_y}} = 77,00 \cdot \sqrt{\frac{2,16}{9,762}} = 36,22$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = L_{cr,z} \cdot \sqrt{\frac{A}{I_z}} = 77,00 \cdot \sqrt{\frac{2,16}{9,762}} = 36,22$$

$\lambda_{rel}$  ...poměrná štíhlost

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{36,22}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{9,4 \cdot 10^9}} = 0,58$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{36,22}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot 10^6}{9,4 \cdot 10^9}} = 0,58$$

$k_c$  ...součinitel vzpěrnosti

$$k_y = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,58 - 0,3) + 0,58^2] = 0,68$$

$$k_z = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,58 - 0,3) + 0,58^2] = 0,68$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,68^2 + \sqrt{0,68^2 - 0,58^2}} = 0,97$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,68^2 + \sqrt{0,68^2 - 0,58^2}} = 0,97$$

$\sigma_{c,0,d}$  ...návrhové napětí v tahu

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{12600 \cdot 10^3}{2,16} = 5,83 \text{ MPa}$$

Posouzení:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{5,83 \cdot 10^6}{0,97 \cdot 13,44 \cdot 10^6} = \mathbf{0,45 \leq 1,0} \quad \dots\text{vyhovuje}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{5,83 \cdot 10^6}{0,97 \cdot 13,44 \cdot 10^6} = \mathbf{0,45 \leq 1,0} \quad \dots\text{vyhovuje}$$





**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

**PŘÍLOHA KE STATICKÉMU VÝPOČTU**

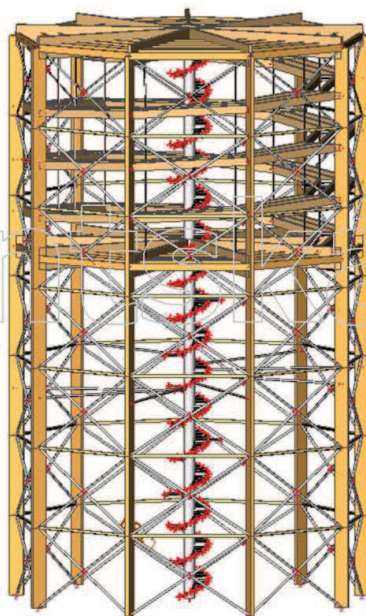




## 1. Obsah

1. Obsah	1
2. Pohled na konstrukci	1
3. Materiály	1
4. Zatěžovací stavy	2
5. Kombinace	2
6. Klíč kombinace	4
7. Reakce	6
8. Deformace na prutu	6
9. Vnitřní síly na prutu	7
10. Posudek dřeva podle MSÚ	7
11. Posudek dřeva podle MSP	19
12. Posudek oceli	20
13. Relativní deformace oceli	44

## 2. Pohled na konstrukci



## 3. Materiály

Ocel EC3

Jméno	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$E_{mod}$ [MPa] $G_{mod}$ [MPa]	$\mu$ $\alpha$ [m/mK]	Dolní mez [mm]	Horní mez [mm]	$F_y$ [MPa]	$F_{ti}$ [MPa]	Barva
S 235	7850,0	2,1000e+05 8,0769e+04	0.3 0,00	0 40	40 80	235,0 215,0	360,0 360,0	■
S 355	7850,0	2,1000e+05 8,0769e+04	0.3 0,00	0 40	40 80	355,0 335,0	490,0 470,0	■

Timber EC5

Jméno	Typ dřeva	$\mu$ $\alpha$ [m/mK]	$E_{mod}$ [MPa] $G_{mod}$ [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	Barva
C24	Rostlé dřevo	0	1,1000e+04	24,0	14,0	0,4	21,0	2,5	4,0	■

Jméno	Typ dřeva	$\mu$	$E_{mod}$ [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	Barva
	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\alpha$ [m/mK]	$G_{mod}$ [MPa]							
	350,0	0,00	6,9000e+02							
GL24h	Lepené, laminované 380,0	0 0,00	1,1600e+04 7,2000e+02	24,0	16,5	0,4	24,0	2,7	2,7	■
GL36h	Lepené, laminované 450,0	0 0,00	1,4700e+04 9,1000e+02	36,0	26,0	0,6	31,0	3,6	4,3	■

#### 4. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Rídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	vl. tíha	Stálé Vlastní tíha	SZ1	-Z		
ZS2	ostatní stálé	Stálé Standard	SZ1			
ZS3	lidé na schodišti Standard	Proměnné Statické	SZ6		Krátkodobé	Žádný
ZS4	užitné na ochozu 1.šach Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS5	užitné na ochozu 2.šach Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS6	užitné na ochozu 3.šach Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS7	užitné na ochozu 4.šach Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS8	sníh 1.šach Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS9	sníh 2.šach Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS10	sníh 3.šach Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS11	sníh 4.šach Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS12	vítr 1.šach Standard	Proměnné Statické	SZ4		Krátkodobé	Žádný
ZS13	vítr 2.šach Standard	Proměnné Statické	SZ4		Krátkodobé	Žádný
ZS14	vítr 3.šach Standard	Proměnné Statické	SZ4		Krátkodobé	Žádný
ZS15	vítr 4.šach Standard	Proměnné Statické	SZ4		Krátkodobé	Žádný
ZS16	užitné na tobogán Standard	Proměnné Statické	SZ5		Krátkodobé	Žádný
ZS17	plné sníh Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS18	plné užitné Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný

#### 5. Kombinace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO1		Obálka - únosnost	ZS1 - vl. tíha	1,00
			ZS2 - ostatní stálé	1,00
			ZS3 - lidé na schodišti	1,00
			ZS4 - užitné na ochozu 1.šach	1,00
			ZS5 - užitné na ochozu 2.šach	1,00

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
			ZS6 - užitné na ochozu 3.šach	1,00
			ZS7 - užitné na ochozu 4.šach	1,00
			ZS8 - sníh 1.šach	1,00
			ZS9 - sníh 2.šach	1,00
			ZS10 - sníh 3.šach	1,00
			ZS11 - sníh 4.šach	1,00
			ZS12 - vítr 1.šach	1,00
			ZS13 - vítr 2.šach	1,00
			ZS14 - vítr 3.šach	1,00
			ZS15 - vítr 4.šach	1,00
			ZS16 - užitné na tobogán	1,00
CO2		Obálka - použitelnost	ZS1 - vl. tíha	1,00
			ZS2 - ostatní stálé	1,00
			ZS3 - lidé na schodišti	1,00
			ZS4 - užitné na ochozu 1.šach	1,00
			ZS5 - užitné na ochozu 2.šach	1,00
			ZS6 - užitné na ochozu 3.šach	1,00
			ZS7 - užitné na ochozu 4.šach	1,00
			ZS8 - sníh 1.šach	1,00
			ZS9 - sníh 2.šach	1,00
			ZS10 - sníh 3.šach	1,00
			ZS11 - sníh 4.šach	1,00
			ZS12 - vítr 1.šach	1,00
			ZS13 - vítr 2.šach	1,00
			ZS14 - vítr 3.šach	1,00
			ZS15 - vítr 4.šach	1,00
			ZS16 - užitné na tobogán	1,00
CO3		Lineární - únosnost	ZS1 - vl. tíha	1,00
			ZS2 - ostatní stálé	1,00
			ZS3 - lidé na schodišti	1,00
			ZS4 - užitné na ochozu 1.šach	1,00
			ZS5 - užitné na ochozu 2.šach	1,00
			ZS6 - užitné na ochozu 3.šach	1,00
			ZS7 - užitné na ochozu 4.šach	1,00
			ZS8 - sníh 1.šach	1,00
			ZS9 - sníh 2.šach	1,00
			ZS10 - sníh 3.šach	1,00
			ZS11 - sníh 4.šach	1,00
			ZS12 - vítr 1.šach	1,00
			ZS13 - vítr 2.šach	1,00
			ZS14 - vítr 3.šach	1,00
			ZS15 - vítr 4.šach	1,00
			ZS16 - užitné na tobogán	1,00
únosnost		EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - vl. tíha	1,00
			ZS2 - ostatní stálé	1,00
			ZS3 - lidé na schodišti	1,00
			ZS4 - užitné na ochozu 1.šach	1,00
			ZS5 - užitné na ochozu 2.šach	1,00
			ZS6 - užitné na ochozu 3.šach	1,00
			ZS7 - užitné na ochozu 4.šach	1,00
			ZS8 - sníh 1.šach	1,00



Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
			ZS9 - sníh 2.šach	1,00
			ZS10 - sníh 3.šach	1,00
			ZS11 - sníh 4.šach	1,00
			ZS12 - vítr 1.šach	1,00
			ZS13 - vítr 2.šach	1,00
			ZS14 - vítr 3.šach	1,00
			ZS15 - vítr 4.šach	1,00
			ZS16 - užité na tobogán	1,00
použitelnost		EN-MSP charakteristická	ZS1 - vl. tíha	1,00
			ZS2 - ostatní stálé	1,00
			ZS3 - lidé na schodišti	1,00
			ZS4 - užité na ochozu 1.šach	1,00
			ZS5 - užité na ochozu 2.šach	1,00
			ZS6 - užité na ochozu 3.šach	1,00
			ZS7 - užité na ochozu 4.šach	1,00
			ZS8 - sníh 1.šach	1,00
			ZS9 - sníh 2.šach	1,00
			ZS10 - sníh 3.šach	1,00
			ZS11 - sníh 4.šach	1,00
			ZS12 - vítr 1.šach	1,00
			ZS13 - vítr 2.šach	1,00
			ZS14 - vítr 3.šach	1,00
			ZS15 - vítr 4.šach	1,00
			ZS16 - užité na tobogán	1,00

## 6. Klíč kombinace

Klíč kombinace

Jméno	Popis kombinací
1	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS3*1,05 + ZS4*1,05 + ZS13*1,50
2	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS12*1,50 + ZS16*1,05
3	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS3*1,05 + ZS5*1,05 + ZS15*1,50 + ZS16*1,05
4	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS14*1,50
5	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS15*1,50
6	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS3*1,05 + ZS4*1,50 + ZS13*0,90 + ZS16*1,05
7	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS14*1,50 + ZS16*1,05
8	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS3*1,05 + ZS6*1,05 + ZS15*1,50
9	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS3*1,05 + ZS4*1,05 + ZS13*1,50 + ZS16*1,05
10	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS5*1,05 + ZS12*1,50
11	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS11*1,05 + ZS13*1,50
12	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS3*1,50 + ZS5*1,05 + ZS12*0,90 + ZS16*1,05
13	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS3*1,05 + ZS13*1,50 + ZS16*1,05
14	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS9*1,05 + ZS12*1,50
15	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS3*1,05 + ZS5*1,05 + ZS15*1,50
16	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS10*1,05 + ZS14*1,50 + ZS16*1,05
17	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS3*1,05 + ZS4*1,05 + ZS13*1,50
18	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS5*1,50 + ZS12*0,90 + ZS16*1,05
19	ZS1*1,35 + ZS2*1,35
20	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS3*1,05 + ZS5*1,05 + ZS13*1,50 + ZS16*1,05
21	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS10*1,05 + ZS12*1,50
22	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS3*1,05 + ZS5*1,05 + ZS13*1,50 + ZS16*1,05
23	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS8*1,05 + ZS14*1,50
24	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS3*1,05 + ZS5*1,50 + ZS12*0,90 + ZS16*1,05
25	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS3*1,05 + ZS6*1,05 + ZS13*1,50
26	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS8*1,05 + ZS12*1,50 + ZS16*1,05
27	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS3*1,05 + ZS6*1,05 + ZS15*1,50 + ZS16*1,05
28	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS3*1,05 + ZS6*1,50 + ZS15*0,90 + ZS16*1,05
29	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS6*1,05 + ZS13*1,50
30	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS3*1,05 + ZS7*1,05 + ZS12*1,50 + ZS16*1,05
31	ZS1*1,15 + ZS2*1,15 + ZS3*1,05 + ZS8*1,05 + ZS12*1,50 + ZS16*1,05
32	ZS1*1,00 + ZS2*1,00 + ZS6*1,05 + ZS14*1,50

Jméno	Popis kombinací
33	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS6*1,50 +ZS13*0,90
34	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS5*1,05 +ZS12*1,50 +ZS16*1,05
35	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS11*1,05 +ZS15*1,50 +ZS16*1,05
36	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS4*1,05 +ZS14*1,50
37	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS9*1,05 +ZS12*1,50 +ZS16*1,05
38	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS4*1,50 +ZS13*0,90
39	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS11*1,05 +ZS15*1,50
40	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS4*1,05 +ZS14*1,50 +ZS16*1,05
41	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS11*1,05 +ZS13*1,50
42	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS7*1,05 +ZS12*1,50 +ZS16*1,05
43	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,05 +ZS6*1,05 +ZS15*1,50
44	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS7*1,05 +ZS12*1,50 +ZS16*1,05
45	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS10*1,05 +ZS15*1,50
46	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS7*1,50 +ZS14*0,90 +ZS16*1,05
47	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS9*1,05 +ZS13*1,50 +ZS16*1,05
48	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS7*1,05 +ZS12*1,50
49	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS6*1,05 +ZS15*1,50
50	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS11*1,05 +ZS13*1,50 +ZS16*1,05
51	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS7*1,50 +ZS14*0,90 +ZS16*1,05
52	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS7*1,05 +ZS15*1,50
53	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,05 +ZS7*1,05 +ZS15*1,50
54	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS9*1,05 +ZS14*1,50 +ZS16*1,05
55	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,05 +ZS13*1,50
56	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS7*1,50 +ZS12*0,90 +ZS16*1,05
57	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS10*1,05 +ZS12*1,50
58	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS11*1,05 +ZS12*0,90 +ZS16*1,05
59	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS5*1,05 +ZS15*0,90
60	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS7*1,50 +ZS15*0,90
61	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS4*1,05 +ZS14*1,50
62	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS4*1,50 +ZS16*1,05
63	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,05 +ZS9*1,05 +ZS12*1,50 +ZS16*1,05
64	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS7*1,05 +ZS14*1,50 +ZS16*1,05
65	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS6*1,05 +ZS15*0,90
66	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS7*1,50 +ZS14*0,90
67	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS11*1,05 +ZS13*1,50 +ZS16*1,05
68	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS7*1,05 +ZS14*0,90 +ZS16*1,05
69	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,05 +ZS6*1,05 +ZS14*1,50 +ZS16*1,05
70	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS11*1,05 +ZS12*1,50
71	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS4*1,05 +ZS13*0,90
72	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,05 +ZS4*1,50 +ZS13*0,90
73	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS6*1,05 +ZS13*1,50
74	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS7*1,50 +ZS13*0,90 +ZS16*1,05
75	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS8*1,05 +ZS13*1,50
76	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS4*1,05 +ZS12*1,50 +ZS16*1,05
77	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS4*1,05 +ZS15*0,90
78	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,05 +ZS7*1,50 +ZS14*0,90
79	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,05 +ZS10*1,05 +ZS15*1,50
80	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS5*1,05 +ZS12*0,90 +ZS16*1,05
81	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS10*1,05 +ZS15*1,50
82	ZS1*1,00 +ZS2*1,00
83	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS7*1,05 +ZS15*1,50
84	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*0,70 +ZS11*0,70 +ZS14*1,00
85	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*0,70 +ZS8*0,70 +ZS13*1,00
86	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*0,70 +ZS11*1,00 +ZS14*0,60
87	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*0,70 +ZS10*0,70 +ZS15*1,00 +ZS16*0,70
88	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*0,70 +ZS7*1,00 +ZS14*0,60 +ZS16*0,70
89	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*0,70 +ZS11*1,00 +ZS15*0,60
90	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS9*0,70 +ZS12*1,00
91	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*0,70 +ZS11*1,00 +ZS13*0,60
92	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS11*1,05 +ZS14*0,90
93	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS10*1,05 +ZS15*0,90 +ZS16*1,05
94	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS7*1,05 +ZS12*0,90 +ZS16*1,05
95	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS8*1,05 +ZS13*0,90
96	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS11*1,05 +ZS15*0,90
97	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS7*1,05 +ZS14*0,90 +ZS16*1,05
98	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS9*1,05 +ZS12*0,90
99	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS4*1,50 +ZS13*0,90

Jméno	Popis kombinací
100	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS10*1,05 +ZS15*0,90
101	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS11*1,50 +ZS15*0,90
102	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS9*1,50 +ZS13*0,90
103	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS11*1,05 +ZS13*0,90
104	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS7*1,50 +ZS13*0,90 +ZS16*1,05
105	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,05 +ZS5*1,05 +ZS12*1,50
106	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS4*1,05 +ZS13*1,50 +ZS16*1,05
107	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS7*1,05 +ZS12*1,50
108	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS5*1,05 +ZS13*1,50
109	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS7*1,50 +ZS15*0,90
110	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS11*1,05 +ZS13*0,90 +ZS16*1,05
111	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS4*1,50 +ZS15*0,90 +ZS16*1,05
112	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,50 +ZS11*1,05 +ZS14*0,90 +ZS16*1,05
113	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS7*1,05 +ZS14*0,90 +ZS16*1,50
114	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,05 +ZS15*1,50
115	ZS1*1,35 +ZS2*1,35 +ZS3*1,05 +ZS11*1,05 +ZS14*0,90 +ZS16*1,05
116	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,50 +ZS11*1,05 +ZS12*0,90 +ZS16*1,05
117	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,50 +ZS15*0,90 +ZS16*1,05
118	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS6*1,05 +ZS13*0,90 +ZS16*1,50
119	ZS1*1,15 +ZS2*1,15 +ZS3*1,05 +ZS5*1,05 +ZS12*0,90 +ZS16*1,50
120	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*0,70 +ZS11*1,00 +ZS14*0,60 +ZS16*0,70
121	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,00 +ZS11*0,70 +ZS12*0,60 +ZS16*0,70
122	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*1,00 +ZS15*0,60 +ZS16*0,70
123	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*0,70 +ZS6*0,70 +ZS13*0,60 +ZS16*1,00
124	ZS1*1,00 +ZS2*1,00 +ZS3*0,70 +ZS5*0,70 +ZS12*0,60 +ZS16*1,00

## 7. Reakce

Lineární výpočet, Extrém : Globální

Výběr : Vše

Kombinace : únosnost

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Sn3/N7	únosnost/25	<b>-230,34</b>	-39,40	878,73	0,00	0,00	0,00
Sn3/N7	únosnost/26	<b>238,96</b>	-34,20	692,23	0,00	0,00	0,00
Sn5/N3	únosnost/35	-5,53	<b>-222,04</b>	756,51	0,00	0,00	0,00
Sn1/N11	únosnost/16	65,09	<b>222,80</b>	694,73	0,00	0,00	0,00
Sn5/N3	únosnost/37	45,81	-46,71	<b>-60,14</b>	0,00	0,00	0,00
Sn11/N371	únosnost/6	-30,39	-5,30	<b>1874,74</b>	22,58	-100,79	52,20
Sn11/N371	únosnost/7	-1,18	43,27	585,61	<b>-143,85</b>	-7,64	4,26
Sn11/N371	únosnost/8	-5,56	-47,46	1501,26	<b>163,54</b>	-18,20	50,43
Sn11/N371	únosnost/9	-46,71	-5,41	1629,97	23,79	<b>-151,77</b>	52,20
Sn11/N371	únosnost/10	42,56	-2,15	1002,61	12,32	<b>142,20</b>	2,48
Sn1/N11	únosnost/19	24,55	16,54	668,87	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Sn11/N371	únosnost/12	19,71	-6,63	1652,50	32,85	72,49	<b>72,60</b>

## 8. Deformace na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Globální

Výběr : Vše

Kombinace : použitelnost

Prvek	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]	Výslednice [mm]
konzola pro ochoz73	6,218	použitelnost/84	<b>-40,3</b>	14,5	-17,0	5,0	-1,3	4,2	46,1
0;0;88	5,045	použitelnost/85	<b>22,8</b>	4,2	-15,4	-0,7	-0,6	1,6	27,8
327	2,950	použitelnost/86	1,8	<b>-43,9</b>	-15,5	-2,1	4,2	-12,3	46,6
konzola pro ochoz162	3,600	použitelnost/87	12,9	<b>41,0</b>	-6,4	11,2	0,2	0,9	43,5
365	5,995	použitelnost/88	3,4	-1,6	<b>-51,7</b>	0,1	0,1	0,1	51,8
konzola pro ochoz169	3,600	použitelnost/85	16,6	10,3	<b>41,1</b>	11,2	-0,8	0,6	45,5
B77	3,200	použitelnost/89	-5,9	0,1	1,3	<b>-12,4</b>	-0,7	-0,2	6,0
konzola pro ochoz32	2,950	použitelnost/89	-0,2	-18,9	-17,6	<b>13,0</b>	3,6	-6,3	25,8
360	12,000	použitelnost/88	-2,6	0,5	-1,7	0,0	<b>-12,7</b>	0,0	3,2
363	0,000	použitelnost/90	4,9	-2,6	-2,4	-0,1	<b>12,7</b>	0,1	6,0
326	1,750	použitelnost/89	-1,0	-22,4	-7,8	-1,6	2,5	<b>-13,0</b>	23,8
B137	0,000	použitelnost/91	5,4	4,2	-3,8	4,5	0,4	<b>5,1</b>	7,8



## 9. Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : únosnost

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B256	Středový sloup - Trubka	0,000	únosnost/6	<b>-1874,74</b>	-23,84	-19,58	52,20	69,28	76,60
konzola pro ochoz166	Táhlo - RO73X3.2	0,000	únosnost/100	<b>157,47</b>	0,00	0,00	-0,17	0,00	0,00
B256	Středový sloup - Trubka	0,000	únosnost/1	-1619,07	<b>-38,11</b>	-27,69	50,43	95,58	119,64
B256	Středový sloup - Trubka	14,901	únosnost/61	-1172,90	<b>43,85</b>	7,15	0,95	-30,71	18,01
konzola pro ochoz146	Horní nosník - OBDEL	11,990	únosnost/101	-19,85	-3,41	<b>-225,12</b>	-0,75	0,00	0,00
konzola pro ochoz140	Horní nosník - OBDEL	0,000	únosnost/102	-4,06	9,38	<b>244,23</b>	-0,68	0,00	0,00
B103	Hlavní nosník - OBDEL	5,300	únosnost/103	-327,71	11,12	61,99	<b>-4,58</b>	-94,57	1,33
B256	Středový sloup - Trubka	0,000	únosnost/12	-1652,50	20,42	3,94	<b>72,60</b>	-7,11	-79,27
330	Konzola pro ochoz - IPE400	0,000	únosnost/104	12,72	2,94	183,46	0,00	<b>-292,62</b>	-0,38
konzola pro ochoz146	Horní nosník - OBDEL	5,947	únosnost/101	-26,03	-3,30	-23,67	2,38	<b>796,68</b>	22,67
B256	Středový sloup - Trubka	0,000	únosnost/105	-1390,40	36,37	14,54	50,06	-42,90	<b>-131,07</b>
B256	Středový sloup - Trubka	0,000	únosnost/106	-1242,19	-36,26	-23,16	4,62	79,03	<b>121,61</b>

## 10. Posudek dřeva podle MSÚ

Lineární výpočet, Extrém : Průřez

Výběr : Vše

Kombinace : únosnost

### EN 1995-1-1 posudek

Nosník B24	5,500 m	Hlavní nosník - OBDEL (240; 1000)	GL24h	únosnost	0,79 -
------------	---------	-----------------------------------	-------	----------	--------

**Klíč kombinace**  
únosnost /  $1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.50 \cdot ZS5 + 0.90 \cdot ZS12 + 1.05 \cdot ZS16$

#### Základní data

Dílčí součinitel spolehlivosti  $\gamma_M$  pro lepené laminované dřevo 1,25

#### Údaje o materiálu

Ohyb (fm,k)	24,0	MPa
Tah (ft,0,k)	16,5	MPa
Tah (ft,90,k)	0,4	MPa
Tlak (fc,0,k)	24,0	MPa
Tlak (fc,90,k)	2,7	MPa
Smyk (fv,k)	2,7	MPa
Typ dřeva	Lepené laminované	

Kritický posudek je v místě **0,000 m**.

Vnitřní síly		
NEd	-1316,89	kN
Vy,Ed	0,01	kN
Vz,Ed	-8,00	kN
TEd	0,05	kNm
My,Ed	29,11	kNm
Mz,Ed	-0,02	kNm

#### Součinitel modifikace

Třída vlhkosti	3
Doba trvání zatížení	Krátkodobé
Součinitel modifikace kmod	0,70

### ...: POSUDEK ŘEZU ...

#### Tlak rovnoběžně s vlákny

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.4 a rovnice (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	5,5	MPa
$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
Jedn. posudek	0,41	-



### Tlak kolmo na vlákna

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.5 a rovnice (6.3)

$F_{c,90,d}$	13,31	kN
$I$	500	mm
$l_{ef}$	560	mm
$b$	240	mm
$A_{ef}$	134400	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{c,90,d}$	0,1	MPa
Podporové podmínky	Diskrétní	
$h$	1000	mm
$k_{c,90}$	1,00	-
$f_{c,90,d}$	1,5	MPa
Jedn. posudek	0,07	-

### Ohyb

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.6 a rovnice (6.11), (6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	0,7	MPa
$k_{h,y}$	1,00	
$f_{m,y,d}$	13,4	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	0,0	MPa
$k_{h,z}$	1,00	
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
$k_m$	0,70	

Jednotkový posudek (6.11) =  $0,05 + 0,00 = 0,05$  -

Jednotkový posudek (6.12) =  $0,04 + 0,00 = 0,04$  -

### Smyk

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.7 a rovnice (6.13)

$k_{cr}$	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	0,1	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Jednotkový posudek $\tau_y$	0,00	-
Jednotkový posudek $\tau_z$	0,05	-
Jednotkový posudek interakce	0,00	-

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

### Kroucení

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.8 a rovnice (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
$k_{tvar}$	1,21	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Jedn. posudek	0,00	-
Jednotkový posudek interakce smyku	0,00	-

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

### Kombinovaný ohyb a osový tlak

Podle EN 1995-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.19), (6.20)

$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
$f_{m,y,d}$	13,4	MPa
$f_{m,z,d}$	13,4	MPa
$k_m$	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) =  $0,17 + 0,05 + 0,00 = 0,22$  -

Jednotkový posudek (6.20) =  $0,17 + 0,04 + 0,00 = 0,20$  -

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

...: POSUDEK STABILITY ...:

### Sloupy zatížené tlakem nebo kombinací tlaku a ohybu

Podle EN 1995-1-1 článku 6.3.2 a rovnice (6.23), (6.24)

Parametry vzpěru	yy	zz
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné

Systémová délka L	16,500	5,500	m
Součinitel vzpěru k	0,95	1,00	
Vzpěrná délka Lcr	15,700	5,500	m
Štíhlost $\lambda$	54,39	79,39	-
Poměrná štíhlost $\lambda$	0,87	1,28	-
Mezní štíhlost	0,30	0,30	-
Imperfekce $\beta_c$	0,10	0,10	-
redukční součinitel kc	0,86	0,54	-

Jednotkový posudek (6.23) =  $0,48 + 0,05 + 0,00 = 0,53$  -

Jednotkový posudek (6.24) =  $0,75 + 0,04 + 0,00 = 0,79$  -

### Nosníky zatížené ohybem nebo kombinací tlaku a ohybu

Podle EN 1995-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.33), (6.35)

Parametry klopení		
Pružný kritický moment $M_{y,krit}$	3556,53	kNm
Kritické ohybové napětí $\sigma_{m,krit}$	88,9	MPa
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,m}$	0,52	-
redukční součinitel $k_{krit}$	1,00	-

Jednotkový posudek (6.33) =  $0,05$  -

Jednotkový posudek (6.35) =  $0,00 + 0,75 = 0,76$  -

My,krit Parametry		
G0,05	587,5	MPa
Délka klopení L	5,500	m
Lef/L	0,80	
Účinná délka Lef	4,400	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

### EN 1995-1-1 posudek

Nosník B109	8,357 m	Horizontální ztužidlo - OBDEL (100; 180)	C24	únosnost	0,65 -
-------------	---------	--	-----	----------	--------

Klíč kombinace	
únosnost / $1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.05 \cdot ZS3 + 1.05 \cdot ZS7 + 1.50 \cdot ZS12 + 1.05 \cdot ZS16$	

Základní data	
Dílčí součinitel spolehlivosti $\gamma_M$ for rostlé dřevo	1,30

Údaje o materiálu		
Ohyb (fm,k)	24,0	MPa
Tah (ft,0,k)	14,0	MPa
Tah (ft,90,k)	0,4	MPa
Tlak (fc,0,k)	21,0	MPa
Tlak (fc,90,k)	2,5	MPa
Smyk (fv,k)	4,0	MPa
Typ dřeva	Celistvý	

Kritický posudek je v místě **0,000** m.

Vnitřní síly		
NEd	-17,12	kN
Vy,Ed	-0,05	kN
Vz,Ed	0,30	kN
TEd	0,00	kNm
My,Ed	-0,44	kNm
Mz,Ed	0,24	kNm

Součinitel modifikace	
Třída vlhkosti	3
Doba trvání zatížení	Krátkodobé
Součinitel modifikace $k_{mod}$	0,70

### ...: POSUDEK ŘEZU ...

#### Tlak rovnoběžně s vlákny

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.4 a rovnice (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	1,0	MPa
$f_{c,0,d}$	11,3	MPa
Jedn. posudek	0,08	-

#### Tlak kolmo na vlákna

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.5 a rovnice (6.3)

$F_{c,90,d}$	0,30	kN
$l$	500	mm
$l_{ef}$	530	mm
$b$	100	mm
$A_{ef}$	53000	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{c,90,d}$	0,0	MPa
Podporové podmínky	Diskrétní	
$h$	180	mm
$k_{c,90}$	1,50	-
$f_{c,90,d}$	1,3	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

#### Ohyb

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.6 a rovnice (6.11), (6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	0,8	MPa
$k_{h,y}$	1,00	
$f_{m,y,d}$	12,9	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	0,8	MPa
$k_{h,z}$	1,08	
$f_{m,z,d}$	14,0	MPa
$k_m$	0,70	

Jednotkový posudek (6.11) =  $0,06 + 0,04 = 0,10$  -

Jednotkový posudek (6.12) =  $0,04 + 0,06 = 0,10$  -

#### Smyk

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.7 a rovnice (6.13)

$k_{cr}$	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	0,0	MPa
$f_{v,d}$	2,2	MPa
Jednotkový posudek $\tau_y$	0,00	-
Jednotkový posudek $\tau_z$	0,02	-
Jednotkový posudek interakce	0,00	-

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

#### Kroucení

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.8 a rovnice (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
$k_{tvar}$	1,09	
$f_{v,d}$	2,2	MPa
Jedn. posudek	0,00	-
Jednotkový posudek interakce smyku	0,00	-

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

#### Kombinovaný ohyb a osový tlak

Podle EN 1995-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.19), (6.20)

$f_{c,0,d}$	11,3	MPa
$f_{m,y,d}$	12,9	MPa
$f_{m,z,d}$	14,0	MPa
$k_m$	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) =  $0,01 + 0,06 + 0,04 = 0,11$  -

Jednotkový posudek (6.20) =  $0,01 + 0,04 + 0,06 = 0,11$  -

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

### ...: POSUDEK STABILITY ...:

#### Sloupy zatížené tlakem nebo kombinací tlaku a ohybu

Podle EN 1995-1-1 článku 6.3.2 a rovnice (6.23), (6.24)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	8,357	8,357	m
Součinitel vzpěru k	0,50	0,50	
Vzpěrná délka Lcr	4,178	4,178	m
Štíhlost $\lambda$	80,41	144,74	-
Poměrná štíhlost $\lambda$	1,36	2,45	-
Mezní štíhlost	0,30	0,30	-
Imperfekce $\beta_c$	0,20	0,20	-
redukční součinitel kc	0,45	0,15	-

Jednotkový posudek (6.23) =  $0,19 + 0,06 + 0,04 = 0,29$  -

Jednotkový posudek (6.24) =  $0,55 + 0,04 + 0,06 = 0,65$  -

#### Nosníky zatížené ohybem nebo kombinací tlaku a ohybu

Podle EN 1995-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.33), (6.35)

Parametry klopení			
Pružný kritický moment $M_{y,krit}$	18,71	kNm	
Kritické ohybové napětí $\sigma_{m,krit}$	34,6	MPa	
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,m}$	0,83	-	
redukční součinitel $k_{krit}$	0,94	-	

Jednotkový posudek (6.33) =  $0,07$  -

Jednotkový posudek (6.35) =  $0,00 + 0,55 = 0,55$  -

$M_{y,krit}$	Parametry		
G0,05	462,5	MPa	
Délka klopení L	8,357	m	
$L_{ef}/L$	0,90		
Účinná délka $L_{ef}$	7,521	m	
Vliv pozice zatížení	bez vlivu		

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### EN 1995-1-1 posudek

Nosník konzola pro ochoz63	7,092 m	Podélník ochozu - OBDEL (240; 540)	GL36h	únosnost	0,37 -
----------------------------	---------	------------------------------------	-------	----------	--------

Klíč kombinace	
únosnost / $1.15 \cdot ZS1 + 1.15 \cdot ZS2 + 1.05 \cdot ZS3 + 1.50 \cdot ZS7 + 0.90 \cdot ZS12 + 1.05 \cdot ZS16$	

Základní data	
Dílčí součinitel spolehlivosti $\gamma_M$ pro lepené laminované dřevo	1,25

Údaje o materiálu		
Ohyb ( $f_m, k$ )	36,0	MPa
Tah ( $f_t, 0, k$ )	26,0	MPa
Tah ( $f_t, 90, k$ )	0,6	MPa
Tlak ( $f_c, 0, k$ )	31,0	MPa
Tlak ( $f_c, 90, k$ )	3,6	MPa
Smyk ( $f_v, k$ )	4,3	MPa
Typ dřeva	Lepené laminované	

Kritický posudek je v místě **3,546** m.

Vnitřní síly		
NEd	-21,02	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	0,00	kN
TEd	0,01	kNm
M <sub>y</sub> ,Ed	84,57	kNm
M <sub>z</sub> ,Ed	0,00	kNm

Součinitel modifikace	
Třída vlhkosti	3
Doba trvání zatížení	Krátkodobé
Součinitel modifikace k <sub>mod</sub>	0,70

### ...: POSUDEK ŘEZU ...

#### Tlak rovnoběžně s vlákny

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.4 a rovnice (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	0,2	MPa
$f_{c,0,d}$	17,4	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

#### Ohyb

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.6 a rovnice (6.11), (6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	7,3	MPa
$k_{h,y}$	1,01	
$f_{m,y,d}$	20,4	MPa
$k_m$	0,70	

Jednotkový posudek (6.11) =  $0,36 + 0,00 = 0,36$  -

Jednotkový posudek (6.12) =  $0,25 + 0,00 = 0,25$  -

#### Kroucení

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.8 a rovnice (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
$k_{tvar}$	1,11	
$f_{v,d}$	2,4	MPa
Jedn. posudek	0,00	-
Jednotkový posudek interakce smyku	0,00	-

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

#### Kombinovaný ohyb a osový tlak

Podle EN 1995-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.19), (6.20)

$f_{c,0,d}$	17,4	MPa
$f_{m,y,d}$	20,4	MPa
$k_m$	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) =  $0,00 + 0,36 + 0,00 = 0,36$  -

Jednotkový posudek (6.20) =  $0,00 + 0,25 + 0,00 = 0,25$  -

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

### ...: POSUDEK STABILITY ...

#### Sloupy zatížené tlakem nebo kombinací tlaku a ohybu

Podle EN 1995-1-1 článku 6.3.2 a rovnice (6.23), (6.24)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	7,092	7,092	m
Součinitel vzpěru k	0,50	0,50	
Vzpěrná délka L <sub>cr</sub>	3,546	3,546	m
Štíhlost $\lambda$	22,75	51,18	-
Poměrná štíhlost $\lambda$	0,37	0,83	-
Mezní štíhlost	0,30	0,30	-
Imperfekce $\beta_c$	0,10	0,10	-
redukční součinitel k <sub>c</sub>	0,99	0,88	-

Jednotkový posudek (6.23) =  $0,01 + 0,36 + 0,00 = 0,37$  -

Jednotkový posudek (6.24) =  $0,01 + 0,25 + 0,00 = 0,26$  -

#### Nosníky zatížené ohybem nebo kombinací tlaku a ohybu

Podle EN 1995-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.33), (6.35)

Parametry klopení		
Pružný kritický moment M <sub>y,krit</sub>	1544,68	kNm
Kritické ohybové napětí $\sigma_{m,krit}$	132,4	MPa

Parametry klopení		
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,m}$	0,52	-
redukční součinitel $k_{krit}$	1,00	-

Jednotkový posudek (6.33) = 0,36 -

Jednotkový posudek (6.35) = 0,13 + 0,01 = 0,14 -

My,krit Parametry		
G0,05	743,8	MPa
Délka klopení L	7,092	m
Lef/L	0,90	
Účinná délka Lef	6,382	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### EN 1995-1-1 posudek

Nosník konzola pro ochoz137	6,991 m	Podélník spodního nosníku - OBDEL (180; 460)	GL24h	únosnost	0,92 -
--------------------------------	---------	--	-------	----------	--------

Klíč kombinace	
únosnost / 1.15*ZS1 + 1.15*ZS2 + 1.05*ZS3 + 1.50*ZS6 + 0.90*ZS15	

Základní data	
Dílčí součinitel spolehlivosti $\gamma_M$ pro lepené laminované dřevo	1,25

Údaje o materiálu		
Ohyb (fm,k)	24,0	MPa
Tah (ft,0,k)	16,5	MPa
Tah (ft,90,k)	0,4	MPa
Tlak (fc,0,k)	24,0	MPa
Tlak (fc,90,k)	2,7	MPa
Smrk (fv,k)	2,7	MPa
Typ dřeva	Lepené laminované	

Kritický posudek je v místě **3,496 m**.

Vnitřní síly		
NEd	-0,24	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	0,00	kN
TEd	0,01	kNm
My,Ed	80,35	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

Součinitel modifikace	
Třída vlhkosti	3
Doba trvání zatížení	Krátkodobé
Součinitel modifikace $k_{mod}$	0,70

...: POSUDEK ŘEZU ...:

#### Tlak rovnoběžně s vlákny

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.4 a rovnice (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	0,0	MPa
$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

#### Ohyb

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.6 a rovnice (6.11), (6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	12,7	MPa
$k_{h,y}$	1,03	
$f_{m,y,d}$	13,8	MPa
$k_m$	0,70	

Jednotkový posudek (6.11) = 0,92 + 0,00 = 0,92 -

Jednotkový posudek (6.12) = 0,64 + 0,00 = 0,64 -

### Smyk

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.7 a rovnice (6.13)

kcr	0,67	
$\tau_{z,d}$	0,0	MPa
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Jednotkový posudek $\tau_z$	0,00	-

### Kroucení

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.8 a rovnice (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
ktvar	1,13	
$f_{v,d}$	1,5	MPa
Jedn. posudek	0,00	-
Jednotkový posudek interakce smyku	0,00	-

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

### Kombinovaný ohyb a osový tlak

Podle EN 1995-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.19), (6.20)

$f_{c,0,d}$	13,4	MPa
$f_{m,y,d}$	13,8	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.19) =  $0,00 + 0,92 + 0,00 = 0,92$  -

Jednotkový posudek (6.20) =  $0,00 + 0,64 + 0,00 = 0,64$  -

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

### ...: POSUDEK STABILITY :...

### Sloupy zatížené tlakem nebo kombinací tlaku a ohybu

Podle EN 1995-1-1 článku 6.3.2 a rovnice (6.23), (6.24)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	6,991	6,991	m
Součinitel vzpěru k	0,50	0,50	
Vzpěrná délka Lcr	3,496	3,496	m
Štíhlost $\lambda$	26,32	67,27	-
Poměrná štíhlost $\lambda$	0,42	1,08	-
Mezní štíhlost	0,30	0,30	-
Imperfekce $\beta_c$	0,10	0,10	-
redukční součinitel kc	0,99	0,70	-

Jednotkový posudek (6.23) =  $0,00 + 0,92 + 0,00 = 0,92$  -

Jednotkový posudek (6.24) =  $0,00 + 0,64 + 0,00 = 0,64$  -

### Nosníky zatížené ohybem nebo kombinací tlaku a ohybu

Podle EN 1995-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.33), (6.35)

Parametry klopení		
Pružný kritický moment $M_{y,krit}$	454,85	kNm
Kritické ohybové napětí $\sigma_{m,krit}$	71,7	MPa
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,m}$	0,58	-
redukční součinitel $k_{krit}$	1,00	-

Jednotkový posudek (6.33) =  $0,92$  -

Jednotkový posudek (6.35) =  $0,84 + 0,00 = 0,84$  -

$M_{y,krit}$	Parametry	
G0,05	587,5	MPa
Délka klopení L	6,991	m
$L_{ef}/L$	0,90	
Účinná délka $L_{ef}$	6,292	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.



## EN 1995-1-1 posudek

Nosník konzola pro ochoz140	11,994 m	Horní nosník - OBDEL (240; 1500)	GL36h	únosnost	0,95 -
--------------------------------	----------	-------------------------------------	-------	----------	--------

<b>Klíč kombinace</b>
únosnost / 1.15*ZS1 + 1.15*ZS2 + 1.50*ZS9 + 0.90*ZS13

Základní data	
Dílčí součinitel spolehlivosti $\gamma_M$ pro lepené laminované dřevo	1,25

Údaje o materiálu		
Ohyb (fm,k)	36,0	MPa
Tah (ft,0,k)	26,0	MPa
Tah (ft,90,k)	0,6	MPa
Tlak (fc,0,k)	31,0	MPa
Tlak (fc,90,k)	3,6	MPa
Smyk (fv,k)	4,3	MPa
Typ dřeva	Lepené laminované	

Kritický posudek je v místě **0,000** m.

Vnitřní síly		
N <sub>Ed</sub>	-4,06	kN
V <sub>y,Ed</sub>	9,38	kN
V <sub>z,Ed</sub>	244,19	kN
T <sub>Ed</sub>	-0,68	kNm
M <sub>y,Ed</sub>	0,00	kNm
M <sub>z,Ed</sub>	0,00	kNm

Součinitel modifikace	
Třída vlhkosti	3
Doba trvání zatížení	Krátkodobé
Součinitel modifikace kmod	0,70

## ...: POSUDEK ŘEZU ...

### Tlak rovnoběžně s vlákny

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.4 a rovnice (6.2)

$\sigma_{c,0,d}$	0,0	MPa
$f_{c,0,d}$	17,4	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

### Tlak kolmo na vlákna

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.5 a rovnice (6.3)

$F_{c,90,d}$	244,19	kN
$I$	500	mm
$I_{ef}$	530	mm
$b$	240	mm
$A_{ef}$	127200	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{c,90,d}$	1,9	MPa
Podporové podmínky	Diskrétní	
$h$	1500	mm
$k_{c,90}$	1,00	-
$f_{c,90,d}$	2,0	MPa
Jedn. posudek	0,95	-

### Smyk

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.7 a rovnice (6.13)

$k_{cr}$	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,1	MPa
$\tau_{z,d}$	1,5	MPa
$f_{v,d}$	2,4	MPa
Jednotkový posudek $\tau_y$	0,02	-
Jednotkový posudek $\tau_z$	0,63	-
Jednotkový posudek interakce	0,40	-

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

### Kroucení

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.8 a rovnice (6.14)



$t_{tor,d}$	0,0	MPa
$k_{tvar}$	1,30	
$f_{v,d}$	2,4	MPa
Jedn. posudek	0,01	-
Jednotkový posudek interakce smyku	0,41	-

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

...: POSUDEK STABILITY ...:

#### Sloupy zatížené tlakem nebo kombinací tlaku a ohybu

Podle EN 1995-1-1 článku 6.3.2 a rovnice (6.23), (6.24)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	2,950	2,950	m
Součinitel vzpěru k	9,92	0,87	
Vzpěrná délka $L_{cr}$	29,279	2,562	m
Štíhlost $\lambda$	67,62	36,98	-
Poměrná štíhlost $\lambda$	1,10	0,60	-
Mezní štíhlost	0,30	0,30	-
Imperfekce $\beta_c$	0,10	0,10	-
redukční součinitel $k_c$	0,68	0,96	-

Jednotkový posudek (6.23) = 0,00 + 0,00 + 0,00 = 0,00 -

Jednotkový posudek (6.24) = 0,00 + 0,00 + 0,00 = 0,00 -

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### EN 1995-1-1 posudek

Nosník 0;0;16	2,964 m	Podélník vrchního nosníku - OBDEL (180; 480)	GL24h	únosnost	0,66 -
---------------	---------	--	-------	----------	--------

#### Klíč kombinace

únosnost / 1.15\*ZS1 + 1.15\*ZS2 + 1.05\*ZS3 + 1.50\*ZS7 + 0.90\*ZS13

#### Základní data

Dílčí součinitel spolehlivosti  $\gamma_M$  pro lepené laminované dřevo 1,25

#### Údaje o materiálu

Ohyb (fm,k)	24,0	MPa
Tah (ft,0,k)	16,5	MPa
Tah (ft,90,k)	0,4	MPa
Tlak (fc,0,k)	24,0	MPa
Tlak (fc,90,k)	2,7	MPa
Smyk (fv,k)	2,7	MPa
Typ dřeva	Lepené laminované	

Kritický posudek je v místě **0,000** m.

Vnitřní síly		
NEd	14,97	kN
Vy,Ed	38,63	kN
Vz,Ed	-6,57	kN
TEd	0,09	kNm
My,Ed	0,00	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

#### Součinitel modifikace

Třída vlhkosti	3
Doba trvání zatížení	Krátkodobé
Součinitel modifikace $k_{mod}$	0,70

...: POSUDEK ŘEZU ...:

#### Tah rovnoběžně s vlákny

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.2 a rovnice (6.1)

$\sigma_{t,0,d}$	0,2	MPa
------------------	-----	-----

kh	1,02	
ft,0,d	9,4	MPa
Jedn. posudek	0,02	-

### Tlak kolmo na vlákna

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.5 a rovnice (6.3)

Fc,90,d	6,57	kN
l	500	mm
lef	525	mm
b	180	mm
Aef	94525	mm <sup>2</sup>
σc,90,d	0,1	MPa
Podporové podmínky	Diskrétní	
h	480	mm
kc,90	1,00	-
fc,90,d	1,5	MPa
Jedn. posudek	0,05	-

### Smyk

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.7 a rovnice (6.13)

kcr	0,67	
τy,d	1,0	MPa
τz,d	0,2	MPa
fv,d	1,5	MPa
Jednotkový posudek τy	0,66	-
Jednotkový posudek τz	0,11	-
Jednotkový posudek interakce	0,45	-

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

### Kroucení

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.8 a rovnice (6.14)

τtor,d	0,0	MPa
kivar	1,13	
fv,d	1,5	MPa
Jedn. posudek	0,01	-
Jednotkový posudek interakce smyku	0,46	-

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

...: POSUDEK STABILITY ...:

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

### EN 1995-1-1 posudek

Nosník 367	3,124 m	Podélník nad schodištěm - OBDEL (240; 550)	GL36h	únosnost	0,48 -
------------	---------	--	-------	----------	--------

Klíč kombinace
únosnost / 1.35*ZS1 + 1.35*ZS2

Základní data	
Dílčí součinitel spolehlivosti $\gamma_M$ pro lepené laminované dřevo	1,25

Údaje o materiálu		
Ohyb (fm,k)	36,0	MPa
Tah (ft,0,k)	26,0	MPa
Tah (ft,90,k)	0,6	MPa
Tlak (fc,0,k)	31,0	MPa
Tlak (fc,90,k)	3,6	MPa
Smyk (fv,k)	4,3	MPa
Typ dřeva	Lepené laminované	

Kritický posudek je v místě **3,124 m**.

Vnitřní síly		
NEd	57,69	kN
Vy,Ed	0,06	kN
Vz,Ed	-25,94	kN
TEd	0,25	kNm
My,Ed	-76,07	kNm
Mz,Ed	0,18	kNm

Součinitel modifikace	
Třída vlhkosti	3
Doba trvání zatížení	Stálé
Součinitel modifikace kmod	0,50

### ...: POSUDEK ŘEZU ...

#### Tah rovnoběžně s vlákny

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.2 a rovnice (6.1)

$\sigma_{t,0,d}$	0,4	MPa
kh	1,01	
$f_{t,0,d}$	10,5	MPa
Jedn. posudek	0,04	-

#### Tlak kolmo na vlákna

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.5 a rovnice (6.3)

$F_{c,90,d}$	52,67	kN
l	500	mm
l <sub>ef</sub>	560	mm
b	240	mm
A <sub>ef</sub>	134400	mm <sup>2</sup>
$\sigma_{c,90,d}$	0,4	MPa
Podporové podmínky	Diskrétní	
ñ	550	mm
kc,90	1,00	-
$f_{c,90,d}$	1,4	MPa
Jedn. posudek	0,27	-

#### Ohyb

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.6 a rovnice (6.11), (6.12)

$\sigma_{m,y,d}$	6,3	MPa
kh,y	1,01	
$f_{m,y,d}$	14,5	MPa
$\sigma_{m,z,d}$	0,0	MPa
kh,z	1,00	
$f_{m,z,d}$	14,4	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.11) =  $0,43 + 0,00 = 0,43$  -

Jednotkový posudek (6.12) =  $0,30 + 0,00 = 0,31$  -

#### Smyk

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.7 a rovnice (6.13)

k <sub>cr</sub>	0,67	
$\tau_{y,d}$	0,0	MPa
$\tau_{z,d}$	0,4	MPa
$f_{v,d}$	1,7	MPa
Jednotkový posudek $\tau_y$	0,00	-
Jednotkový posudek $\tau_z$	0,26	-
Jednotkový posudek interakce	0,07	-

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

#### Kroucení

Podle EN 1995-1-1 článku 6.1.8 a rovnice (6.14)

$\tau_{tor,d}$	0,0	MPa
k <sub>tvar</sub>	1,11	
$f_{v,d}$	1,7	MPa
Jedn. posudek	0,02	-

Jednotkový posudek interakce smyku 0,08 -

Poznámka: Interakční rovnice byla přidána jako NCCI.

### Kombinovaný ohyb a osový tah

Podle EN 1995-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.17), (6.18)

ft,0,d	10,5	MPa
fm,y,d	14,5	MPa
fm,z,d	14,4	MPa
km	0,70	

Jednotkový posudek (6.17) = 0,04 + 0,43 + 0,00 = 0,48 -

Jednotkový posudek (6.18) = 0,04 + 0,30 + 0,00 = 0,35 -

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

...: POSUDEK STABILITY ...:

### Nosníky zatížené ohybem nebo kombinací tlaku a ohybu

Podle EN 1995-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.33), (6.35)

Parametry klopení		
Pružný kritický moment My,krit	4032,11	kNm
Kritické ohybové napětí σm,krit	333,2	MPa
Poměrná štíhlost λrel,m	0,33	-
redukční součinitel kcrit	1,00	-

Jednotkový posudek (6.33) = 0,43 -

My,krit Parametry		
G0,05	743,8	MPa
Délka klopení L	3,124	m
Lef/L	0,80	
Účinná délka Lef	2,499	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

## 11. Posudek dřeva podle MSP

Lineární výpočet, Extrém : Průřez

Výběr : Vše

Kombinace : použitelnost

Prvek	Průřez	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]	uy inst [mm]	Rel uy inst [1/xx]	Posudek uy inst [-]	uy fin [mm]	Rel uy fin [1/xx]	Posudek uy fin [-]
	Materiál		k <sub>def</sub> [-]		uz inst [mm]	Rel uz inst [1/xx]	Posudek uz inst [-]	uz fin [mm]	Rel uz fin [1/xx]	Posudek uz fin [-]
B120	Hlavní nosník - OBDEL GL24h	3,400	použitelnost/1	<b>0,41</b>	-3,0	1/1775	0,28	-7,3	1/725	0,41
			2,00		-2,0	1/8138	0,06	-5,5	1/3013	0,10
B14	Horizontální ztužidlo - OBDEL C24	4,178	použitelnost/2	<b>0,80</b>	0,0	1/10000	0,00	0,0	1/10000	0,00
			2,00		-7,4	1/1130	0,44	-22,2	1/377	0,80
konzola pro ochoz66	Podélník ochozu - OBDEL GL36h	3,546	použitelnost/3	<b>0,94</b>	0,0	1/10000	0,00	0,0	1/10000	0,00
			2,00		-8,2	1/865	0,58	-22,3	1/319	0,94
konzola pro ochoz137	Podélník spodního nosníku - OBDEL GL24h	3,496	použitelnost/4	<b>2,35</b>	0,0	1/10000	0,00	0,0	1/10000	0,00
			2,00		-20,2	1/346	1,44	-54,7	1/128	2,35
konzola pro ochoz194	Horní nosník - OBDEL GL36h	4,448	použitelnost/5	<b>0,86</b>	-10,7	1/964	0,52	-29,7	1/349	0,86
			2,00		-8,6	1/1203	0,42	-22,3	1/465	0,65
0;0;71	Podélník vrchního nosníku - OBDEL	3,571	použitelnost/5	<b>0,94</b>	0,0	1/10000	0,00	0,0	1/10000	0,00



Prvek	Průřez	dx [m]	Zatěžovací stav	Jedn. posudek [-]	uy inst [mm]	Rel uy inst [1/xx]	Posudek uy inst [-]	uy fin [mm]	Rel uy fin [1/xx]	Posudek uy fin [-]
	Materiál		$k_{def}$ [-]		uz inst [mm]	Rel uz inst [1/xx]	Posudek uz inst [-]	uz fin [mm]	Rel uz fin [1/xx]	Posudek uz fin [-]
367	GL24h		2,00		-9,7	1/736	0,68	-22,3	1/320	0,94
	Podélník nad schodištěm - OBDEL	3,124	použitelnost/6	<b>0,73</b>	0,0	0	0,00	0,0	0	0,00
	GL36h		2,00		5,4	1/1147	0,44	15,2	1/409	0,73

## 12. Posudek oceli

Lineární výpočet, Extrém : Průřez

Výběr : Vše

Kombinace : únosnost

### EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

<b>Prvek B144</b>	<b>4,862 m</b>	<b>RO152.4X11</b>	<b>S 355</b>	<b>únosnost/107</b>	<b>0,94 -</b>
-------------------	----------------	-------------------	--------------	---------------------	---------------

Dílčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	13,85
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=&gt; průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

### Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-228,87	kN
$V_{y,Ed}$	-0,02	kN
$V_{z,Ed}$	0,62	kN
$T_{Ed}$	0,01	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	4,8900e-03	m <sup>2</sup>
$N_{c,Rd}$	1735,95	kN
Jedn. posudek	0,13	-

### Posudek smyku pro $V_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
$A_v$	3,1131e-03	m <sup>2</sup>
$V_{pl,y,Rd}$	638,05	kN
Jedn. posudek	0,00	-

### Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	3,1131e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,z,Rd	638,05	kN
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,0	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

#### ....:POSUDEK STABILITY:....

##### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

##### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	13,85
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	4,862	9,725	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka Lcr	4,862	9,725	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	1077,40	269,35	kN
Štíhlost Lambda	96,99	193,98	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	1,27	2,54	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0,21	0,21	
Redukční součinitel Chi	0,49	0,14	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	846,92	247,37	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	4,8900e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	247,37	kN
Jedn. posudek	0,93	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

#### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	4,8900e-03	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,y	2,1993e-04	m <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,z	2,1993e-04	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N,Ed	228,87	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) My,Ed	-1,18	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) Mz,Ed	-0,08	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N,Rk	1735,95	kN
Charakteristická momentová únosnost My,Rk	78,08	kNm
Charakteristická momentová únosnost Mz,Rk	78,08	kNm
Redukční součinitel Chi,y	0,49	
Redukční součinitel Chi,z	0,14	
Redukční součinitel Chi,LT	1,00	

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční součinitel $k_{yy}$	1,09	
Interakční součinitel $k_{yz}$	1,24	
Interakční součinitel $k_{zy}$	0,66	
Interakční součinitel $k_{zz}$	2,07	

Maximální moment  $M_{y,Ed}$  je odvozen z nosníku B144 pozice 4,862 m.

Maximální moment  $M_{z,Ed}$  je odvozen z nosníku B144 pozice 4,862 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčnicků $y$	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{my}$	0,90	
Výsledný typ zatížení $z$	bodové zatížení $F$	
Koncový moment $M_{h,z}$	0,00	kNm
Moment v poli $M_{s,z}$	-0,08	kNm
Součinitel $\alpha_{h,z}$	0,00	
Poměr koncových momentů $\Psi_{s,z}$	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{mz}$	0,90	
Výsledný typ zatížení $LT$	bodové zatížení $F$	
Koncový moment $M_{h,LT}$	0,00	kNm
Moment v poli $M_{s,LT}$	-1,18	kNm
Součinitel $\alpha_{h,LT}$	0,00	
Poměr koncových momentů $\Psi_{s,LT}$	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{mLT}$	0,90	

Jednotkový posudek (6.61) =  $0,27 + 0,02 + 0,00 = 0,29$  -

Jednotkový posudek (6.62) =  $0,93 + 0,01 + 0,00 = 0,94$  -

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

**Prvek B148 4,862 m RO152.4X7.1 S 355 únosnost/107 0,83 -**

Dílčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

##### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

##### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,46
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=&gt; průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

##### Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-139,88	kN
$V_{y,Ed}$	-0,03	kN
$V_{z,Ed}$	0,44	kN
$T_{Ed}$	-0,03	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

##### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	3,2400e-03	m <sup>2</sup>
---	------------	----------------

Nc,Rd	1150,20	kN
Jedn. posudek	0,12	-

#### Posudek smyku pro Vy

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	2,0626e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,y,Rd	422,76	kN
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek smyku pro Vz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	2,0626e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,z,Rd	422,76	kN
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,1	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

#### .....POSUDEK STABILITY:.....

##### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

##### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,46
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčnicků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	4,862	9,725	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka Lcr	4,862	9,725	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	751,28	187,82	kN
Štíhlost Lambda	94,54	189,09	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	1,24	2,47	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0,21	0,21	
Redukční součinitel Chi	0,51	0,15	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	583,04	172,04	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	3,2400e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	172,04	kN
Jedn. posudek	0,81	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

#### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)



Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	3,2400e-03	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,y	1,4990e-04	m <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,z	1,4990e-04	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N,Ed	139,88	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) My,Ed	-0,64	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) Mz,Ed	-0,13	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N,Rk	1150,20	kN
Charakteristická momentová únosnost My,Rk	53,21	kNm
Charakteristická momentová únosnost Mz,Rk	53,21	kNm
Redukční součinitel Chi,y	0,51	
Redukční součinitel Chi,z	0,15	
Redukční součinitel Chi,LT	1,00	
Interakční součinitel k,yy	1,07	
Interakční součinitel k,yz	1,15	
Interakční součinitel k,zy	0,64	
Interakční součinitel k,zz	1,92	

Maximální moment My,Ed je odvozen z nosníku B148 pozice 4,862 m.

Maximální moment Mz,Ed je odvozen z nosníku B148 pozice 4,862 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčnicků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C,my	0,90	
Výsledný typ zatížení z	bodové zatížení F	
Koncový moment M,h,z	0,00	kNm
Moment v poli M,s,z	-0,13	kNm
Součinitel alpha,h,z	0,00	
Poměr koncových momentů Psi,z	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C,mz	0,90	
Výsledný typ zatížení LT	bodové zatížení F	
Koncový moment M,h,LT	0,00	kNm
Moment v poli M,s,LT	-0,64	kNm
Součinitel alpha,h,LT	0,00	
Poměr koncových momentů Psi,LT	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C,mLT	0,90	

Jednotkový posudek (6.61) = 0,24 + 0,01 + 0,00 = 0,26 -

Jednotkový posudek (6.62) = 0,81 + 0,01 + 0,00 = 0,83 -

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

<b>Prvek B205</b>	<b>4,961 m</b>	<b>RO152.4X5</b>	<b>S 355</b>	<b>únosnost/108</b>	<b>0,86 -</b>
-------------------	----------------	------------------	--------------	---------------------	---------------

Dílcí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu fy	355,0	MPa
Mezní pevnost fu	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

##### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

##### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	30,48
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

**Kritický posudek v místě 0.000 m**

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N <sub>Ed</sub>	-101,40	kN
V <sub>y,Ed</sub>	-0,06	kN
V <sub>z,Ed</sub>	0,32	kN
T <sub>Ed</sub>	-0,01	kNm
M <sub>y,Ed</sub>	0,00	kNm
M <sub>z,Ed</sub>	0,00	kNm

#### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	2,3200e-03	m <sup>2</sup>
N <sub>c,Rd</sub>	823,60	kN
Jedn. posudek	0,12	-

#### Posudek smyku pro V<sub>y</sub>

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	1,4770e-03	m <sup>2</sup>
V <sub>pl,y,Rd</sub>	302,72	kN
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek smyku pro V<sub>z</sub>

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	1,4770e-03	m <sup>2</sup>
V <sub>pl,z,Rd</sub>	302,72	kN
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau <sub>t,Ed</sub>	0,1	MPa
Tau <sub>Rd</sub>	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

#### .....POSUDEK STABILITY:.....

##### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

##### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	30,48
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	4,961	9,921	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka L <sub>cr</sub>	4,961	9,921	m
Kritické Eulerovo zatížení N <sub>cr</sub>	530,60	132,65	kN
Štíhlost Lambda	95,20	190,39	
Poměrná štíhlost Lambda <sub>rel</sub>	1,25	2,49	
Mezní štíhlost Lambda <sub>rel,0</sub>	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0,21	0,21	
Redukční součinitel Chi	0,50	0,15	

Parametry vzpěru	yy	zz	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	413,24	121,59	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	2,3200e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	121,59	kN
Jedn. posudek	0,83	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

#### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	2,3200e-03	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,y	1,0863e-04	m <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,z	1,0863e-04	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N,Ed	101,40	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) My,Ed	-0,51	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) Mz,Ed	-0,31	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N,Rk	823,60	kN
Charakteristická momentová únosnost My,Rk	38,57	kNm
Charakteristická momentová únosnost Mz,Rk	38,57	kNm
Redukční součinitel Chi,y	0,50	
Redukční součinitel Chi,z	0,15	
Redukční součinitel Chi,LT	1,00	
Interakční součinitel k,yy	1,08	
Interakční součinitel k,yz	1,17	
Interakční součinitel k,zy	0,65	
Interakční součinitel k,zz	1,95	

Maximální moment My,Ed je odvozen z nosníku B205 pozice 4,961 m.

Maximální moment Mz,Ed je odvozen z nosníku B205 pozice 4,961 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčnicků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C,my	0,90	
Výsledný typ zatížení z	bodové zatížení F	
Koncový moment M,h,z	0,00	kNm
Moment v poli M,s,z	-0,31	kNm
Součinitel alpha,h,z	0,00	
Poměr koncových momentů Psi,z	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C,mz	0,90	
Výsledný typ zatížení LT	bodové zatížení F	
Koncový moment M,h,LT	0,00	kNm
Moment v poli M,s,LT	-0,51	kNm
Součinitel alpha,h,LT	0,00	
Poměr koncových momentů Psi,LT	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C,mLT	0,90	

Jednotkový posudek (6.61) = 0,25 + 0,01 + 0,01 = 0,27 -

Jednotkový posudek (6.62) = 0,83 + 0,01 + 0,02 = 0,86 -

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

<b>Prvek B226</b>	<b>4,890 m</b>	<b>RO108X5</b>	<b>S 355</b>	<b>únosnost/109</b>	<b>0,87 -</b>
-------------------	----------------	----------------	--------------	---------------------	---------------

Dílčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu fy	355,0	MPa
Mezní pevnost fu	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### .....POSUDEK PRŮŘEZU:....

##### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

##### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,60
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

##### Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N <sub>Ed</sub>	-37,69	kN
V <sub>y,Ed</sub>	0,00	kN
V <sub>z,Ed</sub>	0,22	kN
T <sub>Ed</sub>	0,02	kNm
M <sub>y,Ed</sub>	0,00	kNm
M <sub>z,Ed</sub>	0,00	kNm

##### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,6200e-03	m <sup>2</sup>
N <sub>c,Rd</sub>	575,10	kN
Jedn. posudek	0,07	-

##### Posudek smyku pro V<sub>y</sub>

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

E <sub>ta</sub>	1,20	
A <sub>v</sub>	1,0313e-03	m <sup>2</sup>
V <sub>pl,y,Rd</sub>	211,38	kN
Jedn. posudek	0,00	-

##### Posudek smyku pro V<sub>z</sub>

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

E <sub>ta</sub>	1,20	
A <sub>v</sub>	1,0313e-03	m <sup>2</sup>
V <sub>pl,z,Rd</sub>	211,38	kN
Jedn. posudek	0,00	-

##### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau <sub>t,Ed</sub>	0,3	MPa
Tau <sub>Rd</sub>	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

#### .....POSUDEK STABILITY:....

##### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

##### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	21,60
Třída 1 limit	33,10
Třída 2 limit	46,34
Třída 3 limit	59,58

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

##### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	4,890	9,780	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka Lcr	4,890	9,780	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	186,35	46,59	kN
Štíhlost Lambda	134,23	268,46	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	1,76	3,51	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0,21	0,21	
Redukční součinitel Chi	0,28	0,08	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	162,38	43,91	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	1,6200e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	43,91	kN
Jedn. posudek	0,86	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

#### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,6200e-03	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,y	5,3045e-05	m <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,z	5,3045e-05	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N,Ed	37,69	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) My,Ed	-0,35	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) Mz,Ed	0,01	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N,Rk	575,10	kN
Charakteristická momentová únosnost My,Rk	18,83	kNm
Charakteristická momentová únosnost Mz,Rk	18,83	kNm
Redukční součinitel Chi,y	0,28	
Redukční součinitel Chi,z	0,08	
Redukční součinitel Chi,LT	1,00	
Interakční součinitel k,yy	1,07	
Interakční součinitel k,yz	1,19	
Interakční součinitel k,zy	0,64	
Interakční součinitel k,zz	1,98	

Maximální moment My,Ed je odvozen z nosníku B226 pozice 4,890 m.

Maximální moment Mz,Ed je odvozen z nosníku B226 pozice 4,890 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčníků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C,my	0,90	
Výsledný typ zatížení z	bodové zatížení F	
Koncový moment M,h,z	0,00	kNm
Moment v poli M,s,z	0,01	kNm
Součinitel alpha,h,z	0,00	
Poměr koncových momentů Psi,z	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C,mz	0,90	
Výsledný typ zatížení LT	bodové zatížení F	
Koncový moment M,h,LT	0,00	kNm
Moment v poli M,s,LT	-0,35	kNm
Součinitel alpha,h,LT	0,00	
Poměr koncových momentů Psi,LT	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C,mLT	0,90	

Jednotkový posudek (6.61) = 0,23 + 0,02 + 0,00 = 0,25 -

Jednotkový posudek (6.62) = 0,86 + 0,01 + 0,00 = 0,87 -

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

## EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

Prvek 330	2,950 m	IPE400	S 355	únosnost/110	0,83 -
-----------	---------	--------	-------	--------------	--------

Dílčí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	355,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	490,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

## ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	38,49
Třída 1 limit	58,80
Třída 2 limit	67,78
Třída 3 limit	101,64

=> vnitřní tlačené části třída 1

### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	4,79
Třída 1 limit	7,32
Třída 2 limit	8,14
Třída 3 limit	11,35

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

### Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	6,11	kN
$V_{y,Ed}$	11,42	kN
$V_{z,Ed}$	166,07	kN
$T_{Ed}$	-0,02	kNm
$M_{y,Ed}$	-271,81	kNm
$M_{z,Ed}$	-6,69	kNm

### Posudek na tah

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.5)

A	8,4500e-03	m <sup>2</sup>
$N_{pl,Rd}$	2999,75	kN
$N_{u,Rd}$	2981,16	kN
$N_{t,Rd}$	2981,16	kN
Jedn. posudek	0,00	-

### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$W_{pl,y}$	1,3070e-03	m <sup>3</sup>
$M_{pl,y,Rd}$	463,99	kNm
Jedn. posudek	0,59	-

### Posudek ohybového momentu pro $M_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$W_{pl,z}$	2,2900e-04	m <sup>3</sup>
$M_{pl,z,Rd}$	81,30	kNm
Jedn. posudek	0,08	-

### Posudek smyku pro $V_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

$\eta_a$	1,20	
----------	------	--



Av	5,1146e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,y,Rd	1048,28	kN
Jedn. posudek	0,01	-

#### Posudek smyku pro Vz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	4,2731e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,z,Rd	875,81	kN
Jedn. posudek	0,19	-

#### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	0,6	MPa
Tau,Rd	205,0	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

#### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

Mpl,y,Rd	463,99	kNm
Alfa	2,00	
Mpl,z,Rd	81,30	kNm
Beta	1,00	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,34 + 0,08 = 0,43 -

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4) její vliv na momentovou únosnost kolem osy z-z se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

#### .....POSUDEK STABILITY:.....

##### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 2,950 m

##### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	38,49
Třída 1 limit	26,85
Třída 2 limit	30,92
Třída 3 limit	36,84

=> vnitřní tlačené části třída 4

##### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	4,79
Třída 1 limit	7,32
Třída 2 limit	8,14
Třída 3 limit	11,39

=> vnější pásnice třída 1

=> průřez klasifikován jako třída 4 pro návrh dílce na vzpěr

Výpočet vlastností účinné plochy přímoou metodou.

Vlastnosti					
plocha průřezu A eff	7.7363e-03	m <sup>2</sup>			
Smyk. plocha Vy eff	4.8600e-03	m <sup>2</sup>	Vz eff	2.8763e-03	m <sup>2</sup>
poloměr setrvačnosti iy eff	168	mm	iz eff	41	mm
moment setrvačnosti Iy eff	2.1876e-04	m <sup>4</sup>	Iz eff	1.3142e-05	m <sup>4</sup>
elastický modul	1.0938e-03	m <sup>3</sup>	Wz eff	1.4602e-04	m <sup>3</sup>

#### Vlastnosti

průřezu Wy eff					
Excentricita eny	0	mm	enz	0	mm

#### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

#### Parametry klopení

Metoda pro křivku klopení	Alternativní případ	
Efektivní modul průřezu Weff,y	1,0938e-03	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment Mcr	1798,18	kNm
Poměrná štíhlost Lambda,rel,LT	0,46	
Mezní štíhlost Lambda,rel,LT,0	0,40	

**Poznámka:** Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

#### Parametry Mcr

Délka klopení L	2,950	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel kw	1,00	
Součinitel momentu na klopení C1	2,55	
Součinitel momentu na klopení C2	0,21	
Součinitel momentu na klopení C3	1,00	
Vzdálenost středu smyku d,z	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení z,g	0	mm
Konstanta monosymetrie beta,y	0	mm
Konstanta monosymetrie z,j	0	mm

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

#### Posudek ohybu a osového tahu

Podle EN 1993-1-3 článku 6.3

Návrhová tahová síla N,Ed	6,11	kN
Návrhový ohybový moment My,Ed	-271,81	kNm
Návrhový ohybový moment Mz,Ed	-6,69	kNm
Tahová únosnost Nt,Rd	2981,16	kN
Pevnost za ohybu Mb,y,Rd	388,31	kNm
Vlákno	1	
Posun těžišťové osy y eMz,z	0	mm
Efektivní modul průřezu Weff,z,com	1,4602e-04	m <sup>3</sup>
Pevnost za ohybu Mc,z,Rd,com	51,84	kNm

Jednotkový posudek = 0,70 + 0,13 - 0,00 = 0,83 -

#### Posudek ztráty stability od smyku

Podle EN 1993-1-5 článku 5 & 7.1 a rovnice (5.10) & (7.1)

#### Parametry ztráty stability od smyku

Délka pole vzpěru a	2,950	m
Stojina	nevyztužený	
Výška stojiny hw	373	mm
Tloušťka stojiny t	9	mm
Materiálový součinitel epsilon	0,81	
Součinitel smykové korekce Eta	1,20	

#### Ověření ztráty stability od smyku

Štíhlost stojiny hw/t	43,37
Limit štíhlosti stojiny	48,82

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

Prvek konzola pro ochoz166	2,101 m	RO73X3.2	S 235	únosnost/100	0,95 -
----------------------------	---------	----------	-------	--------------	--------



Dílicí souč. spolehlivosti		
Gamma M0 pro únosnost průřezu		1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu		1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu		1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	235,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### .....POSUDEK PRŮŘEZU:....

##### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

##### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	22,81
Třída 1 limit	50,00
Třída 2 limit	70,00
Třída 3 limit	90,00

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

#### Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	157,47	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,00	kN
$T_{Ed}$	-0,17	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

#### Posudek na tah

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.5)

A	7,0200e-04	m <sup>2</sup>
$N_{pl,Rd}$	164,97	kN
$N_{u,Rd}$	181,96	kN
$N_{t,Rd}$	164,97	kN
Jedn. posudek	0,95	-

#### Posudek smyku pro $V_z$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
$A_v$	4,4691e-04	m <sup>2</sup>
$V_{pl,z,Rd}$	60,64	kN
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

$\tau_{u,t,Ed}$	6,8	MPa
$\tau_{u,Rd}$	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,05	-

#### Kombinovaný posudek smyku a kroucení pro $V_z$ a $\tau_{u,t,Rd}$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 & 6.2.7 a rovnice (6.25), (6.28)

$V_{pl,T,z,Rd}$	57,60	kN
Jedn. posudek	0,00	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

#### .....POSUDEK STABILITY:....

##### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

##### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	22,81
Třída 1 limit	50,00
Třída 2 limit	70,00

Třída 3 limit	90,00
---------------	-------

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

### EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

<b>Prvek B256</b>	<b>38,500 m</b>	<b>Trubka (720; 10)</b>	<b>S 235</b>	<b>únosnost/111</b>	<b>0,85 -</b>
-------------------	-----------------	-------------------------	--------------	---------------------	---------------

Dílicí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	235,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

**Varování:** Redukce pevnosti ve funkci tloušťky není pro tento typ průřezu podporována.

....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

**Varování:** Klasifikace není pro tento typ průřezu podporována.

Průřez byl klasifikován jako třída 3.

### Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	-1874,22	kN
Vy,Ed	10,06	kN
Vz,Ed	-29,38	kN
T,Ed	52,20	kNm
My,Ed	100,81	kNm
Mz,Ed	-31,86	kNm

### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	2,2305e-02	m <sup>2</sup>
Nc,Rd	5241,75	kN
Jedn. posudek	0,36	-

### Posudek ohybového momentu pro My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.14)

Wel,y,min	3,9050e-03	m <sup>3</sup>
Mel,y,Rd	917,67	kNm
Jedn. posudek	0,11	-

### Posudek ohybového momentu pro Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.14)

Wel,z,min	3,9050e-03	m <sup>3</sup>
Mel,z,Rd	917,67	kNm
Jedn. posudek	0,03	-

### Posudek smyku pro Vy

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.19)

Tau,Vy,Ed	0,9	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,01	-

**Poznámka:** Pro daný průřez/způsob výroby není zadána žádná smyková plocha, proto nelze určit plastickou smykovou únosnost. Jako výsledek se posuzuje pružná smyková únosnost podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6(4)

### Posudek smyku pro Vz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.19)

Tau,Vz,Ed	2,6	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,02	-

**Poznámka:** Pro daný průřez/způsob výroby není zadána žádná smyková plocha, proto nelze určit plastickou smykovou únosnost. Jako výsledek se posuzuje pružná smyková únosnost podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6(4)

#### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

Tau,t,Ed	6,9	MPa
Tau,Rd	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,05	-

#### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.1(5) a rovnice (6.1)

Elastický posudek		
Vlákno	2	
Sigma,N,Ed	84,0	MPa
Sigma,My,Ed	24,3	MPa
Sigma,Mz,Ed	2,8	MPa
Sigma,tot,Ed	111,1	MPa
Tau,Vy,Ed	0,8	MPa
Tau,Vz,Ed	0,3	MPa
Tau,t,Ed	6,9	MPa
Tau,tot,Ed	7,9	MPa
Sigma,von Mises,Ed	111,9	MPa
Jedn. posudek	0,48	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

#### .....POSUDEK STABILITY:....

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka l	38,500	38,500	m
Součinitel vzpěru k	0,62	0,62	
Vzpěrná délka Lcr	24,000	24,000	m
Kritické Eulerovo zatížení Ncr	5058,45	5058,45	kN
Štíhlost Lambda	95,61	95,61	
Poměrná štíhlost Lambda,rel	1,02	1,02	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce Alfa	0,49	0,49	
Redukční součinitel Chi	0,53	0,53	
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	2775,66	2775,66	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	2,2305e-02	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	2775,66	kN
Jedn. posudek	0,68	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Vzpěrná délka na prostorový vzpěr Lcr	38,500	m
Pružné kritické zatížení Ncr,T	1749969,01	kN
Pružné kritické zatížení Ncr,TF	5058,44	kN
Poměrná štíhlost Lambda,rel,T	1,02	
Mezní štíhlost Lambda,rel,0	0,20	
Vzpěr. křivka	c	
Imperfekce Alfa	0,49	
Redukční součinitel Chi	0,53	
Průřezová plocha A	2,2305e-02	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr Nb,Rd	2775,97	kN
Jedn. posudek	0,68	-

#### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 & 6.3.2.2 a rovnice (6.54)

Parametry klopení		
Metoda pro křivku klopení	Obecný stav	
Pružný modul průřezu Wel,y	3,9050e-03	m <sup>3</sup>

Parametry klopení		
Pružný kritický moment $M_{cr}$	36853,19	kNm
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,LT}$	0,16	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,LT,0}$	0,20	

**Poznámka:** Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

Parametry $M_{cr}$		
Délka klopení $L$	38,500	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel $k$	1,00	
Opravný součinitel $k_w$	1,00	
Součinitel momentu na klopení $C_1$	1,77	
Součinitel momentu na klopení $C_2$	0,00	
Součinitel momentu na klopení $C_3$	1,00	
Vzdálenost středu smyku $d_z$	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení $z_g$	0	mm
Konstanta monosymetrie $\beta_{y,y}$	0	mm
Konstanta monosymetrie $z_j$	0	mm

**Poznámka:** Parametry  $C$  se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

#### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha $A$	2,2305e-02	m <sup>2</sup>
Pružný modul průřezu $W_{el,y}$	3,9050e-03	m <sup>3</sup>
Pružný modul průřezu $W_{el,z}$	3,9050e-03	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla $N_{Ed}$	1874,22	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{y,Ed}$	100,81	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) $M_{z,Ed}$	-33,58	kNm
Charakteristická tlaková únosnost $N_{Rk}$	5241,75	kN
Charakteristická momentová únosnost $M_{y,Rk}$	917,67	kNm
Charakteristická momentová únosnost $M_{z,Rk}$	917,67	kNm
Redukční součinitel $\chi_{i,y}$	0,53	
Redukční součinitel $\chi_{i,z}$	0,53	
Redukční součinitel $\chi_{i,LT}$	1,00	
Interakční součinitel $k_{yy}$	1,26	
Interakční součinitel $k_{yz}$	0,84	
Interakční součinitel $k_{zy}$	0,90	
Interakční součinitel $k_{zz}$	0,84	

Maximální moment  $M_{y,Ed}$  je odvozen z nosníku B256 pozice 0,000 m.

Maximální moment  $M_{z,Ed}$  je odvozen z nosníku B256 pozice 23,996 m.

Parametry interakční metody 2	
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.2
Posuvnost styčnicků $y$	posuvné
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{my}$	0,90
Výsledný typ zatížení $z$	liniový moment $M$
Poměr koncových momentů $\Psi_{i,z}$	0,00
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{mz}$	0,60
Výsledný typ zatížení $LT$	liniový moment $M$
Poměr koncových momentů $\Psi_{i,LT}$	0,00
Součinitel ekvivalentního momentu $C_{mLT}$	0,60

Jednotkový posudek (6.61) =  $0,68 + 0,14 + 0,03 = 0,85$  -

Jednotkový posudek (6.62) =  $0,68 + 0,10 + 0,03 = 0,81$  -

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### EN 1993-1-3 posudek za studena tvarovaných průřezů

Národní dodatek: Česká ČSN-EN NA

Prvek 9	1,340 m	Za studena tvarovaný U profil (162; 55; 4; 6)	S 235	únosnost/112	0,33 -
---------	---------	---	-------	--------------	--------



#### Základní data EC3 : EN 1993

dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M0 pro únosnost průřezu	1.00
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M1 na odolnost proti nestabilitě	1.00
dílčí součinitel spolehlivosti Gamma M2 pro oslabený průřez	1.25

#### Údaje o materiálu

mez kluzu $f_y$	235.0	MPa
pevnost v tahu $f_u$	360.0	MPa
typ výroby	tvářený za studena	

#### ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

Kritický posudek v místě 0.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	0,00	kN
$V_{y,Ed}$	0,42	kN
$V_{z,Ed}$	2,30	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	-1,55	kNm
$M_{z,Ed}$	-0,28	kNm

#### Efektivní průřez $M_y$ -

##### Výpočet efektivní šířky

Podle EN 1993-1-3 článek 5.5.2, 5.5.3 & EN 1993-1-5 článek 4.4

Prvek	$b_p$ [mm]	$f_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k, \sigma$ [-]	$\lambda_{b,p}$ [-]	$\rho$ [-]	$b_{eff}$ [mm]	$b_{e1}$ [mm]	$b_{e2}$ [mm]
1	51	2.350e+05	2.350e+05	1.00	0.43	0.68	1.00	51		
3	153	2.280e+05	-2.280e+05	-1.00	23.90	0.28	1.00	77	31	46
5	51	-2.350e+05	-2.350e+05							

#### Efektivní průřez $M_z$ -

##### Výpočet efektivní šířky

Podle EN 1993-1-3 článek 5.5.2, 5.5.3 & EN 1993-1-5 článek 4.4

Prvek	$b_p$ [mm]	$f_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k, \sigma$ [-]	$\lambda_{b,p}$ [-]	$\rho$ [-]	$b_{eff}$ [mm]	$b_{e1}$ [mm]	$b_{e2}$ [mm]
1	51	4.813e+04	-2.350e+05	-4.88	23.80	0.09	1.00	51		
3	153	6.120e+04	6.120e+04	1.00	4.00	0.67	1.00	153	77	77
5	51	4.813e+04	-2.350e+05	-4.88	23.80	0.09	1.00	51		

#### Posudek ohybového momentu

##### Ohybový moment $M_y$

Podle článku EN 1993-1-3: 6.1.4.1 a vzorce (6.6)

#### Ohyb kolem osy Y

$W_{el,y}$	46732	mm <sup>3</sup>
$W_{eff,y}$	46732	mm <sup>3</sup>
$M_{cy,Rd}$	10.98	kNm
Jedn. posudek	0.14	-

#### Ohybový moment $M_z$

Podle článku EN 1993-1-3: 6.1.4.1 a vzorce (6.4)

#### Ohyb kolem osy Z

$W_{el,z}$	6530	mm <sup>3</sup>
$W_{eff,z}$	6529	mm <sup>3</sup>
$M_{cz,Rd}$	1.53	kNm
Jedn. posudek	0.18	-

#### Dvouosý ohyb

Podle článku EN 1993-1-3: 6.1.4.1 a vzorce (6.7)

#### Ohyb kolem osy Z

$M_{cy,Rd}$	10.98	kNm
$M_{cz,Rd}$	1.53	kNm
Jedn. posudek	0.33	-

**Smyková síla Vy**

Podle článku EN 1993-1-3: 6.1.5 a vzorce (6.8).

Bez vyztužení v podpoře.

ID prvku	lc [mm]	Alpha [deg]	sw [mm]	Lambda,w [-]	fbv [MPa]	Vb,Rd,y,i [kN]
1	53	0.00	51	0.15	136.3	28.90
3	158	90.00	153	0.44	136.3	0.00
5	53	0.00	51	0.15	136.3	28.90

**Tabulka hodnot**

Vb,Rd,y	57.79	kN
Jedn. posudek	0.01	-

**Smyková síla Vz**

Podle článku EN 1993-1-3: 6.1.5 a vzorce (6.8).

Bez vyztužení v podpoře.

ID prvku	lc [mm]	Alpha [deg]	sw [mm]	Lambda,w [-]	fbv [MPa]	Vb,Rd,z,i [kN]
1	53	0.00	51	0.15	136.3	0.00
3	158	90.00	153	0.44	136.3	86.14
5	53	0.00	51	0.15	136.3	0.00

**Tabulka hodnot**

Vb,Rd,z	86.14	kN
Jedn. posudek	0.03	-

**Posudek lokálních příčných sil**

Podle článku EN 1993-1-3: 6.1.7.2 a vzorce (6.15b)

**Tabulka hodnot**

Stav pásnice	Nevyztužený	
Zatěžovací podmínky	Koncová jedno-pásnice (EOF)	
Natočení stojiny	Nezabráněno	
Vnitřní poloměr ohybu r	6	mm
Délka uložení Ss	10	mm
k	1.03	
k1	0.99	
k4	0.99	

Prvek	lc[mm]	Phi [deg]	hw [mm]	t [mm]	k2	k3	k5	Rw,Rd,i [kN]
3	158	90.00	158	4	0.92	1.00	0.97	19.83

**Tabulka hodnot**

Zatížení/reakce FEd	-2.30	kN
Rw,Rd	19.83	kN
Jedn. posudek	0.12	-

**Posudek kombinace ohybového momentu a reakce**

Podle článku EN 1993-1-3: 6.1.11 a vzorce (6.28c).

**Tabulka hodnot**

FEd	-2.30	kN
Mc,Rd	10.98	kNm
Rw,Rd	19.83	kN
Jedn. posudek	0.21	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

**.....POSUDEK STABILITY:....**
**Posudek klopení**

Podle článku EN 1993-1-3: 6.2.4

Podle článku EN 1993-1-1: 6.3.2 a vzorce (6.55)

**Parametry klopení**

Metoda pro křivku klopení	art. 6.3.2.2	
Weff,y	46732	mm <sup>3</sup>
Pružný kritický moment Mcr	56.55	kNm
Relativní štíhlost Lambda,LT	0.44	
Mezní štíhlost Lambda,LT,0	0.40	

**Parametry Mcr**

Délka klopení	1.340	m
k	1.00	

Parametry Mcr		
kw	1.00	
C1	2.31	
C2	0.16	
C3	1.00	

Štíhlost nebo ohybový moment umožňují ignorovat účinky klopení podle EN 1993-1-1 článek 6.3.2.2(4)

#### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle článku EN 1993-1-3: 6.2.5(1)

Podle článku EN 1993-1-1: 6.3.3 a vzorce (6.61), (6.62).

Interakční metoda 2

Tabulka hodnot		
k <sub>yy</sub>	0.900	
k <sub>yz</sub>	0.400	
k <sub>zy</sub>	1.000	
k <sub>zz</sub>	0.400	
Delta M <sub>y,Ed</sub>	0.00	kNm
Delta M <sub>z,Ed</sub>	0.00	kNm
A	1028	mm <sup>2</sup>
W <sub>y</sub>	46732	mm <sup>3</sup>
W <sub>z</sub>	6529	mm <sup>3</sup>
NR <sub>k</sub>	241.50	kN
M <sub>y,Rk</sub>	10.98	kNm
M <sub>z,Rk</sub>	1.53	kNm
M <sub>y,Ed</sub>	-1.55	kNm
M <sub>z,Ed</sub>	-0.28	kNm
Interakční metoda 2		
Psi <sub>y</sub>	0.000	
Psi <sub>z</sub>	0.000	
C <sub>my</sub>	0.900	
C <sub>mz</sub>	0.400	
C <sub>mLT</sub>	0.401	

Jedn. posudek  $0.00 + 0.13 + 0.07 = 0.20$  -

Jedn. posudek  $0.00 + 0.14 + 0.07 = 0.21$  -

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

#### EN 1993-1-1 posudek

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

<b>Prvek 311</b>	<b>2,200 m</b>	<b>IPE160</b>	<b>S 235</b>	<b>únosnost/113</b>	<b>0,55 -</b>
------------------	----------------	---------------	--------------	---------------------	---------------

Dílicí souč. spolehlivosti	
Gamma M0 pro únosnost průřezu	1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu	1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu	1,25

Materiál		
Mez kluzu f <sub>y</sub>	235,0	MPa
Mezní pevnost f <sub>u</sub>	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### ....:POSUDEK PRŮŘEZU:....

##### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

##### Klasifikace pro vnitřní tlačené části

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	25,44
Třída 1 limit	71,81
Třída 2 limit	82,69
Třída 3 limit	123,18

=> vnitřní tlačené části třída 1

##### Klasifikace pro vnější pásnice

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	3,99
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00



Třída 3 limit	14,30
---------------	-------

=> vnější pásnice třída 1  
=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

**Kritický posudek v místě 0.000 m**

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
N,Ed	-0,33	kN
Vy,Ed	0,89	kN
Vz,Ed	8,49	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	-15,46	kNm
Mz,Ed	-1,43	kNm

#### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	2,0100e-03	m <sup>2</sup>
Nc,Rd	472,35	kN
Jedn. posudek	0,00	-

#### Posudek ohybového momentu pro My

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,y	1,2400e-04	m <sup>3</sup>
Mpl,y,Rd	29,14	kNm
Jedn. posudek	0,53	-

#### Posudek ohybového momentu pro Mz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Wpl,z	2,6100e-05	m <sup>3</sup>
Mpl,z,Rd	6,13	kNm
Jedn. posudek	0,23	-

#### Posudek smyku pro Vy

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	1,2836e-03	m <sup>2</sup>
Vpl,y,Rd	174,16	kN
Jedn. posudek	0,01	-

#### Posudek smyku pro Vz

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Eta	1,20	
Av	9,6660e-04	m <sup>2</sup>
Vpl,z,Rd	131,15	kN
Jedn. posudek	0,06	-

#### Posudek na kombinaci ohybu, osových a smykových sil

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.41)

Mpl,y,Rd	29,14	kNm
Alfa	2,00	
Mpl,z,Rd	6,13	kNm
Beta	1,00	

Jednotkový posudek (6.41) = 0,28 + 0,23 = 0,51 -

**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.33) i (6.34) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy y-y se zanedbává.

**Poznámka:** Protože osová síla splňuje podmínku (6.35) z EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1(4)

její vliv na momentovou únosnost kolem osy z-z se zanedbává.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

#### .....POSUDEK STABILITY:.....

##### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

##### Klasifikace pro vnitřní tlačené části



Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 1

Maximální poměr šířky a tloušťky	25,44
Třída 1 limit	71,81
Třída 2 limit	82,69
Třída 3 limit	123,18

=&gt; vnitřní tlačené části třída 1

**Klasifikace pro vnější pásnice**

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.2 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	3,99
Třída 1 limit	9,00
Třída 2 limit	10,00
Třída 3 limit	14,30

=&gt; vnější pásnice třída 1

=&gt; průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

**Posudek rovinného vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	2,200	2,200	m
Součinitel vzpěru k	6,39	0,82	
Vzpěrná délka L <sub>cr</sub>	14,069	1,795	m
Kritické Eulerovo zatížení N <sub>cr</sub>	91,00	439,24	kN
Štíhlost Lambda	213,97	97,39	
Poměrná štíhlost Lambda <sub>rel</sub>	2,28	1,04	
Mezní štíhlost Lambda <sub>rel,0</sub>	0,20	0,20	

**Poznámka:** Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky rovinného vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

**Posudek prostorového vzpěru**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Pro tento I průřez je únosnost na prostorový vzpěr vyšší než únosnost na rovinný vzpěr. Prostorový vzpěr proto není ve výstupu uveden.

**Posudek klopení**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1 &amp; 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení		
Metoda pro křivku klopení	Alternativní případ	
Plastický modul průřezu W <sub>pl,y</sub>	1,2400e-04	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment M <sub>cr</sub>	68,77	kNm
Poměrná štíhlost Lambda <sub>rel,LT</sub>	0,65	
Mezní štíhlost Lambda <sub>rel,LT,0</sub>	0,40	
Křivka klopení	b	
Imperfekce Alpha <sub>LT</sub>	0,34	
Součinitel klopení Beta	0,75	
Redukční součinitel Chi <sub>LT</sub>	0,89	
Opravný součinitel k <sub>c</sub>	0,73	
Opravný součinitel f	0,87	
Modifikovaný redukční součinitel Chi <sub>LT,mod</sub>	1,00	
Návrhová únosnost na vzpěr M <sub>b,Rd</sub>	29,14	kNm
Jedn. posudek	0,53	-

Parametry M <sub>cr</sub>		
Délka klopení L	2,200	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel k <sub>w</sub>	1,00	
Součinitel momentu na klopení C <sub>1</sub>	1,87	
Součinitel momentu na klopení C <sub>2</sub>	0,03	
Součinitel momentu na klopení C <sub>3</sub>	1,00	
Vzdálenost středu smyku d <sub>z</sub>	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení z <sub>g</sub>	0	mm
Konstanta monosymetrie beta <sub>y</sub>	0	mm
Konstanta monosymetrie z <sub>j</sub>	0	mm

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

**Poznámka:** Opravný součinitel kc se určí podle C1.

**Posudek ohybu a osového tlaku**

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	2,0100e-03	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,y	1,2400e-04	m <sup>3</sup>
Plastický modul průřezu Wpl,z	2,6100e-05	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N,Ed	0,33	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) My,Ed	-15,46	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) Mz,Ed	-1,43	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N,Rk	472,35	kN
Charakteristická momentová únosnost My,Rk	29,14	kNm
Charakteristická momentová únosnost Mz,Rk	6,13	kNm
Redukční součinitel Chi,y	1,00	
Redukční součinitel Chi,z	1,00	
Modifikovaný redukční součinitel Chi,LT,mod	1,00	
Interakční součinitel k,yy	0,90	
Interakční součinitel k,yz	0,32	
Interakční součinitel k,zy	0,54	
Interakční součinitel k,zz	0,53	

Maximální moment My,Ed je odvozen z nosníku 311 pozice 0,000 m.

Maximální moment Mz,Ed je odvozen z nosníku 311 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčnicků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C,my	0,90	
Výsledný typ zatížení z	bodové zatížení F	
Koncový moment M,h,z	-1,43	kNm
Moment v poli M,s,z	-0,58	kNm
Součinitel alpha,s,z	0,41	
Poměr koncových momentů Psi,z	0,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C,mz	0,53	
Výsledný typ zatížení LT	bodové zatížení F	
Koncový moment M,h,LT	-15,46	kNm
Moment v poli M,s,LT	-6,93	kNm
Součinitel alpha,s,LT	0,45	
Poměr koncových momentů Psi,LT	0,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C,mLT	0,56	

Jednotkový posudek (6.61) = 0,00 + 0,48 + 0,07 = 0,55 -

Jednotkový posudek (6.62) = 0,00 + 0,29 + 0,12 = 0,41 -

**Posudek ztráty stability od smyku**

Podle EN 1993-1-5 článku 5 &amp; 7.1 a rovnice (5.10) &amp; (7.1)

Parametry ztráty stability od smyku		
Délka pole vzpěru a	2,200	m
Stojina	nevyztužený	
Výška stojiny hw	145	mm
Tloušťka stojiny t	5	mm
Materiálový součinitel epsilon	1,00	
Součinitel smykové korekce Eta	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku	
Štíhlost stojiny hw/t	29,04
Limit štíhlosti stojiny	60,00

**Poznámka:** Štíhlost stojiny umožňuje ignorovat účinky smykové ztráty stability podle EN 1993-1-5 čl. 5.1(2).

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

**EN 1993-1-1 posudek**

Národní dodatek: Česká CSN-EN NA

Prvek 360	12,000 m	RO133X3.2	S 235	únosnost/114	0,66 -
-----------	----------	-----------	-------	--------------	--------

Dílčí souč. spolehlivosti		
Gamma M0 pro únosnost průřezu		1,00
Gamma M1 pro únosnost na nestabilitu		1,00
Gamma M2 pro únosnost čistého průřezu		1,25

Materiál		
Mez kluzu $f_y$	235,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

#### .....POSUDEK PRŮŘEZU:....

##### Klasifikace pro návrh průřezu

Podle EN 1993-1-3 článku 5.5.2

##### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	41,56
Třída 1 limit	50,00
Třída 2 limit	70,00
Třída 3 limit	90,00

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh průřezu

#### Kritický posudek v místě 6.000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-17,66	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,00	kN
$T_{Ed}$	-0,01	kNm
$M_{y,Ed}$	1,80	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

##### Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

A	1,3000e-03	m <sup>2</sup>
$N_{c,Rd}$	305,50	kN
Jedn. posudek	0,06	-

##### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

$W_{pl,y}$	5,3914e-05	m <sup>3</sup>
$M_{pl,y,Rd}$	12,67	kNm
Jedn. posudek	0,14	-

##### Posudek kroucení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.7 a rovnice (6.23)

$\tau_{a,t,Ed}$	0,1	MPa
$\tau_{a,Rd}$	135,7	MPa
Jedn. posudek	0,00	-

**Poznámka:** Jednotkový posudek pro kroucení je menší než limitní hodnota 0,05. Kroucení se proto považuje za nevýznamné a je v kombinovaných posudcích zanedbáno.

##### Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

$M_{y,výslednice}$	1,80	kNm
$V_{y,výslednice}$	0,00	kN
$M_{N,Rd}$	12,57	kNm
Jedn. posudek	0,14	-

**Poznámka:** Výsledné vnitřní síly se použijí pro trubkové průřezy

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

#### .....POSUDEK STABILITY:....

##### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0,000 m

##### Klasifikace pro trubkovité průřezy

Podle EN 1993-1-1 tabulka 5.3 list 2

Maximální poměr šířky a tloušťky	41,56
Třída 1 limit	50,00
Třída 2 limit	70,00
Třída 3 limit	90,00

=> průřez klasifikován jako třída 1 pro návrh dílce na vzpěr

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	posuvné	neposuvné	
Systémová délka L	12,000	12,000	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka L <sub>cr</sub>	12,000	12,000	m
Kritické Eulerovo zatížení N <sub>cr</sub>	39,58	39,58	kN
Štíhlost Lambda	260,91	260,90	
Poměrná štíhlost Lambda <sub>rel</sub>	2,78	2,78	
Mezní štíhlost Lambda <sub>rel,0</sub>	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	a	a	
Imperfekce Alfa	0,21	0,21	
Redukční součinitel Chi	0,12	0,12	
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	36,66	36,66	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	1,3000e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr N <sub>b,Rd</sub>	36,66	kN
Jedn. posudek	0,48	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

**Poznámka:** Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná k prostorovému vzpěru.

#### Posudek klopení

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.2.1

**Poznámka:** Průřez se týká kruhové trubky, která není náchylná ke klopení.

#### Posudek ohybu a osového tlaku

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.3 a rovnice (6.61), (6.62)

Parametry pro posudek ohybu a osového tlaku		
Interakční metoda	alternativní metoda 2	
Průřezová plocha A	1,3000e-03	m <sup>2</sup>
Plastický modul průřezu W <sub>pl,y</sub>	5,3914e-05	m <sup>3</sup>
Návrhová tlaková síla N <sub>Ed</sub>	17,66	kN
Návrhový ohybový moment (maximum) M <sub>y,Ed</sub>	1,80	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum) M <sub>z,Ed</sub>	0,00	kNm
Charakteristická tlaková únosnost N <sub>Rk</sub>	305,50	kN
Charakteristická momentová únosnost M <sub>y,Rk</sub>	12,67	kNm
Redukční součinitel Chi,y	0,12	
Redukční součinitel Chi,z	0,12	
Redukční součinitel Chi,LT	1,00	
Interakční součinitel k <sub>yy</sub>	1,25	
Interakční součinitel k <sub>zy</sub>	0,75	

Maximální moment M<sub>y,Ed</sub> je odvozen z nosníku 360 pozice 6,000 m.

Maximální moment M<sub>z,Ed</sub> je odvozen z nosníku 360 pozice 0,000 m.

Parametry interakční metody 2		
Metoda pro součinitel interakce	Tabulka B.1	
Posuvnost styčníků y	posuvné	
Součinitel ekvivalentního momentu C <sub>my</sub>	0,90	
Výsledný typ zatížení LT	liniové zatížení q	
Koncový moment M <sub>h,LT</sub>	0,00	kNm
Moment v poli M <sub>s,LT</sub>	1,80	kNm
Součinitel alpha <sub>h,LT</sub>	0,00	
Poměr koncových momentů Psi <sub>LT</sub>	1,00	
Součinitel ekvivalentního momentu C <sub>mLT</sub>	0,95	

Jednotkový posudek (6.61) = 0,48 + 0,18 + 0,00 = 0,66 -

Jednotkový posudek (6.62) = 0,48 + 0,11 + 0,00 = 0,59 -

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

### 13. Relativní deformace oceli

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : Hlavní

Výběr : Vše

Kombinace : použitelnost

Prvek	dx [m]	Stav - kombinace	uy [mm]	Rel uy [1/xx]	uz [mm]	Rel uz [1/xx]	Posudek uy [-]	Posudek uz [-]
konzola pro ochoz194	4,448	použitelnost/120	<b>-10,7</b>	1/964	-8,6	1/1203	0,21	0,17
B110	6,159	použitelnost/89	<b>7,0</b>	1/1172	-0,4	1/10000	0,17	0,01
7	1,339	použitelnost/121	-7,2	<b>1/187</b>	-0,3	1/4181	<b>1,07</b>	0,05
312	1,100	použitelnost/122	1,9	<b>1/1151</b>	-2,7	1/805	<b>0,17</b>	0,25
363	6,002	použitelnost/82	0,0	1/10000	<b>-46,9</b>	1/256	0,00	0,78
314	2,200	použitelnost/123	0,0	0	<b>7,3</b>	<b>1/301</b>	0,00	<b>0,67</b>
312	2,200	použitelnost/124	0,0	0	-10,0	<b>1/219</b>	0,00	<b>0,91</b>