



PPS KANIA
PROJEKČNÍ A INŽENÝRSKÁ ČINNOST



STATICKÝ VÝPOČET

SO 02 – Sportovní hala

D.1.2 Stavebně konstrukční řešení

D.1.2.2.b Ocelová a dřevěná konstrukce

Stavebník : Statutární město Frýdek - Místek
Radniční 1148, Frýdek
738 01 Frýdek - Místek

Akce : Sportovní hala Slezská Ostrava

Stupeň : Dokumentace pro realizaci stavby
Vypracoval : Ing. Jan Blažík
Zakazkové číslo : 52/17
Číslo přílohy : 52/17-D.1.2.2.b
Datum : 08/2020

Počet stran: 40

OBSAH STATICKÉHO VÝPOČTU

1. Použité podklady	str. 3
2. Zatěžovací údaje – všeobecně	str. 4
3. Přehled jednotlivých zatěžovacích stavů	str. 5 - 10
4. Návrh a posouzení střešního plechu TR 60/235	str. 11
5. Návrh a posouzení vaznic z rostlého dřeva – EC5	str. 12 - 16
6. Návrh a posouzení lepené lamelové příčle – EC5	str. 17 - 23
7. Návrh a posouzení sedla podle ČSN EN 1993-1-1	str. 24 - 25
8. Návrh a posouzení momentového přípoje vazníku	str. 26 - 29
9. Návrh a posouzení sloupů podle ČSN EN 1993-1-1	str. 30 - 36
10. Zatížení spodní stavby a návrh kotvení (př. vazba)	str. 37 - 40

1. Použité podklady :**1.1 Použité normy (včetně všech změn a oprav), literatura**

- ČSN EN 1990 - Zásady navrhování konstrukcí
Květen 2015, 2. Edition
- ČSN EN 1991-1-1 - Zatížení konstrukcí - Část 1-1 : Obecná zatížení
Objemové tíhy, užitná zatížení, Březen 2004
- ČSN EN 1991-1-3 - Zatížení konstrukcí - Část 1-3 : Obecná zatížení
Zatížení sněhem, Červen 2013, Edition 2
- ČSN EN 1991-1-4 - Zatížení konstrukcí - Část 1-4 : Obecná zatížení
Zatížení větrem, Duben 2013, 2. Edition
- ČSN EN 1993-1-1 - Navrhování ocelových k-cí, Část 1-1 : Obecná pravidla
a pravidla pro pozemní stavby, Červenec 2011, Edition 2
- ČSN EN 1993-1-8 - Navrhování ocelových k-cí, Část 1-8 :
Navrhování styčníků, Listopad 2013, Edition 2
- ČSN EN 1992-4 - Navrhování betonových k-cí, Část 4 : Navrhování
kotvení do betonu, Listopad 2018
- ČSN EN 1995-1-1 - Navrhování dřevěných k-cí, Část 1-1 : Obecná pravidla
Pravidla pro pozemní stavby, Prosinec 2006
- ČSN EN 14080 - Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo a lepené
rostlé dřevo - Požadavky, Listopad 2013
- ČSN EN 338 - Konstrukční dřevo - Třídy pevnosti, Říjen 2016
- ČSN 73 102 - Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních
konstrukcí - Obecná pravidla pro pozemní stavby
Listopad 2007 (mod DIN 1052 : 2004)

1.2 Ostatní :

- výpočtový program SCIA Engineer 19.1.2030 pro stanovení vnitřních sil
a deformací jednotlivých dřevěných a ocelových nosných prvků
- pro návrh a posouzení kotevních prvků byl použit výpočtový program
IDEA StatiCa 20.0.104

1.3 Podmínky výpočtu :

- Lokalita : ul. J.Čapka 2555, Frýdek - Místek
cca 302 m nad mořem
- Zatížení sněhem : 1,14 kPa = 1,14 kN.m⁻² (www.snehovamapa.cz)
- Zatížení větrem : 25 m.s⁻¹ (základní rychlost větru)

2. Zatěžovací údaje – všeobecně :**2.1 Součinitele spolehlivosti zatížení podle NAD ČR :**stálá zatížení : $\gamma_G = 1,00$ nebo 1,35nahodilá zatížení : $\gamma_Q = 1,50$ **2.2 Dílčí součinitele pro materiál a únosnost podle NAD ČR :**rostlé dřevo $\gamma_M = 1,30$ lepené lamelové dřevo $\gamma_M = 1,25$ spoje $\gamma_M = 1,30$ únosnost průřezů kterékoliv třídy (ocel) $\gamma_{M0} = 1,00$ únosnost průřezů při posuzování stability (ocel) $\gamma_{M1} = 1,00$ únosnost průřezů při porušení oslabeného (ocel)
průřezu v tahu $\gamma_{M2} = 1,25$ únosnost šroubů a svarů $\gamma_{M2} = 1,25$ **2.3 Kombinace zatěžovacích stavů – konstrukce krovu:***Základní kombinace č. 1 (stálé zatížení a všechna nahodilá zatížení)*

$$E_d = \gamma_G * G_{k,j} + 1,50 * Q_{k,1} + 1,50 * \sum \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

 $G_{k,j}$ ----- stálé zatížení $Q_{k,1}$ ----- hlavní proměnné zatížení $Q_{k,i}$ ----- vedlejší proměnná zatížení $\psi_{0,i}$ ----- kombinační součinitel proměnného zatížení $\psi_{0,1} = 0,50$ ----- zatížení sněhem $\psi_{0,2} = 0,60$ ----- zatížení větrem*Základní kombinace č. 2 (stálé zatížení a jedno nahodilé zatížení)*

$$E_d = \gamma_G * G_{k,j} + 1,50 * Q_{k,i}$$

 $G_{k,j}$ ----- stálé zatížení $Q_{k,i}$ ----- zatížení sněhem popřípadě větrem

3. Přehled jednotlivých zatěžovacích stavů :**1. ZS - vlastní váha konstrukce , $\gamma_{F,G} = 1,35$**

Program „SCIA Engineer 19.1.2030,, generuje sám z použitých katalogových profilů !!!

2. ZS - stálé zatížení, $\gamma_{F,G} = 1,35$ **a) střecha „S1“ :**

- vegetační vrstva tl. 30 mm -----	0,25 kN.m ⁻²
- extenzivní substrát tl. 100 mm (1150 kg.m ⁻³)-----	1,15 kN.m ⁻²
- stabilizační geogrid -----	0,01 kN.m ⁻²
- substrátová desky ISOVER FLORA 50 mm (80 kg.m ⁻³)----	0,04 kN.m ⁻²
- drenážní nopová fólie + ochranná geotextílie -----	0,02 kN.m ⁻²
- hydroizolace ELASTEK 50 GARDEN -----	0,07 kN.m ⁻²
- tepelná izolace EPS 200 tl. 140 mm (30 kg.m ⁻³)-----	0,04 kN.m ⁻²
- tepelná izolace ISOVER tl. 100 mm (100 kg.m ⁻³)-----	0,17 kN.m ⁻²
- parozábrana -----	0,01 kN.m ⁻²
- trapézový plech TR 60/235 - 0,75 mm -----	0,08 kN.m ⁻²
- dřevěné vaznice 120 x 260 mm (420 kg.m ⁻³)-----	0,17 kN.m ⁻²
- akustická izolace tl. 50 mm (150 kg.m ⁻³)-----	0,08 kN.m ⁻²
- akustický podhled + rošt -----	0,10 kN.m ⁻²
- rezerva -----	0,11 kN.m ⁻²

$$g^k = 2,30 \text{ kN.m}^{-2}$$

Poznámka :

Tato hmotnost střešního pláště je garantovaná projektantem stavební části a nesmí být v žádném případě překročena !!!

3. ZS - klimatické zatížení (sníh), $\gamma_{f,Q} = 1,50$:

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

sklon sedlové střechy : $\alpha = 2,89^\circ$

$$s_k = 1,14 \text{ kN.m}^{-2} \quad (\text{www.snehovamapa.cz})$$

$$\mu_1 = 0,8 \text{ pro } 0^\circ < \alpha = 2,42^\circ < 30^\circ$$

$$C_e = C_t = 1,0 \quad (\text{součinitel expozice a součinitel tepla})$$

$$s_{k1} = 0,80 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,14 = 0,91 \text{ kN.m}^{-2}$$

navátí sněhu za atikou

$$h = 0,70 \text{ m} \text{ ----- výška atiky}$$

$$l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 0,70 = 1,40 \text{ m ale } 5 \text{ m} \leq l_s \leq 15 \text{ m} \text{ --- délka návěje}$$

$$\mu_2 = \gamma \cdot h / s_k = 2,0 \cdot 0,70 / 1,14 \rightarrow \text{pro } 0,8 \leq \mu_2 = 1,23 \leq 2,00$$

$$\mu_2 = 1,23$$

$$s_{k2} = 1,23 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,14 = 1,40 \text{ kN.m}^{-2}$$

4. - 5. ZS - klimatické zatížení (vítr), $\gamma_{f,Q} = 1,50$:

$V_{b,0} = 25 \text{ m.s}^{-1}$ ----- výchozí základní rychlost větru
oblast II. (Frýdek - Místek)

$$C_s C_d = 1,00$$

$$C_{dir} = C_{season} = 1,00$$

$$V_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m.s}^{-1}$$

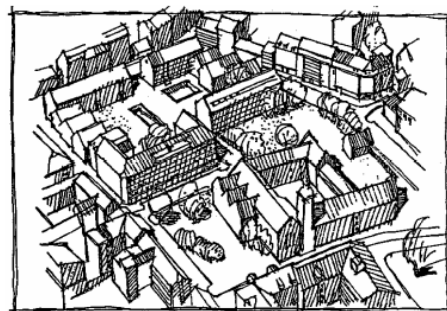
$h \cong 9,30 \text{ m}$ --- výška konstrukce

$b = 35,80 \text{ m}$ (šířka), $L = 45,06 \text{ m}$

$h \leq b = 9,30 \text{ m} \leq 35,50 \text{ m} \rightarrow z_e = h = 10 \text{ m}$ (referenční výška - viz níže)

Kategorie terénu IV

Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto budovami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m.



Charakteristický maximální dynamický tlak :

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

stanovení střední rychlosti větru v_m :

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) \text{ pro } z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \rightarrow 10 \text{ m} \geq 9,30 \text{ m} \leq 200 \text{ m}$$

$$k_r = 0,19 \cdot (z_0/z_{0,II})^{0,07} \quad z_0 = 1,00 \text{ pro kategorii terénu IV}$$

$$z_{0,II} = 0,05$$

$$k_r = 0,19 \cdot (1,00/0,05)^{0,07} = 0,234$$

$$c_r(z) = 0,234 \cdot \ln(10/1,00) = 0,539$$

$$c_0(z) = 1,00 \text{ --- součinitel orografie}$$

$$k_1 = 1,0 \text{ ---- součinitel turbulence}$$

$$v_m(z) = 0,539 \cdot 1,00 \cdot 25 = 13,48 \text{ m.s}^{-1}$$

stanovení součinitele expozice $c_e(z)$:

$$c_e(z) = 1 + 7 \cdot [k_1/c_0 \cdot \ln(z/z_0)] = 1 + 7 \cdot [1,0/1,0 \cdot \ln(10/1,00)] = 4,040$$

$$q_p(z) = c_e(z) \cdot q_b = c_e(z) \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$q_p(z) = 4,040 \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 13,48^2 = 458,8 \text{ N.m}^{-2} \cong 0,50 \text{ kN.m}^{-2}$$

Součinitele tlaku větru pro stěny navrhovaného objektu :

Vítr příčný (směr $\pm X$)

$$h = 10 \text{ m}, \quad b = 45,06 \text{ m}, \quad d = 35,80 \text{ m}$$

$$e = \min(b, 2h) = \min(45,06 \text{ m}, 2 \cdot 10,0 = 20,0 \text{ m})$$

$$e = 20,0 \text{ m} < d = 35,80 \text{ m}$$

$$h/d = 10/35,80 = 0,25 \leq 0,279 \leq 1,00 \text{ potom :}$$

$$h/d = 10/35,80 = 0,279 \leq 1,00$$

Při nedostatečné korelaci tlaků na návětrné a závětrné straně se oblasti „D a E“ mohou vynásobit hodnotou 0,85.

$$C_{p,A} = - 1,20 \text{ ----- sání kolmo ke směru větru}$$

$$C_{p,B} = - 0,80 \text{ ----- sání kolmo ke směru větru}$$

$$C_{p,C} = - 0,50 \text{ ----- sání kolmo ke směru větru}$$

$$C_{p,D} = + 0,71 \text{ ----- tlak na návětrnou stranu}$$

$$C_{p,E} = - 0,31 \text{ ----- sání na závětrnou stranu}$$

$$w_{\text{sání,A}}^k = 0,50 \times (-1,20) = -0,60 \text{ kN.m}^{-2} \text{ pro } e/5 = 20/5 = 4,00 \text{ m}$$

$$w_{\text{sání,B}}^k = 0,50 \times (-0,80) = -0,40 \text{ kN.m}^{-2} \text{ pro } 4/5e = 16,00 \text{ m}$$

$$w_{\text{sání,C}}^k = 0,50 \times (-0,50) = -0,25 \text{ kN.m}^{-2} \text{ pro } d-e = 15,8 \text{ m}$$

$$w_{\text{tlak,D}}^k = 0,85 \cdot 0,50 \times (+0,71) = +0,30 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$w_{\text{sání,E}}^k = 0,85 \cdot 0,50 \times (-0,31) = -0,13 \text{ kN.m}^{-2}$$

Vítr podélný (směr $\pm Y$)

$$h = 10 \text{ m}, \quad b = 35,80 \text{ m}, \quad d = 45,06 \text{ m}$$

$$e = \min(b, 2h) = \min(35,80 \text{ m}, 2 \cdot 10 = 20,0 \text{ m})$$

$$e = 20,0 \text{ m} < d = 35,80 \text{ m}$$

$$h/d = 10/45,06 = 0,222 \leq 0,25 \text{ potom :}$$

$$h/d = 10/45,06 = 0,222 \leq 1,00$$

Při nedostatečné korelaci tlaků na návětrné a závětrné straně se oblasti „D a E“ mohou vynásobit hodnotou 0,85.

$$C_{p,A} = - 1,20 \text{ ----- sání kolmo ke směru větru}$$

$$C_{p,B} = - 0,80 \text{ ----- sání kolmo ke směru větru}$$

$$C_{p,C} = - 0,50 \text{ ----- sání kolmo ke směru větru}$$

$$C_{p,D} = + 0,70 \text{ ----- tlak na návětrnou stranu}$$

$$C_{p,E} = - 0,30 \text{ ----- sání na závětrnou stranu}$$

$$w_{\text{sání,A}}^k = 0,50 \times (-1,20) = -0,60 \text{ kN.m}^{-2} \text{ pro } e/5 = 20/5 = 4,00 \text{ m}$$

$$w_{\text{sání,B}}^k = 0,50 \times (-0,80) = -0,40 \text{ kN.m}^{-2} \text{ pro } 4/5e = 16,00 \text{ m}$$

$$w_{\text{sání,C}}^k = 0,50 \times (-0,50) = -0,25 \text{ kN.m}^{-2} \text{ pro } d-e = 25,06 \text{ m}$$

$$w_{\text{tlak,D}}^k = 0,85 \cdot 0,50 \times (+0,70) = +0,30 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$w_{\text{sání,E}}^k = 0,85 \cdot 0,50 \times (-0,30) = -0,13 \text{ kN.m}^{-2}$$

plochá střecha s atikou (sklon $-5,0^\circ < \alpha = 2,81^\circ < 5,0^\circ$)

$$h_p/h = 0,70/8,60 = 0,081 \rightarrow 0,05 < 0,081 < 0,10$$

$$C_F = - 1,28 \text{ ----- sání}$$

$$C_G = - 0,84 \text{ ----- sání}$$

$$C_H = - 0,70 \text{ ----- sání}$$

$$C_I = \pm 0,20 \text{ ----- tlak, sání}$$

$$w_{\text{sání,F}}^k = 0,50 \times (-1,28) = -0,64 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$w_{\text{sání,G}}^k = 0,50 \times (-0,84) = -0,42 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$w_{\text{sání,H}}^k = 0,50 \times (-0,70) = -0,35 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$w_{\text{sání,I}}^k = 0,50 \times (\pm 0,20) = \pm 0,10 \text{ kN.m}^{-2}$$

Stabilitní síly :

$$\phi = \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m$$

$$\phi_0 = 1/200$$

$$\alpha_h = 2/\sqrt{h} = 2/(8,00)^{0.5} = 0,707, \quad h = \text{výška konstrukce}$$

$$2/3 \leq \alpha_h \leq 1,00$$

$$0,667 < 0,707 \rightarrow \alpha_h = 0,707$$

$$\alpha_m = [(0,5 \cdot (1+1/m))]^{0.5} = [(0,5 \cdot (1+1/2))]^{0.5} = 0,866$$

m ... počet sloupů v řadě

$$\phi = 1/200 \cdot 0,707 \cdot 0,866 = 0,00306$$

$$\sum V = 2.37,11 + 2.179,92 + 2.69,29 = 572,64 \text{ kN} + \text{rezerva} = 600 \text{ kN}$$

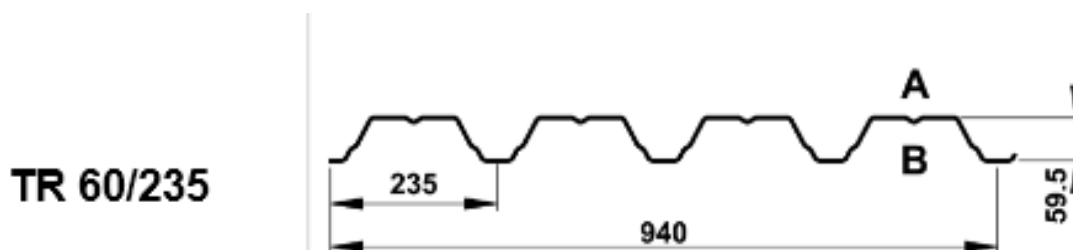
Stabilitní síly pro jednu příčnou vazbu :

$$H_{\text{stab}}^k = \phi \cdot \sum V = 0,00306 \cdot 600 = 1,84 \text{ kN} \quad (\rightarrow)$$

4. Návrh a posouzení střešního plechu TR 60/235 – 0,75 mm :Kombinace : stálé + sníh

$$q^k = 2,30 - 0,17 + 1,40 = 3,53 \text{ kN.m}^{-2}$$

$$q^d = 1,35 \cdot 2,13 + 1,5 \cdot 1,40 = 4,98 \text{ kN.m}^{-2}$$

Navrženo : trapézový plech TR 60/235 – 0,75 mm – pozitivní poloha

Plech navržen jako spojitý o čtyřech a více polích na rozpětí $L = 1000 \text{ mm}$ (osová vzdálenost vaznic dřevěných vaznic).

Pro toto rozpětí navržený trapézový plech vyhoví bez posouzení pro pozitivní i negativní polohu.

Připojení TR plechů do lepených lamelových vazníků :

Trapézové plechy budou do dřevěných vaznic kotveny vždy v každé vlně a to nerezovými samovrtnými šrouby SUPER-SAPHIR (EJOT) s kalenou ocelovou špičkou.

Označení výrobku : šroub JT3-2-6,5x65 E16.

5. Návrh a posouzení dřevěných vaznic podle EC 5 :

Na vaznice bude použito jehličnaté dřevo SM, JD, BO pevnostní třídy C24 podle ČSN EN 338

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa (ohyb)}$$

$$f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa (tlak)}$$

$$f_{t,0,k} = 14,5 \text{ MPa (tah)}$$

$$f_{v,k} = 4,0 \text{ MPa (smyk)}$$

$$E_{0,mean} = 11\,000 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7\,400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg.m}^{-3} \text{ (hustota)}$$

$$\rho_{mean} = 420 \text{ kg.m}^{-3} \text{ (průměrná hodnota hustoty)}$$

$$\gamma_M = 1,30 \text{ (rostlé dřevo)}$$

$$k_{mod} = 0,90 \text{ (třída trvání zatížení - krátkodobé : sníh, vítr)}$$

$$k_{mod} = 0,60 \text{ (třída trvání zatížení - stálé zatížení)}$$

Dřevěné prvky jsou zabudovány ve třídě provozu „1“.

$$\text{potom : } f_d = \frac{k_{mod} * f_k}{\gamma_M}$$

$$\text{osová vzdálenost vaznic : } s = \max. 950 \text{ mm}$$

$$\text{zatěžovací šířka pro spojitý panel o více polích : } b = 1,143 \text{ m}$$

$$\text{rozpětí vaznic : } L = 4,90 - 0,24 = 4,66 \text{ mm}$$

$$g^k + q^k = 2,13.1,143.0,95 + 0,12.0,26.4,2 + 1,40.1,143.0,95 = 3,96 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$g^d + q^d = 2,31.1,135 + 0,131.1,35 + 1,52.1,50 = 5,58 \text{ kN.m}^{-1}$$

$$P^k = 1,00 \text{ kN --- osamělé břemeno}$$

$$P^d = 1,50 \text{ kN --- osamělé břemeno}$$

Vnitřní síly pro návrh (kombinace stálých a nahodilých zatížení) :

$$V_{z, sd} = 5,58.0,5.4,66 + 1,5 = 14,49 \text{ kN (} \downarrow \text{)}$$

$$M_{y, sd} = 16,96 \text{ kNm (stálé + 0,9 (sníh + osamělé břemeno))}$$

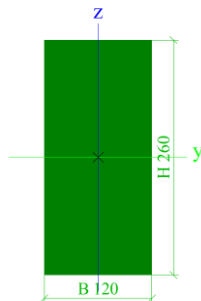
$$M_{y, sd} = 15,23 \text{ kNm (stálé + sníh)}$$

$$\text{Sklon : } \alpha = 2,73^\circ$$

$$\cos 2,73^\circ = 0,9989 \cong 1,00$$

$$\sin 2,73^\circ = 0,048 \text{ --- zanedbávám !!!}$$

Navrženo : $b \times h = 120 \times 260$ --- pevnostní třída C24



$$I_y = 175,76.10^6 \text{ mm}^4$$

$$A = 120.260 = 31\,200 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 1,352.10^6 \text{ mm}^3$$

Únosnost v ohybu :

$$\sigma_{m, y, d} = M_{y, sd} / W_y = 16,96.10^6 / 1,352.10^6 = 12,54 \text{ MPa}$$

$$f_{m, y, d} = k_{mod} \cdot (f_{m, k} / \gamma_M) = 0,90.24 / 1,30 = 16,62 \text{ MPa}$$

Redukce $f_{m, d}$ s ohledem na klopení :

$$L_{ef} = 0,9.L + 2.h = 0,9.4660 + 2.260 = 4714 \text{ mm}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}, E_{0,mean} = 11\,000 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}, f_{m, k} = 24 \text{ MPa}, b = 140 \text{ mm}, h = 260 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m, crit} = [(0,78.b^2) / h.L_{ef}] \cdot E_{0,05} = [(0,78.120^2) / 260.4714] \cdot 7400$$

$$\sigma_{m, crit} = 67,82 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel, m} = (f_{m, k} / \sigma_{m, crit})^{0.5} = (24 / 67,82)^{0.5} = 0,595 < 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1,00$$

$$\sigma_{m, y, d} / f_{m, y, d} < 1,00$$

$$12,54 / 16,62 = 0,755 < 1,00$$

Smyková únosnost :

$$V_{z, sd} = 14,49 \text{ kN}$$

$$k_{cr} = 0,67 \text{ --- pro rostlé dřevo}$$

$$\tau_{v,z,d} = 1,5 \cdot 14\,490 / 0,67 \cdot 120 \cdot 260 = 1,04 \text{ MPa}$$

$$f_{v,z,d} = k_{mod} \cdot (f_{v,k} / \gamma_M) = 0,90 \cdot 4\,000 / 1,30 = 2,77 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,z,d} / f_{v,z,d} = 1,04 / 2,77 = 0,375 < 1,00$$

Posouzení průhybu :

$$U_{1, inst} = (5 \cdot 2\,444 \cdot 4660^4 / 384 \cdot 11000 \cdot 175 \cdot 76 \cdot 10^6) = 7,76 \text{ mm --- stálé zatížení}$$

$$U_{2, inst} = (5 \cdot 1\,60 \cdot 4700^4 / 384 \cdot 11000 \cdot 175 \cdot 76 \cdot 10^6) = 5,08 \text{ mm --- zatížení sněhem}$$

$$U_{2, inst} = 7,76 + 5,08 \text{ mm} = 12,84 \text{ mm} \leq 4660 / 250 = 18,64 \text{ mm}$$

$$k_{1, def} = k_{2, def} = 0,60 \text{ --- pro třídu provozu 1}$$

$$\psi_{2,1} = 0 \text{ --- pro zatížení sněhem}$$

Konečný (čistý) průhyb od stálého a proměnného zatížení :

$$w_{net, fin} = w_{1, inst} \cdot (1 + k_{1, def}) + w_{2, inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{2, def})$$

$$w_{net, fin} = 7,76 \cdot (1 + 0,6) + 5,08 \cdot (1 + 0,00 \cdot 0,6) = 17,50 \text{ mm}$$

$$w_{net, fin} = 17,50 \text{ mm} \leq L / 250 = 4\,660 / 250 = 18,64 \text{ mm}$$

Poměr průhybu od posouvající síly :

$$w_v / w_M = 0,96 \cdot E / G \cdot (h / L)^2$$

$$w_v = [0,96 \cdot E / G \cdot (h / L)^2] \cdot w_M$$

$$w_v = [0,96 \cdot 11000 / 690 \cdot (260 / 4660)^2] \cdot w_M = 0,048 \cdot w_M$$

Konečný průhyb s uvažováním posouvajících sil:

$$w_{net, fin} = 1,048 \cdot 17,50 \text{ mm} = 18,34 \text{ mm} < L / 250 = 4\,660 / 250 = 18,64 \text{ mm}$$

Vnitřní síly pro návrh (vlastní tíha a stálé zatížení) :

$$V_{z,Sd} = 3,30 \cdot 0,5 \cdot 4,66 = 7,69 \text{ kN (} \downarrow \text{)}$$

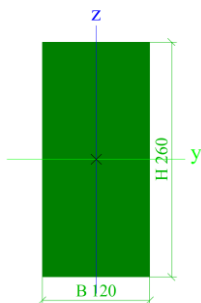
$$M_{y,Sd} = 8,96 \text{ kNm}$$

$$\text{Sklon : } \alpha = 2,73^\circ$$

$$\cos 2,73^\circ = 0,9989 \cong 1,00$$

$$\sin 2,73^\circ = 0,048 \text{ --- zanedbávám !!!}$$

Navrženo : $b \times h = 120 \times 260$ --- pevnostní třída C24



$$I_y = 175,76 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A = 120 \cdot 260 = 31\,200 \text{ mm}^2$$

$$W_y = 1,352 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

Únosnost v ohybu :

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,Sd} / W_y = 8,96 \cdot 10^6 / 1,352 \cdot 10^6 = 6,63 \text{ MPa}$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot (f_{m,k} / \gamma_M) = 0,60 \cdot 24 / 1,30 = 11,08 \text{ MPa}$$

Redukce $f_{m,d}$ s ohledem na klopení :

$$L_{ef} = 0,9 \cdot L + 2 \cdot h = 0,9 \cdot 4660 + 2 \cdot 260 = 4714 \text{ mm}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}, E_{0,mean} = 11\,000 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}, f_{m,k} = 24 \text{ MPa}, b = 140 \text{ mm}, h = 260 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = [(0,78 \cdot b^2) / (h \cdot L_{ef})] \cdot E_{0,05} = [(0,78 \cdot 120^2) / (260 \cdot 4714)] \cdot 7400$$

$$\sigma_{m,crit} = 67,82 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} = (24 / 67,82)^{0.5} = 0,595 < 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1,00$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} < 1,00$$

$$6,63 / 11,08 = 0,598 < 1,00$$

Smyková únosnost :

$$V_{z,Sd} = 7,69 \text{ kN}$$

$$k_{cr} = 0,67 \text{ --- pro rostlé dřevo}$$

$$\tau_{v,z,d} = 1,5 \cdot 7690 / 0,67 \cdot 120 \cdot 260 = 0,55 \text{ MPa}$$

$$f_{v,z,d} = k_{mod} \cdot (f_{v,k} / \gamma_M) = 0,60 \cdot 400 / 1,30 = 1,85 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,z,d} / f_{v,z,d} = 0,55 / 1,85 = 0,297 < 1,00$$

6. Návrh a posouzení lepené lamelové příčle podle EC 5 :

Posouzení bude provedeno dle ČSN EN 1995-1-1 : Navrhování dřevěných konstrukcí, Část 1-1 : Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Materiál :

- lepené lamelové dřevo, třída pevnosti GL 28h podle ČSN EN 14080
- tloušťka lamel lepeného prvku $t = 40 \text{ mm}$

$$f_{m,g,k} = 28 \text{ MPa (ohyb)}$$

$$f_{c,0,g,k} = 28 \text{ MPa (tlak)}$$

$$f_{c,90,g,k} = 2,5 \text{ MPa (tlak kolmo k vláknům)}$$

$$f_{t,0,g,k} = 22,4 \text{ MPa (tah)}$$

$$f_{t,90,g,k} = 0,50 \text{ MPa (tah kolmo k vláknům)}$$

$$f_{v,g,k} = 3,5 \text{ MPa (smyk)}$$

$$E_{0,mean,g} = 12\,600 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05,g} = 10\,500 \text{ MPa}$$

$$G_{mean,g} = 650 \text{ MPa}$$

$$\rho_{g,k} = 425 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$\rho_{g,mean} = 460 \text{ kg.m}^{-3}$$

Parciální součinitele spolehlivosti zatížení :

$$\gamma_M = 1,25 \text{ pro lepené lamelové dřevo}$$

$$1,30 \text{ pro ocel používanou ve spojích}$$

Modifikační koeficient v závislosti na třídě provozu :

$$k_{mod} = 0,9 \text{ pro třídu provozu 1,2 a kombinaci stálého a krátkodobého zatížení - zatížením sněhem}$$

$$k_{mod} = 0,60 \text{ (třída trvání zatížení - stálé zatížení)}$$

$$\text{Potom : } f_d = \frac{k_{mod} \cdot f_k}{\gamma_M}$$

$$L = 28,50 \text{ m --- rozpětí}$$

$$h_{ap} = 2080 \text{ mm --- výška ve vrcholu}$$

$$\alpha_{ap} = 2,73^\circ \text{ (} 4,78 \% \text{) --- úhel náběhu}$$

$$b = 240 \text{ mm --- šířka}$$

$$h_0 = 1400 \text{ mm --- výška v uložení}$$

$$h_{ap}/r = 0$$

Nosník je zajištěn proti příčné a torzní nestabilitě po 2,0 m.

Vnitřní síly pro kombinaci zatížení stálého a nahodilého :Vnitřní síly pro návrh - vrchol vazníku :

$$N_{x,sd} = 52,82 \text{ kN} \text{ ---- zanedbatelné}$$

$$V_{z,sd} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{y,sd} = 1947,84 \text{ kNm}$$

Vnitřní síly pro návrh - 9,551 m od podpory :

$$x = 28,38.1,40/2.2,08 = 9,551 \text{ m}$$

$$N_{x,sd} = 52,82 \text{ kN} \text{ ---- zanedbatelné}$$

$$V_{z,sd} = 102,87 \text{ kN}$$

$$M_{y,sd} = 1710,73 \text{ kNm} , h_x = 1858 \text{ mm}$$

Vnitřní síly pro návrh u podpory :

$$N_{x,sd} = 50,47 \text{ kN} \text{ ---- zanedbatelné}$$

$$V_{z,sd} = 318,22 \text{ kN}$$

$$M_{y,sd} = 265,33 \text{ kNm} , h_x = 1400 \text{ mm}$$

Vnitřní síly pro vlastní tíhu a stálé zatížení :Vnitřní síly pro návrh - vrchol vazníku :

$$N_{x,sd} = 42,24 \text{ kN} \text{ ---- zanedbatelné}$$

$$V_{z,sd} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{y,sd} = 1582,26 \text{ kNm}$$

Vnitřní síly pro návrh - 9,551 m od podpory :

$$x = 28,38.1,40/2.2,08 = 9,551 \text{ m}$$

$$N_{x,sd} = 42,24 \text{ kN} \text{ ---- zanedbatelné}$$

$$V_{z,sd} = 84,29 \text{ kN}$$

$$M_{y,sd} = 1387,75 \text{ kNm} , h_x = 1858 \text{ mm}$$

Vnitřní síly pro návrh u podpory :

$$N_{x,sd} = 42,24 \text{ kN} \text{ ---- zanedbatelné}$$

$$V_{z,sd} = 251,99 \text{ kN}$$

$$M_{y,sd} = 210,16 \text{ kNm} , h_x = 1400 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost v ohybu :

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot (f_{m,g,k} / \gamma_M) = 0,90.28/1,25 = 20,16 \text{ MPa}$$

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot (f_{m,g,k} / \gamma_M) = 0,60.28/1,25 = 13,44 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost ve smyku

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot (f_{v,g,k} / \gamma_M) = 0,90.3,50/1,25 = 2,52 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot (f_{v,g,k} / \gamma_M) = 0,60.3,50/1,25 = 1,68 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost v tlaku kolmo k vláknům :

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} \cdot (f_{c,90,g,k} / \gamma_M) = 0,90.2,50/1,25 = 1,80 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} \cdot (f_{c,90,g,k} / \gamma_M) = 0,60.2,50/1,25 = 1,20 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost v tahu kolmo k vláknům :

$$f_{t,90,g,d} = k_{mod} \cdot (f_{t,90,g,k} / \gamma_M) = 0,90.0,50/1,25 = 0,36 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,g,d} = k_{mod} \cdot (f_{t,90,g,k} / \gamma_M) = 0,60.0,50/1,25 = 0,24 \text{ MPa}$$

Posouzení pro kombinaci stálého a nahodilého zatížení :Posouzení smyku :

$$V_{z, sd} = 318,22 \text{ kN}$$

$$k_{cr} = 0,67 \text{ --- pro lepené lamelové dřevo}$$

$$\tau_{v, z, d} = 1,5 \cdot 318 \cdot 220 / 0,67 \cdot 240 \cdot 1400 = 2,12 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v, z, d} / f_{v, z, d} = 2,12 / 2,52 = 0,841 < 1,00$$

Posouzení nosníku 9,551 m od podpory :

$$M_{y, sd} = 1710,73 \text{ kNm} , h_x = 1858 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m, 0, d} = (1 + 4 \cdot \operatorname{tg}^2 2,73^\circ) \cdot (6 \cdot M_{y, sd} / b \cdot h_x^2) < f_{m, g, d}$$

$$\sigma_{m, 0, d} = 1,0091 \cdot 6 \cdot 1710,73 \cdot 10^6 / (240 \cdot 1858^2) = 12,50 \text{ MPa} < 20,16 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m, \alpha, d} = (1 - 4 \cdot \operatorname{tg}^2 2,73^\circ) \cdot (6 \cdot M_{y, sd} / b \cdot h_x^2) < f_{m, \alpha, d}$$

$$f_{m, \alpha, d} = 20,16 / [(20,16 / 1,80) \cdot 0,00269 + 0,998] = 19,61 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m, \alpha, d} = 0,991 \cdot 6 \cdot 1710,73 \cdot 10^6 / 240 \cdot 1858^2 = 12,28 \text{ MPa} < 19,61 \text{ MPa}$$

Posouzení nosníku ve vrcholu :

$$M_{y, sd} = 1947,84 \text{ kNm} , h_{ap} = 2080 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m, d} = k_1 \cdot (6 \cdot M_{y, sd} / b \cdot h_{ap}^2) < k_r \cdot f_{m, g, d}$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap} = k_1 = 1 + 1,4 \operatorname{tg} 2,73^\circ + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^2 2,73^\circ = 1,069$$

$$k_1 = 1 + 0,0668 + 0,0123 = 1,079$$

$$k_r = 1,00$$

$$\sigma_{m, d} = 1,079 \cdot 6 \cdot 1947,84 \cdot 10^6 / 240 \cdot 2080^2 = 12,15 \text{ MPa} < 20,16 \text{ MPa}$$

Tah kolmo k vláknům ve vrcholu :

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} \cdot (V_0/V)^{0.2} \cdot f_{t,90,g,d}$$

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_p \cdot (6 \cdot M_{y,sd} / b \cdot h_{ap}^2)$$

$$k_{dis} = 1,40, \quad V_0 = 0,01 \text{ m}^3$$

$$V = b \cdot h_{ap} (2 \cdot h_{ap} - 0,5 \cdot h_{ap} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap}) / 2 = 0,24 \cdot 2,08 \cdot (2 \cdot 2,08 - 0,5 \cdot 2,08 \cdot \operatorname{tg} 2,73^\circ) / 2$$

$$V = 1,026 \text{ m}^3$$

$$k_p = k_s = 0,2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} = 0,2 \cdot \operatorname{tg} 2,73^\circ = 0,00954$$

$$k_{dis} \cdot (V_0/V)^{0.2} \cdot f_{t,90,g,d} = 1,40 \cdot (0,01/1,026)^{0.2} \cdot 0,36 = 0,200 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,90,d} = 0,00954 \cdot 6 \cdot 1947,84 \cdot 10^6 / 240 \cdot 2080^2 = 0,107 \text{ MPa} < 0,200 \text{ MPa}$$

Protože ve vrcholu je nulová posouvající síla, není nutné provést posouzení pro kombinaci smyku a tahu kolmo k vláknům.

Posouzení průhybu :

$$U_{1,inst} = 9,80 + 55,75 = 65,55 \text{ mm} \quad \text{--- vlastní váha + stálé zatížení}$$

$$U_{2,inst} = 22,68 \text{ mm} \quad \text{--- zatížení sněhem}$$

$$U_{2,inst} = 65,55 + 22,68 \text{ mm} = 88,23 \text{ mm} \leq 28 \cdot 380/300 = 94,60 \text{ mm}$$

$$k_{1,def} = k_{2,def} = 0,60 \quad \text{--- pro třídu provozu 1}$$

$$\psi_{2,1} = 0 \quad \text{--- pro zatížení sněhem}$$

Konečný (čistý) průhyb od stálého a proměnného zatížení :

$$w_{net,fin} = w_{1,inst} \cdot (1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{2,def})$$

$$w_{net,fin} = 65,55 \cdot (1 + 0,6) + 22,68 \cdot (1 + 0,00 \cdot 0,6) = 127,56 \text{ mm}$$

$$w_{net,fin} = 127,56 \text{ mm} \leq L/250 = 28 \cdot 380/200 = 141,90 \text{ mm}$$

Posouzení pro vlastní tíhu a stálé zatížení :Posouzení smyku :

$$V_{z, Sd} = 251,99 \text{ kN}$$

$$k_{cr} = 0,67 \text{ --- pro lepené lamelové dřevo}$$

$$\tau_{v,z,d} = 1,5.251\,990/0,67.240.1400 = 1,68 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,z,d}/f_{v,z,d} = 1,68/1,68 = 1,00 \leq 1,00$$

Posouzení nosníku 9,551 m od podpory :

$$M_{y, Sd} = 1387,75 \text{ kNm} , h_x = 1858 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,0,d} = (1 + 4 \cdot \text{tg}^2 2,73^\circ) \cdot (6 \cdot M_{y, Sd} / b \cdot h_x^2) < f_{m,g,d}$$

$$\sigma_{m,0,d} = 1,0091 \cdot 6 \cdot 1387,75 \cdot 10^6 / (240 \cdot 1858^2) = 10,14 \text{ MPa} < 13,44 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = (1 - 4 \cdot \text{tg}^2 2,73^\circ) \cdot (6 \cdot M_{y, Sd} / b \cdot h_x^2) < f_{m,\alpha,d}$$

$$f_{m,\alpha,d} = 13,44 / [(13,44/1,20) \cdot 0,00269 + 0,998] = 13,01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} = 0,991 \cdot 6 \cdot 1387,775 \cdot 10^6 / 240 \cdot 1858^2 = 9,96 \text{ MPa} < 13,01 \text{ MPa}$$

Posouzení nosníku ve vrcholu :

$$M_{y, Sd} = 1582,26 \text{ kNm} , h_{ap} = 2080 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,d} = k_1 \cdot (6 \cdot M_{y, Sd} / b \cdot h_{ap}^2) < k_r \cdot f_{m,g,d}$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \text{tg} \alpha_{ap} + 5,4 \cdot \text{tg}^2 \alpha_{ap} = k_1 = 1 + 1,4 \text{tg} 2,73^\circ + 5,4 \cdot \text{tg}^2 2,73^\circ = 1,069$$

$$k_1 = 1 + 0,0668 + 0,0123 = 1,079$$

$$k_r = 1,00$$

$$\sigma_{m,d} = 1,079 \cdot 6 \cdot 1582,26 \cdot 10^6 / 240 \cdot 2080^2 = 9,87 \text{ MPa} < 13,44 \text{ MPa}$$

Tah kolmo k vláknům ve vrcholu :

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_{dis} \cdot (V_0/V)^{0.2} \cdot f_{t,90,g,d}$$

$$\sigma_{t,90,d} \leq k_p \cdot (6 \cdot M_{y,sd} / b \cdot h_{ap}^2)$$

$$k_{dis} = 1,40, \quad V_0 = 0,01 \text{ m}^3$$

$$V = b \cdot h_{ap} (2 \cdot h_{ap} - 0,5 \cdot h_{ap} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap}) / 2 = 0,24 \cdot 2,08 \cdot (2 \cdot 2,08 - 0,5 \cdot 2,08 \cdot \operatorname{tg} 2,73^\circ) / 2$$

$$V = 1,026 \text{ m}^3$$

$$k_p = k_s = 0,2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} = 0,2 \cdot \operatorname{tg} 2,73^\circ = 0,00954$$

$$k_{dis} \cdot (V_0/V)^{0.2} \cdot f_{t,90,g,d} = 1,40 \cdot (0,01/1,026)^{0.2} \cdot 0,24 = 0,133 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,90,d} = 0,00954 \cdot 6 \cdot 1582,26 \cdot 10^6 / 240 \cdot 2080^2 = 0,087 \text{ MPa} < 0,133 \text{ MPa}$$

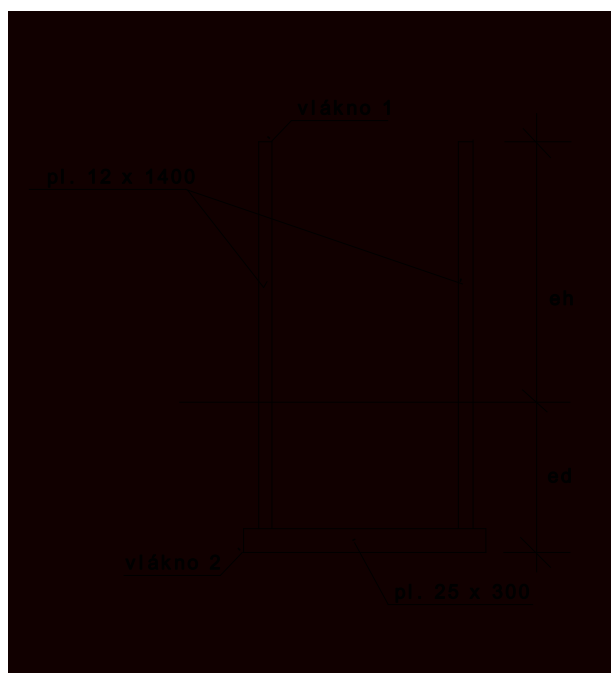
Protože ve vrcholu je nulová posouvající síla, není nutné provést posouzení pro kombinaci smyku a tahu kolmo k vláknům.

7. Návrh a posouzení sedla z plechů tl. 12 mm podle EC 3 - ocel S 235 :

$$N_{x, sd} = 50,47 \text{ kN} \text{ ---- zanedbatelné}$$

$$V_{z, sd} = 318,22 \text{ kN}$$

$$M_{y, sd} = 265,33 + 318,22 \cdot 0,70 = 488,08 \text{ kNm} , h_x = 1400 \text{ mm}$$



$$I_y = 8,601 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$e_h = 830,02 \text{ mm}, \quad e_d = 594,98 \text{ mm},$$

$$W_{y, el, h} = 10,362 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$W_{y, el, d} = 14,456 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_1 = M_{y, sd} / W_{y, el, h} = 488,08 / 10,362 = +47,10 \text{ MPa} \text{ ---- tah}$$

$$\sigma_2 = (M_{y, sd} / I_y) \cdot (e_d - 25) = (488,08 \cdot 10^6 / 8,601 \cdot 10^9) \cdot (594,98 - 25)$$

$$\sigma_2 = -32,34 \text{ MPa} \text{ --- tlak}$$

$$\psi = \sigma_2 / \sigma_1 = -32,34 / (+47,10) = -0,687$$

$$c/t = 1400/12 = 116,67 < 124 \cdot \varepsilon = 124 \quad (\varepsilon = 1,00 \text{ pro ocel S 235})$$

pro posouzení ohybu se jedná o třídu průřezu „3“

$$\sigma_1 = M_{y,Ed}/W_{y,el,h} = 488,08/10,362 = 47,10 \text{ MPa} \ll f_{y,d} = 235,0 \text{ MPa}$$

Posouzení smyku :

$$V_{Ed}/V_{c,Rd} \leq 1,00$$

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot [f_y / (3)^{0.5}] / \gamma_{M0} = 2.12,0 \cdot 1400 \cdot 235 / (1,732 \cdot 1,0) = 4\,558\,758 \text{ N}$$

$$V_{c,Rd} = 4\,558,76 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}/V_{c,Rd} = 318,22/4558,76 = 0,070 \ll 1,00$$

8. Návrh a posouzení momentového přípoje vazníku ke sloupu HE320B :Vnitřní síly pro přípoj dřevěného lepeného vazníku :

$$N_{x,sd} = 50,47 \text{ kN}$$

$$V_{z,sd} = 318,22 \text{ kN}$$

$$M_{y,sd} = 265,33 \text{ kNm}$$

Spojovací prostředky : ocelové svorníky Ø 20 - třída 5.6Hodnoty torzní pružinové tuhosti (dřevo - dřevo) :

$$K_{r,ser,d} = K_{ser} \cdot (n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2) \text{ --- přetvoření}$$

$$K_{ser} = \rho_k^{1.5} \cdot d/23 = 425^{1.5} \cdot 20/23 = 7\,619$$

$$K_{r,ser,d} = 7\,619 \cdot (32.620^2 + 27.520^2) = 149,345 \cdot 10^9 \text{ Nmm/rad} = 149,35 \text{ MNm/rad}$$

$$K_{r,u,d} = 2/3 \cdot K_{r,ser,d} = 2/3 \cdot 149,35 = 99,57 \text{ MNm/rad -- únosnost a stabil. spoje}$$

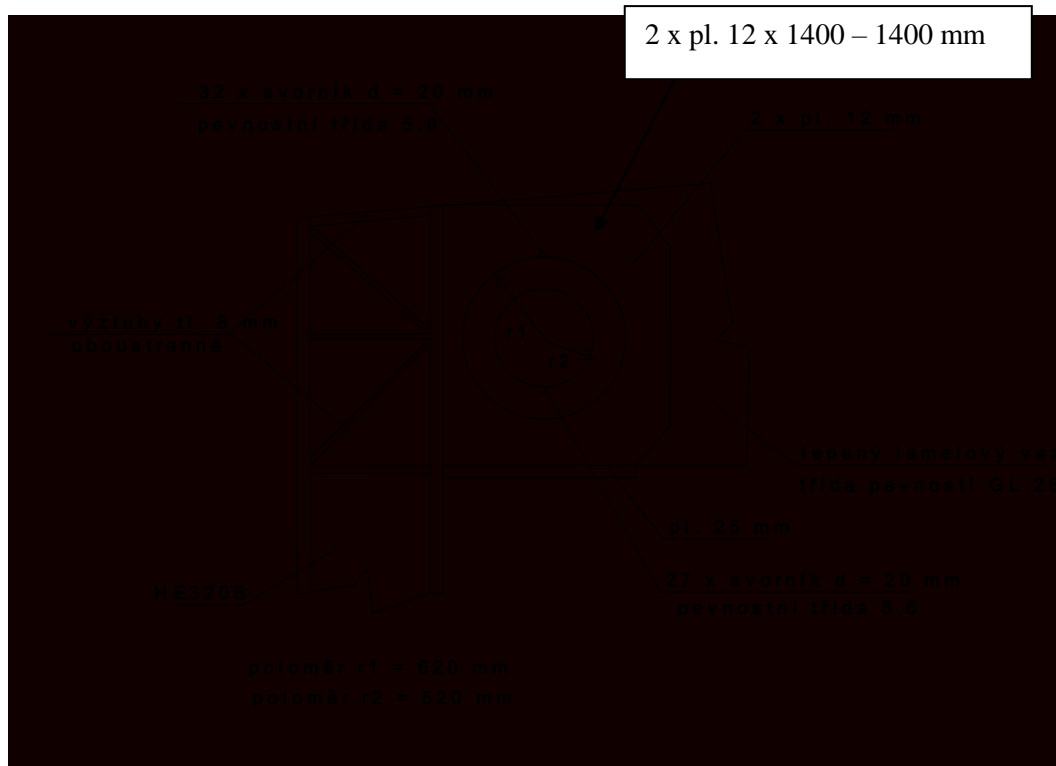
Hodnoty torzní pružinové tuhosti (ocel - dřevo) :

$$K_{r,ser,d} = K_{ser} \cdot (n_1 \cdot r_1^2 + n_2 \cdot r_2^2)$$

$$K_{ser,ocel-dřevo} = 2 \cdot K_{ser}$$

$$K_{r,ser,d-o} = 2 \cdot 149,35 = 298,70 \text{ MNm/rad --- přetvoření}$$

$$K_{r,u,d-o} = 2/3 \cdot K_{r,ser,d-o} = 2/3 \cdot 298,70 = 199,13 \text{ MNm/rad --- únosnost a stabilita}$$



Vnější poloměr svorníkového spoje :

$$r_1 \leq 0,5 \cdot h_0 - 4 \cdot d = 0,5 \cdot 1400 - 4 \cdot 20 = 620 \text{ mm} \rightarrow \text{zvoleno } r_1 = 620 \text{ mm}$$

vnitřní poloměr svorníkového spoje :

$$r_2 \leq r_1 - 5 \cdot d = 620 - 5 \cdot 20 = 520 \text{ mm}$$

maximální počet svorníků v mezikruží :

$$n_1 \leq 2 \cdot r_1 \cdot \pi / 6 \cdot d = 2 \cdot 620 \cdot 3,14 / 120 = 32,46 \rightarrow 32 \text{ kusů}$$

$$n_2 \leq 2 \cdot r_2 \cdot \pi / 6 \cdot d = 2 \cdot 520 \cdot 3,14 / 120 = 27,22 \rightarrow 27 \text{ kusů}$$

zatížení svorníku od momentu $M_{y,Sd}$:

$$F_M = (620 \cdot 265,33 \cdot 10^6) / (32 \cdot 620^2 + 27 \cdot 520^2) = 8\,392 \text{ N} = 8,39 \text{ kN}$$

Zatížení svorníku od posouvající síly $V_{z,Sd}$:

$$F_V = 318\,220 / (32 + 27) = 5\,394 \text{ N} = 5,39 \text{ kN}$$

Zatížení o normálové síly :

$$F_N = 50\,470 / (32 + 27) = 855 \text{ N} = 0,86 \text{ kN}$$

Celkové zatížení svorníku :

$$F_{\text{celk.}} = [(8,39 + 5,39)^2 + 0,86^2]^{0.5} = 13,81 \text{ kN}$$

Největší hodnota posouvající síly v oblasti spoje :

$$F_{v, \text{sd}} = V_M - V_{z, \text{sd}} / 2$$

$$V_M = [265,33 \cdot 10^6 / \pi] \cdot [(32 \cdot 620 + 27 \cdot 520) / (32 \cdot 620^2 + 27 \cdot 520^2)]$$

$$V_M = 145\,978 \text{ N} = 145,98 \text{ kN}$$

$$F_{v, \text{d, p}} = 145,98 - 318,22 / 2 = -13,13 \text{ kN}$$

Únosnost svorníků :

$$f_{h, 0, \text{d}} = (k_{\text{mod}} / \gamma_M) \cdot 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_{k, 2} = (0,9 / 1,30) \cdot 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 20) \cdot 425$$

$$f_{h, 0, \text{d}} = 19,30 \text{ MPa}$$

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

Úhel mezi zatížením a vlákny dřeva :

$$\alpha_2 = \arctg[(F_M + F_v) / F_N] = \arctg[(8,39 + 5,39) / 0,86] = 86,43^\circ$$

$$\alpha_1 = \pi / 2 + \alpha - \alpha_2 = 180 / 2 + 2,73 - 86,43 = 6,30^\circ$$

pevnost v otlačení :

$$f_{h, 1, \text{d}} = f_{h, 0, \text{d}} / (k_{90} \cdot \sin^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_1) = 19,30 / (1,65 \cdot 0,012 + 0,988) = 19,15 \text{ MPa}$$

$$f_{h, 2, \text{d}} = f_{h, 0, \text{d}} / (k_{90} \cdot \sin^2 \alpha_2 + \cos^2 \alpha_2) = 19,30 / (1,65 \cdot 0,996 + 0,0039) = 11,72 \text{ MPa}$$

$$\beta = f_{h, 2, \text{d}} / f_{h, 1, \text{d}} = 11,72 / 19,15 = 0,615$$

plastický moment únosnosti

$$M_{y, \text{d}} = 0,3 \cdot f_{u, k} \cdot d^{2.6} / \gamma_M = 0,3 \cdot 500 \cdot 20^{2.6} / 1,30 = 278\,500 \text{ Nmm}$$

Návrhová únosnost jednoho stříhu svorníku ve dvojstřížných spojích s oběma vnějšími prvky z ocelových desek $t_1 = 12 \text{ mm}$

$$t_1 = 12 \text{ mm} > 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 20 = 10 \text{ mm}$$

$$t_2 = 240 \text{ mm}$$

$$R_D = 0,5 \cdot f_{h,2,d} \cdot t_2 \cdot d = 0,5 \cdot 11,72 \cdot 240 \cdot 20 = 28\,128 \text{ N} = 28,13 \text{ kN}$$

$$= 2,30 \cdot (2 \cdot M_{y,d} \cdot f_{h,2,d} \cdot d)^{0,5} \rightarrow (\text{ pro tlusté desky })$$

$$= 2,30 \cdot (2 \cdot 278\,500 \cdot 11,72 \cdot 20)^{0,5} = 26\,281 \text{ N} = 26,28 \text{ kN}$$

$$= 1,15 \cdot (2 \cdot M_{y,d} \cdot f_{h,2,d} \cdot d)^{0,5} \rightarrow (\text{ pro tenko desky })$$

$$= 1,15 \cdot (2 \cdot 278\,500 \cdot 11,72 \cdot 20)^{0,5} = 13\,140 \text{ N} = 13,14 \text{ kN}$$

$$R_d = 13,14 + (26,28 - 13,14) \cdot 2/10 = 15,77 \text{ kN}$$

posouzení únosnosti spojovacího prostředku :

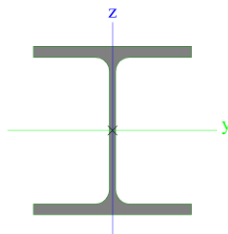
$$2(\min. R_d) = 2 \cdot 15,77 = 31,54 \text{ kN} > F_{\text{celk.}} = 13,81 \text{ kN} \text{ ---- vyhovuje}$$

posouzení smykového napětí v oblasti svorníkového spoje

$$f_{v,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot (f_{v,g,k}/\gamma_M) = 0,90 \cdot 3,50/1,25 = 2,52 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} = 1,5 \cdot F_{v,d,p}/(0,67 \cdot t_2 \cdot h_0) = 1,5 \cdot 13\,130/(0,67 \cdot 240 \cdot 1400) = 0,087 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d}/f_{v,g,d} = 0,087/2,52 = 0,035 < 1,00$$

9. Návrh a posouzení sloupů podle ČSN EN 1993-1-1 :**Sloupy příčné vazby : HE320B (ocel S235JR)**

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ-Sada B (auto)

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: B1..B4, B7, B8

Filtr: Průřez = CS1 - HE320B

Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B1	0.000 / 0.450 m	HE320B	S 235	MSÚ-Sada B (auto)	0.72 -
-----------------	------------------------	---------------	--------------	--------------------------	---------------

Klíč kombinace
MSÚ-Sada B (auto) / 1.15*ZS1 + 1.15*ZS2 + 1.50*ZS3

Dílčí souč. spolehlivosti	
γ_{M0} pro únosnost průřezu	1.00
γ_{M1} pro stabilitu	1.00
γ_{M2} pro únosnost čistého průřezu	1.25

Materiál			
Mez kluzu	f_y	235.0	MPa
Pevnost v tahu	f_u	360.0	MPa
Výroba		Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI::....**Kritický posudek je na pozici 0.000 m**

Vnitřní síly		Vypočtené	Jednotka
Osová síla	N_{Ed}	-352.98	kN
Smyková síla	$V_{y,Ed}$	0.00	kN
Smyková síla	$V_{z,Ed}$	-52.80	kN
Kroucení	T_{Ed}	0.00	kNm
Ohybový moment	$M_{y,Ed}$	94.57	kNm
Ohybový moment	$M_{z,Ed}$	0.00	kNm

Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	Ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	117	21	-2.41e+04	-2.41e+04								
3	SO	117	21	-2.41e+04	-2.41e+04								
4	I	225	12	-1.26e+04	5.638e+04	-0.22		0.79	19.57	37.65	45.19	66.06	1
5	SO	117	21	6.781e+04	6.781e+04	1.00	0.43	1.00	5.72	9.00	10.00	14.00	1
7	SO	117	21	6.781e+04	6.781e+04	1.00	0.43	1.00	5.72	9.00	10.00	14.00	1

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

Posudek na tlak

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.4 a rovnice (6.9)

Průřezová plocha	A	1.6130e-02	m ²
Tlaková únosnost	$N_{c,Rd}$	3790.55	kN
Jedn. posudek		0.09	-

Posudek ohybového momentu pro M_y

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.5 a rovnice (6.12), (6.13)

Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	2.1490e-03	m ³
Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	505.01	kNm
Jedn. posudek		0.19	-

Posudek smyku pro V_z

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.6 a rovnice (6.17)

Součinitel smykové korekce	η	1.20	
Smyk. plocha	A_v	5.1727e-03	m ²
Plastická smyková únosnost pro V_z	$V_{pl,z,Rd}$	701.82	kN
Jedn. posudek		0.08	-

Posudek na kombinaci ohybu, osově a smykové síly

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.9.1 a rovnice (6.31)

Plastický ohybový moment	$M_{pl,y,Rd}$	505.01	kNm
Jedn. posudek		0.19	-

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.

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

...:POSUDEK STABILITY:...:

Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 0.000 m

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vnitřních a vyčnívajících částí podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 1 & 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	σ_1 [kN/m ²]	σ_2 [kN/m ²]	Ψ [-]	k_σ [-]	α [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	117	21	-2.41e+04	-2.41e+04								
3	SO	117	21	-2.41e+04	-2.41e+04								
4	I	225	12	-1.26e+04	5.638e+04	-0.22		0.79	19.57	37.65	45.19	66.06	1
5	SO	117	21	6.781e+04	6.781e+04	1.00	0.43	1.00	5.72	9.00	10.00	14.00	1
7	SO	117	21	6.781e+04	6.781e+04	1.00	0.43	1.00	5.72	9.00	10.00	14.00	1

Poznámka: Limity klasifikace byly nastaveny podle Semi-Comp+.

Průřez je klasifikován třídou 1

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	7.650	7.650	m
Součinitel vzpěru	k	1.32	0.50	
Vzpěrná délka	l_{cr}	10.103	3.825	m
Kritické Eulerovo zatížení	N_{cr}	6257.60	13088.24	kN
Štíhlost	λ	73.09	50.54	
Poměrná štíhlost	λ_{rel}	0.78	0.54	
Mezní štíhlost	$\lambda_{rel,0}$	0.20	0.20	
Vzpěr. křivka		b	c	
Imperfekce	α	0.34	0.49	
Redukční součinitel	χ	0.74	0.82	
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	2796.46	3113.59	kN

Posudek rovinného vzpěru			
Průřezová plocha	A	1.6130e-02	m ²
Únosnost na vzpěr	$N_{b,Rd}$	2796.46	kN
Jedn. posudek		0.13	-

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 & 6.3.2.3 a rovnice (6.54)

Parametry klopení			
Metoda pro křivku klopení		Alternativní případ	
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	2.1490e-03	m ³
Pružný kritický moment	M_{cr}	1930.58	kNm
Poměrná štíhlost	$\lambda_{rel,LT}$	0.51	
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 M_{cr}			
Délka klopení	l_{LT}	7.650	m
Vliv pozice zatížení		bez vlivu	
Opravný součinitel	k	1.00	
Opravný součinitel	k_w	1.00	
Součinitel momentu na klopení	C_1	2.11	
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	160	mm
Konstanta monosymetrie	β_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	1.6130e-02	m ²
Plastický modul průřezu	$W_{pl,y}$	2.1490e-03	m ³
Návrhová tlaková síla	N_{Ed}	352.98	kN
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	-309.35	kNm
Návrhový ohybový moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	0.00	kNm
Charakteristická tlaková únosnost	N_{Rk}	3790.55	kN
Charakteristická momentová únosnost	$M_{y,Rk}$	505.01	kNm
Redukční součinitel	χ_y	0.74	
Redukční součinitel	χ_z	0.82	
Modifikovaný redukční součinitel	$\chi_{LT,mod}$	1.00	
Interakční součinitel	k_{yy}	0.97	
Interakční součinitel	k_{zy}	0.58	

Maximální moment $M_{y,Ed}$ je odvozen z nosníku B3 pozice 7.200 m.

Maximální moment $M_{z,Ed}$ je odvozen z nosníku B1 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 LT		liniový moment M
Poměr koncových momentů	ψ_{LT}	-0.31
Součinitel ekvivalentního momentu	C_{mLT}	0.48

Posudek (6.61) = $0.13 + 0.59 + 0.00 = 0.72$ -

Posudek (6.62) = $0.11 + 0.35 + 0.00 = 0.47$ -

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	0.450	m
Stojina		nevyztužený	
Výška stojiny	h_w	279	mm
Tloušťka stojiny	t	12	mm
Materiálový součinitel	ε	1.00	
Součinitel smykové korekce	η	1.20	

Ověření ztráty stability od smyku		
Štíhlost stojiny	h_w/t	24.26
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.

Smyková únosnost stěny sloupů HE320B :

$$V_{wp,Rd} = (0,9 \cdot A_v \cdot f_{yd}) / (3)^{0.5} + 4 \cdot M_{pl,f,Rd} / d_s$$

$$A_v = 5177 \text{ mm}^2 \text{ (smyková plocha sloupu HE320B)}$$

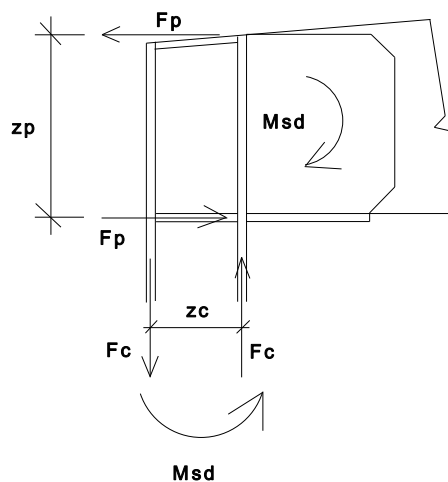
$$f_{y,d} = 235 / 1,00 = 235 \text{ MPa}$$

$$M_{pl,f,Rd} = (b \cdot t_f^2 / 4) \cdot f_{y,d}$$

$$b = 300 \text{ mm} \text{ ----- šířka příruby HE320B}$$

$$t_f = 20,5 \text{ mm} \text{ ----- tloušťka příruby HE320B}$$

$$M_{pl,f,Rd} = (300 \cdot 20,5^2 / 4) \cdot 235 = 7,407 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$$



$$d_s = \min(z_c, z_p)$$

$$z_c = h_c - t_{f,c} = 320 - 20,5 = 299,5 \text{ mm}$$

$$z_p \cong 1400 \text{ mm}$$

$$d_s = z_c = 299,5 \text{ mm}$$

$$V_{wp,Rd} = (0,9 \cdot 5177 \cdot 235) / 1,732 + 4 \cdot 7,407 \cdot 10^6 / 299,5 = 632\,161 + 98\,924$$

$$V_{wp,Rd} = 731\,085 \text{ N} = 731,09 \text{ kN}$$

$$W_{wp,Sd} = \max(F_p, F_c)$$

$$F_p = M_{sd} / z_p = 265,33 / 1,40 = 189,52 \text{ kN}$$

$$F_c = M_{sd} / z_c = 265,33 / 0,2995 = 885,91 \text{ kN}$$

$$W_{wp,Sd} = F_c = 885,91 \text{ kN}$$

$$V_{wp,Rd} \geq W_{wp,Sd} \text{ --- podmínka pro nevyztužený rámový roh}$$

V tomto případě :

$$V_{wp,Rd} = 731,09 \text{ kN} < W_{wp,Sd} = F_c = 885,91 \text{ kN}$$

Výztuhy je nutné navrhnout na obou stranách stěny sloupů !!!

Deformace sloupů HE320B od zatížení větrem :

Lineární výpočet, Extrém : Lokální, Systém : Hlavní

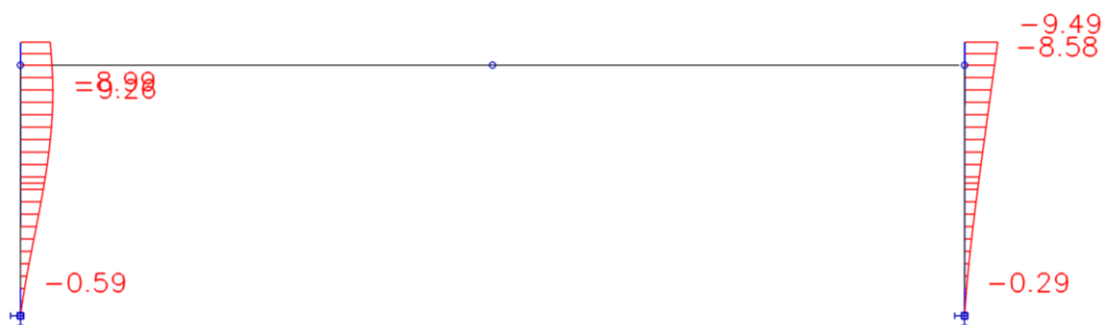
Výběr : B1, B2, B3, B4, B7, B8

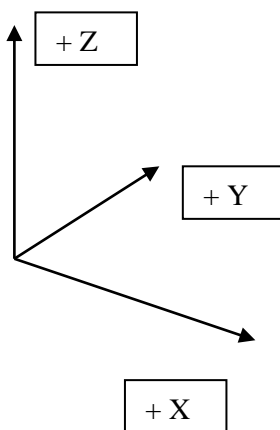
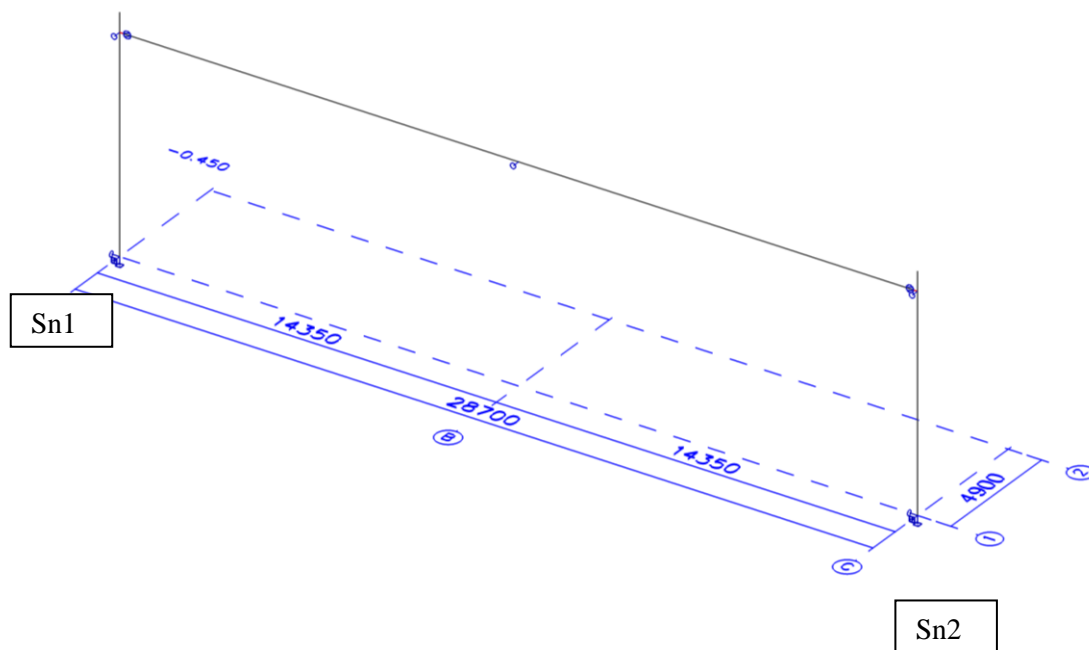
Zatěžovací stavy : ZS4

Průřez : CS1 - HE320B

Dílec	dx [m]	Stav	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	fix [mrad]	fiy [mrad]	fiz [mrad]	Výslednice [mm]
B1	0.450	ZS4	0.00	0.00	-0.59	0.00	1.37	0.00	0.59
B2	0.450	ZS4	0.00	0.00	-0.29	0.00	0.69	0.00	0.29
B3	1.895	ZS4	0.02	0.00	-3.84	0.00	1.81	0.00	3.84
B3	6.442	ZS4	0.06	0.00	-9.26	0.00	-0.08	0.00	9.26
B3	7.200	ZS4	0.07	0.00	-8.99	0.00	-0.68	0.00	8.99
B4	6.063	ZS4	0.05	0.00	-7.12	0.00	1.29	0.00	7.12
B4	7.200	ZS4	0.06	0.00	-8.58	0.00	1.28	0.00	8.58
B7	0.000	ZS4	0.07	0.00	-8.99	0.00	-0.68	0.00	8.99
B8	0.000	ZS4	0.06	0.00	-8.58	0.00	1.28	0.00	8.58
B8	0.700	ZS4	0.06	0.00	-9.49	0.00	1.29	0.00	9.49

$$H/300 = 8550/300 = 27,83 \text{ mm} \geq 9,49 \text{ mm (vyhovuje)}$$



10. Zatížení spodní stavby a návrh kotvení (příčná vazba) :

Zatěžovací stavy – přehled :

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení	Spec	Směr
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	SZ1	Vlastní tíha		-Z
ZS2	Stálé zatížení - střecha	Stálé	SZ1	Standard		
ZS3	Sníh - plný	Proměnné	SZ2 - sníh	Statické	Standard	
ZS4	Vítr + X	Proměnné	SZ3 - vítr	Statické	Standard	
ZS5	Vítr - X	Proměnné	SZ3 - vítr	Statické	Standard	

Poznámka :

Při návrhu spodní stavby je nutné u všech hodnot (v níže uvedených tabulkách) změnit znaménka.

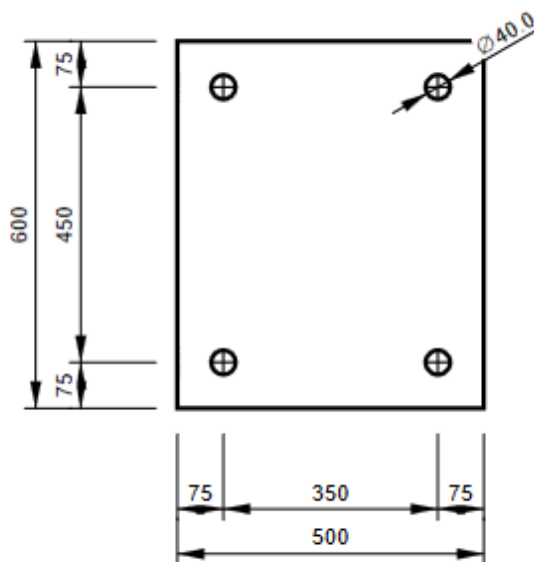
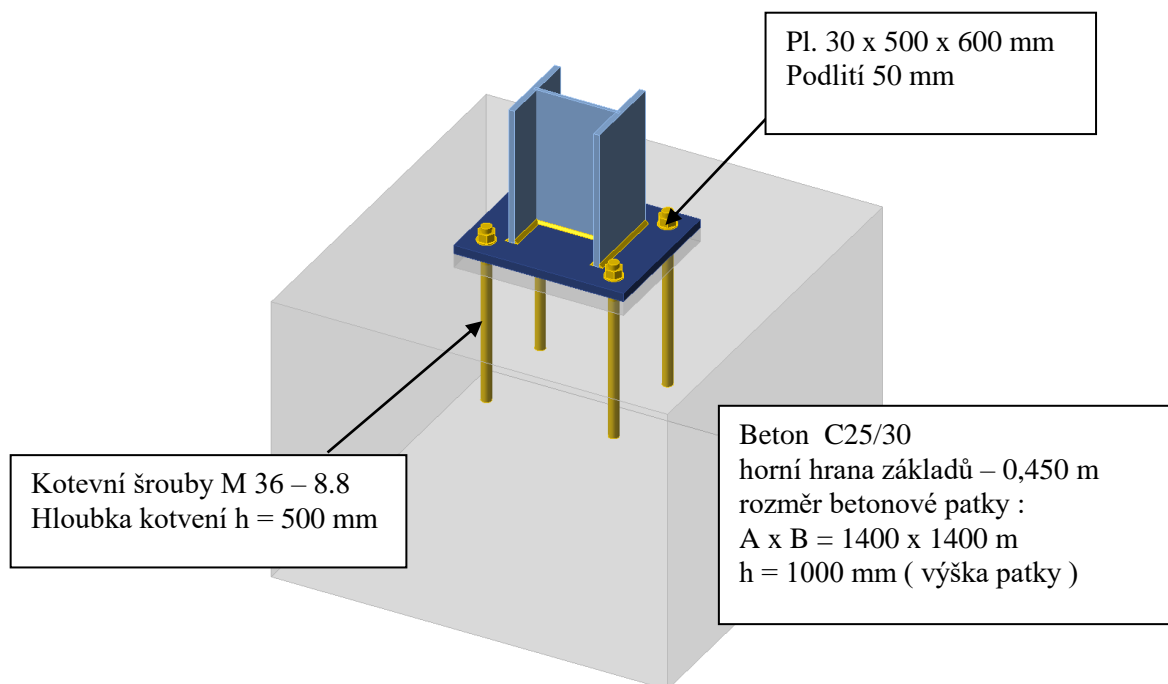
Charakteristické reakce po jednotlivých zatěžovacích stavech :

Lineární výpočet, Extrém : Ne

Výběr : Vše

Třída : Stav

Podpora	Stav	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Sn1/N1	ZS1	4.64	0.00	37.11	0.00	8.14	0.00
Sn1/N1	ZS2	26.65	0.00	179.92	0.00	46.75	0.00
Sn1/N1	ZS3	10.94	0.00	69.29	0.00	19.18	0.00
Sn1/N1	ZS4	-17.09	0.00	-31.26	0.00	-38.51	0.00
Sn1/N1	ZS5	4.64	0.00	-27.20	0.00	18.86	0.00
Sn2/N3	ZS1	-4.64	0.00	37.11	0.00	-8.14	0.00
Sn2/N3	ZS2	-26.65	0.00	179.92	0.00	-46.75	0.00
Sn2/N3	ZS3	-10.94	0.00	69.29	0.00	-19.18	0.00
Sn2/N3	ZS4	-4.64	0.00	-27.20	0.00	-18.86	0.00
Sn2/N3	ZS5	17.09	0.00	-31.26	0.00	38.51	0.00



Materiál

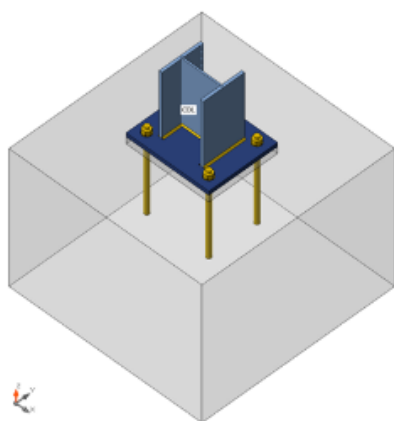
Ocel	S 235
Beton	C25/30

Kotvení sloupů HE320B

Výpočet: Napětí, přetvoření/ zjednodušené zatížení

Nosníky a sloup

Název	Průřez	β – Směr [°]	γ - Sklon [°]	α - Pootočení [°]	Odsazení ex [mm]	Odsazení ey [mm]	Odsazení ez [mm]	Síly v
COL	1 - CON1(HEB320)	0.0	-90.0	0.0	0	0	0	Uzel



Materiál

Ocel	S 235 (EN)
Beton	C25/30 (EN)
Šrouby	M36 8.8

Betonová patka

CB 1		
Rozměry	1400 x 1400	mm
Výška	1000	mm
Kotva	M36 8.8	
Kotevní délka	500	mm
Přenos smykové síly	Kotevní šrouby	
Podlité	50	mm

Účinky zatížení (rovnováha není požadována)

Název	Prvek	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	COL	-329.0	0.0	57.0	0.0	-109.0	0.0
LE2	COL	-353.0	0.0	-53.0	0.0	95.0	0.0

Souhrn

Název	Hodnota	Status
Výpočet	100.0%	OK
Plech	0.0 < 5.0%	OK
Kotvy	88.1 < 100%	OK
Svary	81.7 < 100%	OK
Betonový blok	29.8 < 100%	OK
Boulení	42.19	