

NÁVRH STŘEŠNÍCH NOSNÍKŮ

ZATÍŽENÍ:

1. STÁLÉ

1.1. SKLADBA STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ

Č.	název vrstvy	h (m)	V (m ³)	kN/m ³	kN/m ²	CELKOVÁ kN	
1	VEGETACE TVOŘENÁ TRÁVOU A BYLINAMI	0,00	0,00	-	0,15	-	0,15
2	SUBSTRÁT DEK RNSO 80	0,20	0,20	8,50	-	1,70	-
3	DEKDREN T20 GARDEN	0,00	0,00	-	0,011	-	0,011
4	FILTEK 300	0,00	0,00	-	0,003	-	0,003
5	DEKPLAN 77	0,00	0,00	-	0,025	-	0,025
6	FILTEK 300	0,00	0,00	-	0,003	-	0,003
7	TEPELNÁ IZOLACE EPS200S	0,044	0,044	0,30	-	0,120	-
8	DEKPLAN 77	0,00	0,00	-	0,025	-	0,025
9	OSB DESKA	0,022	0,022	6,00	-	0,132	-
10	OSB DESKA	0,022	0,022	6,00	-	0,132	-
11	SDK PODHLED	0,00	0,00	-	0,300	0,00	0,300

 $g_k = 2,6 \text{ kN}$

2. NAHODILÉ ZATÍŽENÍ

2.1. SNÍH

Sněhová oblast – III. (Příbor) $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ (char. hodnota zatížení sněhem na zemi, tab.) $\mu_i = 0,8$ (tvarový součinitel zatížení sněhem, tab.) $C_e = 1,0$ (součinitel expozice) $C_t = 1,0$ (tepelný součinitel)

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

2.2. ZATÍŽENÍ VĚTREM

Větraná oblast – II. (Příbor) $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$ (charakteristická rychlost větru, tab.) $c_{dir} = 1,0$ (součinitel směru větru) $c_{season} = 1,0$ (součinitel ročního období) $z_0 = 0,3 \text{ m}$ (parametr drsnosti terénu, tab.) $z_{min} = 5 \text{ m}$ (minimální výška, tab.) $z_{max} = 200 \text{ m}$ $z_{o,II} = 0,05 \text{ m}$ (terén kategorie II., tab.) $c_0(z) = 1,0$ (součinitel orografie – horopisu) $c_r(z)$ (součinitel drsnosti terénu)*Základní rychlost větru – v_b*

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 25,0 \text{ m/s}$$

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{o,II}}\right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,215$$

$$e = \min(b; 2h) = \min(54,0; 16,0) \\ \rightarrow e = 16,0$$

$$z_{\min} \leq z \leq z_{\max} \rightarrow 5 \text{ m} \leq 8,0 \text{ m} \leq 200 \text{ m}$$

Podmínka je plněná

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,215 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right) = 0,705$$

Charakteristická střední rychlost větru- $v_m(z)$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,705 \cdot 1,0 \cdot 25,0 = 17,625 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak – $q_p(z)$

$$k_1 = 1,0 \quad (\text{součinitel turbulence})$$

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{měrná hmotnost vzduchu})$$

$$l_v(z) = \frac{k_1}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{8,0}{0,3}\right)} = 0,305$$

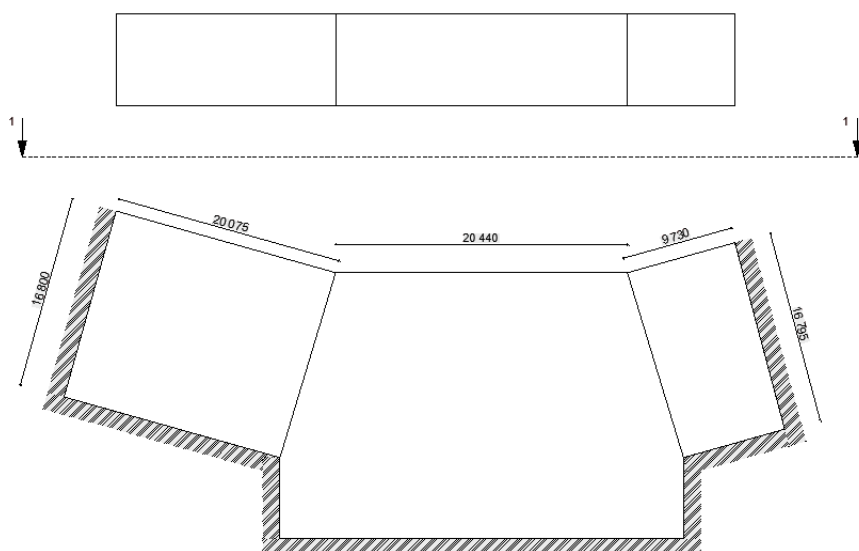
$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot l_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = [1 + 7 \cdot 0,305] \cdot 0,5 \cdot 1,25 \cdot 17,625^2 = 608,66 \text{ N/m}^2 = 0,609 \text{ kN/m}^2$$

Tlak větru w_e působící na vnější plochy

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe}$$

Geometrie konstrukce:

POHLED 1-1



- Podélný vítr působící na objekt pro svislé stěny

Oblast	A	B	C	D	E
h/d	$C_{pe,10}$				
0,503	-1,200	-0,981	-0,500	0,730	-0,360

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe}$$

$$w_e(A) = -0,722 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(B) = -0,590 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(C) = -0,301 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(D) = +0,440 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(E) = -0,217 \text{ kN/m}^2$$

Součinitele $c_{pe,10}$ pro ploché střechy s atikou:

h_p zvoleno 0,30 m

Typ střechy		F	G	H	I
s atikou	h_p/h	$C_{pe,10}$			
	0,0375	-1,50	-1,00	-0,7	0,2
					-0,2

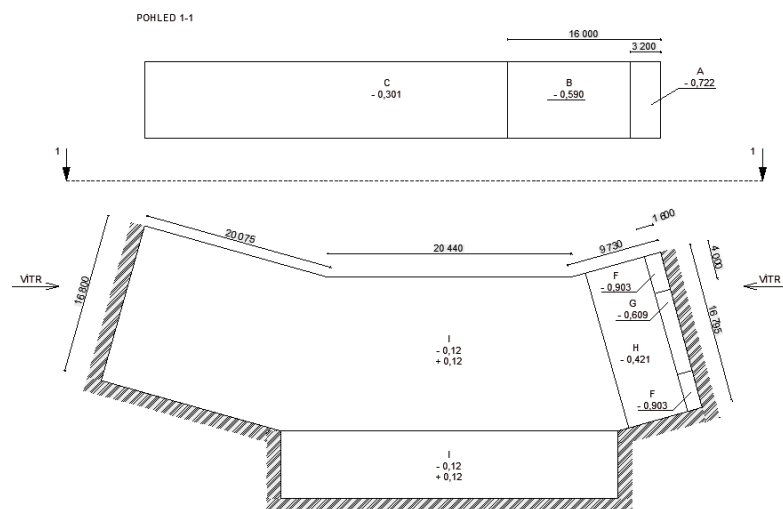
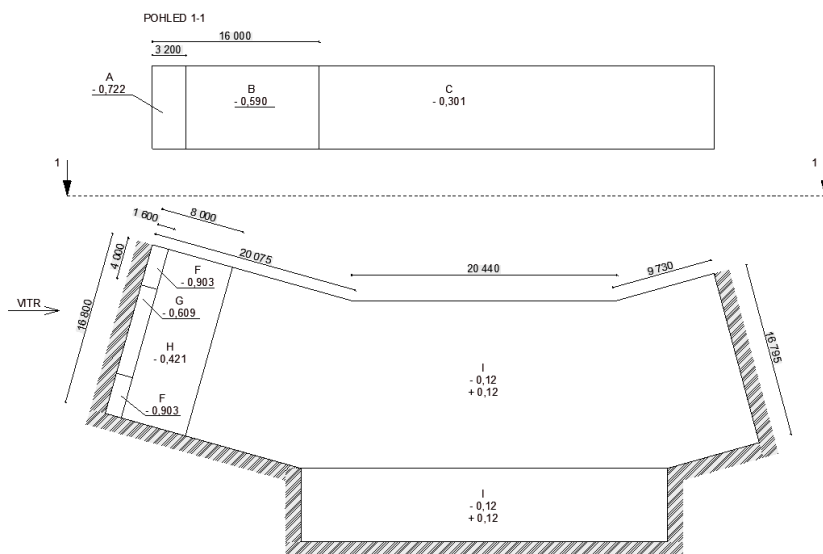
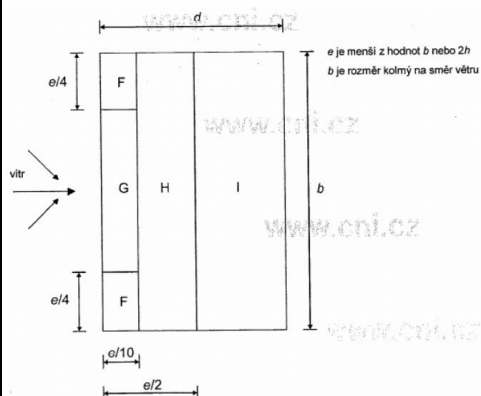
$$w_e(F) = -0,903 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(G) = -0,609 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(H) = -0,421 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(I) = +0,120 \text{ kN/m}^2$$

$$= -0,120 \text{ kN/m}^2$$



$$e = \min(b; 2h) = \min(16,0; 16,8)$$

$$\rightarrow e = 16,0$$

Součinitele $c_{pe,10}$ pro ploché střechy s atikou:

h_p se pohybuje od 0,24 m až po 0,41 m, h_p zvoleno 0,24 m

Typ střechy		F	G	H	I
s atikou	h_p/h	$C_{pe,10}$			
	0,0375	-1,50	-1,00	-0,7	0,2
					-0,2

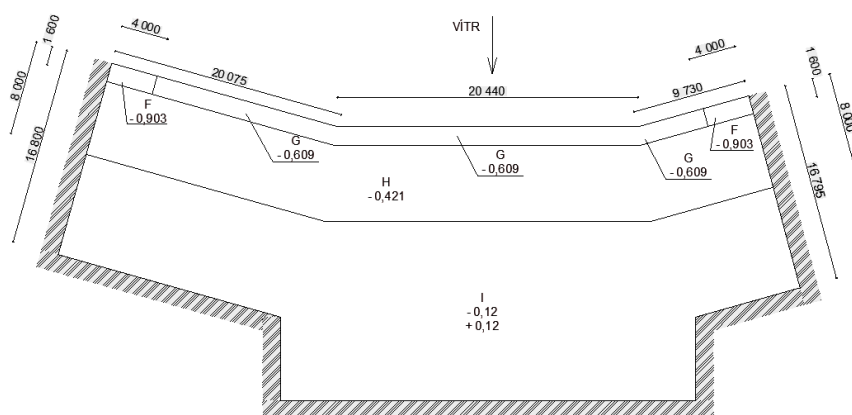
$$w_e(F) = -0,903 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(G) = -0,609 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(H) = -0,421 \text{ kN/m}^2$$

$$w_e(I) = +0,120 \text{ kN/m}^2$$

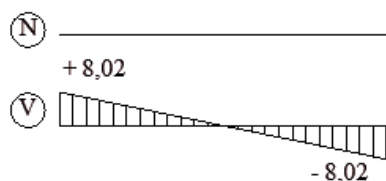
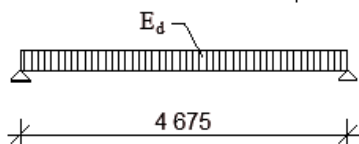
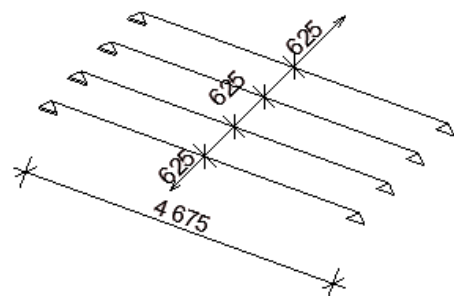
$$= -0,120 \text{ kN/m}^2$$



Kombinace zatížení*dle rovnice 6.10:*

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

- 1) $E_d = 1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot s_k + 1,5 \cdot w_k =$
 $= 1,35 \cdot 2,6 + 1,5 \cdot 1,2 + 1,5 \cdot 0,12 = 5,49 \text{ kN/m}^2$
- 2) $E_d = 1,0 \cdot g_k + 1,5 \cdot w_k =$
 $= 1,0 \cdot 2,6 + 1,5 \cdot 0,903 = 1,25 \text{ kN/m}^2$

**PROSTÝ NOSNÍK NAMÁHANÝ OHYBEM – STŘEŠNÍ NOSNÍK**

$$E_d = 5,49 \cdot 0,625 = 3,43 \text{ kN/m}$$

$$V_a = V_b = \frac{E_d \cdot l}{2} = \frac{3,43 \cdot 4,675}{2} = 8,02 \text{ kN}$$

$$M_d = \frac{E_d \cdot l^2}{8} = \frac{3,43 \cdot 4,675^2}{8} = 9,37 \text{ kNm}$$

Vstupní hodnoty:

- $k_{def} = 0,8$ (součinitel deformace)
 $k_{mod} = 0,9$ (třída trvání zatížení krátkodobé- střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav)
 $\gamma_m = 1,3$ (součinitel spolehlivosti materiálů – na bázi dřeva)
 $\Psi_2 = 0$

Návrhová hodnota pevnosti v ohybu

$$f_{m,d} = 16,00 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{udáno výrobcem STEICO, produkt STEICOjoist})$$

Návrhová hodnota pevnosti ve smyku za ohybu

$$f_{v,d} = 1,25 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{udáno výrobcem STEICO, produkt STEICOjoist})$$

Modul pružnosti

$$E_{0,mean} = 14\,000 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{udáno výrobcem STEICO, produkt STEICOjoist})$$

Mezní stav únosnosti*Posouzení nosníku na ohyb*

Charakteristické hodnoty pro navrhování podle EC5 popř. ČSN 73 1702

Typ	Výška H [mm]	Charakt. moment ^{a)} M_{yk} [kNm] ⁹⁰	Tuhost v ohybu $EI_{y,mean}$ [Nmm ² * 10 ⁹]	Charakt. smyk ^{a)} V_k [kN]	Tuhost ve smyku $GA_{y,mean}$ [MN]
STEICOjoist SJ45	200	7,09	327	10,92	2,09
	240	8,92	516	12,75	2,76
	300	11,74	888	15,36	3,77
	360	14,01	1.369	17,84	4,78
STEICOjoist SJ60	200	9,45	436	10,84	2,09
	240	11,87	687	12,64	2,76
	300	15,57	1.177	15,17	3,77
	360	18,52	1.808	17,55	4,78
	400	20,45	2.310	19,07	5,45
STEICOjoist SJ90	200	14,13	651	10,76	2,09
	240	17,75	1.025	12,51	2,76
	300	23,21	1.752	14,97	3,77
	360	27,51	2.683	17,25	4,78
	400	30,30	3.419	18,71	5,45

$$M_{y,d} = \frac{M_{y,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{17,75 \cdot 0,9}{1,3} = 12,29 \text{ kNm}$$

Posouzení:

Posouzení:

$$M_{y,d} \geq M_d \quad \rightarrow \quad 12,29 \text{ kNm} > 9,37 \text{ kNm}$$

Vyhoví

Mezní stav použitelnosti

Deformace nosníků

$$EI_{y,mean} = 1025 \text{ kNm}^2$$

$$G_d = \frac{g_k \cdot 0,625}{\gamma_G} = \frac{2,6 \cdot 0,625}{1,0} = 1,625 \text{ kN/m}$$

$$Q_d = \frac{q_k \cdot 0,625}{\gamma_Q} = \frac{1,32 \cdot 0,625}{1,0} = 0,825 \text{ kN/m}$$

$$w_{Q,inst} = \frac{5 \cdot Q_d \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot l} = \frac{5 \cdot 0,825 \cdot 4675^4}{384 \cdot 1025 \cdot 10^{11}} = 5,00 \text{ mm}$$

$$w_{G,inst} = \frac{5 \cdot G_d \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot l} = \frac{5 \cdot 1,625 \cdot 4675^4}{384 \cdot 1025 \cdot 10^{11}} = 21,36 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin}$$

$$w_{G,fin} = w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 21,36 \cdot (1 + 0,8) = 38,44 \text{ mm}$$

$$w_{Q,1,fin} = w_{Q,1,inst} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 5,00 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) = 5,00 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin} = 38,44 + 5,00 = 43,44 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = 5,00 \text{ mm} \leq 15,58 \text{ mm} = \frac{l}{300}$$

$$w_{fin} - w_{G,inst} = 43,44 - 21,36 = 22,08 \text{ mm}$$

$$w_{fin} - w_0 \leq \frac{l}{200} \text{ (kvazistála navrhová situace)}$$

$$w_{Q,1,fin} = \Psi_2 \cdot w_{Q,1,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 0 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin} = 38,44 + 0 = 38,44 \text{ mm}$$

$$w_{fin} - w_0 = 38,44 - 0 = 38,44 \text{ mm} \leq 23,38 \text{ mm} = \frac{l}{200}$$

Klopení

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

Prut je po celé své délce zajištěn proti vybočení (tlačený okraj) záklopem, smí se uvažovat $k_m = 1$.

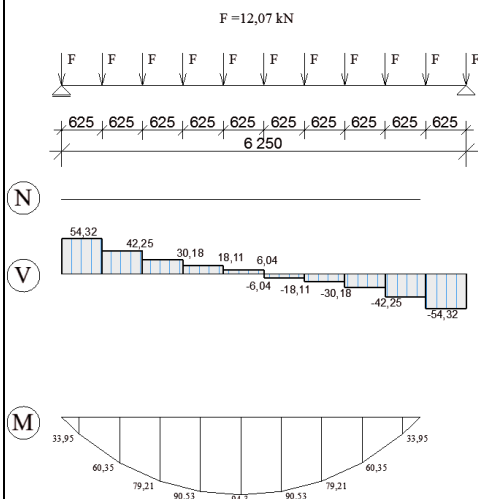
$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_y} = \frac{9,37}{0,000672} = 13\,943,5 \text{ kN/m}^2 = 13,9 \text{ MPa}$$

Posouzení na smyk

Typ	Výška H [mm]	Charakt. moment ^{a)} M _{yk} [kNm] ^{b)}	Tuhost v ohybu EI _{yk, mean} [Nmm ² * 10 ⁹]	Charakt. smyk ^{a)} V _k [kN]	Tuhost ve smyku GA _{y, mean} [MN]
STEICOjoist SJ 45	200	7,09	327	10,92	2,09
	240	8,92	516	12,75	2,76
	300	11,74	888	15,36	3,77
	360	14,01	1.369	17,84	4,78
STEICOjoist SJ 60	200	9,45	436	10,84	2,09
	240	11,87	687	12,64	2,76
	300	15,57	1.177	15,17	3,77
	360	18,52	1.808	17,55	4,78
	400	20,45	2.310	19,07	5,45
STEICOjoist SJ 90	200	14,13	651	10,76	2,09
	240	17,75	1.025	12,51	2,76
	300	23,21	1.752	14,97	3,77
	360	27,51	2.683	17,25	4,78
	400	30,30	3.419	18,71	5,45

Posouzení:

$$V_{y,d} \geq V_{a(b)} \rightarrow 8,66 \text{ kNm} > 8,02 \text{ kNm} \quad \text{Vyhoví}$$

**PROSTÝ NOSNÍK NAMÁHANÝ OHYBEM – STŘEŠNÍ PRŮVLAK**

$$F = Ed \cdot 0,625 \cdot (4,86/2 + 4,63/2) = 5,49 \cdot 0,625 \cdot (4,675/2 + 2,36/2) = 12,07 \text{ m kN}$$

$$V_a = V_b = 54,32 \text{ kN} = V_d$$

$$M_d = 94,3 \text{ kNm}$$

Vstupní hodnoty:

$$k_{def} = 0,8 \quad (\text{součinitel deformace})$$

$$k_{mod} = 0,9 \quad (\text{třída trvání zatížení krátkodobé- střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav})$$

$$\gamma_m = 1,3 \quad (\text{součinitel spolehlivosti materiálů – na bázi dřeva})$$

$$\Psi_2 = 0$$

Třída pevnosti (BSH) – GL32c (hodnoty jsou udávány výrobcem MAYR MELNHOF HOLZ)

Návrhová hodnota pevnosti v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \cdot f_{m,k} = \frac{0,9}{1,3} \cdot 32,0 = 22,15 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 32,0 \text{ N/mm}^2$$

Návrhová hodnota pevnosti ve smyku za ohybu

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \cdot f_{v,k} = \frac{0,9}{1,3} \cdot 3,2 = 2,22 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 3,2 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 13\,700 \text{ N/mm}^2$$

Předběžné dimenzování

Zvolená šířka nosníku $b = 200 \text{ mm}$

Z podmínek únosnosti

$$f_{m,d} = \frac{M_d}{b \cdot h^2 / 6} \rightarrow h = \sqrt{\frac{M_d \cdot 6}{f_{m,d} \cdot b}} = \sqrt{\frac{9430 \cdot 6}{22,15 \cdot 20}} = 11,30 \text{ cm}$$

Zvolený průřez nosníku

$$b/h \rightarrow 200 \text{ mm} / 400 \text{ mm}$$

Posouzení pevnosti na ohyb

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad \text{a} \quad k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0 \quad (\text{nepůsobí ohyb ke dvěma osám})$$

$$\rightarrow \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{\frac{M_d}{b \cdot h^2}}{f_{m,y,d}} = \frac{6 \cdot 94,3 \cdot 10^6}{200 \cdot 400^2} = 0,80 < 1,0$$

Vyhoví

Mezní stav použitelnosti*Deformace nosníků*

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,20 \cdot 0,40^3}{12} = 1,067 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$G_d = \frac{g_k \cdot 0,625}{\gamma_G} = \frac{2,6 \cdot 0,625}{1,0} = 1,625 \text{ kN/m}$$

$$Q_d = \frac{q_k \cdot k_{mod}}{\gamma_Q} = \frac{1,32 \cdot 0,625}{1,0} = 0,825 \text{ kN/m}$$

$$w_{Q,inst} = \frac{5 \cdot Q_d \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 0,825 \cdot 6250^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 1,067 \cdot 10^9} = 1,12 \text{ mm}$$

$$w_{G,inst} = \frac{5 \cdot G_d \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot I} = \frac{5 \cdot 1,625 \cdot 6250^4}{384 \cdot 13\,700 \cdot 1,067 \cdot 10^9} = 2,2 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin}$$

$$w_{G,fin} = w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 2,2 \cdot (1 + 0,8) = 3,96 \text{ mm}$$

$$w_{Q,1,fin} = w_{Q,1,inst} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 1,12 \cdot (1 + 0 \cdot 0,8) = 1,12 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin} = 3,96 + 1,12 = 5,08 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = 1,12 \text{ mm} \leq 20,8 \text{ mm} = \frac{l}{300}$$

Podmínka splněna

$$w_{fin} - w_{G,inst} = 5,08 - 2,2 = 2,88 \text{ mm}$$

$$w_{fin} - w_0 \leq \frac{l}{200} \text{ (kvazistála navrhová situace)}$$

$$w_{Q,1,fin} = \Psi_2 \cdot w_{Q,1,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 0 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin} = 3,96 + 0 = 3,96 \text{ mm}$$

$$w_{fin} - w_0 = 3,96 - 0 = 3,96 \text{ mm} \leq 31,25 \text{ mm} = \frac{l}{200}$$

*Podmínka splněna**Klopení*

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

Pro nosník s obdélníkovým průřezem a $\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2} \leq 140$ lze dosadit $k_m = 1,0$, tj. posouzení na klopení není nutné

$$\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2} = \frac{625 \cdot 40}{20^2} = 62,5 \leq 140$$

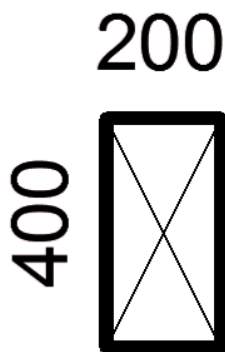
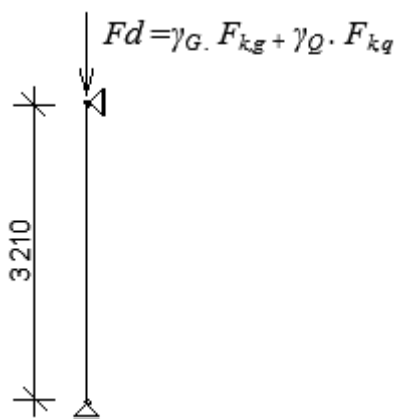
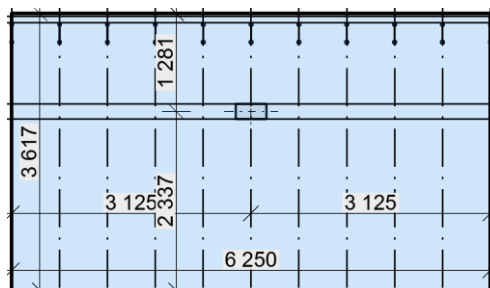
Protože nosník není ohrožený klopením, délka náhradního prutu l_{ef} byla dosazena zjednodušeně jako délku l

Pevnost ve smyku za ohybu

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\rightarrow \frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h}}{f_{v,d}} = \frac{1,5 \cdot 54320}{200 \cdot 400} = 0,46 \leq 1,0$$

Podmínka splněna



TLAČENÝ PRUT SE ČTVERCOVÝM PRŮŘEZEM

Vlastní tíha střechy – $2,6 \cdot 6,25 \cdot 3,62 = 58,83 \text{ kN}$

Stropnice – $0,102 \cdot 6,25 \cdot 3,62 = 2,3 \text{ kN}$

Průvlak BSH – $= 2,05 \text{ kN}$

Sloup (předběžný návrh) $200 \times 400 \text{ mm} - 0,2 \cdot 0,4 \cdot 3,21 \cdot 380 = 0,97 \text{ kN}$

$$F_{k,g} = 64,15 \text{ kN}$$

Zatížení sněhem – $1,5 \cdot 6,25 \cdot 3,62 = 33,94 \text{ kN}$

Zatížení větrem – $0,12 \cdot 6,25 \cdot 3,62 = 2,72 \text{ kN}$

$$F_{k,q} = 36,66 \text{ kN}$$

$$F_d = 1,35 \cdot F_{k,g} + 1,5 \cdot F_{k,q} = 1,35 \cdot 64,15 + 1,5 \cdot 36,66 = 141,6 \text{ kN}$$

Předběžné dimenzování

$$A_{req} = F_d + 9 \cdot s_k^2 = 141,6 + 9 \cdot 3,21^2 = 234,34 \text{ cm}^2$$

Délka strany b

$$b = \sqrt{A_{req}} = \sqrt{234,34} = 153 \text{ mm}$$

→ Návrh obdélníkového rozměru sloupu ($b \times a$) $200 \times 400 \text{ mm}$

Vstupní hodnoty

třída pevnosti dřeva – GL24h

$$k_{mod} = 0,9$$

(třída trvání zatížení krátkodobé- střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav)

$$\gamma_m = 1,3$$

(součinitel spolehlivosti materiálů – na bázi dřeva)

$$E_{0,05} = 9\,400 \text{ N/mm}^2 \text{ (charakteristický modul pružnosti)}$$

Návrhová hodnota pevnosti v tlaku

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \cdot f_{c,0,k} = \frac{0,9}{1,3} \cdot 24,0 = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$$

$$A_n = b \cdot a = 0,20 \cdot 0,40 = 0,08 \text{ m}^2 = 80\,000 \text{ mm}^2$$

Posouzení na centrický tlak

$$\frac{\frac{F_d}{A_n}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

Součinitel vzpěrnosti

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}, 1 \right\}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$\beta_c = 0,1$ (lepené lamelové dřevo a materiály na bázi dřeva)

Poměrný štíhlostní poměr

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

Štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} = \frac{3,21}{0,0577} = 55,63$$

$$i = 0,2887 \cdot b = 0,2887 \cdot 0,20 = 0,0577 \quad (\text{poloměr setrvačnosti})$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{55,63}{3,14} \cdot \sqrt{\frac{24}{9\,400}} = 0,9$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,9 - 0,3) + 0,9^2] = 0,935$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{0,935 + \sqrt{0,935^2 - 0,9^2}}, 1 \right\} = 0,841$$

Posouzení na centrický tlak

$$\frac{\frac{F_d}{A_n}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \frac{\frac{141\,600}{80\,000}}{0,841 \cdot 16,6} = 0,127 \leq 1,0$$

Podmínka splněna

PROSTÝ NOSNÍK NAMÁHANÝ OHYBEM – STROPNÍ NOSNÍK

č.	název vrstvy	h (m)	V (m ³)	kN/m ³	kN/m ²	kN	
1	PODLAHOVÝ SYSTÉM	0,00	0,00	0,00	0,71	-	0,71
2	FERMACEL 2 E 22	0,25	0,25	0,00	0,29	0,29	-
3	STEICO (STANDARD) ISOREL 2X	0,038	0,038	0,00	0,09	0,09	-
4	DŘEVOŠTĚPKOVÁ DESKA OSB 3, 4PD	0,022	0,022	6,00	0,00	-	0,13
5	DŘEVOŠTĚPKOVÁ DESKA OSB 3, 4PD	0,022	0,022	6,00	0,00	-	0,13
6	SDK PODHLED	0	0	0	0,3	-	0,30

$$g_k = 1,65 \text{ Kn}$$

Užitné zatížení – $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$

Kombinace zatížení

dle rovnice 6.10:

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

$$1) \quad E_d = 1,35 \cdot g_k + 1,5 \cdot q_k = 1,35 \cdot 1,65 + 1,5 \cdot 2,5 = 5,91 \text{ kN/m}^2$$

$$E_d = 5,91 \cdot 0,625 = 3,83 \text{ kN/m}$$

$$V_a = V_b = \frac{E_d \cdot l}{2} = \frac{3,83 \cdot 4,86}{2} = 9,3 \text{ kN}$$

$$M_d = \frac{E_d \cdot l^2}{8} = \frac{3,83 \cdot 4,86^2}{8} = 11,3 \text{ kNm}$$

Vstupní hodnoty:

$k_{def} = 0,8$ (součinitel deformace)

$k_{mod} = 0,9$ (třída trvání zatížení krátkodobé- plochy kde dochází ke shromažďování osob)

$\gamma_m = 1,3$ (součinitel spolehlivosti materiálů – na bázi dřeva)

$\Psi_2 = 0,6$

Návrhová hodnota pevnosti v ohybu

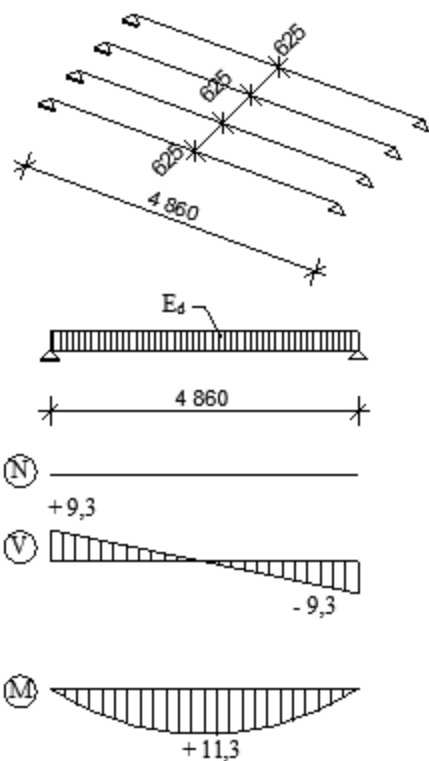
$f_{m,d} = 16,00 \text{ N/mm}^2$ (udáno výrobcem STEICO, produkt STEICOjoist)

Návrhová hodnota pevnosti ve smyku za ohybu

$f_{v,d} = 1,25 \text{ N/mm}^2$ (udáno výrobcem STEICO, produkt STEICOjoist)

Modul pružnosti

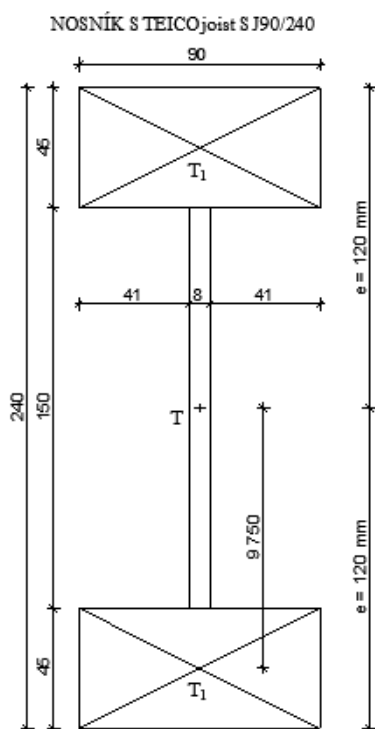
$E_{0,mean} = 14\,000 \text{ N/mm}^2$ (udáno výrobcem STEICO, produkt STEICOjoist)



Posouzení nosníku na ohyb

Charakteristické hodnoty pro navrhování podle EC5 popř. ČSN 73 1702

Typ	Výška H [mm]	Charakt. moment ^{a)} $M_{y,k}$ [kNm] ^{b)}	Tuhost v ohybu $EI_{y, \text{mean}}$ [Nm ² * 10 ⁹]	Charakt. smyk ^{a)} V_k [kN]	Tuhost ve smyku $GA_{y, \text{mean}}$ [MN]
STEICO ^{joist} SJ 45	200	7,09	327	10,92	2,09
	240	8,92	516	12,75	2,76
	300	11,74	888	15,36	3,77
	360	14,01	1.369	17,84	4,78
STEICO ^{joist} SJ 60	200	9,45	436	10,84	2,09
	240	11,87	687	12,64	2,76
	300	15,57	1.177	15,17	3,77
	360	18,52	1.808	17,55	4,78
	400	20,45	2.310	19,07	5,45
STEICO ^{joist} SJ 90	200	14,13	651	10,76	2,09
	240	17,75	1.025	12,51	2,76
	300	23,21	1.752	14,97	3,77
	360	27,51	2.683	17,25	4,78
	400	30,30	3.419	18,71	5,45



$$M_{y,d} = \frac{M_{y,k} \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{17,75 \cdot 0,9}{1,3} = 12,29 \text{ kNm}$$

$$M_{y,d} \geq M_d \quad \rightarrow \quad 12,29 \text{ kNm} > 11,3 \text{ kNm}$$

Vyhoví

Deformace nosníků

$$I = 80\,682\,489\text{ mm}^4$$

$$G_d = \frac{g_k \cdot 0,625}{\gamma_G} = \frac{1,65 \cdot 0,625}{1,0} = 1,03 \text{ kN/m}$$

$$Q_d = \frac{q_k \cdot k_{mod}}{\gamma_0} = \frac{2,5 \cdot 0,625}{1,0} = 1,56 \text{ kN/m}$$

$$w_{Q,inst} = \frac{5 \cdot Q_d \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot l} = \frac{5 \cdot 1,56 \cdot 4860^4}{384 \cdot 10,25 \cdot 10^{11}} = 11,05 \text{ mm}$$

$$w_{G,inst} = \frac{5 \cdot G_d \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot l} = \frac{5 \cdot 1,03 \cdot 4860^4}{385 \cdot 10,25 \cdot 10^{11}} = 7,28 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin}$$

$$w_{G,fin} = w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 7,28 \cdot (1 + 0,8) = 13,1 \text{ mm}$$

$$w_{Q,1,fin} = w_{Q,1,inst.} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 11,05 \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,8) = 16,35 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{O,1,fin} = 13,1 + 16,35 = 29,45 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = 11,05 \text{ mm} \leq 16,2 \text{ mm} = \frac{l}{300}$$

Podmínka splněna

$$w_{fin} - w_{G,inst} = 29,45 - 7,28 = 22,17 \text{ mm}$$

$$w_{fin} - w_0 \leq \frac{l}{200} \text{ (kvazistála navrhová situace)}$$

$$w_{fin} - w_0 \leq \frac{l}{200} \text{ (kvazistála navrhová situace)}$$

$$w_{Q,1,fin} = \Psi_2 \cdot w_{Q,1,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 0,6 \cdot 11,05 \cdot (1 + 0,8) = 11,93 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin} = 13,1 + 16,35 = 29,45 \text{ mm}$$

$$w_{fin} - w_0 = 29,45 - 0 = 29,45 \text{ mm} \leq 29,79 \text{ mm} = \frac{l}{200}$$

Podmínka splněna

Klopení

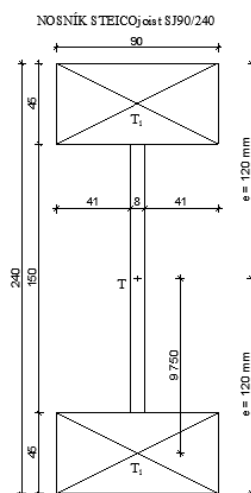
$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

Prut je po celé své délce zajištěn proti vybočení (tlačený okraj) záklopem, smí se uvažovat $k_m = 1$.

$$W_y = \frac{I}{e} = \frac{80\,682\,489}{120} = 6,723 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_y} = \frac{11,3}{0,000672} = 15\,895 \text{ kN/m}^2 = 15,895 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} = \frac{15,895}{1,0 \cdot 16,0} = 0,993 < 1,0 \rightarrow \text{Vyhoví}$$



Charakteristické hodnoty pro navrhování podle EC5 popř. ČSN 73 1702

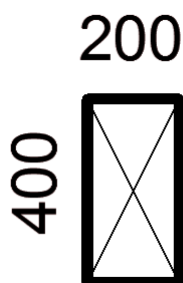
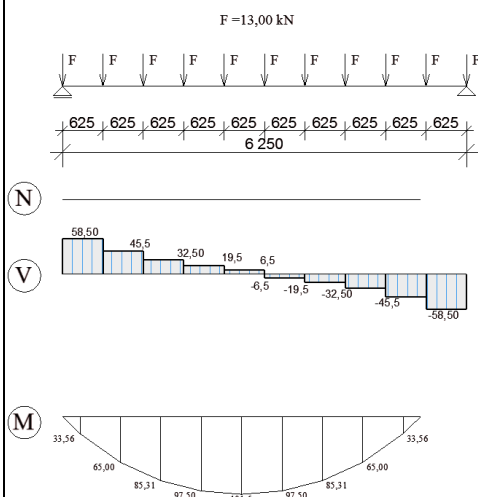
Typ	Výška H [mm]	Charakt. moment ^{a)} $M_{y,k}$ [kNm] ^{b)}	Tuhost v ohybu $EI_{y, \text{mean}}$ [Nmm ² * 10 ⁹]	Charakt. smyk ^{a)} V_k [kN]	Tuhost ve smyku $GA_{y, \text{mean}}$ [MN]
STEICOjoist SJ45	200	7,09	327	10,92	2,09
	240	8,92	516	12,75	2,76
	300	11,74	888	15,36	3,77
	360	14,01	1.369	17,84	4,78
STEICOjoist SJ60	200	9,45	436	10,84	2,09
	240	11,87	687	12,64	2,76
	300	15,57	1.177	15,17	3,77
	360	18,52	1.808	17,55	4,78
STEICOjoist SJ90	400	20,45	2.310	19,07	5,45
	200	14,13	651	10,76	2,09
	240	17,75	1.025	12,51	2,76
	300	23,21	1.752	14,97	3,77
	360	27,51	2.683	17,25	4,78
	400	30,30	3.419	18,71	5,45

Posouzení na smyk

$$V_{y,d} = \frac{V_k \cdot k_{mod}}{\gamma_m} = \frac{12,51 \cdot 0,9}{1,3} = 9,56 \text{ kNm}$$

Posouzení:

$$V_{y,d} \geq V_{a(b)} \rightarrow 9,56 \text{ kNm} > 9,3 \text{ kNm} \quad \text{Vyhoví}$$

**PROSTÝ NOSNÍK NAMÁHANÝ OHYBEM – STROPNÍ PRŮVLAK**

$$F = Ed \cdot 0,625 \cdot (4,86/2 + 4,63/2) = 5,9 \cdot 0,625 \cdot (4,675/2 + 2,36/2) = 13,0 \text{ kN}$$

$$V_a = V_b = 58,5 \text{ kN} = V_d$$

$$M_d = 101,6 \text{ kNm}$$

Vstupní hodnoty:

$$k_{def} = 0,8 \quad (\text{součinitel deformace})$$

$$k_{mod} = 0,9 \quad (\text{třída trvání zatížení krátkodobé- plochy kde dochází ke shromažďování osob})$$

$$\gamma_m = 1,3 \quad (\text{součinitel spolehlivosti materiálů – na bázi dřeva})$$

$$\Psi_2 = 0,6$$

Třída pevnosti (BSH) - GL28c (hodnoty jsou udávány výrobcem MAYR MELNHOF HOLZ)

Návrhová hodnota pevnosti v ohybu

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \cdot f_{m,k} = \frac{0,9}{1,3} \cdot 28,0 = 19,38 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,k} = 28,0 \text{ N/mm}^2$$

Návrhová hodnota pevnosti ve smyku za ohybu

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \cdot f_{v,k} = \frac{0,9}{1,3} \cdot 2,7 = 1,87 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,k} = 2,7 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 12\,600 \text{ N/mm}^2$$

Předběžné dimenzování

Zvolená šířka nosníku $b = 200 \text{ mm}$

Z podmínek únosnosti

$$f_{m,d} = \frac{M_d}{b \cdot h^2 / 6} \rightarrow h = \sqrt{\frac{M_d \cdot 6}{f_{m,d} \cdot b}} = \sqrt{\frac{10160 \cdot 6}{1,938 \cdot 20}} = 39,66 \text{ cm}$$

Zvolený průřez nosníku

$$b/h \rightarrow 200 \text{ mm} / 400 \text{ mm}$$

Posouzení pevnosti na ohyb

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0 \quad \text{a} \quad k_{red} \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1,0$$

$$\sigma_{m,z,d} = 0 \quad (\text{nepůsobí ohyb ke dvěma osám})$$

$$\rightarrow \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{\frac{M_d}{b \cdot h^2}}{f_{m,y,d}} = \frac{6 \cdot 101,6 \cdot 10^6}{200 \cdot 400^2 \cdot 19,38} = 0,98 < 1,0$$

Vyhoví

Mezní stav použitelnosti*Deformace nosníků*

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,20 \cdot 0,40^3}{12} = 1,067 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$G_d = \frac{g_k \cdot 0,625}{\gamma_G} = \frac{1,65 \cdot 0,625}{1,0} = 1,03 \text{ kN/m}$$

$$Q_d = \frac{q_k \cdot k_{mod}}{\gamma_Q} = \frac{2,5 \cdot 0,625}{1,0} = 1,56 \text{ kN/m}$$

$$w_{Q,inst} = \frac{5 \cdot Q_d \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot l} = \frac{5 \cdot 1,56 \cdot 6250^4}{384 \cdot 12\,600 \cdot 1,28 \cdot 10^9} = 1,92 \text{ mm}$$

$$w_{G,inst} = \frac{5 \cdot G_d \cdot l^4}{384 \cdot E_{mean} \cdot l} = \frac{5 \cdot 1,03 \cdot 6250^4}{385 \cdot 12\,600 \cdot 1,28 \cdot 10^9} = 1,27 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin}$$

$$w_{G,fin} = w_{G,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 1,27 \cdot (1 + 0,8) = 2,29 \text{ mm}$$

$$w_{Q,1,fin} = w_{Q,1,inst} \cdot (1 + \Psi_2 \cdot k_{def}) = 1,92 \cdot (1 + 0,6 \cdot 0,8) = 3,4 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin} = 2,29 + 3,4 = 5,69 \text{ mm}$$

$$w_{Q,inst} = 1,92 \text{ mm} \leq 18,5 \text{ mm} = \frac{l}{300}$$

Podmínka splněna

$$w_{fin} - w_{G,inst} = 5,69 - 1,27 = 4,42 \text{ mm}$$

$$w_{fin} - w_0 \leq \frac{l}{200} \text{ (kvazistála navrhová situace)}$$

$$w_{Q,1,fin} = \Psi_2 \cdot w_{Q,1,inst} \cdot (1 + k_{def}) = 0,6 \cdot 1,92 \cdot (1 + 0,8) = 2,07 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{G,fin} + w_{Q,1,fin} = 2,29 + 2,07 = 4,36 \text{ mm}$$

$$w_{fin} - w_0 = 4,36 - 0 = 4,36 \text{ mm} \leq 27,7 \text{ mm} = \frac{l}{200}$$

*Podmínka splněna**Klopení*

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} \leq 1$$

Pro nosník s obdélníkovým průřezem a $\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2} \leq 140$ lze dosadit $k_m = 1,0$, tj. posouzení na klopení není nutné

$$\frac{l_{ef} \cdot h}{b^2} = \frac{625 \cdot 40}{20^2} = 62,5 \leq 140$$

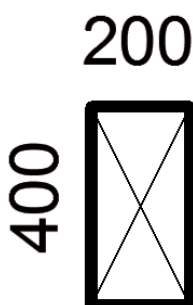
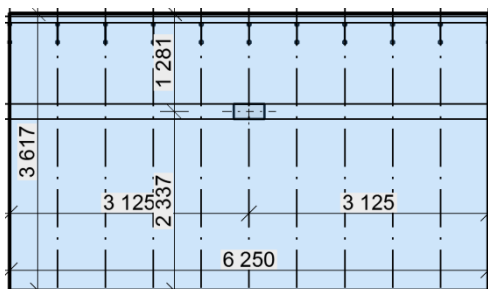
Protože nosník není ohrožený klopením, délka náhradního prutu l_{ef} byla dosazena zjednodušeně jako délku l

Pevnost ve smyku za ohybu

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1,0$$

$$\rightarrow \frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1,5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h}}{f_{v,d}} = \frac{1,5 \cdot 58500}{200 \cdot 400} = 0,59 \leq 1,0$$

Podmínka splněna

**TLAČENÝ PRUT SE ČTVERCOVÝM PRŮŘEZEM**

Vlastní tíha střechy – $2,6 \cdot 6,25 \cdot 3,62 = 58,83 \text{ kN}$

Stropnice – $0,102 \cdot 6,25 \cdot 3,62 = 2,3 \text{ kN}$

Průvlak BSH – $= 2,05 \text{ kN}$

Sloup $200 \times 400 \text{ mm}$ – $0,2 \cdot 0,4 \cdot 3,21 \cdot 380 = 0,97 \text{ kN}$

Vlastní tíha stropu – $1,65 \cdot 6,25 \cdot 3,62 - (1,65 \cdot 0,20 \cdot 0,4) = 37,2 \text{ kN}$

Sloup $200 \times 400 \text{ mm}$ (předběžný návrh) – $0,2 \cdot 0,4 \cdot 3,21 \cdot 380 = 0,97 \text{ kN}$

$$F_{k,g} = 102,32 \text{ kN}$$

Zatížení sněhem – $1,5 \cdot 6,25 \cdot 3,62 = 33,94 \text{ kN}$

Zatížení větrem – $0,12 \cdot 6,25 \cdot 3,62 = 2,72 \text{ kN}$

Užitné zatížení – $2,5 \cdot 6,25 \cdot 3,62 - (2,5 \cdot 0,2 \cdot 0,24) = 56,55 \text{ kN}$

$$F_{k,q} = 93,21 \text{ kN}$$

$$F_d = 1,35 \cdot F_{k,g} + 1,5 \cdot F_{k,q} = 1,35 \cdot 102,32 + 1,5 \cdot 93,21 = 277,75 \text{ kN}$$

Předběžné dimenzování

$$A_{req} = F_d + 9 \cdot s_k^2 = 277,75 + 9 \cdot 2,955^2 = 356,38 \text{ cm}^2$$

Délka strany b

$$b = \sqrt{A_{req}} = \sqrt{35638} = 188,7 \text{ mm}$$

→ Návrh rozměrů sloupu ($b \times a$) $200 \times 400 \text{ mm}$

Vstupní hodnoty

třída pevnosti dřeva – GL24h

$k_{mod} = 0,9$ (třída trvání zatížení krátkodobé- plochy kde dochází ke shromažďování osob)

$\gamma_m = 1,3$ (součinitel spolehlivosti materiálů – na bázi dřeva)

$E_{0,05} = 9\,400 \text{ N/mm}^2$ (charakteristický modul pružnosti)

Návrhová hodnota pevnosti v tlaku

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_m} \cdot f_{c,0,k} = \frac{0,9}{1,3} \cdot 24,0 = 16,6 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = 24,0 \text{ N/mm}^2$$

$$A_n = b \cdot a = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ m}^2 = 80\,000 \text{ mm}^2$$

Posouzení na centrický tlak

$$\frac{\frac{F_d}{A_n}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

Součinitel vzpěrnosti

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel,c}^2}}, 1 \right\}$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0,3) + \lambda_{rel,c}^2]$$

$\beta_c = 0,1$ (lepené lamelové dřevo a materiály na bázi dřeva)

$\beta_c = 0,1$ (lepené lamelové dřevo a materiály na bázi dřeva)

Poměrný štíhlostní poměr

$$\lambda_{rel,c} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

Štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} = \frac{2,955}{0,0577} = 55,63$$

$$i = 0,2887 \cdot b = 0,2887 \cdot 0,20 = 0,0577 \quad (\text{poloměr setrvačnosti})$$

$$\lambda_{rel,c} = \frac{55,63}{3,14} \cdot \sqrt{\frac{24}{9\,400}} = 0,9$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + 0,1 \cdot (0,9 - 0,3) + 0,9^2] = 0,935$$

$$k_c = \min \left\{ \frac{1}{0,935 + \sqrt{0,935^2 - 0,9^2}}, 1 \right\} = 0,841$$

Posouzení na centrický tlak

$$\frac{\frac{F_d}{A_n}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} = \frac{\frac{27\,7750}{80\,000}}{0,927 \cdot 16,6} = 0,22 \leq 1,0$$

Podmínka splněna