

předběžný statický výpočet
(část: dřevěné konstrukce)

1. Základní informace	3
1.1. Materiály	3
1.2. Schéma konstrukce	3
2. Zatížení	4
3. Návrh prvků	5
3.1. Střecha	5
3.2. Skleněná fasáda	16

1. ZÁKLADNÍ INFORMACE

1.1. MATERIÁLY

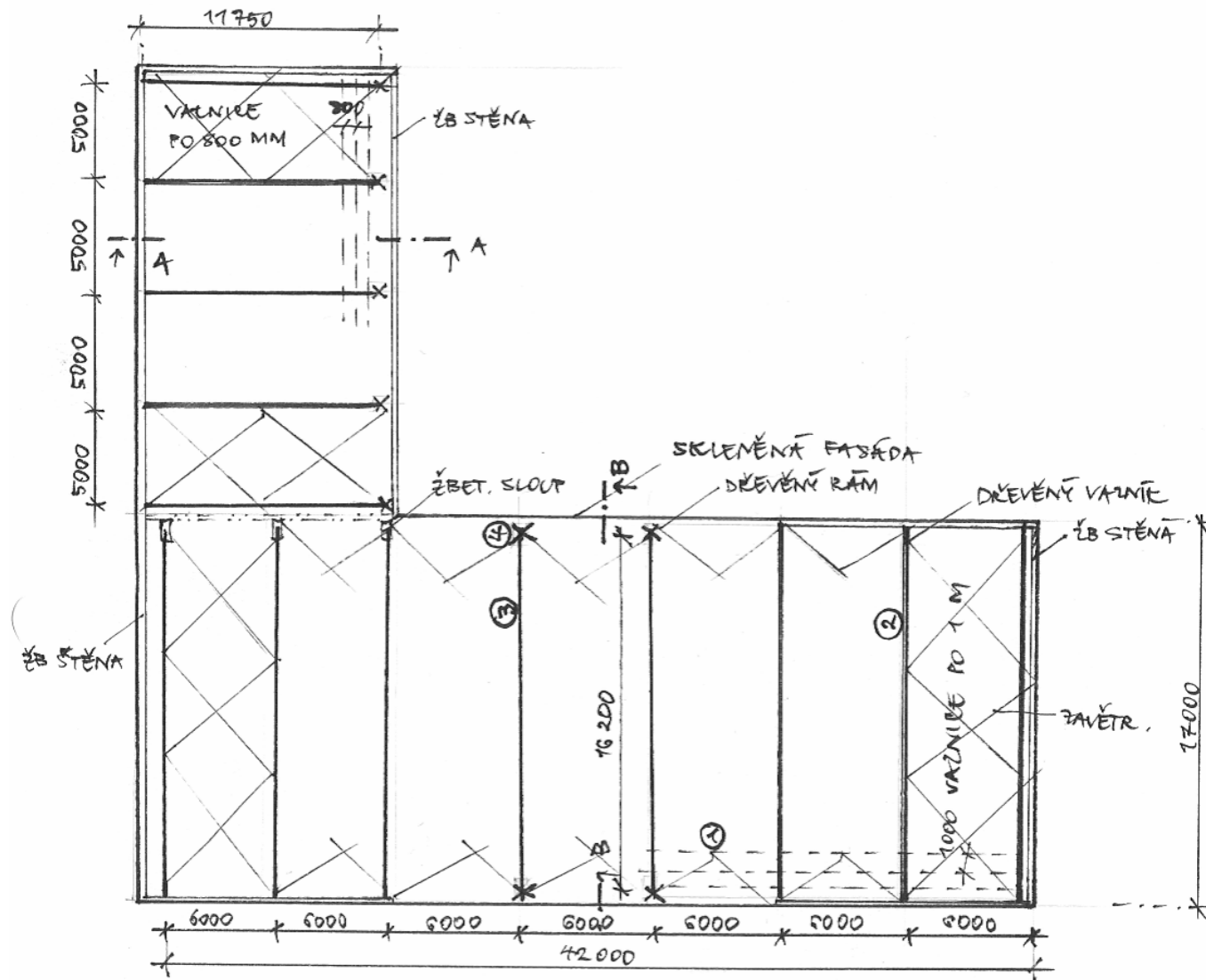
- dřevo:
 - lepené lamelové: třída pevnosti SA (pro všechny lamely)
 - hraněné: třída pevnosti SI
- spojovací prostředky:
 - lepení – rámový roh
 - svorníky, hřebíky, vruty

1.2. SCHÉMA KONSTRUKCE

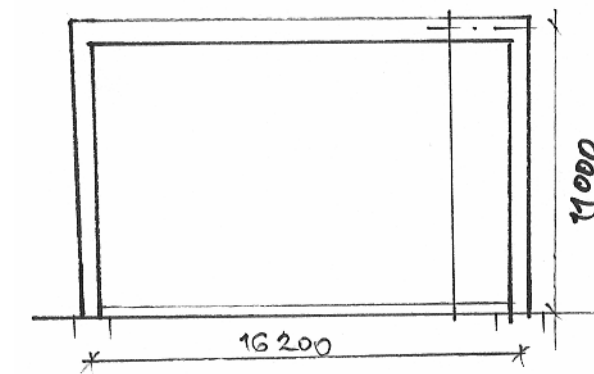
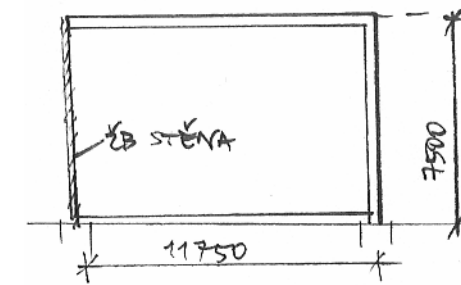
rozměry v některých případech jsou pouze přibližné a mohou se mezi sebou ve výpočtu a v konečném výkresu mírně lišit

1.2.1. Střecha

- půdorys



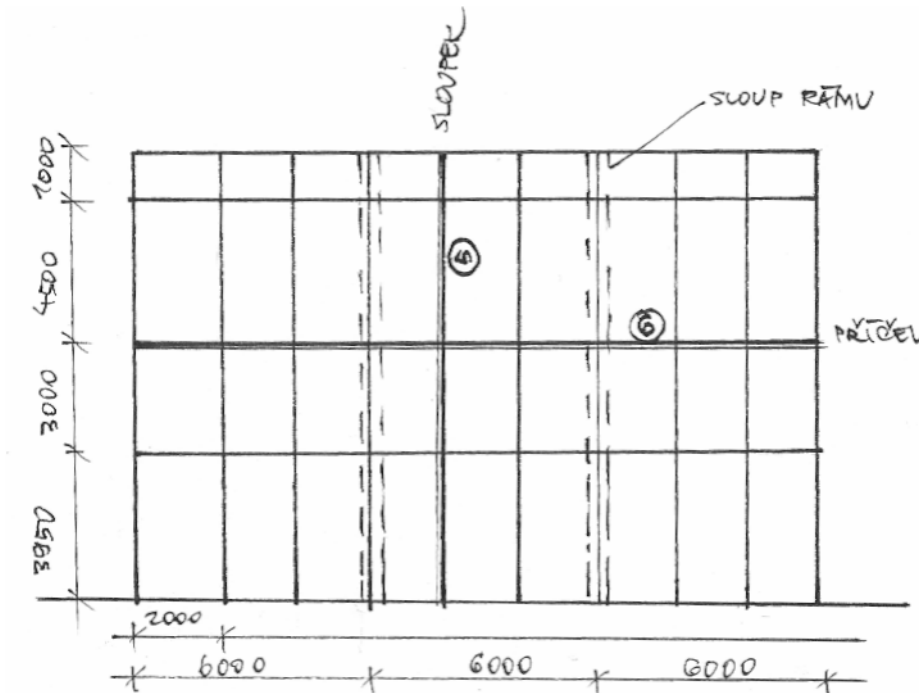
- řez A, řez B



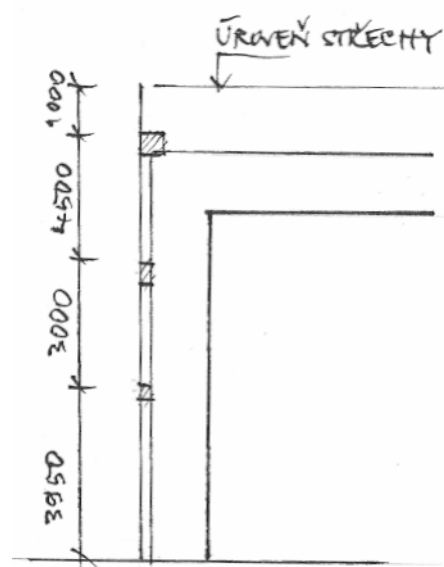
1.2.2. Skleněná fasáda

řešení je pouze přibližné a zjednodušené, je zanedbána šikmost sloupků a jejich nepravidelné rozmístění

- pohled



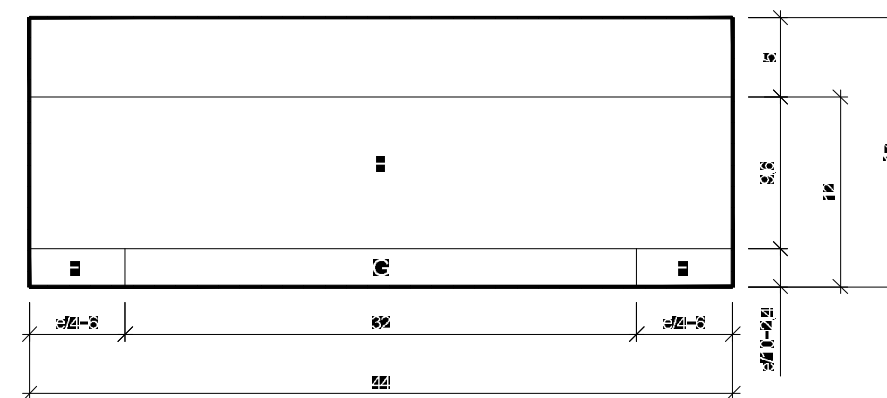
- řez



2. ZATÍŽENÍ

zatížení	char. zat. [kN·m ⁻²]	γ _F	návr. zat. [kN·m ⁻²]
• stálé			
instalace vzduchotechniky	0,1		
podhled s osvětlením	0,2		
OSB deska tl. 22 mm	0,022 · 6,1 = 0,13		
spádová vrstva – minerální izolace tl. 60 mm	0,06 · 1,5 = 0,09		
minerální izolace tl. 280 mm	0,28 · 1,5 = 0,42		
celkem	g_k = 0,94	1,2	g_d = 1,13
• nahodilé			
– <u>užitné</u>			
nepochozí střecha	0,75		
celkem	q_{k,U} = 0,75	1,4	q_{d,U} = 1,05
– <u>sníh</u>			
sněhová oblast I., α = 0	s = q _{ks} = μ _i · c _k · c _t · s _k = 0,8 · 1 · 1 · 0,75 = 0,6		
celkem	q_{k,S} = 0,6	1,4	q_{d,S} = 0,84
– <u>vítr</u>			
větrná oblast I: v _{ref} = 24 m/s			
kategorie terénu III.: c _e (Z _e) = 1,8; Z _e = 12 m			
q _{ref} = 0,5 · ρ · v _{ref} ² = 0,5 · 1,25 · 24 ² = 360 N/m ² = 0,36 kN/m ²			
w _e = q _v = q _{ref} · c _e (Z _e) · c _{pe} = 0,36 · 1,8 · c _{pe}			
a) <u>vítr příčný</u> : e = min (b;2h) = min (44;24) = 24 m			
střecha			
oblast F: c _{pe} = -1,8	q _{k,v,F} = -1,17	1,4	q _{d,v,F} = -1,64
oblast G: c _{pe} = -1,2	q _{k,v,G} = -0,78	1,4	q _{d,v,G} = -1,09

oblast H: c _{pe} = -0,7	q _{k,v,H} = -0,45	1,4	q _{d,v,H} = -0,63
oblast I: c _{pe} = ±0,2	q _{k,v,I} = ±0,13	1,4	q _{d,v,I} = ±0,18

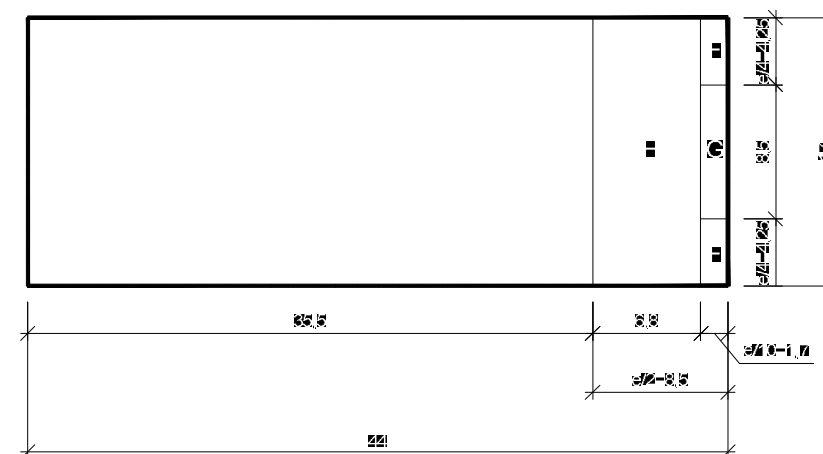


stěna			
oblast D: c _{pe} = 0,8	q _{k,w,D} = 0,52	1,4	q _{d,v,F} = 0,73
oblast E: c _{pe} = -0,3	q _{k,w,E} = -0,19	1,4	q _{d,v,G} = -0,27

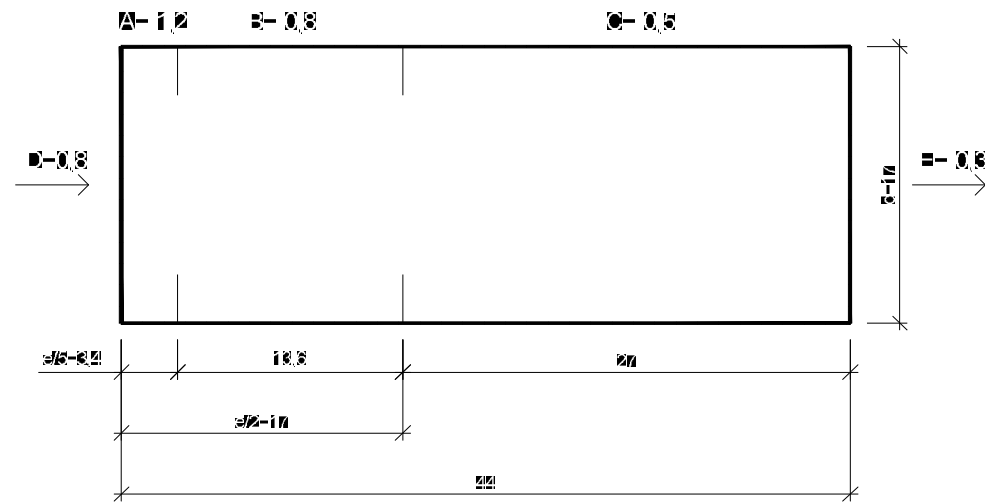


b) vítr podélný: e = min (b;2h) = min (17;24) = 17 m; h/d = 0,27

střecha			
oblast F: c _{pe} = -1,8	q _{k,w,F} = -1,17	1,4	q _{d,w,F} = -1,64
oblast G: c _{pe} = -1,2	q _{k,w,G} = -0,78	1,4	q _{d,w,G} = -1,09
oblast H: c _{pe} = -0,7	q _{k,w,H} = -0,45	1,4	q _{d,w,H} = -0,63
oblast I: c _{pe} = ±0,2	q _{k,w,I} = ±0,13	1,4	q _{d,w,I} = ±0,18



stěna			
oblast A: c _{pe} = -1,2	q _{k,w,A} = -1,2	1,4	q _{d,w,A} = -1,68
oblast B: c _{pe} = -0,8	q _{k,w,B} = -0,52	1,4	q _{d,w,B} = -0,73
oblast C: c _{pe} = -0,5	q _{k,w,C} = -0,32	1,4	q _{d,w,C} = -0,45
oblast D: c _{pe} = 0,8	q _{k,w,D} = 0,52	1,4	q _{d,w,D} = 0,73
oblast E: c _{pe} = -0,3	q _{k,w,E} = -0,19	1,4	q _{d,w,E} = -0,27



– vítr

větrná oblast I: $v_{ref} = 24 \text{ m/s}$

kategorie terénu III.: $c_e(Z_e) = 1,1$; $Z_e = 12 \text{ m}$

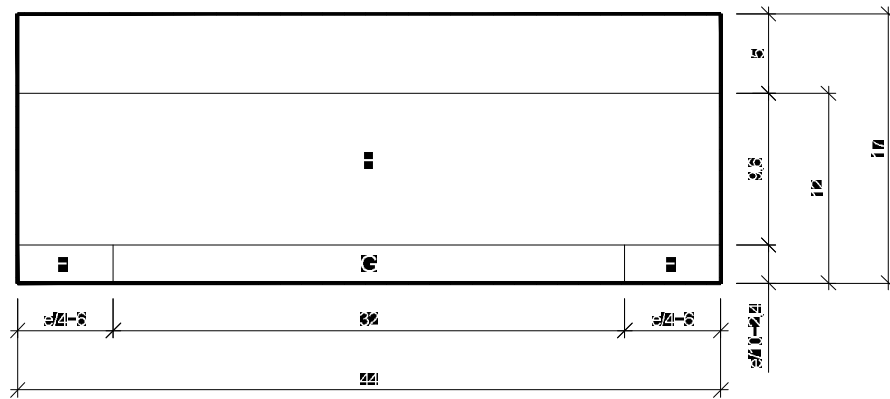
$$q_{ref} = 0,5 \cdot \rho \cdot v_{ref}^2 = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 24^2 = 360 \text{ N/m}^2 = 0,36 \text{ kN/m}^2$$

$$W_e = q_v = q_{ref} \cdot c_e(Z_e) \cdot c_{pe} = 0,36 \cdot 1,1 \cdot c_{pe}$$

a) vítr příčný: $e = \min(b; 2h) = \min(44; 24) = 24 \text{ m}$

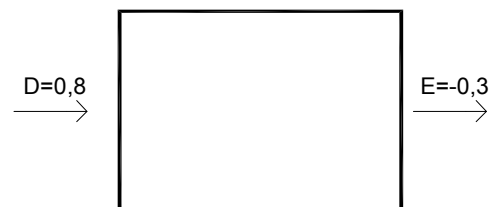
střecha

oblast F:	$c_{pe} = -1,8$	$q_{k,v,F} = -0,71$	1,4	$q_{d,v,F} = -1,00$
oblast G:	$c_{pe} = -1,2$	$q_{k,v,G} = -0,48$	1,4	$q_{d,v,G} = -0,67$
oblast H:	$c_{pe} = -0,7$	$q_{k,v,H} = -0,27$	1,4	$q_{d,v,H} = -0,16$
oblast I:	$c_{pe} = \pm 0,2$	$q_{k,v,I} = \pm 0,08$	1,4	$q_{d,v,I} = \pm 0,11$



stěna

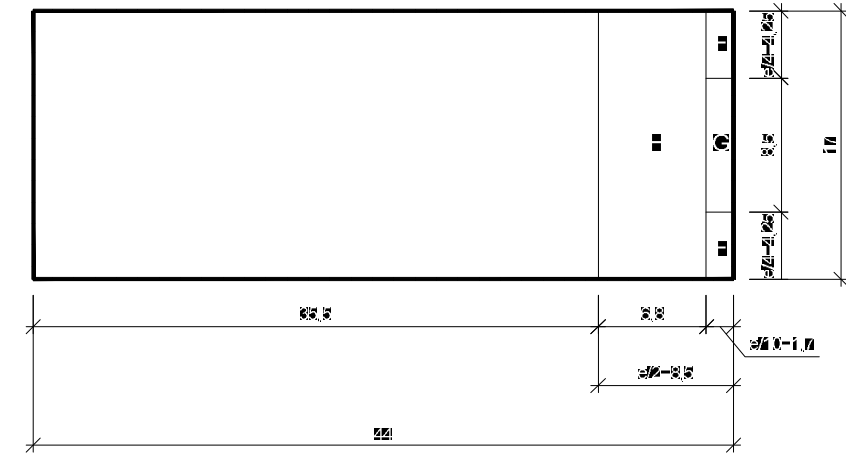
oblast D:	$c_{pe} = 0,8$	$q_{k,w,D} = 0,16$	1,4	$q_{d,v,F} = 0,45$
oblast E:	$c_{pe} = -0,3$	$q_{k,w,E} = -0,12$	1,4	$q_{d,v,G} = -0,16$



b) vítr podélný: $e = \min(b; 2h) = \min(17; 24) = 17 \text{ m}$; $h/d = 0,27$

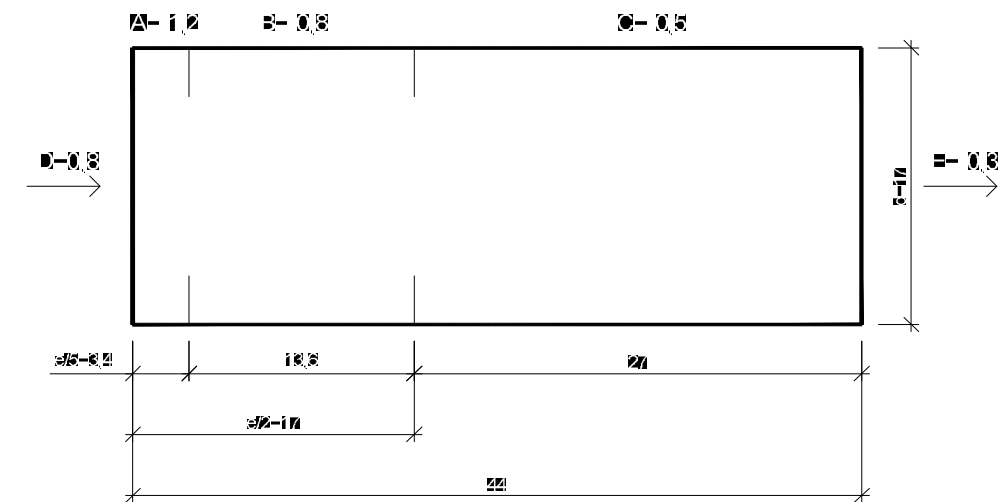
střecha

oblast F:	$c_{pe} = -1,8$	$q_{k,v,F} = -0,71$	1,4	$q_{d,v,F} = -1,00$
oblast G:	$c_{pe} = -1,2$	$q_{k,v,G} = -0,48$	1,4	$q_{d,v,G} = -0,67$
oblast H:	$c_{pe} = -0,7$	$q_{k,v,H} = -0,27$	1,4	$q_{d,v,H} = -0,16$
oblast I:	$c_{pe} = \pm 0,2$	$q_{k,v,I} = \pm 0,08$	1,4	$q_{d,v,I} = \pm 0,11$



stěna

oblast A:	$c_{pe} = -1,2$	$q_{k,w,F} = -0,48$	1,4	$q_{d,w,A} = -1,00$
oblast B:	$c_{pe} = -0,8$	$q_{k,w,B} = -0,31$	1,4	$q_{d,w,B} = -0,43$
oblast C:	$c_{pe} = -0,5$	$q_{k,w,D} = -0,20$	1,4	$q_{d,w,D} = -0,28$
oblast D:	$c_{pe} = 0,8$	$q_{k,w,D} = 0,31$	1,4	$q_{d,w,D} = 0,43$
oblast E:	$c_{pe} = -0,3$	$q_{k,w,E} = -0,12$	1,4	$q_{d,w,E} = -0,17$

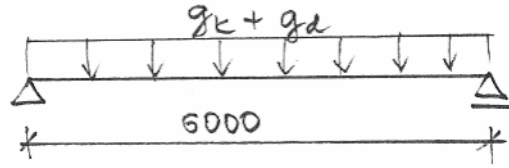


3. NÁVRH PRVKŮ

3.1. STŘECHA

3.1.1. Vaznice – prvek č. 1

- schéma



zatížení	char. zat. [kN·m ⁻¹]	γ _F	návr. zat. [kN·m ⁻¹]
stálé:			
střešní plášť	0,94 · 1 = 0,94		
vlastní tíha (odhad) vaznice 160 × 240 mm	0,16 · 0,24 · 4 = 0,15		
celkem	g_k = 1,09	1,2	g_d = 1,31
nahodilé:			
užitné	q _{k,u} = 0,75 · 1 = 0,75	1,4	q _{d,u} = 1,05

• kombinace zatížení

– stálé + užitné: g_d + q_{d,u}

$$M_{Sd} = \frac{1}{8}(g_d + q_{d,u}) \cdot L^2 = \frac{1}{8}(1,31 + 1,05) \cdot 6^2 = 4,80 \text{ kNm}$$

$$V_{Sd} = \frac{1}{2}(g_d + q_{d,u}) \cdot L = \frac{1}{2}(1,31 + 1,05) \cdot 6 = 3,54 \text{ kN}$$

• návrh

– z důvodu vedení vzduchotechniky mezi vaznicemi, navržen vysoký lepený profil 120 × 300 mm

• 2. MS: posouzení na průhyb

– průhyb od nahodilého rovnoměrného zatížení:

$$u_{2,inst} = \frac{5q_{k,u} \cdot L^4}{384EI} = \frac{5 \cdot 0,75 \cdot 6000^4}{384 \cdot 11000 \cdot \frac{1}{12} \cdot 120 \cdot 300^3} = 4,3 \text{ mm} < \frac{L}{300} = 20 \text{ mm} \text{ vyhovuje } \checkmark$$

– konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení:

$$u_{1,inst} = \frac{5 \cdot g_k \cdot L^4}{384EI} = \frac{5 \cdot 1,04 \cdot 6000^4}{384 \cdot 11000 \cdot \frac{1}{12} \cdot 120 \cdot 300^3} = 5,9 \text{ mm}$$

$$u_{net,fin} = u_{1,inst}(1 + k_{1,def}) + u_{2,inst}(1 + k_{2,def}) = 5,9 \cdot (1 + 0,60) + 4,3 \cdot (1 + 0,25) = 14,8 \text{ mm} < \frac{L}{200} = 30 \text{ mm} \text{ vyhovuje } \checkmark$$

– průhyb od posouvajících sil – u prostě podepřeného nosníku obdélníkového průřezu zatíženého rovnoměrným zatížením je poměr průhybu od posouvajících sil a momentů přibližně:

$$\frac{u_V}{u_M} = \frac{E}{G} \left(\frac{h}{L} \right)^2$$

$$u_V = 0,96 \frac{11000}{680} \left(\frac{220}{6000} \right)^2 u_M = 0,02 u_M$$

– konečný průhyb s uvážením posouvajících sil:

$$u = 1,02 u_{net,fin} = 1,02 \cdot 14,8 = 15,1 \text{ mm} < \frac{L}{200} = 30 \text{ mm} \text{ vyhovuje } \checkmark$$

• 1. MS: posouzení na smyk za ohybu

– návrhová pevnost za ohybu:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,45} = 14,90 \text{ MPa}$$

– návrhová pevnost za smyku:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,45} = 1,68 \text{ MPa}$$

– posouzení na ohyb:

$$\text{ohybové napětí: } \sigma_{m,g,d} = \frac{M_{Sd}}{W} = \frac{4,80 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} 120 \cdot 300^2} = 2,67 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,g,d}}{f_{m,g,d}} = \frac{2,67}{14,90} = 0,18 \leq 1 \text{ vyhovuje } \checkmark$$

– posouzení na smyk:

$$\text{smykové napětí: } \tau_{v,g,d} = \frac{3V_{Sd}}{2A} = \frac{3 \cdot 3,54 \cdot 10^3}{2 \cdot 120 \cdot 300} = 0,15 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{v,g,d}}{f_{v,g,d}} = \frac{0,38}{1,68} = 0,09 \leq 1 \text{ vyhovuje } \checkmark$$

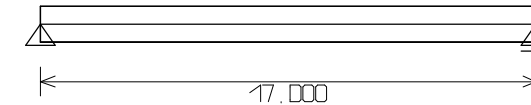
• průřez 120 × 300 mm vyhovuje \checkmark

3.1.2. Prostý nosník – prvek č. 2

Plnostěnný lepený vazník je prostě uložen na betonové stěny o rozpětí 17 m.

• schéma

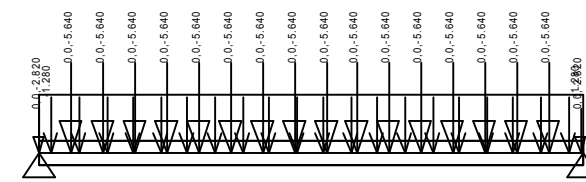
vaznice jsou od sebe vzdáleny po 1 m



• zatížení

zatížení	char. zat. [kN·m ⁻¹]	γ _F	návr. zat. [kN·m ⁻¹]
stálé G:			
střešní plášť	F ₁ = 0,94 · 6 · 1 = 5,64	1,2	6,77
vlastní tíha nosníku 400 × 800 mm	F ₂ = 0,5 · 0,94 · 6 · 1 = 2,82	1,2	3,38
	g = 0,4 · 0,8 · 4 = 1,28	1,2	1,54

1 m ↔ 1 m ↔ 1 m ...

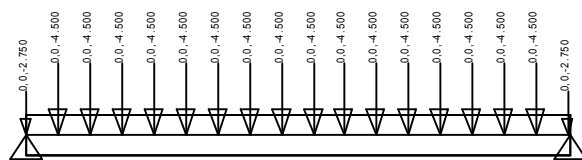


– stálé minimální G_{min}:

střešní plášť	$F_1 = 0,28 \cdot 6 \cdot 1 = 1,68$	1,2	2,02
	$F_2 = 0,5 \cdot 0,28 \cdot 6 \cdot 1 = 0,84$	1,2	1,01
vlastní tíha (odhad) nosník 400 × 1500 mm	$g = 0,4 \cdot 1,5 \cdot 4 = 2,40$	1,2	2,88

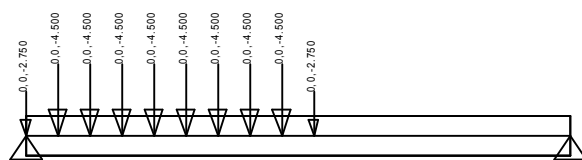
– užitné Q_U :

	$F_1 = 0,75 \cdot 6 \cdot 1 = 4,50$	1,4	6,30
	$F_2 = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 6 \cdot 1 = 2,25$	1,4	3,15



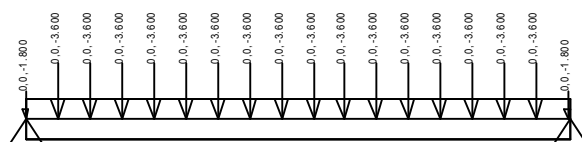
– užitné jednostranné Q_{U1} : zatížení na polovině střechy

	$F_1 = 0,75 \cdot 6 \cdot 1 = 4,50$	1,4	6,30
	$F_2 = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 6 = 2,25$	1,4	3,15



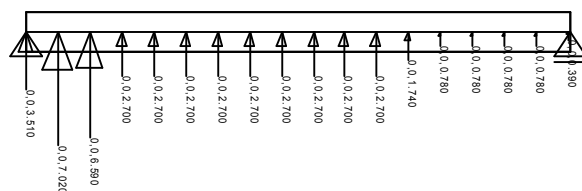
– sníh Q_S :

	$F_1 = 0,60 \cdot 6 \cdot 1 = 3,60$	1,2	5,04
	$F_2 = 0,5 \cdot 0,60 \cdot 6 \cdot 1 = 1,8$	1,2	2,52



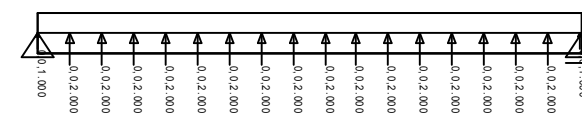
– vítr příčný Q_{WT} : pro druhý nosník

	$F_1 = 1,17 \cdot 6 \cdot 0,5 = 3,51$	1,4	4,91
	$F_2 = 1,17 \cdot 6 \cdot 1 = 7,02$	1,4	9,83
	$F_3 = 6 \cdot (1,17 \cdot 0,9 + 0,45 \cdot 0,1) = 6,59$		9,22
	$F_{4-12} = 0,45 \cdot 6 \cdot 1 = 2,7$	1,4	3,78
	$F_{13} = 6 \cdot (0,45 \cdot 0,5 + 0,13 \cdot 0,5) = 1,74$		2,44
	$F_{14-18} = 0,13 \cdot 6 \cdot 1 = 0,78$	1,4	1,09
	$F_{14-18} = 0,13 \cdot 6 \cdot 0,5 = 0,39$	1,4	0,55



– vítr podélný Q_{WL} : pro druhý nosník

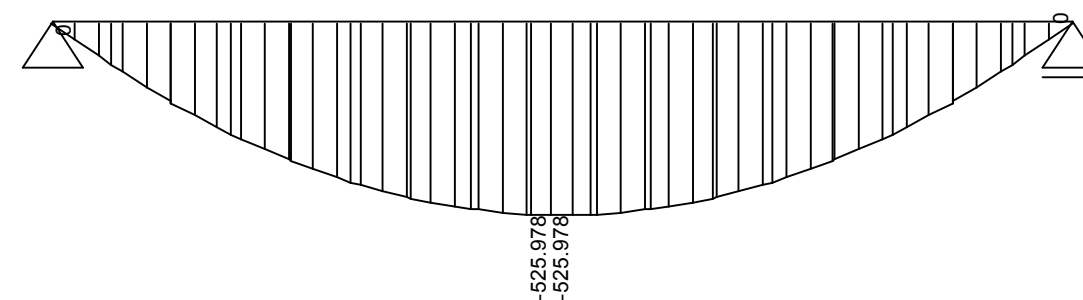
	$F_1 = 1 \cdot (0,45 \cdot 3,8 + 0,13 \cdot 2,2) = 2,00$	2,79
	$F_2 = 0,5 \cdot (0,45 \cdot 3,8 + 0,13 \cdot 2,2) = 1,00$	1,40



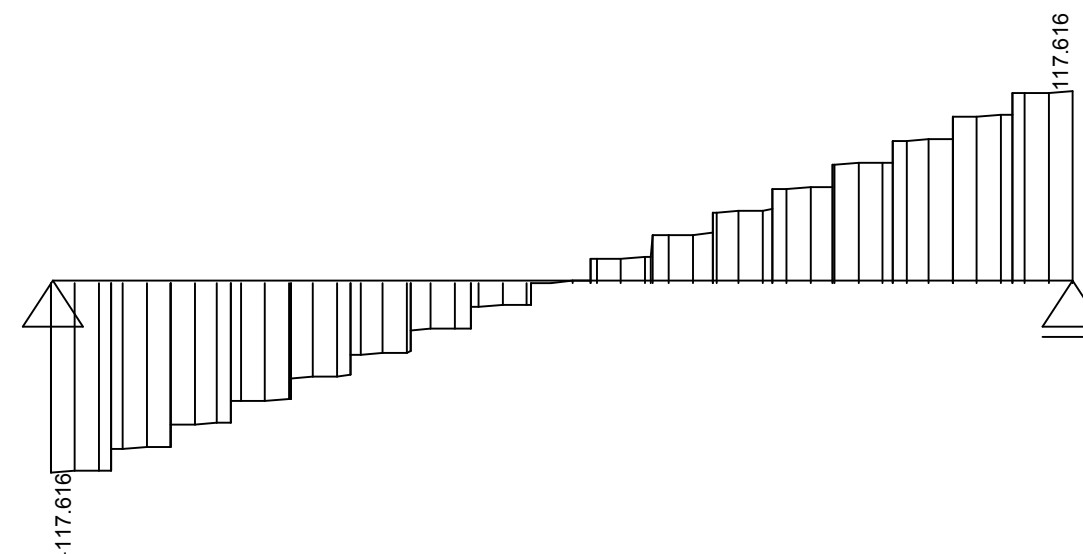
• **kombinace zatížení**

– stálé + užitné: rozhodující moment a smyk

M – moment [kNm]



V – ohybová síla [kN]



návrhový moment $M_{max} = 525,98 \text{ kNm}$
návrhová ohybová síla $V_{max} = 117,62 \text{ kN}$

• **1. MS: posouzení na smyk za ohybu**

– návrhová pevnost za ohybu:

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,45} = 14,90 \text{ MPa}$$

– návrhová pevnost za smyky:

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{2,7}{1,45} = 1,68 \text{ MPa}$$

– návrh průřezu nosníku:

$$W = \frac{M_d}{f_{m,g,d}} = \frac{525,98 \cdot 10^6}{14,90} = 35,30 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$b = 400 \text{ mm}$

$$W = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{200}{3}h^2 \Rightarrow h = \sqrt{\frac{3}{200}W} = \sqrt{\frac{3}{200} \cdot 38,56 \cdot 10^6} \approx 760 \text{ mm}$$

návrh: 400 × 1000 mm

– posouzení na ohyb:

$$\text{ohybové napětí: } \sigma_{m,g,d} = \frac{M_d}{W} = \frac{525,98 \cdot 10^6}{\frac{1}{6}400 \cdot 1000^2} = 7,89 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,g,d}}{f_{m,g,d}} = \frac{7,89}{14,90} = 0,53 \leq 1 \text{ vyhovuje } \checkmark$$

– posouzení na smyk:

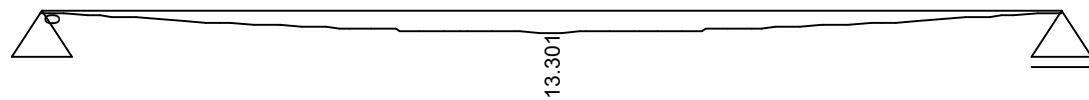
$$\text{smykové napětí: } \tau_{v,g,d} = \frac{3V_d}{2A} = \frac{3 \cdot 117,62 \cdot 10^3}{2 \cdot 400 \cdot 1000} = 0,44 \text{ MPa}$$

$$\frac{\tau_{v,g,d}}{f_{v,g,d}} = \frac{0,55}{1,68} = 0,26 \leq 1 \text{ vyhovuje } \checkmark$$

• **2. MS: posouzení na průhyb**

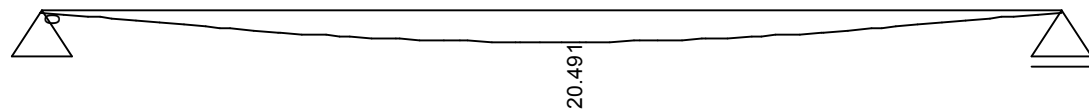
– průhyb od nahodilého zatížení:

$$u_{2,inst} = 13,3 \text{ mm} < \frac{L}{300} = 56,7 \text{ mm} \text{ vyhovuje } \checkmark$$



– konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení:

$$u_{1,inst} = 40,0 \text{ mm}$$



$$u_{net,fin} = u_{1,inst}(1 + k_{1,def}) + u_{2,inst}(1 + k_{2,def}) = 20,5 \cdot (1 + 0,60) + 13,3 \cdot (1 + 0,25) = 49,4 \text{ mm} < \frac{L}{200} = 85 \text{ mm} \text{ vyhovuje}$$

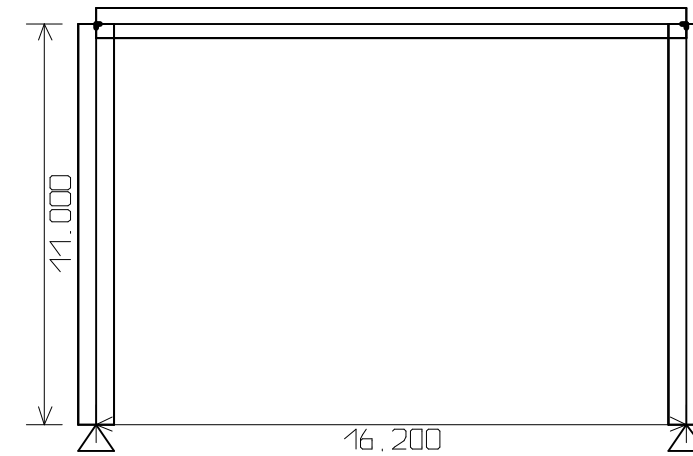
• **průřez 400 × 1000 mm vyhovuje** \checkmark

3.1.3. Dvoukloubový rám – prvek č. 3 a 4

Dvoukloubový lepený rám je kotven do betonového základového pasu na rozpětí 16,2 m.

• **schéma**

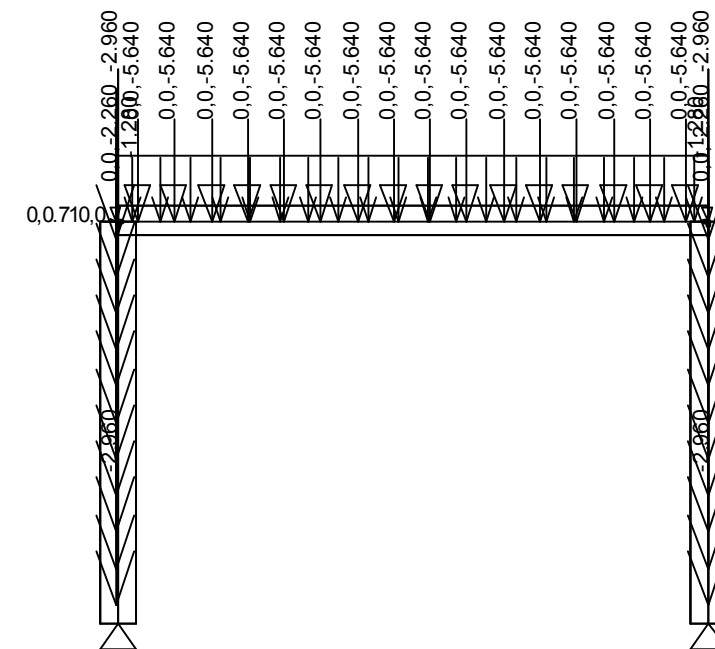
vaznice jsou od sebe vzdáleny po 1 m



• **zatížení**

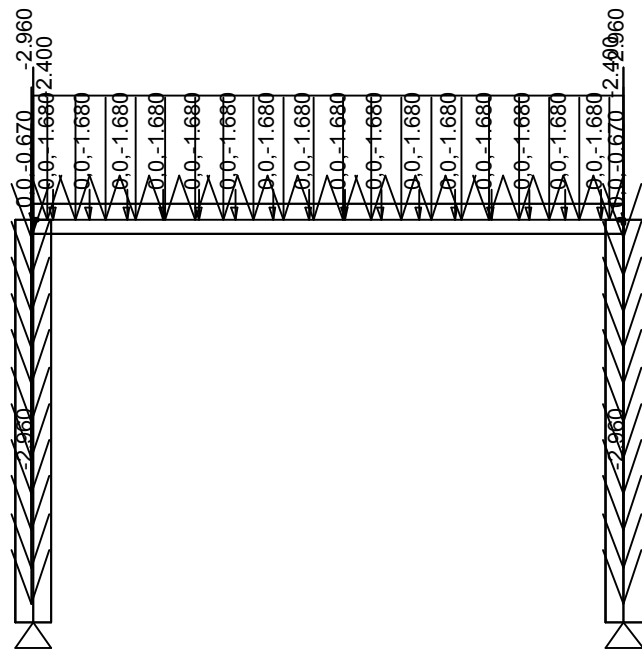
zatížení	char. zat.	γ_F	návr. zat.
– <u>stálé G:</u>			
střešní plášť	$F_1 = 0,94 \cdot 6 \cdot 1 = 5,64 \text{ kN}$	1,2	6,77 kN
	$F_2 = 0,94 \cdot 6 \cdot 0,4 = 2,26 \text{ kN}$	1,2	2,71 kN
fasáda	$g_1 = 2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	1,2	$2,4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
vlastní tíha nosníku 400 × 1000 mm	$g_2 = 0,4 \cdot 1 \cdot 4 = 1,60 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	1,2	$1,92 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
vlastní tíha sloupu 400 × 600 mm	$g_3 = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 4 = 0,96 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	1,2	$1,15 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$

1 m ↔ 1 m ↔ 1 m ...



– stálé minimální G_{min}:

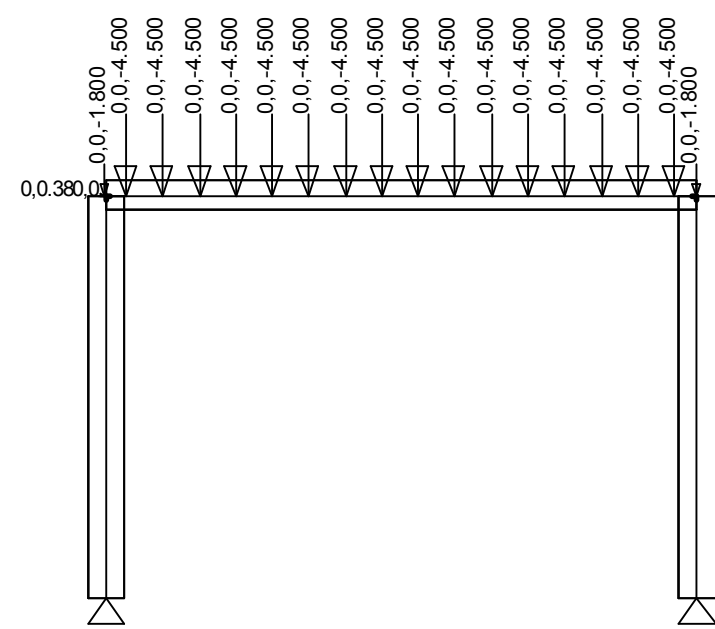
střešní plášť	$F_1 = 0,28 \cdot 6 \cdot 1 = 1,68 \text{ kN}$	1,2	2,02
	$F_2 = 0,28 \cdot 6 \cdot 0,4 = 0,67 \text{ kN}$	1,2	0,81 kN
fasáda	$g_1 = 2 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	1,2	$2,4 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
vlastní tíha nosníku 400 × 1000 mm	$g_2 = 0,4 \cdot 1 \cdot 4 = 1,60 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	1,2	$1,92 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$
vlastní tíha sloupu 400 × 600 mm	$g_3 = 0,4 \cdot 0,6 \cdot 4 = 0,96 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$	1,2	$1,15 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$



- užité Q_U :

$$F_1 = 0,75 \cdot 6 \cdot 1 = 4,50 \text{ kN} \quad 1,4 \quad 6,30 \text{ kN}$$

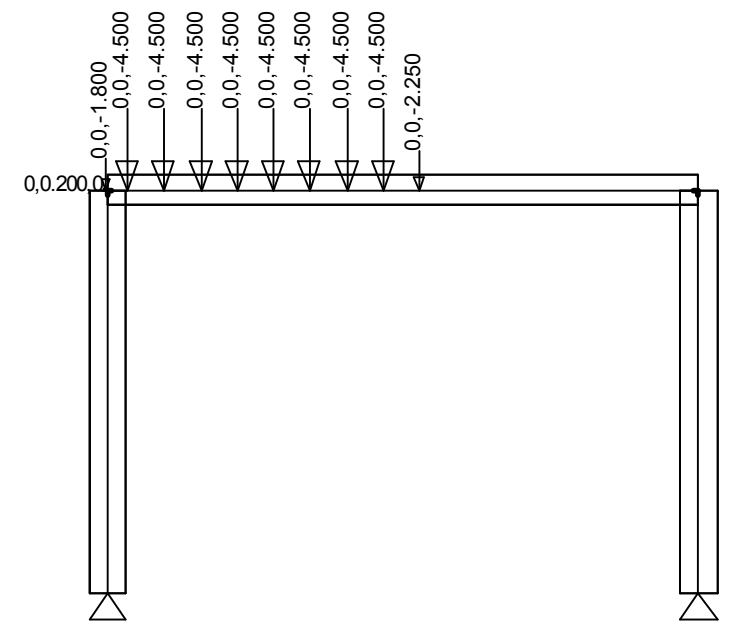
$$F_2 = 0,75 \cdot 6 \cdot 0,4 = 1,80 \text{ kN} \quad 1,4 \quad 2,52 \text{ kN}$$



- užité jednostranné Q_{UL} : zatížení na polovině střechy

$$F_1 = 0,75 \cdot 6 \cdot 1 = 4,50 \text{ kN} \quad 1,4 \quad 6,30 \text{ kN}$$

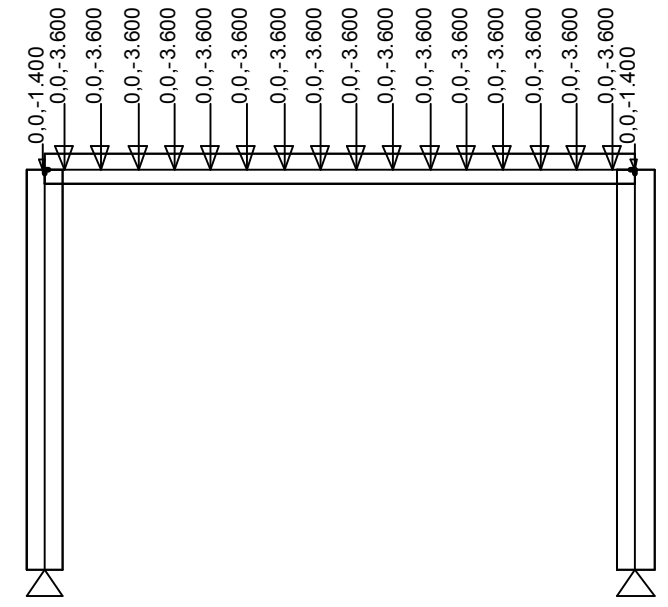
$$F_2 = 0,75 \cdot 6 \cdot 0,4 = 1,82 \text{ kN} \quad 1,4 \quad 2,52 \text{ kN}$$



- sníh Q_S : nerozhoduje

$$F_1 = 0,60 \cdot 6 \cdot 1 = 3,60 \text{ kN} \quad 1,2 \quad 5,04 \text{ kN}$$

$$F_2 = 0,60 \cdot 6 \cdot 0,4 = 1,4 \text{ kN} \quad 1,2 \quad 2,02 \text{ kN}$$



- vítr příčný Q_{WT} : pro druhý nosník

střecha

$$F_1 = 0,78 \cdot 6 \cdot 0,4 = 1,87 \text{ kN} \quad 1,4 \quad 2,62 \text{ kN}$$

$$F_2 = 0,78 \cdot 6 \cdot 1 = 4,68 \text{ kN} \quad 1,4 \quad 6,55 \text{ kN}$$

$$F_3 = 6 \cdot (0,78 \cdot 0,9 + 0,45 \cdot 0,1) = 4,48 \text{ kN} \quad 6,27 \text{ kN}$$

$$F_{4-12} = 0,45 \cdot 6 \cdot 1 = 2,7 \text{ kN} \quad 1,4 \quad 3,78 \text{ kN}$$

$$F_{13} = 6 \cdot (0,45 \cdot 0,5 + 0,13 \cdot 0,5) = 1,74 \text{ kN} \quad 2,44 \text{ kN}$$

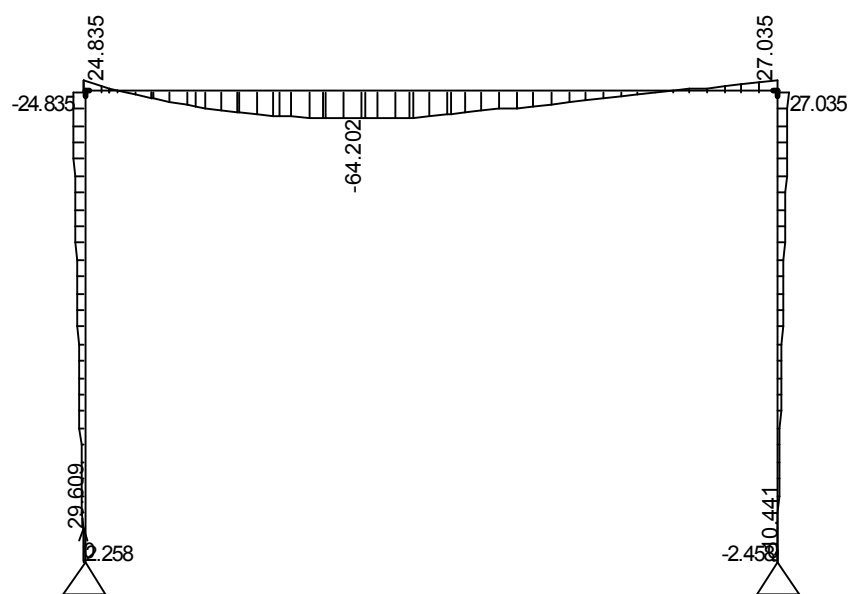
$$F_{14-18} = 0,13 \cdot 6 \cdot 1 = 0,78 \text{ kN} \quad 1,4 \quad 1,09 \text{ kN}$$

$$F_{18} = 0,13 \cdot 6 \cdot 0,4 = 0,31 \text{ kN} \quad 1,4 \quad 0,44 \text{ kN}$$

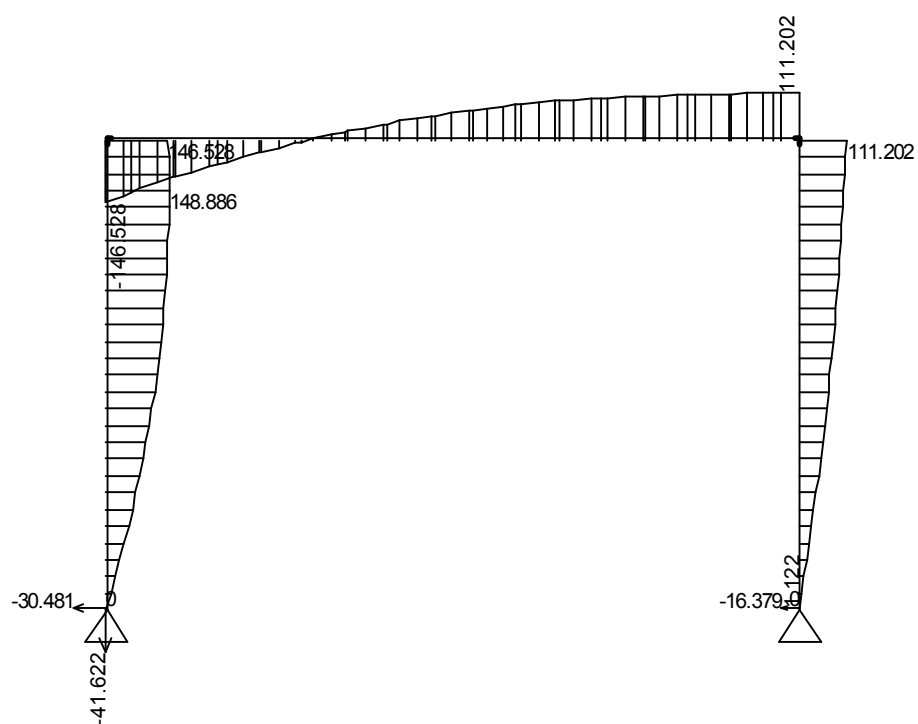
stěny

$$w_1 = 0,52 \cdot 6 = 3,12 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1} \quad 1,4 \quad 4,37 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$

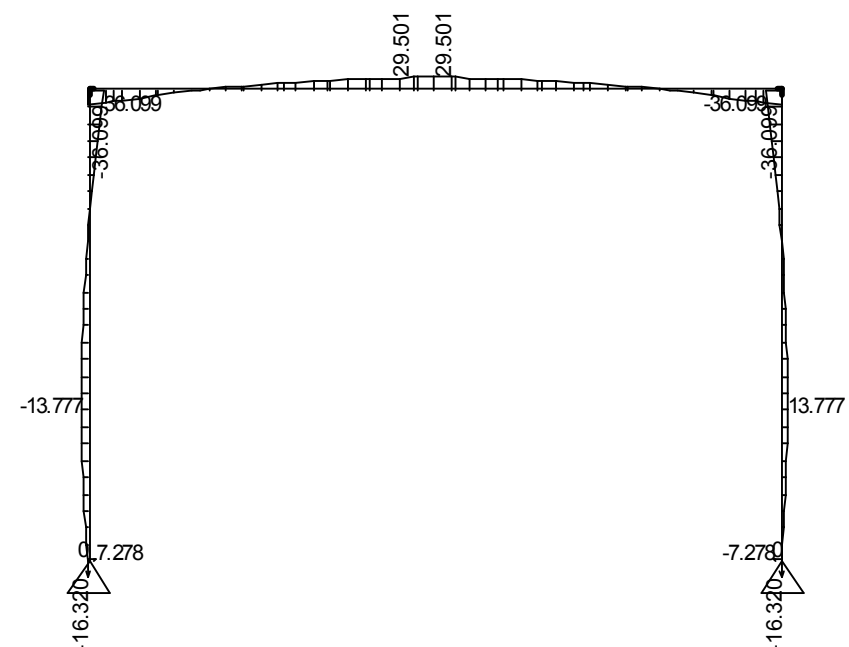
$$w_2 = 0,19 \cdot 6 = 1,14 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1} \quad 1,4 \quad 1,60 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$$



– vítr příčný



– vítr podélný



- **kombinace zatížení:** $\psi_0 = 0,7$ pro užitné zatížení, $\psi_0 = 0,6$ pro zatížení větrem,

- (1) stálé + užitné + ψ_0 vítr příčný: momenty v rozích rámu
- (2) stálé + užitné: momenty v poli příčle a smyk, normálová síla ve sloupu, svislý posuv
- (3) stálé + vítr příčný + ψ_0 užitné vlevo: vodorovný posuv
- (4) stálé minimální + vítr podélný: tahová síla

- **předběžný odhad profilů**

- největší vliv bude mít moment od svislého zatížení; předběžně odhadneme jeho největší hodnotu jako 60% momentu na prostém nosníku zatíženém stálým a užitným zatížením:

$$M_p = \frac{1}{8} [(2,02 + 6,30) : 1 + 1,92] \cdot 16,2^2 = 335,9 \text{ kNm}$$

- za předpokladu 20% rezervy pro vliv tlaku a klopení je potřebný průřezový modul:

$$W_{pl,min} \cong \frac{0,6M_p}{0,8f_{m,g,d}} = \frac{0,6 \cdot 335,9 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 14,90} = 16,91 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

- návrh příčle a sloupu:

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

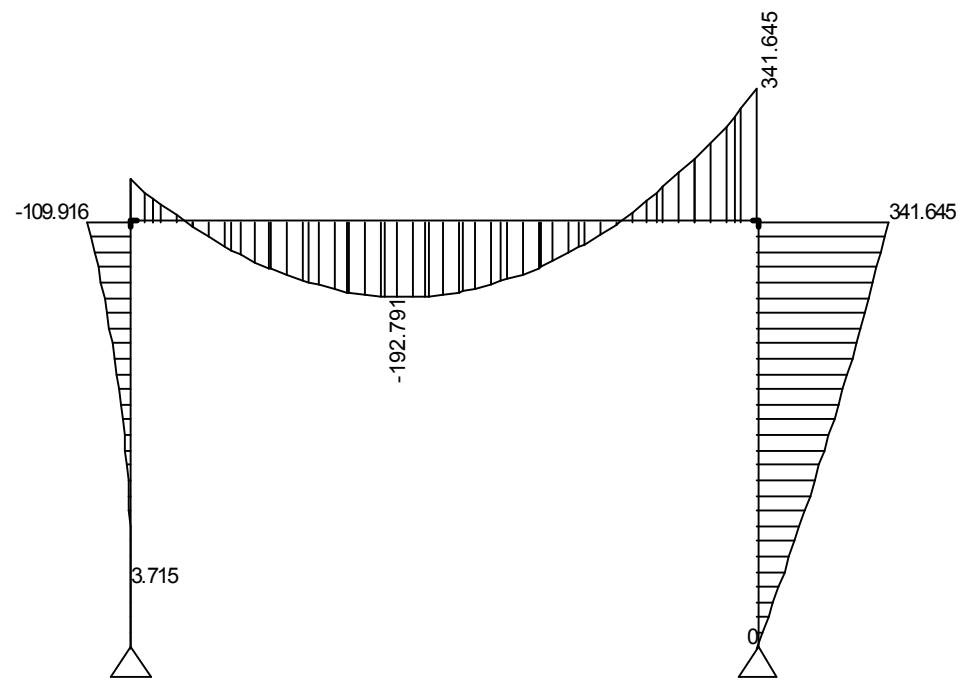
$$W = \frac{1}{6}bh^2 = \frac{200}{3}h^2 \Rightarrow h = \sqrt{\frac{3}{200}W} = \sqrt{\frac{3}{200} \cdot 16,91 \cdot 10^6} \cong 500 \text{ mm}$$

návrh příčle: 400 × 1000 mm (lze stejně jako prostý nosník)

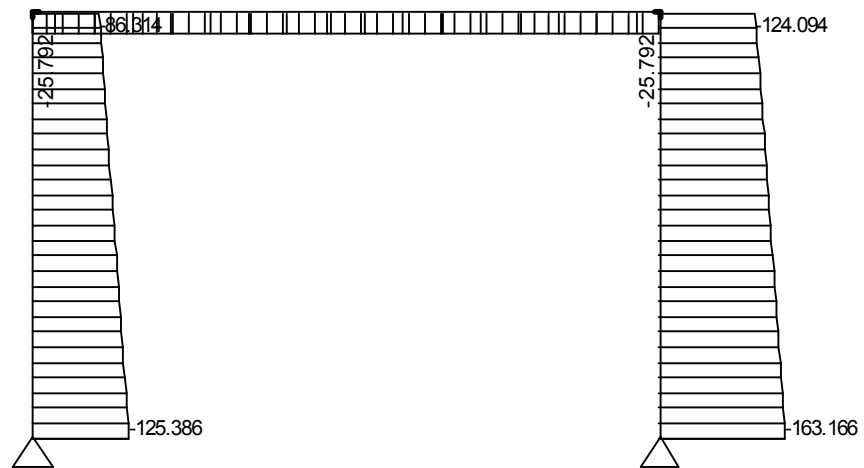
návrh sloupu: 400 × 1000 mm (došlo ke změně rozpětí z L = 16,2 m na **L = 15,8 m**)

- **průběh vnitřních sil pro KZS1** (extrémní návrhové hodnoty)

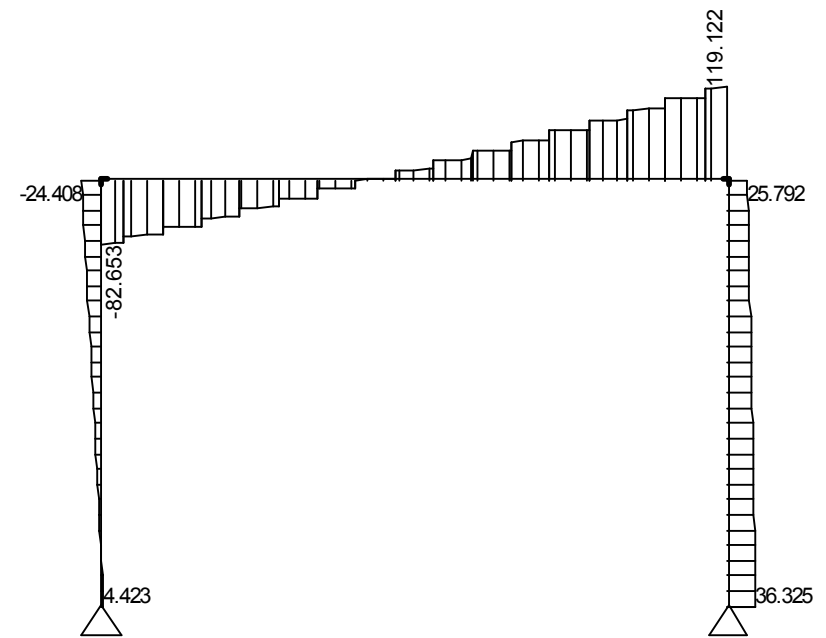
- **M_{sd}** [kNm]



– N_{sd} [kN]

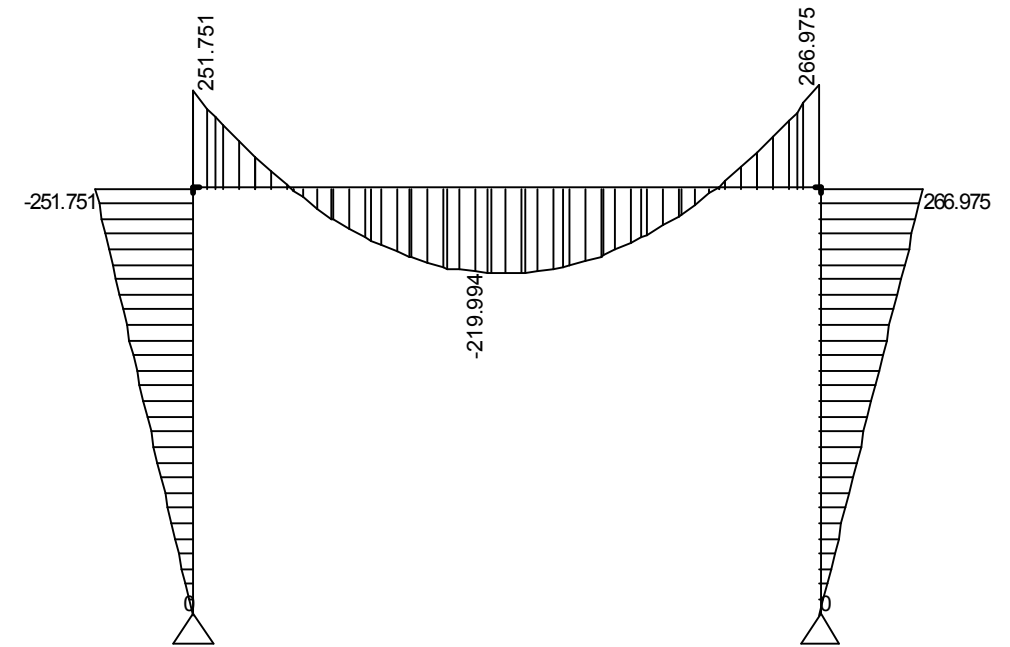


– V_{sd} [kN]



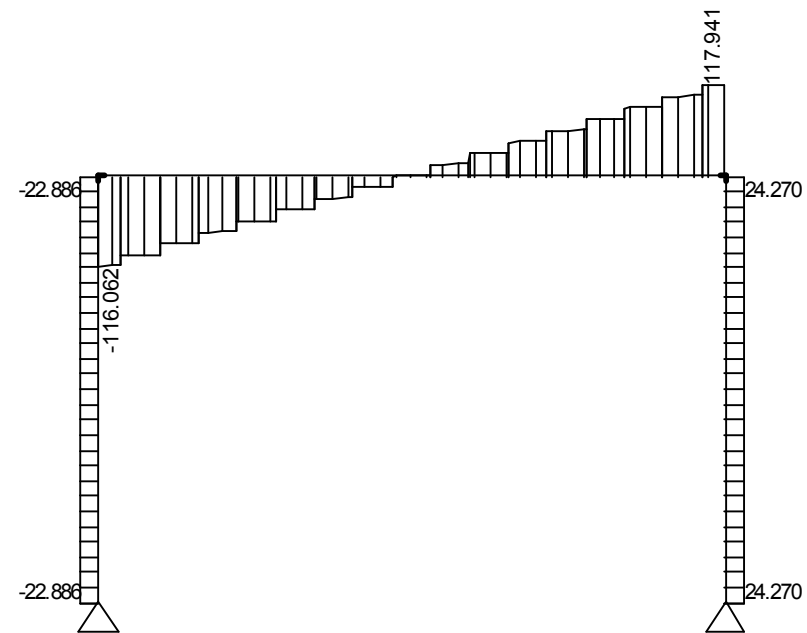
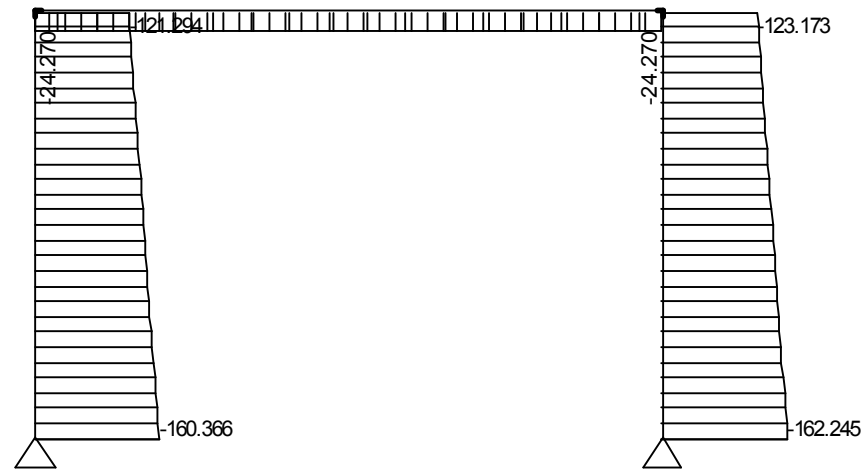
• průběh vnitřních sil pro KZS2 (extrémní návrhové hodnoty)

– M_{sd} [kNm]



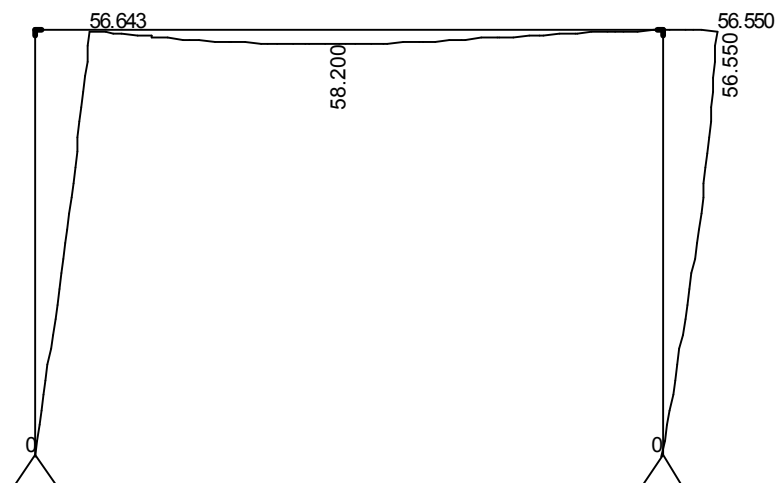
– N_{sd} [kN]

– V_{sd} [kN]



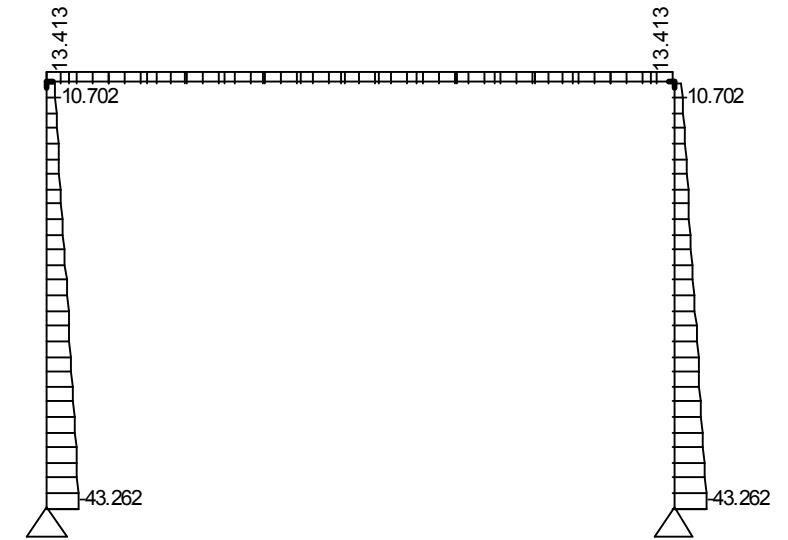
• deformace KZS3

– posun vodorovný a svislý [kNm]



• průběh vnitřních sil pro KZS2 (extrémní návrhové hodnoty)

– N_{sd} [kN] - tah

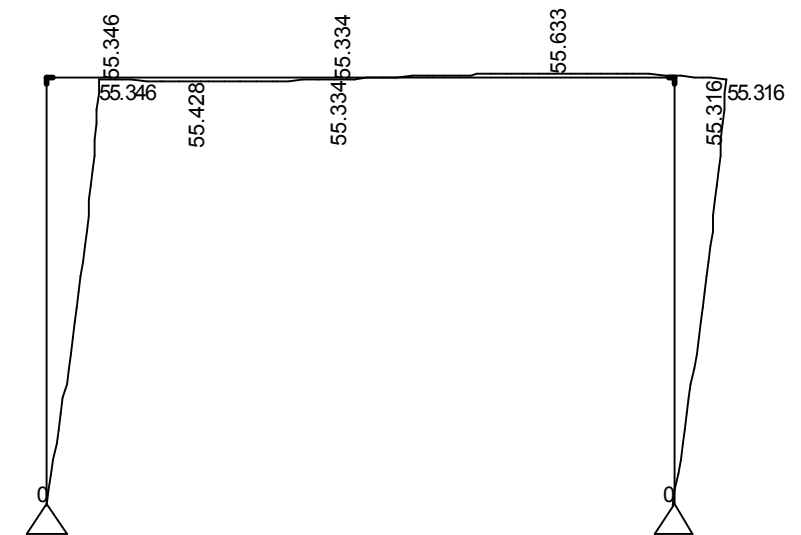


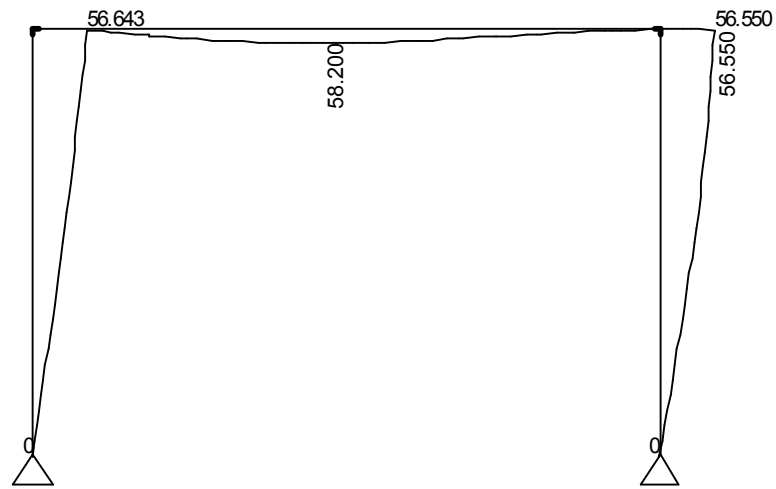
• 2. MS – posouzení na průhyb

– průhyb příčle: rozhoduje kombinace (2)

a) průhyb od nahodilého zatížení:

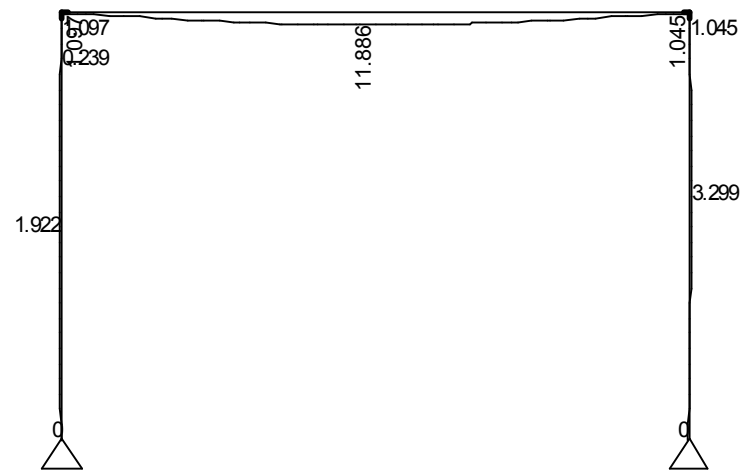
$$u_{2,inst} = 55,3 \text{ mm} < \frac{L}{300} = 56,7 \text{ mm} \text{ vyhovuje } \checkmark$$





b) konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení:

$$u_{1,inst} = 11,9 \text{ mm}$$



$$u_{net,fin} = u_{1,inst}(1 + k_{1,def}) + u_{2,inst}(1 + k_{2,def}) = 11,9 \cdot (1 + 0,60) + 55,3 \cdot (1 + 0,25) = 83,2 \text{ mm} < \frac{L}{200} = 85 \text{ mm}$$

vyhovuje

– **průhyb sloupů:** rozhoduje kombinace (2)

a) průhyb od nahodilého zatížení:

$$u_{2,inst} = 55,4 \text{ mm} < \frac{H}{150} = 73,3 \text{ mm} \text{ vyhovuje } \checkmark$$

b) konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení:

$$u_{1,inst} = 1,2 \text{ mm}$$

$$u_{net,fin} = u_{1,inst}(1 + k_{1,def}) + u_{2,inst}(1 + k_{2,def}) = 1,2 \cdot (1 + 0,60) + 55,4 \cdot (1 + 0,25) = 71,2 \text{ mm} < \frac{L}{150} = 73,3 \text{ mm}$$

vyhovuje

• **klasifikace rámu z hlediska posuvnosti**

– rám se uvažuje neposuvný, je-li:

$$\frac{V_{Sd}}{V_{cr}} \leq 0,1$$

(podmínka bude ověřována pouze pro KZS1, který rozhoduje o dimenzi profilů)

– reakce obou sloupů:

$$V_{Sd,1} = 125,39 \text{ kN (FEAT)}$$

$$V_{Sd,2} = 125,39 \text{ kN (FEAT)}$$

– **vzpěrná délka** v rovině rámu $L_{cr,y}$ – lze určit metodou rámových výseků

▪ délka sloupu: $L = 11 \text{ m}$

▪ součinitel tuhosti sloupu:

$$K_c = \frac{I_y}{L} = \frac{1}{12} \frac{400 \cdot 1000^3}{11000} \cdot 10^{-3} = 3030,3 \text{ mm}^3$$

▪ součinitel efektivní tuhosti příčle za předpokladu dvojité křivosti příčle při vybočení:

$$K_{11} = 1,5 \frac{I_{y,b}}{L} = 1,5 \frac{1}{12} \frac{400 \cdot 1000^3}{15800} = 3164,6 \text{ mm}^3$$

▪ rozdělovací součinitele:

$$\text{v rámovém rohu: } \eta_1 = \frac{K_c}{K_c + K_{11}} = \frac{3030,3}{3030,3 + 3164,6} = 0,49$$

$$\text{v patce: } \eta_2 = 1 \text{ (pro kloub)}$$

součinitel vzpěrné délky sloupu $\beta = 2,55$ (určen pro rám s posuvnými styčníky)

▪ $L_{cr,y} = 2,55 \cdot 15,8 = 40,29 \text{ m}$

$$V_{cr} = \pi^2 \frac{EI_y}{L_{cr}^2} = \pi^2 \frac{11000 \cdot 33,33 \cdot 10^9}{40290^2} = 2,229 \cdot 10^6 \text{ N}$$

$$\frac{V_{Sd}}{V_{cr}} = \frac{125,39 + 163,17}{2 \cdot 2,229 \cdot 10^6} = 6 \cdot 10^{-5} < 0,1$$

– soustava je pro ověřenou kombinaci **neposuvná**, při posouzení se bude počítat se vzpěrnými délkami pro rám vodorovně podepřený ve vrcholu a vnitřní síly v příčli není nutno zvětšovat

• **příčel**

– vnitřní síly:

▪ rámový roh – kombinace (1):

$$M_{Sd} = 341,65 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 25,79 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 119,12 \text{ kN}$$

▪ pole – kombinace (2):

$$M_{Sd} = 219,99 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 24,27 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 0 \text{ kN}$$

– návrh: profil **400 × 1000 mm**

▪ průřezové charakteristiky: (FEAT)

$$A = 400000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 3,33 \cdot 10^{10}$$

$$W_{pl,y} = 10^8 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,y} = 6,67 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 288,675 \text{ mm}$$

$$i_z = 115,47 \text{ mm}$$

$$I_z = 5,33 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_t = 1,655 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

– rámový roh: posouzení tlačeneho prutu na vzpěr a ohyb

▪ materiálové charakteristiky:

$$f_{c,0,g,k} = 20 \text{ MPa}; f_{c,0,g,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{20}{1,45} = 12,41 \text{ MPa}$$

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}; f_{m,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,45} = 14,90 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05,g} = 6700 \text{ MPa}$$

▪ normálové napětí v tlaku, v ohybu a smyku:

$$\sigma_{c,0,g,d} = \frac{N_{Sd}}{A} = \frac{25,79 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^5} = 0,064 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,g,d} = \frac{M_{Sd}}{W} = \frac{341,65 \cdot 10^6}{6,67 \cdot 10^7} = 5,12 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,g,d} = \frac{3V_d}{2A} = \frac{3 \cdot 119,12 \cdot 10^3}{2 \cdot 4 \cdot 10^5} = 0,45 \text{ MPa}$$

▪ vzpěrné délky:

$$\text{v rovině rámu: } L_{cr,y} = 15,8 \text{ m}$$

$$\text{z roviny rámu: } L_{cr,z} = 1 \text{ m}$$

▪ štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{15800}{288,675} = 54,73$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{1000}{115,47} = 8,66$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 \cdot 6700}{54,73^2} = 22,08 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{20}{22,08}} = 0,95$$

▪ součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \left[1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2 \right] = 0,5 \left[1 + 0,2 \cdot (0,95 - 0,5) + 0,95^2 \right] = 0,99$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{0,99 + \sqrt{0,99^2 - 0,95^2}} = 0,79$$

▪ posouzení na vzpěr a ohyb:

$$\frac{\sigma_{c,0,g,d}}{k_c f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,g,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,064}{0,79 \cdot 12,41} + \frac{5,12}{14,90} = 0,35 < 1 \text{ vyhovuje } \checkmark$$

(vliv klopení není posuzován, neboť průřez má v únosnosti velkou rezervu)

▪ posouzení na smyk za ohybu:

$$\frac{\tau_{v,g,d}}{f_{v,g,d}} = \frac{0,45}{1,68} = 0,27 \leq 1 \text{ vyhovuje } \checkmark$$

– pole

▪ moment v poli je menší než moment v rámovém rohu, navíc délka úseku, na kterém může dojít ke klopení je menší než v případě posudku rámového rohu, proto průřez v poli vyhoví \checkmark

– **průřez 400 × 1000 mm vyhovuje** \checkmark

• **sloup**

– vnitřní síly:

▪ rámový roh – kombinace (1):

$$M_{Sd} = 341,65 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 124,09 \text{ kN (v rámovém rohu)}$$

$$N_{Sd} = 163,17 \text{ kN (v patce)}$$

$$V_{Sd} = 36,33 \text{ kN (v patce)}$$

ohybový moment je největší v rámovém rohu a směrem k patce klesá do nuly, normálová síla je největší v patce – je bezpečnější ve výpočtu nahradit skutečný průběh normálové síly průměrnou hodnotou:

$$\bar{N}_{Sd} = \frac{124,09 + 163,17}{2} = 143,63 \text{ kN}$$

– návrh: profil **400 × 1000 mm**

▪ průřezové charakteristiky: (FEAT)

$$A = 400000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 3,33 \cdot 10^{10}$$

$$W_{pl,y} = 10^8 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,y} = 6,67 \cdot 10^7 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 288,675 \text{ mm}$$

$$i_z = 115,47 \text{ mm}$$

$$I_z = 5,33 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$I_t = 1,655 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

– posouzení tlačeneho prutu na vzpěr a ohyb

▪ materiálové charakteristiky:

$$f_{c,0,g,k} = 20 \text{ MPa}; f_{c,0,g,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{20}{1,45} = 12,41 \text{ MPa}$$

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}; f_{m,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,45} = 14,90 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05,g} = 6700 \text{ MPa}$$

▪ normálové napětí v tlaku a v ohybu:

$$\sigma_{c,0,g,d} = \frac{N_{Sd}}{A} = \frac{143,63 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^5} = 0,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,g,d} = \frac{M_{Sd}}{W} = \frac{341,65 \cdot 10^6}{6,67 \cdot 10^7} = 5,12 \text{ MPa}$$

▪ vzpěrné délky:

v rovině rámu se určí metodou rámových výseků pro rám s neposuvnými styčníky ($\eta_1 = 0,49$, $\eta_2 = 1$) →

$$\beta = 0,82; L_{cr,y} = \beta \cdot H = 0,82 \cdot 11 = 9,02 \text{ m}$$

z roviny rámu (bezpečně délka sloupu): $L_{cr,z} = 11 \text{ m}$

▪ štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{9020}{288,675} = 31,25$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{11000}{115,47} = 95,26$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{\pi^2 \cdot 6700}{95,26^2} = 7,29 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{20}{7,29}} = 1,66$$

- součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 \left[1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2 \right] = 0,5 \left[1 + 0,2 \cdot (1,66 - 0,5) + 1,66^2 \right] = 1,99$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,99 + \sqrt{1,99^2 - 1,66^2}} = 0,32$$

- posouzení na vzpěr a ohyb:

$$\frac{\sigma_{c,0,g,d}}{k_c f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,g,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,36}{0,32 \cdot 12,41} + \frac{5,12}{14,90} = 0,43 < 1 \text{ vyhovuje } \checkmark$$

(vliv klopení není posuzován, neboť průřez má v únosnosti dostatečnou rezervu; vliv smyku lze rovněž zanedbat)

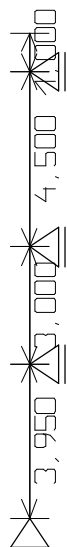
- průřez 400 × 1000 mm vyhovuje

3.2. SKLENĚNÁ FASÁDA

3.2.1. Sloupek – prvek č. 5

jedná se pouze o přibližný výpočet, je zanedbána šikmost sloupku

- schéma

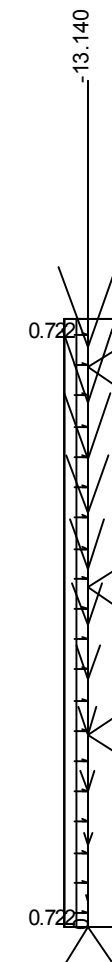


- zatížení

zatížení	char. zat. [kN·m ⁻¹]	γ _F	návr. zat. [kN·m ⁻¹]
– stálé:			
sklo tl. 2 × 8 mm (od 0 do 12,45 m)	2 · 0,008 · 26 · 2 · (0 ÷ 12,45) = 0 ÷ 10,33		0 ÷ 12,40
vlastní tíha sloupku 60 × 200 mm	0,06 · 0,2 · 4 · (0 ÷ 12,45) = 0 ÷ 0,62		0 ÷ 0,74
celkem stálé	0 ÷ 10,95		0 ÷ 13,14

- užité:

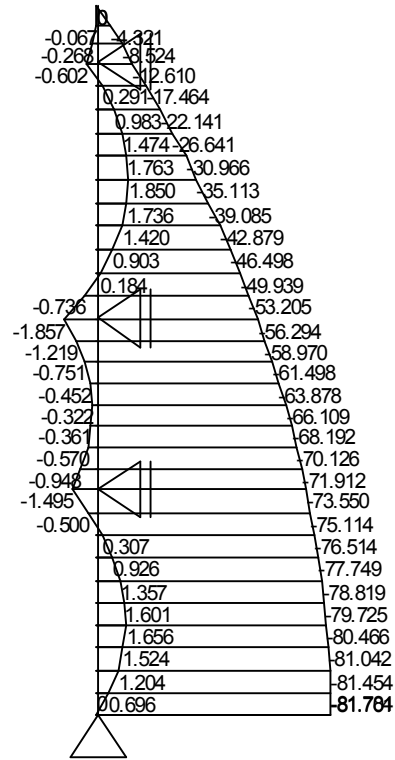
oblast D: c _{pe} = 0,8	0,31 · 2 = 0,62	1,4	1,24
oblast E: c _{pe} = -0,3	0,12 · 2 = 0,24	1,4	0,34
celkem užité	0,86		1,2



- kombinace zatížení

- stálé + vítr:

N + M – normálová síla [kN] a moment [kNm]



návrhový moment $M_{Sd} = 1,65 \text{ kNm}$
 návrhová normálová síla $N_{Sd} = 80,47 \text{ kN}$

- návrh
- průřez $60 \times 200 \text{ mm}$
- 1. MS: posouzení na vzpěr a průhyb

– materiálové charakteristiky:

$$f_{c,0,g,k} = 20 \text{ MPa}; f_{c,0,g,d} = k_{mod} \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{20}{1,45} = 12,41 \text{ MPa}$$

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}; f_{m,g,d} = k_{mod} \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \frac{24}{1,45} = 14,90 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05,g} = 6700 \text{ MPa}$$

– normálové napětí v tlaku a v ohybu:

$$\sigma_{c,0,g,d} = \frac{N_{Sd}}{A} = \frac{80,47 \cdot 10^3}{13200} = 6,10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,g,d} = \frac{M_{Sd}}{W} = \frac{1,65 \cdot 10^6}{1,45 \cdot 10^6} = 1,13 \text{ MPa}$$

– vzpěrné délky:

$$L_{cr,y} = 3,95 \text{ m}$$

– štíhlostní poměry:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3950}{63,51} = 62,19$$

$$\sigma_{c,crit} = \frac{\pi^2 E_{0,05}}{\lambda_z^2} = \frac{\pi^2 6700}{62,19^2} = 17,10 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{20}{17,10}} = 1,08$$

– součinitel vzpěrnosti:

$$k = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,5) + \lambda_{rel}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \cdot (1,08 - 0,5) + 1,08^2] = 1,24$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,24 + \sqrt{1,24^2 - 1,08^2}} = 0,54$$

– posouzení na vzpěr a ohyb:

$$\frac{\sigma_{c,0,g,d}}{k_c f_{c,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,g,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{6,10}{0,54 \cdot 12,41} + \frac{1,13}{14,90} = 0,99 < 1 \text{ vyhovuje } \checkmark$$

- průřez $60 \times 220 \text{ mm}$ vyhovuje \checkmark

3.2.2. Příčel

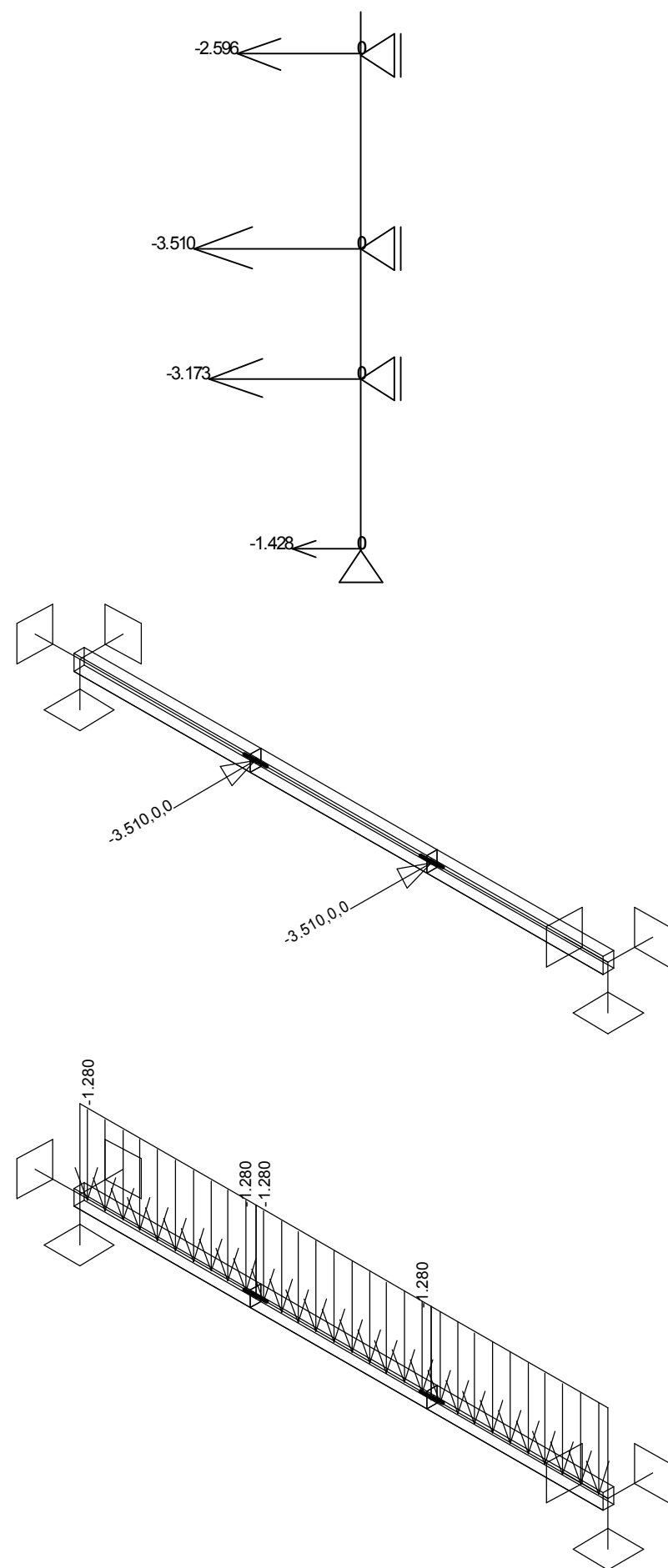
jedná se pouze o přibližný výpočet, zatěžovací šířky a rozpětí jsou přibližná

- schéma

– zatěžovací šířka $4,5 \text{ m} / 2$ (polovinu přenáší sloupek)

- zatížení

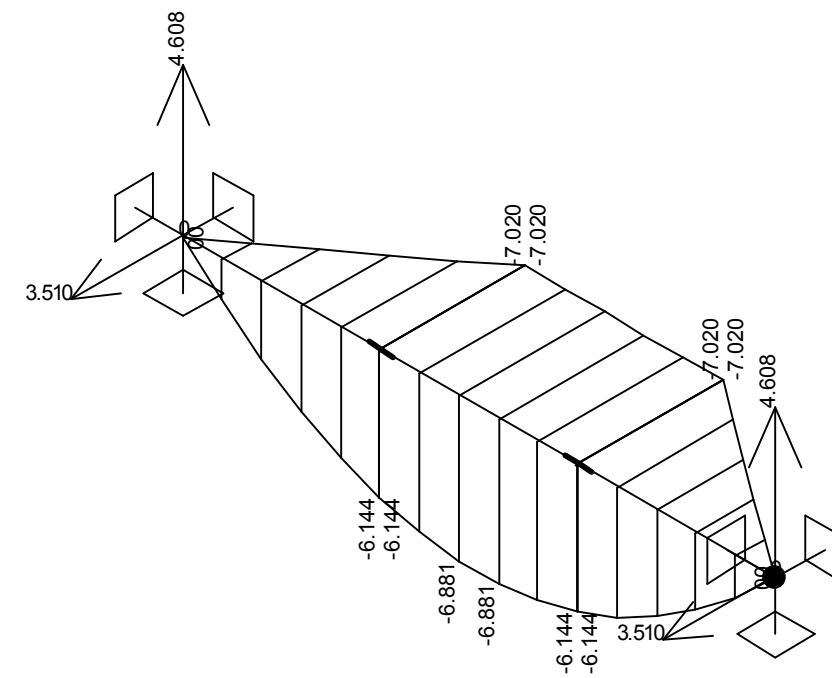
zatížení	char. zat. [$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$]	γ_F	návr. zat. [$\text{kN}\cdot\text{m}^{-1}$]
– stálé:			
sklo tl. $2 \times 8 \text{ mm}$	$2 \cdot 0,008 \cdot 26 \cdot 4,5 / 2 = 0,94$	1,2	1,13
příčel $80 \times 120 + 2$ příčné rámy fasády 80×60	$(0,08 \cdot 0,12 + 2 \cdot 0,08 \cdot 0,06) \cdot 4 = 0,08$		0,09
celkem	$g_k = 1,28$	1,2	$g_d = 1,22$
+ reakce ze sloupků (stálé + vítr)			



- **vnitřní síly**

- stálé + užité: $g_d + q_{d,u}$

$M_y + M_z$ [kNm]



$M_{Sd,y} = 6,88$ kNm

$M_{Sd,z} = 7,02$ kNm

- **návrh**

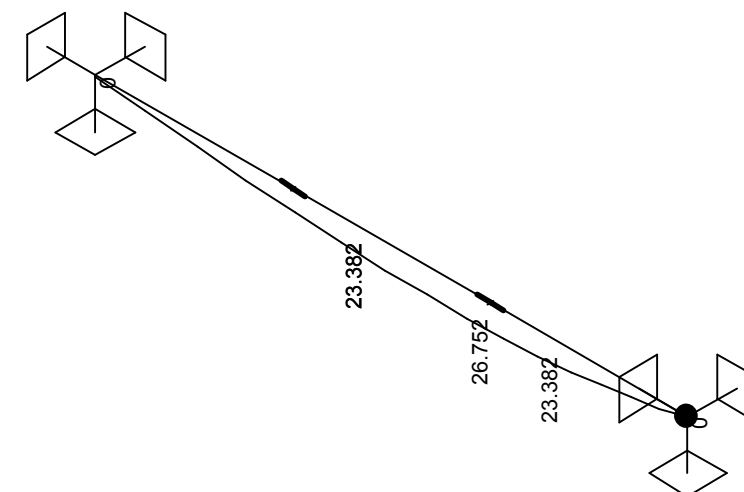
- z důvodu vedení vzduchotechniky mezi vaznicemi, navržen vysoký lepený profil 120×300 mm

- **2. MS: posouzení na průhyb**

- konečný průhyb od stálého a nahodilého zatížení: (jedná se pouze o značně přibližnou hodnotu dle FEATu)

$$u_{net,fin} = 26,8 \text{ mm} < \frac{L}{200} = 30 \text{ mm}$$

vyhovuje



- **1. MS: posouzení na dvojsoý ohyb**

– návrhová pevnost za ohybu:

$$f_{m,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,9 \cdot \frac{24}{1,45} = 14,90 \text{ MPa}$$

– posouzení na ohyb:

$$\text{ohybové napětí: } \sigma_{m,g,y,d} = \frac{M_{Sd,y}}{W} = \frac{6,88 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} \cdot 220 \cdot 180^2} = 5,79 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,g,z,d} = \frac{M_{Sd,z}}{W} = \frac{7,02 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} \cdot 180 \cdot 220^2} = 4,83 \text{ MPa}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,g,y,d}}{f_{m,g,y,d}} + \frac{\sigma_{m,g,z,d}}{f_{m,g,z,d}} = 0,7 \frac{5,79}{14,90} + \frac{4,83}{14,90} = 0,60 \leq 1 \text{ vyhovuje } \checkmark$$

$$\frac{\sigma_{m,g,y,d}}{f_{m,g,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,g,z,d}}{f_{m,g,z,d}} = \frac{5,79}{14,90} + 0,7 \frac{4,83}{14,90} = 0,62 \leq 1$$

• průřez 220 × 180 mm vyhovuje