

Vysoké učení technické v Brně – Fakulta stavební  
Ústav kovových a dřevěných konstrukcí  
Veveří 331/95, 602 00 Brno



**Akce**

## **KULTURNÍ DŮM MILOVICE DOKUMENTACE PRO PROVEDENÍ STAVBY**

**Dílčí část – profese**

### **D.1.2 STAVEBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ NOSNÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ**

## **STATICKÝ VÝPOČET**

**Vypracovali:**

Prof. Ing. Jindřich Melcher, DrSc.  
Prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.  
Ing. Milan Pilgr, Ph.D.  
Ing. Michal Štrba, Ph.D.  
Bc. Jan Břečka  
Marián Mudrík

Brno, červenec 2019

## Obsah

<b>1</b>	<b>Prostorová skladba nosné ocelové konstrukce .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Zatížení.....</b>	<b>4</b>
2.1	Stálá zatížení.....	4
2.2	Proměnná zatížení.....	7
2.3	Zatěžovací stavy .....	10
<b>3</b>	<b>Dimenzování prutů .....</b>	<b>12</b>
3.1	Střešní vaznice .....	12
3.2	Podhledová vaznička .....	15
3.3	Podhledová vaznice .....	19
3.4	Podélné ztužidlo.....	23
3.5	Střešní vazník.....	28
3.6	Příčné ztužidlo .....	67
<b>4</b>	<b>Dimenzování spojů .....</b>	<b>69</b>
4.1	Svařované přípoje diagonál vazníku.....	69
4.2	Svařované přípoje svislic vazníku .....	74
4.3	Svary styčnickových plechů horního pásu vazníku.....	80
4.4	Svary styčnickových plechů spodního pásu vazníku .....	88
4.5	Montážní spoje na vazníku .....	96
4.6	Přípoj příčného ztužidla na styč. plech ve vrcholu vazníku .....	106
4.7	Přípoj příčného ztužidla na styč. plech v poli.....	110
4.8	Křížení příčných ztužidel s vaznicí.....	113
4.9	Přípoj diagonály podélného ztužidla na vaznici .....	116
4.10	Přípoj diagonály podélného ztužidla na svislici vazníku.....	119
4.11	Přípoj podhledové vazničky na podhledovou vaznici .....	123
4.12	Přípoj podhledové vaznice na spodní pás vazníku .....	127
4.13	Uložení vazníku na stávající ŽB sloup .....	132
<b>5</b>	<b>Požární odolnost nosné konstrukce podhledu .....</b>	<b>133</b>
5.1	Podhledová vaznička .....	133
5.2	Podhledová vaznice .....	134
	<b>Literatura .....</b>	<b>137</b>
	<b>Normy .....</b>	<b>137</b>

## 1 Prostorová skladba nosné ocelové konstrukce

Základní příčný nosný systém tvoří v řešeném případě vazník, jenž je hlavním střešním nosníkem, na kterém jsou uloženy vaznice tvořící podporu střešního pláště. Vazník je příhradový, sedlového tvaru, s výplňovými pruty v kosoúhlé soustavě s podružnými svislicemi.

Tuhost konstrukce zastřešení je v podélném směru zabezpečena dvojicí příčných (neboli větrových) ztužidel, tvořených příhradovým nosníkem ve střešní rovině, probíhajících napříč budovou a umístěných při obou štítových stěnách. Pásky příhradového ztužidla vytvářejí horní pásy přináležících vazníků.

Konstrukci střechy doplňují dvě svislá podélná ztužidla rozmístěná ve vzdálenosti 12,0 m, souměrně vůči středu rozpětí vazníku.

V úrovni spodních pásů vazníků jsou v pravoúhlé osnově rozmístěny podhledové nosníky, v podélném směru tzv. podhledové vaznice, nesené vazníkem, a v příčném směru tzv. podhledové vazničky, nesené podhledovými vaznicemi.

Jsou uvažovány tyto základními parametry: a) rozpětí vazníků  $L = 23,63$  m, b) rozteč vazníků  $l = 6,0$  m, c) délka střešní konstrukce měřená jako osová vzdálenost krajních vazníků  $D = 6 \times 6,0 = 36,0$  m (6 polí po 6,0 m).

Konstrukce zastřešení se předpokládá jako celosvařovaná s montážními styky a přípoji šroubovanými. Základní použitý materiál je ocel pevnostní třídy S 235.

## 2 Zatížení

### 2.1 Stálá zatížení

#### 2.1.1 Pro návrh trapézového plechu

Plechý budou uloženy na vaznicích na rozpětí 3,0 m.

- Vlastní tíha plechu – tloušťka plechu 1 mm, výška vln 50 mm;  $\sim 20 \text{ kg/m}^2$ , tj.  $0,2 \text{ kN/m}^2$ .
- Tíha betonové desky – čerstvý beton s konstrukční výztuží;  $2600 \text{ kg/m}^3$ , tj.  $26 \text{ kN/m}^3$ .

Tloušťka betonové desky nad vlnou: 50 mm.

Tloušťka betonové desky v místě vlny: 25 mm (viz Poznámka níže).

Poznámka: je navržen symetrický plech, tj. normální a reverzní poloha plechu jsou stejné, výška vlny je 50 mm a tedy průměrnou tloušťku v úrovni vln lze uvažovat jako 25 mm.

Hodnoty zatížení jsou uvedeny v tabulce:

Jednotlivé položky		Hodnoty zatížení		
		$g_k$	$\gamma_f$	$g_d$
		[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	Vlastní tíha trapézového plechu	0,2	1,35	0,27
2	Tíha čerstvého betonu nad vlnami trapézového plechu; tl. 50 mm $26 \text{ kN/m}^3 \times 0,05 \text{ m} = 1,3 \text{ kN/m}^2$	1,3	1,35	1,755
3	Tíha čerstvého betonu v úrovni vln trapézového plechu; tl. 25 mm $26 \text{ kN/m}^3 \times 0,025 \text{ m} = 0,65 \text{ kN/m}^2$	0,65	1,35	0,8775
$\Sigma$	Celková hodnota zatížení na trapézový plech	2,15	1,35	2,90

#### 2.1.2 Pro návrh vaznice

Vaznice budou působit jako prosté nosníky na rozpětí  $l = 6,0 \text{ m}$  a jejich osová vzdálenost, resp. zatěžovací šířka, se uvažuje  $b = 3,0 \text{ m}$ .

- Vlastní tíha vaznice (profil IPE 220):

Je generována v rámci modelu ve výpočtovém software;  $g_{IPE} = 26,2 \text{ kg/m} = 0,262 \text{ kN/m}$  (charakteristická hodnota).



- Střešní plášť (jednotlivé vrstvy převzaty z poskytnutých podkladů).

Hodnoty zatížení od samotného střešního pláště jsou rozepsány v následující tabulce:

Skladba střešního pláště		Hodnoty zatížení		
		$g_k$	$\gamma_f$	$g_d$
		[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]
1	H. I. vrstva – fólie z PVC-P, tl. 1,5 mm; 2,0 kg/m <sup>2</sup>	0,02	1,35	0,027
2	Separáční vrstva – ochranná textilie sklovláknitá; 120 g/m <sup>2</sup> = 0,12 kg/m <sup>2</sup>	0,0012	1,35	0,0016
3	Rozháněcí klíny z EPS 100, cca $\phi$ tl. 30 mm; 20 kg/m <sup>3</sup> ; 20 kg/m <sup>3</sup> $\times$ 0,03 m = 0,6 kg/m <sup>2</sup>	0,006	1,35	0,0081
4	T. I. – tepelně izolační desky ze stabilizovaného pěnového polystyrénu, EPS 100, tl. 150 mm; 20 kg/m <sup>3</sup> ; 20 kg/m <sup>3</sup> $\times$ 0,15 m = 3,0 kg/m <sup>2</sup>	0,03	1,35	0,405
5	Polyuretanové lepidlo (zanedbá se)	-	-	-
6	T. I. – tepelně izolační desky ze stabilizovaného pěnového polystyrénu, EPS 100, tl. 150 mm; 20 kg/m <sup>3</sup> ; 20 kg/m <sup>3</sup> $\times$ 0,15 m = 3,0 kg/m <sup>2</sup>	0,03	1,35	0,405
7	Polyuretanové lepidlo (zanedbá se)	-	-	-
8	Parozábrana a pojistná H. I. – SBS modifikovaný asfaltový pás s vložkou, tl. 4 mm; 5 kg/m <sup>2</sup>	0,05	1,35	0,0675
9	Asfaltový penetrační nátěr (zanedbá se)	-	-	-
$\Sigma$	Celková hodnota zatížení od střešního pláště	0,15	1,35	0,21

Po přenásobení zatěžovací šířkou  $b$  jsou hodnoty zatížení na vaznici následující:

Charakteristická hodnota:  $g_k = 0,15 \text{ kN/m}^2 \times 3,0 \text{ m} = 0,45 \text{ kN/m}$ .

Návrhová hodnota:  $g_d = g_k \times \gamma_f = 0,45 \times 1,35 = 0,6075 \text{ kN/m}$ .

- Trapézové plechy:

Charakteristická hodnota:  $g_k = 0,2 \text{ kN/m}^2 \times 3,0 \text{ m} = 0,6 \text{ kN/m}$ .

Návrhová hodnota:  $g_d = g_k \times \gamma_f = 0,6 \times 1,35 = 0,81 \text{ kN/m}$ .

- Tíha betonové desky (převzaté hodnoty tlouštěk viz výpočet pro návrh trapézového plechu):

Charakteristická hodnota:  $g_k = (1,3 + 0,65) \text{ kN/m}^2 \times 3,0 \text{ m} = 5,85 \text{ kN/m}$ .

Návrhová hodnota:  $g_d = g_k \times \gamma_f = 5,85 \times 1,35 = 7,9 \text{ kN/m}$ .

Celková hodnota stálého zatížení na vaznici:

Poznámka: bez vlastní tíhy vaznice, tj. součet tíhy střešního pláště, trapézových plechů a betonové desky.

Charakteristická hodnota:  $g_k = 0,45 + 0,6 + 5,85 = 6,9 \text{ kN/m}$ .

Návrhová hodnota:  $g_d = g_k \times \gamma_f = 6,9 \times 1,35 = 9,32 \text{ kN/m}$ .

### 2.1.3 Ostatní stálá zatížení

- Podhledy ze SDK desek ( $20 \text{ kg/m}^2 = 0,2 \text{ kN/m}^2$ ):

Tvar a skladba podhledů převzaty z podkladů, tj. SDK tl. 15 mm + nástřík + rezerva.

Vzhledem k prostorovému uspořádání podhledů z podkladů vyplývá, že na  $1,0 \text{ m}^2$  půdorysné plochy připadá  $1,75 \text{ m}^2$  podhledu. Proto je použito vynásobení tíhy součinitelem 1,75.

Charakteristická hodnota:  $g_k = 0,2 \times 1,75 = 0,35 \text{ kN/m}^2$ .

Návrhová hodnota:  $g_d = g_k \times \gamma_f = 0,35 \times 1,35 = 0,473 \text{ kN/m}^2$ .

- Nosný rošt podhledu a obslužných lávek (těsně pod úrovní dolních pásů vazníků):

Rastr roštu dle podkladů  $2,0 \times 1,0 \text{ m}$ .

Podhledové vaznice v roštu: rozpětí 6,0 m v osových vzdálenostech à 2,0 m.

Podhledové vazničky v roštu: příčný směr, rozpětí 2,0 m v osových vzdálenostech à 1,0 m.

Vlastní tíha podhledových vaznic (IPE 180) a podhledových vazniček (IPE 120) je generována v rámci modelu ve výpočtovém software.

- Pororošt (tj. pochůzná vrstva obslužných lávek):

Šířka obslužných lávek je 1,0 m, ale zatěžují příčné nosníky roštu (tzv. podhledové vazničky, jež jsou rozmístěny à 1,0 m), rovnoměrně z obou stran, a tedy zatěžovací šířka u nich je uvažována jako  $b = 0,5 \text{ m}$ .

Typ pororoštu dle podkladů ( $30 \times 30 \times 4 \text{ mm}$ ).

Vlastní tíha pororoštu: odhad  $30 \text{ kg/m}^2 = 0,3 \text{ kN/m}^2$ .

Charakteristická hodnota:  $g_k = 0,3 \times 1,0 = 0,3 \text{ kN/m}$ .

Návrhová hodnota:  $g_d = g_k \times \gamma_f = 0,3 \times 1,35 = 0,41 \text{ kN/m}$ .

- Rampy pro osvětlení/ozvučení

Uvažuje se jedna rampa hmotnosti 600 kg na každém vazníku.

Závěsy jsou rozmístěny podle zadání à 4,0 m (celkem 7 závěsů).

Hmotnost od ramp je rozpočtena vždy na 4 závěsy po 150 kg a zatížení je tedy uvažováno ve formě čtyř osamělých břemen s hodnotou 1,5 kN.

Charakteristická hodnota:  $G_k = 1,5$  kN (celkem 4 síly umístěné do účinných pozic).

Návrhová hodnota:  $G_d = G_k \times \gamma_f = 1,5 \times 1,35 = 2,025$  kN (dtto).

## 2.2 Proměnná zatížení

### 2.2.1 Klimatické zatížení – Zatížení sněhem

Podle ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení sněhem.

Základní údaje potřebné k určení zatížení:

Lokalita: Milovice – sněhová oblast I.

Základní tlak sněhu dle sněhové oblasti:  $s_k = 0,59$  kPa (zdroj: [www.snehovamapa.cz](http://www.snehovamapa.cz)).

Příčný sklon střechy:  $\alpha \approx 3,0^\circ$  (sedlová střecha).

Charakteristická hodnota zatížení sněhem:

$$s = \mu_i \times C_e \times C_t \times s_k \text{ [kPa, resp. kN/m}^2\text{]},$$

kde

$$\mu_i = 0,8 \text{ (pro sklon střechy } 0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ\text{)},$$

$$C_e = 1,0 \text{ (součinitel topografie – normální topografie) a}$$

$$C_t = 1,0 \text{ (tepelný součinitel – doporučená hodnota).}$$

Potom tedy:

$$s = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,59 = 0,472 \text{ kN/m}^2.$$

Návrhová hodnota zatížení sněhem:

$$s_d = s_k \times \gamma_f = 0,472 \times 1,5 = 0,708 \text{ kN/m}^2.$$

## 2.2.2 Klimatické zatížení – Zatížení větrem

Podle ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.

Základní údaje potřebné k určení zatížení:

Lokalita: Milovice – větrná oblast I.

Základní rychlost větru dle oblasti:  $v_{b,0} = 22,5$  m/s (podle mapy v EN ČSN 1991-1-4).

Kategorie terénu III (rovnoměrné pokrytí stavbami a vegetací).

Výška budovy (maximální výška nad terénem ve vrcholu střechy):  $z = 13,7$  m.

Charakteristická hodnota tlaku větru:

$$w_{e,k} = q_p(z) \times C_{pe} \text{ [kN/m}^2\text{]},$$

kde

$$q_p(z) = C_e(z) \times q_b = 1,9 \times 0,316 = 0,60 \text{ kN/m}^2,$$

$$q_b = 0,5 \times \rho \times v_{b,0}^2 = 0,5 \times 1,25 \times 22,5^2 = 316,4 \text{ N/m}^2 = 0,316 \text{ kN/m}^2,$$

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

$C_e(z) = 1,9$  (graf na obr. 4.2 v normě ČSN EN 1991-1-4 pro výšku  $z$  a kategorii terénu III) a  $C_{pe}$  je součinitel vnějšího tlaku pro příslušné oblasti střechy.

Potom tedy

$$w_{e,k} = 0,60 \times C_{pe} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Návrhová hodnota tlaku větru:

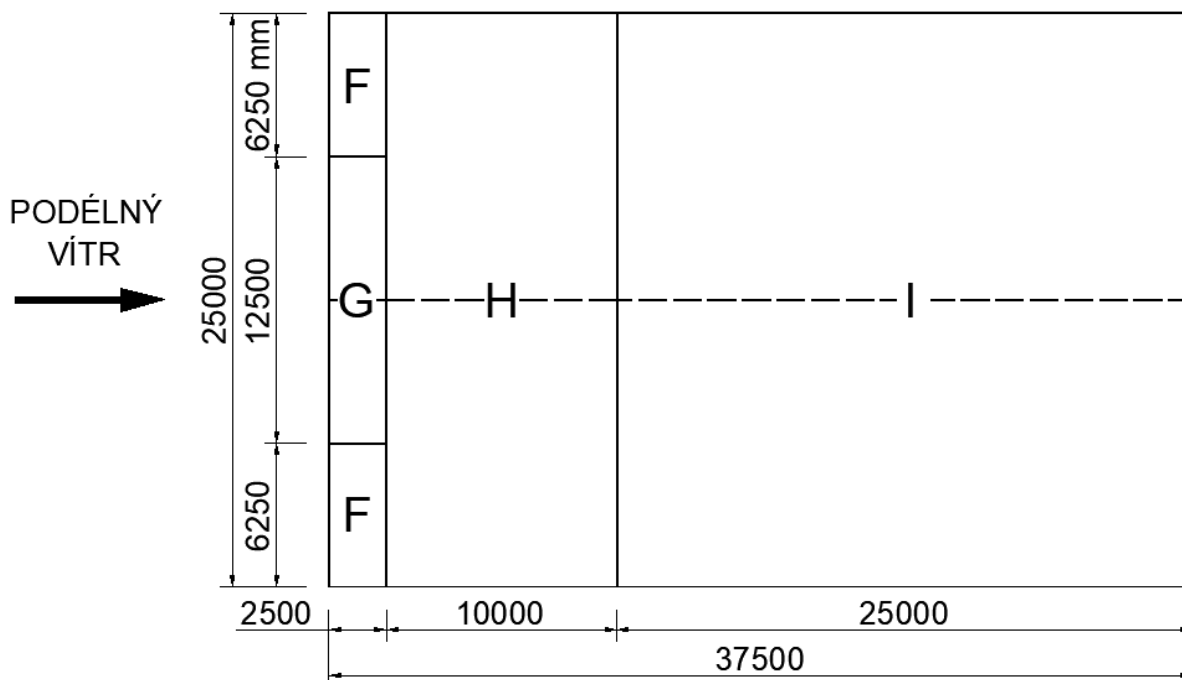
$$w_{e,d} = w_{e,k} \times \gamma_f \times C_{pe} = 0,6 \times 1,5 \times C_{pe} = 0,9 \times C_{pe} \text{ [kN/m}^2\text{]}.$$

Hodnoty součinitelů  $C_{pe}$  jsou převzaty z normy ČSN EN 1991-1-4 pro příslušnou oblast střechy. Vzhledem ke sklonu pouze cca  $3^\circ$  jsou uvažovány hodnoty pro ploché střechy, a sice (viz tabulka):

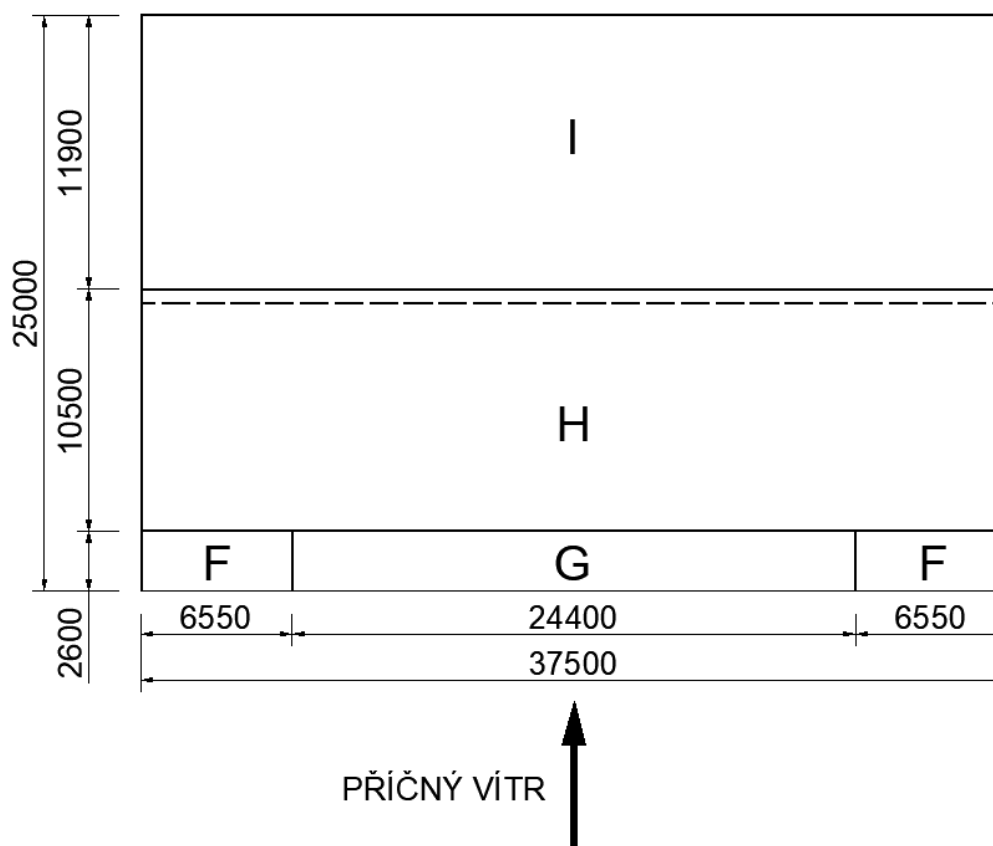
Oblast	$C_{pe}$	Účinek větru
F	-1,4	Sání
G	-0,9	Sání
H	-0,7	Sání
I	$\pm 0,2$	Tlak, resp. sání

Rozmístění jednotlivých oblastí na střešní konstrukci je na následujících obrázcích pro případ podélného a příčného větru.

Rozmístění jednotlivých oblastí zatížení větrem - Podélný vítr



Rozmístění jednotlivých oblastí zatížení větrem - Příčný vítr



Poznámka: čárkovanou čarou v obrázcích je značen hřeben střechy.

### 2.2.3 Užité zatížení – provozní zatížení na obslužných lávkách

Uvažována hodnota  $200 \text{ kg/m}^2$ , tj.  $2,0 \text{ kN/m}^2$ .

Charakteristická hodnota:  $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$ .

Návrhová hodnota:  $q_d = q_k \times \gamma_f = 2,0 \times 1,5 = 3,0 \text{ kN/m}^2$ .

### 2.2.4 Užité zatížení – osamělé břemeno

Uvažována hodnota  $100 \text{ kg}$ , tj.  $1,0 \text{ kN}$ .

Charakteristická hodnota:  $Q_k = 1,0 \text{ kN}$ .

Návrhová hodnota:  $Q_d = Q_k \times \gamma_f = 1,0 \times 1,5 = 1,5 \text{ kN}$ .

## 2.3 Zatěžovací stavy

Zatížení na vazník, resp. vaznici pro výpočtový model.

### 2.3.1 Stálé zatížení

- Vlastní tíha vazníku (tíha jednotlivých profilů generována výpočtovým software).
- Vlastní tíha vaznic (IPE 220, generováno výpočtovým software).
- Střecha (umístění jako spojitě rovnoměrné zatížení na vaznice):

$$g_k = 6,9 \text{ kN/m},$$

$$g_d = 9,32 \text{ kN/m}.$$

- Ztužidla (tíha jednotlivých profilů generována výpočtovým software).
- Rošt pro obslužné lávky (dle schéma v podkladech, tj. v rastru  $2,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$ ):  
podhledové vaznice (IPE 180, generováno výpočtovým software),  
podhledové vazničky (IPE 120, generováno výpočtovým software).
- Podhledy (charakteristická hodnota  $0,35 \text{ kN/m}^2$ , viz komentář u zatížení od podhledů):

Umístí se jako liniové zatížení na podhledové vazničky, tj. se zatěžovací šířkou  $0,5 \text{ m}$ , tedy:

$$g_k = 0,35 \text{ kN/m}^2 \times 0,5 \text{ m} = 0,175 \text{ kN/m}, \text{ resp. } g_d = g_k \times \gamma_f = 0,175 \times 1,35 = 0,24 \text{ kN/m}.$$

- Rampy na osvětlení/ozvučení:

Umístí se 4 osamělá břemena  $G_k = 1,5 \text{ kN}$ , resp.  $G_d = 2,025 \text{ kN}$  do nejúčinnější polohy.

### 2.3.2 Sníh plný

Aplikuje se spojitě rovnoměrné zatížení na vaznice, a to:

$$s = 0,472 \text{ kN/m}^2 \times 3,0 \text{ m} = 1,42 \text{ kN/m, resp. } s_d = s_k \times \gamma_f = 1,42 \times 1,5 = 2,13 \text{ kN/m.}$$

### 2.3.3 Sníh nesymetrický („poloviční“)

Aplikuje se na vaznice jako spojitě rovnoměrné zatížení.

Na jedné straně sedlové střechy plná hodnota ze ZS2, tj.:

$$s = 1,42 \text{ kN/m, resp. } s_d = 2,13 \text{ kN/m.}$$

Na druhé straně sedlové střechy hodnota poloviční, tj.:

$$s = 0,5 \times 1,42 = 0,71 \text{ kN/m, resp. } s_d = 0,5 \times 2,13 = 1,07 \text{ kN/m.}$$

### 2.3.4 Větr podélný a větr příčný

Aplikuje se jako spojitě rovnoměrné zatížení na vaznice. Hodnoty tlaku větru pro příčný a podélný vítr jsou shodné, liší se však rozmístění jednotlivých oblastí (viz kap. 2.2.2).

Charakteristická a návrhová hodnota zatížení je:

$$w_k = 0,6 \text{ kN/m}^2 \times 3,0 \text{ m} \times C_{pe} \text{ (dle oblasti F, G, H a I), resp. } w_d = w_k \times \gamma_f = w_k \times 1,5.$$

Hodnoty jsou pro jednotlivé oblasti střechy vyjádřeny v následující tabulce:

Oblast	$C_{pe}$		$w_k$	$\gamma_f$	$w_d$
			[kN/m]	[-]	[kN/m]
F	-1,4	$0,6 \times 3,0 \times (-1,4) = -2,52$	-2,52	1,5	-3,78
G	-0,9	$0,6 \times 3,0 \times (-0,9) = -1,62$	-1,62	1,5	-2,43
H	-0,7	$0,6 \times 3,0 \times (-0,7) = -1,26$	-1,26	1,5	-1,89
I	-0,2	$0,6 \times 3,0 \times (-0,2) = -0,36$	-0,36	1,5	-0,54
I	+0,2	$0,6 \times 3,0 \times (+0,2) = +0,36$	+0,36	1,5	+0,54

Oblasti pro umístění jednotlivých hodnot viz schémata na obrázcích u výpočtu zatížení větrem (kap. 2.2.2).

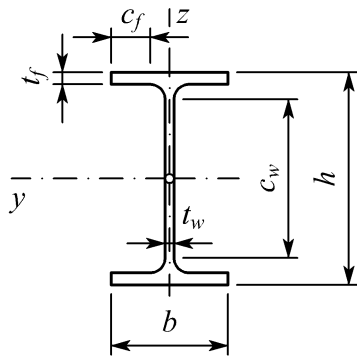
### 2.3.5 Užité zatížení (na obslužných lávkách)

Spojitě rovnoměrné zatížení na podhledové vazničky:  $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$ , resp.  $q_d = 3,0 \text{ kN/m}^2$ .

Nebo osamělá břemena tamtéž:  $Q_k = 1,0 \text{ kN}$ , resp.  $Q_d = 1,5 \text{ kN}$ .

### 3 Dimenzování prutů

#### 3.1 Střešní vaznice



IPE 220

$$m = 26,2 \text{ kg/m}$$

$$I_y = 27,7 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 285 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$h = 220 \text{ mm}, b = 110 \text{ mm}$$

$$c_w = 177 \text{ mm}, t_w = 5,9 \text{ mm}$$

$$c_f = 40,1 \text{ mm}, t_f = 9,2 \text{ mm}$$

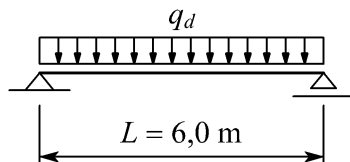
Materiál – ocel S235

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

Statické schéma



Vzhledem k nevýznamnému pootočení průřezu ( $\alpha = 2,84^\circ$ ) počítáme pouze s rovinným ohybem okolo tuhé osy  $y$ .

##### 3.1.1 Charakteristické hodnoty liniových zatížení

- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| 1) vl. t. vaznice        | $g_1 = 0,262 \text{ kN/m}$ |
| 2) střešní plášť         | $g_2 = 6,90 \text{ kN/m}$  |
| 3) sníh (plný)           | $s = 1,42 \text{ kN/m}$    |
| 4) tlak větru (plocha I) | $w_+ = 0,36 \text{ kN/m}$  |
| 5) sání větru (plocha F) | $w_- = 2,52 \text{ kN/m}$  |



### 3.1.2 MSÚ – kladný ohybový moment

Návrhová hodnota kombinovaného zatížení

$$q_d = \gamma_G (g_1 + g_2) + \gamma_Q (s + \psi_0 w_+) =$$

$$= 1,35 \cdot (0,262 + 6,90) + 1,50 \cdot (1,42 + 0,6 \cdot 0,36) = 12,1 \text{ kN/m}$$

Návrhový ohybový moment

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} q_d L^2 = \frac{1}{8} \cdot 12,1 \cdot 6^2 = 54,5 \text{ kNm}$$

Únosnost v ohybu

Klasifikace průřezu

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{177}{5,9} = 30,0 \leq 72 \varepsilon \dots \text{tř. 1}$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{40,1}{9,2} = 4,36 \leq 9 \varepsilon \dots \text{tř. 1}$$

→ lze počítat s plastifikací průřezu

K tlačnému pásu je kotven střešní plášť → klopení nenastane, posuzujeme jen na prostý ohyb.

Odolnost a posudek

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{285 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,00} = 67,0 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{54,5}{67,0} = 0,81 \leq 1,0 \rightarrow \text{vyhoví.}$$

### 3.1.3 MSÚ – záporný ohybový moment

Min. návrhové zatížení působící shora dolů

$$q_+ = \gamma_G (g_1 + g_2) = 1,00 \cdot (0,262 + 6,90) = 7,16 \text{ kN/m}$$

Max. návrhové zatížení působící vzhůru

$$q_- = \gamma_Q w_- = 1,50 \cdot 2,52 = 3,78 \text{ kN/m}$$

Protože  $q_- \leq q_+$ , záporný moment nevznikne.

### 3.1.4 MSP – průhyb

Charakteristická kombinace zatížení

$$q_d = s + \psi_0 w_+ = 1,42 + 0,6 \cdot 0,36 = 1,64 \text{ kN/m}$$

Přetvoření

$$w_{Ed} = \frac{5}{384} \frac{q_d L^4}{E I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,64 \cdot 6000^4}{210000 \cdot 27,7 \cdot 10^6} = 4,76 \text{ mm}$$

Mezní přetvoření a posudek

$$\delta_{2,Cd} = \frac{L}{200} = \frac{6000}{200} = 30 \text{ mm} \geq 4,76 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhoví.}$$

### 3.1.5 MSP – kmitání

Častá kombinace zatížení

$$\begin{aligned} q_d &= g_1 + g_2 + \psi_1 s + \psi_2 w_+ = \\ &= 0,262 + 6,90 + 0,2 \cdot 1,42 + 0 \cdot 0,36 = 7,45 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

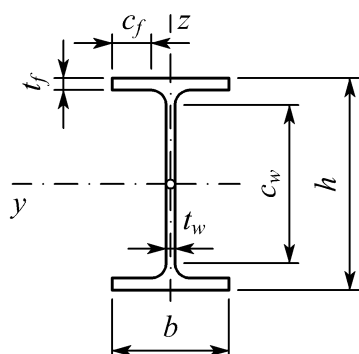
Přetvoření

$$w_{Ed} = \frac{5}{384} \frac{q_d L^4}{E I} = \frac{5}{384} \cdot \frac{7,45 \cdot 6000^4}{210000 \cdot 27,7 \cdot 10^6} = 21,6 \text{ mm}$$

Mezní přetvoření a posudek

$$\delta_{Cd} = 28 \text{ mm} \geq 21,6 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhoví.}$$

## 3.2 Podhledová vaznička



IPE 120

$$m = 10,4 \text{ kg/m}$$

$$h = 120 \text{ mm}, b = 64 \text{ mm}$$

$$t_w = 4,4 \text{ mm}, t_f = 6,3 \text{ mm}$$

$$c_w = 93,4 \text{ mm}, c_f = 22,8 \text{ mm}$$

$$I_y = 3,18 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 60,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 0,277 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_t = 17,0 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 0,890 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

Materiál – ocel S235

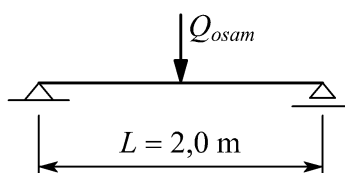
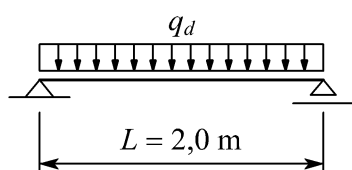
$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$G = 81\,000 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M1} = 1,00$$

Statické schéma



### 3.2.1 Charakteristické hodnoty zatížení

Liniová zatížení

1) vl. t. vazniček

$$g_1 = 0,104 \text{ kN/m}$$

2) podhled

$$g_2 = 0,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} = 0,35 \text{ kN/m}$$

3) pochůzí rošt lávky

$$g_3 = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,5 \text{ m} = 0,15 \text{ kN/m}$$

4) užité na lávce

$$q_{rovnom} = 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,5 \text{ m} = 1,0 \text{ kN/m}$$

Osmačlé břemeno

5) užité na lávce  $Q_{osam} = 1,0 \text{ kN}$

### 3.2.2 MSÚ – ohyb nosníku s klopením

Návrhová hodnota veškerého stálého zatížení

$$g_d = \gamma_G (g_1 + g_2 + g_3) = 1,35 \cdot (0,104 + 0,35 + 0,15) = 0,815 \text{ kN/m}$$

Návrhová hodnota rovnoměrného užitého zatížení

$$q_{rovnom,d} = \gamma_Q q_{rovnom} = 1,50 \cdot 1,0 = 1,50 \text{ kN/m}$$

Návrhová hodnota osamělého užitého zatížení

$$Q_{osam,d} = \gamma_Q Q_{osam} = 1,50 \cdot 1,0 = 1,50 \text{ kN}$$

Návrhové ohybové momenty

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} (g_d + q_{rovnom,d}) L^2 = \frac{1}{8} \cdot (0,815 + 1,50) \cdot 2,0^2 = 1,16 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} g_d L^2 + \frac{1}{4} Q_{osam,d} L = \frac{1}{8} \cdot 0,815 \cdot 2,0^2 + \frac{1}{4} \cdot 1,50 \cdot 2,0 = 1,16 \text{ kNm}$$

Momentová únosnost při klopení

Klasifikace průřezu

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{93,4}{4,4} = 21,2 \leq 72 \varepsilon \dots \text{tř. 1}$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{22,8}{6,3} = 3,62 \leq 9 \varepsilon \dots \text{tř. 1}$$

→ lze počítat s plastifikací průřezu

Parametry klopení

- Součinitele vzpěrné délky

$$k_y = k_z = k_w = 1,0$$

- Bezrozměrný parametr kroucení

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 2000} \cdot \sqrt{\frac{210000 \cdot 0,890 \cdot 10^9}{81000 \cdot 17,0 \cdot 10^3}} = 0,597$$

- Bezrozměrný parametr působíště zatížení

$$\text{uvažujeme } z_g = +\frac{h}{2} = +60 \text{ mm}$$

$$\zeta_g = \frac{\pi z_g}{k_z L} \sqrt{\frac{E I_z}{G I_t}} = \frac{\pi \cdot (+60)}{1,0 \cdot 2000} \cdot \sqrt{\frac{210000 \cdot 0,277 \cdot 10^6}{81000 \cdot 17,0 \cdot 10^3}} = +0,613$$

- Součinitele vlivu zatížení a uložení  
pro parametry daného případu  $C_1 = 1,13$ ,  $C_2 = 0,46$
- Poměrný kritický moment

$$\begin{aligned} \mu_{cr} &= \frac{C_1}{k_z} \left[ \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g)^2} - C_2 \zeta_g \right] = \\ &= \frac{1,13}{1,0} \cdot \left[ \sqrt{1 + 0,579^2 + (0,46 \cdot 0,613)^2} - 0,46 \cdot 0,613 \right] = 1,03 \end{aligned}$$

- Kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{E I_z G I_t}}{L} = 1,03 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210000 \cdot 0,277 \cdot 10^6 \cdot 81000 \cdot 17,0 \cdot 10^3}}{2000} = 14,5 \text{ kNm}$$

- Poměrná štíhlost při klopení

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl} f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{60,7 \cdot 10^3 \cdot 235}{14,5 \cdot 10^6}} = 0,99$$

- Součinitel klopení pro křivku  $b$

$$\chi_{LT} = 0,706$$

Odolnost a posudek

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} W_{pl} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,706 \cdot 60,7 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,00} = 10,1 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{1,16}{10,1} = 0,11 \leq 1,0 \rightarrow \text{vyhoví.}$$

### 3.2.3 MSP – průhyb

Přetvoření od rovnoměrného užitého zatížení

$$w_{Ed} = \frac{5}{384} \frac{q_{rovnom} L^4}{E I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,0 \cdot 2000^4}{210000 \cdot 3,18 \cdot 10^6} = 0,31 \text{ mm}$$

Přetvoření od osamělého užitečného zatížení

$$w_{Ed} = \frac{1}{48} \frac{Q_{osam} L^3}{E I_y} = \frac{1}{48} \cdot \frac{1,0 \cdot 10^3 \cdot 2000^3}{210000 \cdot 3,18 \cdot 10^6} = 0,25 \text{ mm}$$

Mezní přetvoření a posudek

$$\delta_{2,Cd} = \frac{L}{250} = \frac{2000}{250} = 8,0 \text{ mm} \geq 0,31 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhoví.}$$

### 3.2.4 MSP – kmitání

Častá kombinace zatížení

$$q_d = g_1 + g_2 + g_3 + \psi_1 q_{rovnom} = 0,104 + 0,35 + 0,15 + 0,9 \cdot 1,0 = 1,50 \text{ kN/m}$$

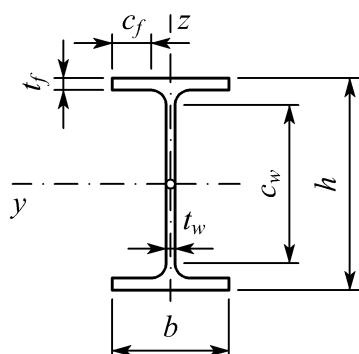
Přetvoření

$$w_{Ed} = \frac{5}{384} \frac{q_d L^4}{E I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{1,50 \cdot 2000^4}{210000 \cdot 3,18 \cdot 10^6} = 0,47 \text{ mm}$$

Mezní přetvoření a posudek

$$\delta_{Cd} = 28 \text{ mm} \geq 0,47 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhoví.}$$

### 3.3 Podhledová vaznice



IPE 180

$$m = 18,8 \text{ kg/m}$$

$$h = 180 \text{ mm}, b = 91 \text{ mm}$$

$$t_w = 5,3 \text{ mm}, t_f = 8,0 \text{ mm}$$

$$c_w = 146 \text{ mm}, c_f = 33,9 \text{ mm}$$

$$I_y = 13,2 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{pl,y} = 166 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 1,01 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_t = 47,8 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 7,43 \cdot 10^9 \text{ mm}^6$$

Materiál – ocel S235

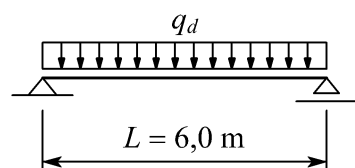
$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

$$G = 81\,000 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M1} = 1,00$$

Statické schéma



#### 3.3.1 Charakteristické hodnoty zatížení

Liniová zatížení

1) vl. t. vaznic  $g_1 = 0,188 \text{ kN/m}$

2) vazničky  $g_2 = \frac{0,104 \text{ kN/m}}{1,0 \text{ m}} \cdot 2,0 \text{ m} = 0,208 \text{ kN/m}$

3) podhled  $g_3 = 0,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} = 0,70 \text{ kN/m}$

4) pochůzí rošt příčné lávky

(lávka je osazená v každém třetím pruhu neseném dvěma sousedními vazničkami)

$$g_4 = \frac{1}{3} \cdot 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} = 0,20 \text{ kN/m}$$

5) pochůzí rošt podélné lávky (připočte se jen ve zbývajících dvou třetinách tam,

kde se podélná lávka s lávkami příčnými nekříží)

$$g_5 = \frac{2}{3} \cdot 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} = 0,20 \text{ kN/m}$$

6) užité na příčné lávce

$$q_{rovnom6} = \frac{1}{3} \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} = 1,33 \text{ kN/m}$$

7) užité na podélné lávce

$$q_{rovnom7} = \frac{2}{3} \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} = 1,33 \text{ kN/m}$$

Osamělé břemeno

8) užité na lávce

$$Q_{osam} = 1,0 \text{ kN} \rightarrow \text{nebude rozhodovat}$$

### 3.3.2 MSÚ – ohyb nosníku s klopením

Návrhová hodnota kombinovaného zatížení

$$\begin{aligned} q_d &= \gamma_G (g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5) + \gamma_Q (q_{rovnom6} + q_{rovnom7}) = \\ &= 1,35 \cdot (0,188 + 0,208 + 0,70 + 0,20 + 0,20) + 1,50 \cdot (1,33 + 1,33) = 6,01 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Návrhový ohybový moment

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} q_d L^2 = \frac{1}{8} \cdot 6,01 \cdot 6,0^2 = 27,0 \text{ kNm}$$

Momentová únosnost při klopení

Klasifikace průřezu

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{146}{5,3} = 27,5 \leq 72 \varepsilon \dots \text{tř. 1}$$

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{33,9}{8,0} = 4,24 \leq 9 \varepsilon \dots \text{tř. 1}$$

→ lze počítat s plastifikací průřezu



### Parametry klopení

- Součinitele vzpěrné délky

lze předpokládat, že nosník je proti vybočení klopením zabezpečen v místech uložení vazniček, tj. v šestinách rozpětí

$$k_y = 1,0, \quad k_z = k_w = \frac{1}{6} = 0,167$$

- Bezrozměrný parametr kroucení

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{1000} \cdot \sqrt{\frac{210000 \cdot 7,43 \cdot 10^9}{81000 \cdot 47,8 \cdot 10^3}} = 1,99$$

- Bezrozměrný parametr působíště zatížení

uvažujeme bezpečně  $z_g \approx 0 \rightarrow \zeta_g = 0$

- Součinitele vlivu zatížení a uložení

$C_1 = 1,0$  ... pro přibližně konst. průběh momentu na délce  $L_z = k_z L$

$C_2 = 0,5$  ... pro případ příčného zatížení

- Poměrný kritický moment

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \left[ \sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \zeta_g)^2} - C_2 \zeta_g \right] = \frac{1,0}{0,167} \cdot \left[ \sqrt{1 + 1,99^2 + (0,5 \cdot 0)^2} - 0,5 \cdot 0 \right] = 13,3$$

- Kritický moment

$$M_{cr} = \mu_{cr} \frac{\pi \sqrt{E I_z G I_t}}{L} = 1,03 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210000 \cdot 1,01 \cdot 10^6 \cdot 81000 \cdot 47,8 \cdot 10^3}}{6000} = 200 \text{ kNm}$$

- Poměrná štíhlost při klopení

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl} f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{166 \cdot 10^3 \cdot 235}{200 \cdot 10^6}} = 0,44$$

- Součinitel klopení pro křivku  $b$

$$\chi_{LT} = 0,984$$

### Odolnost a posudek

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} W_{pl} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,984 \cdot 166 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,00} = 38,4 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{27,0}{38,4} = 0,70 \leq 1,0 \rightarrow \text{vyhoví.}$$

### 3.3.3 MSP – průhyb

Přetvoření od rovnoměrného užitého zatížení

$$w_{Ed} = \frac{5}{384} \frac{(q_{rovnom6} + q_{rovnom7}) L^4}{E I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(1,33 + 1,33) \cdot 6000^4}{210000 \cdot 13,2 \cdot 10^6} = 16,2 \text{ mm}$$

Mezní přetvoření a posudek

$$\delta_{2,cd} = \frac{L}{250} = \frac{6000}{250} = 24,0 \text{ mm} \geq 16,2 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhoví.}$$

### 3.3.4 MSP – kmitání

Častá kombinace zatížení

$$\begin{aligned} q_d &= g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + \psi_1 (q_{rovnom6} + q_{rovnom7}) = \\ &= 0,188 + 0,208 + 0,70 + 0,20 + 0,20 + 0,9 \cdot (1,33 + 1,33) = 3,89 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Přetvoření

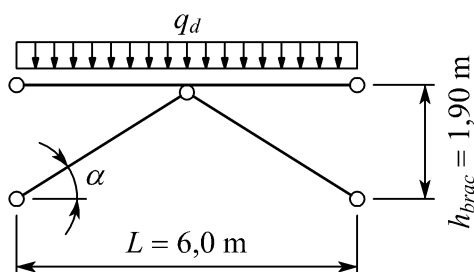
$$w_{Ed} = \frac{5}{384} \frac{q_d L^4}{E I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{3,89 \cdot 6000^4}{210000 \cdot 13,2 \cdot 10^6} = 23,7 \text{ mm}$$

Mezní přetvoření a posudek

$$\delta_{Cd} = 28 \text{ mm} \geq 23,7 \text{ mm} \rightarrow \text{vyhoví.}$$

### 3.4 Podélné ztužidlo

Statické schéma 1 pole ztužidla

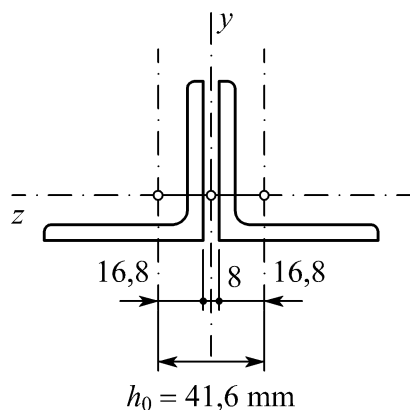


Úhel sklonu diagonály

$$\alpha = \arctg \frac{h_{brac}}{L/2} = \arctg \frac{1,90}{3,0} = 32,3^\circ$$

Systémová délka diagonály

$$L_{sys} = \frac{h_{brac}}{\sin \alpha} = \frac{1,90}{\sin 32,3} = 3,56 \text{ m}$$



Průřez diagonály – 2 × L 60 × 6

Statické veličiny 1 úhelníku

$$A = 691 \text{ mm}^2$$

$$I_{II} = 229 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

$$I_{min} = 96,1 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

Členění prutu

$$h_0 = 2 \cdot 16,8 + 8 = 41,6 \text{ mm}$$

$$a = \frac{0,9 L_{sys}}{3} = \frac{0,9 \cdot 3,560}{3} = 1070 \text{ mm}$$

Materiál úhelníků diagonály – ocel S235

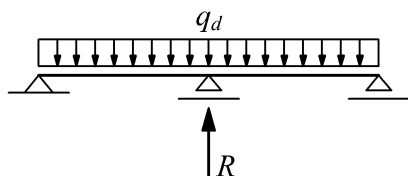
$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M1} = 1,00$$

#### 3.4.1 Namáhání diagonály ztužidla – dostředný tlak

Statické řešení



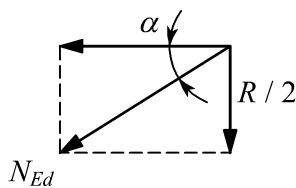
Intenzitu svislého zatížení přebíráme ze střešní vaznice

$$q_d = 12,1 \text{ kN/m}$$

Reakce vnitřní podpory spojitého nosníku

$$R = 1,25 q_d \frac{L}{2} = 1,25 \cdot 12,1 \cdot 3,0 = 45,4 \text{ kN}$$

→ každá z diagonál převezme polovinu  $R$ .



Rozklad  $R/2$  do osy diagonály

$$N_{Ed} = \frac{R/2}{\sin \alpha} = \frac{45,4/2}{\sin 32,3} = 42,5 \text{ kN}$$

### 3.4.2 MSÚ – vzpěrný tlak

Vybočení k hmotné ose  $z$

Vzpěrná délka

$$L_z \approx 0,9 L_{sys} = 0,9 \cdot 3560 = 3200 \text{ mm}$$

Průřezové charakteristiky člen. prutu

$$A_{tot} = 2 A = 2 \cdot 691 = 1380 \text{ mm}^2$$

$$I_{tot} = 2 I_{II} = 2 \cdot 229 \cdot 10^3 = 458 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

Kritická síla

$$N_z = \frac{\pi^2 E I_{tot}}{L_z^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 458 \cdot 10^3}{3200^2} = 92,7 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{tot} f_y}{N_z}} = \sqrt{\frac{1380 \cdot 235}{92,7 \cdot 10^3}} = 1,87$$

Součinitel vzpěrnosti podle křivky  $b$

$$\chi = 0,236$$

Vzpěrná únosnost

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{tot} f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,236 \cdot 1380 \cdot 235}{1,00} = 76,5 \text{ kN}$$

Posudek

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{42,5}{76,5} = 0,56 \leq 1,0 \rightarrow \text{vyhoví.}$$

Vybočení k neutrální ose y

Vzpěrné délky

$$L_y = L_{sys} = 3560 \text{ mm}$$

$$L_{ch,cr} = a = 1070 \text{ mm}$$

Osová síla dílčího prutu

- Amplituda počáteč. zakřivení osy prutu

$$e_0 = \frac{L_y}{500} = \frac{3560}{500} = 7,12 \text{ mm}$$

- Účinný poloměr setrvačnosti (za předpokladu  $\mu = 0$ )

$$I_{eff} = 0,5 A h_0^2 = 0,5 \cdot 691 \cdot 41,6^2 = 598 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$$

- Kritická síla prutu jakoby celistvého

$$N_{y,F} = \frac{\pi^2 E I_{eff}}{L_y^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 598 \cdot 10^3}{3560^2} = 97,8 \text{ kN}$$

- Smyková tuhost

$$S_v = \frac{2 \pi^2 E I_{||}}{a^2} = \frac{2 \pi^2 \cdot 210000 \cdot 229 \cdot 10^3}{1070^2} = 829 \text{ kN}$$

- Ohybový moment podle teorie 2. řádu

$$M_s = \frac{N_{Ed} e_0}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{y,F}} - \frac{N_{Ed}}{S_v}} = \frac{42,5 \cdot 0,00712}{1 - \frac{42,5}{97,8} - \frac{42,5}{829}} = 0,589 \text{ kNm}$$

Osová síla dílčího prutu

$$N_{ch,Ed} = 0,5 \left( N_{Ed} + \frac{M_s h_0 A}{I_{eff}} \right) = 0,5 \cdot \left( 42,5 \cdot 10^3 + \frac{0,589 \cdot 10^6 \cdot 41,6 \cdot 691}{598 \cdot 10^3} \right) = 35,4 \text{ kN}$$

Vzpěrná únosnost dílčího prutu

- Kritická síla

$$N_{ch,cr} = \frac{\pi^2 E I_{II}}{L_{ch,cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 229 \cdot 10^3}{1070^2} = 415 \text{ kN}$$

- Poměrná štíhlost

$$\bar{\lambda}_{ch} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{ch,cr}}} = \sqrt{\frac{691 \cdot 235}{415 \cdot 10^3}} = 0,63$$

- Součinitel vzpěrnosti podle křivky  $b$

$$\chi_{ch} = 0,822$$

Vzpěrná únosnost dílčího prutu

$$N_{ch,b,Rd} = \frac{\chi_{ch} A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,822 \cdot 691 \cdot 235}{1,00} = 133 \text{ kN}$$

Posudek

$$\frac{N_{ch,Ed}}{N_{ch,b,Rd}} = \frac{35,4}{133} = 0,27 \leq 1,0 \rightarrow \text{vyhoví.}$$

### 3.4.3 MSP – štíhlosti

Štíhlost člen. prutu k hmotné ose  $z$

$$\lambda_z = L_z \sqrt{\frac{A_{tot}}{I_{tot}}} = 3200 \cdot \sqrt{\frac{1380}{458 \cdot 10^3}} = 176$$

Mezní štíhlost a posudek

$$\lambda_{lim} = 250 \geq 176 \rightarrow \text{vyhoví.}$$

Štíhlost člen. prutu k nehmotné ose  $y$

$$\lambda_{y,FS} = \pi \sqrt{E A_{tot} \left( \frac{1}{N_{y,F}} + \frac{1}{S_v} \right)} = \pi \cdot \sqrt{210000 \cdot 1380 \cdot \left( \frac{1}{97,8 \cdot 10^3} + \frac{1}{829 \cdot 10^3} \right)} = 181$$

Mezní štíhlost a posudek

$$\lambda_{lim} = 250 \geq 181 \rightarrow \text{vyhoví.}$$

Štíhlost dílčího prutu

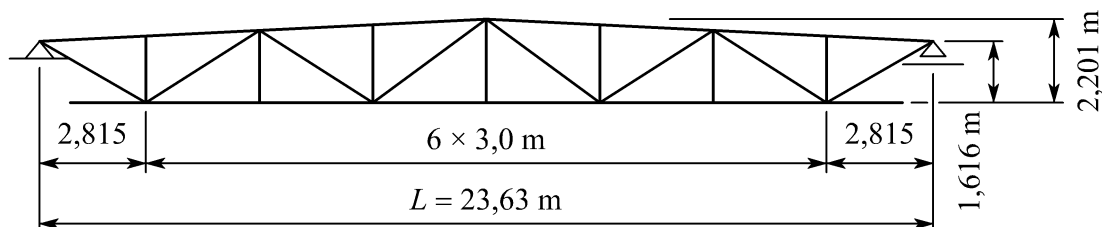
$$\lambda_{ch} = L_{ch,cr} \sqrt{\frac{A}{I_{min}}} = 1070 \cdot \sqrt{\frac{691}{96,1 \cdot 10^3}} = 91$$

Mezní štíhlost a posudek

$$\lambda_{lim} = \frac{181}{2} = 91 \geq 91 \rightarrow \text{vyhoví.}$$

### 3.5 Střešní vazník

→ příhradový vazník sedlového tvaru s výplňovými pruty v kosoúhlé soustavě s podružnými svislicemi



Statické řešení, jakož i dimenzování bylo provedeno s použitím programového systému Scia Engineer, verze 18.0, č. licence 554679, vyvinutého belgickou softwarovou firmou Scia nv.

#### 3.5.1 Charakteristické hodnoty zatížení

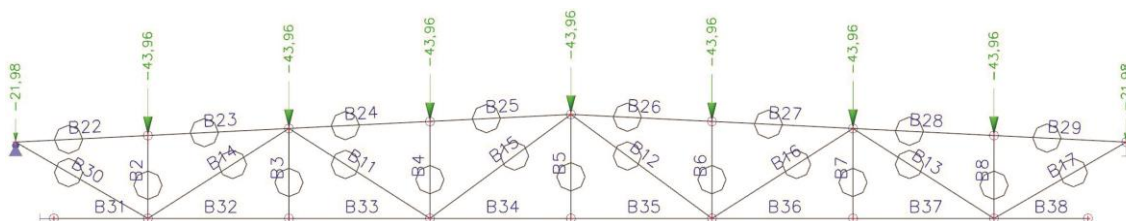
ZS1 – Vlastní tíha vazníku

..., odhadnutá podle systémových délek prutů, průřezových ploch prutů a objemové hmotnosti oceli  $\rho = 7850 \text{ kg m}^{-3}$ , je brána celkovou hodnotou 40,2 kN

ZS2 – Stálé zatížení vnášené do horního pásu vazníku

Osamělá břemena rozmístěná po 3 m, v místech uložení střešních vaznic

- Střešní vaznice (výslednici odvozujeme z liniového zatížení vaznice)  
 $= 0,262 \text{ kN/m} \cdot 6,0 \text{ m} = 1,57 \text{ kN}$
  - Střešní plášť (výslednici odvozujeme z liniového zatížení vaznice)  
 $= 6,90 \text{ kN/m} \cdot 6,0 \text{ m} = 41,4 \text{ kN}$
  - Ztužidla (výslednici odvozujeme z odhadu liniového zatížení vazníku)  
 $= 0,22 \text{ kN/m} \cdot 3,0 \text{ m} = 0,99 \text{ kN}$
- $G = 1,57 + 41,4 + 0,99 = 43,96 \text{ kN}$





ZS3 – Stálé zatížení vnášené do spodního pásu vazníku

Osamělá břemena rozmístěná po 2 m, v místech uložení podhledových vaznic

- Podhledové vazničky (výslednici odvozujeme z liniového zatížení vazniček)

$$= \frac{0,104 \text{ kN/m}}{1,0 \text{ m}} \cdot 2,0 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 1,25 \text{ kN}$$

- Podhledové vaznice (výslednici odvozujeme z liniového zatížení vaznic)

$$= 0,188 \text{ kN/m} \cdot 6,0 \text{ m} = 1,13 \text{ kN}$$

- Podhled (výslednici odvozujeme z plošné tíhy podhledu)

$$= 0,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 4,20 \text{ kN}$$

- Pochůzí rošt příčných lávek (výslednici odvozujeme z plošné tíhy lávek rozložených jen na cca třetině půdorysu)

$$= \frac{1}{3} \cdot 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 1,20 \text{ kN}$$

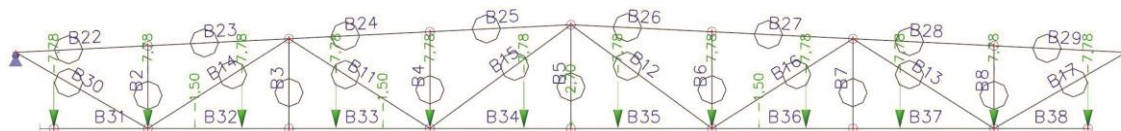
$$G_A = 1,25 + 1,13 + 4,20 + 1,20 = 7,78 \text{ kN}$$

Osamělé břemeno v místě podélné lávky – uvažováno v nejnepříznivější poloze, tj. uprostřed rozpětí (připočte se jen ve zbývajících dvou třetinách tam, kde se podélná lávka s lávkami příčnými nekříží)

$$G_B = \frac{2}{3} \cdot 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 1,20 \text{ kN}$$

Osamělá břemena rozmístěná po 4 m, v místech zavěšení osvětlovací rampy – uvažována 4 břemena à 150 kg (dávající celkem 600 kg) seskupená nejblíže ke středu rozpětí

$$G_C = 1,50 \text{ kN}$$

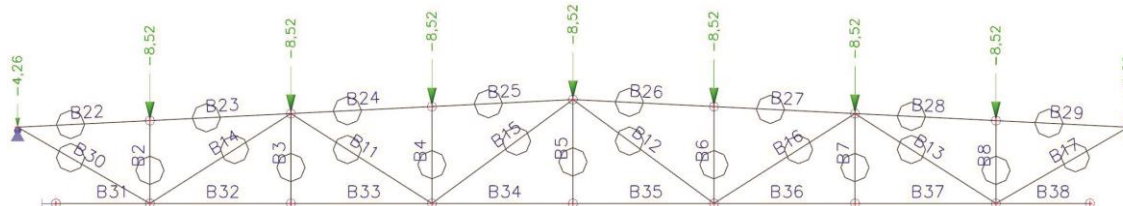


(ZS4 – pracovní, irrelevantní položka v rámci sw modelu)

### ZS5 – Sníh

Osamělá břemena rozmístěná na horním pásu po 3 m, v místech uložení střešních vaznic

$$S = 1,42 \text{ kN/m} \cdot 6,0 \text{ m} = 8,52 \text{ kN}$$

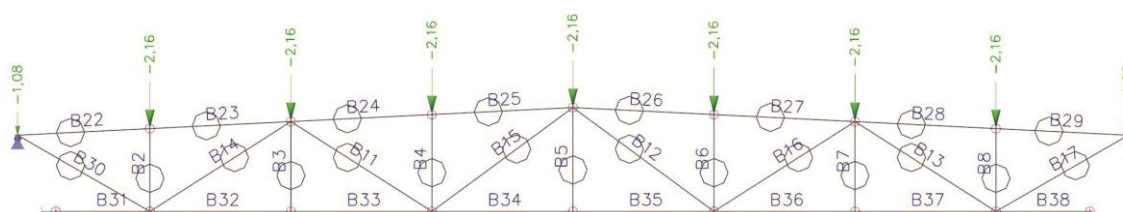


### ZS6 – Tlak větru (plocha I)

Osamělá břemena rozmístěná na horním pásu po 3 m, v místech uložení střešních vaznic

$$W = 0,36 \text{ kN/m} \cdot 6,0 \text{ m} = 2,16 \text{ kN}$$

Poznámka – V porovnání se ZS5 či ZS7 tento ZS nebude rozhodovat



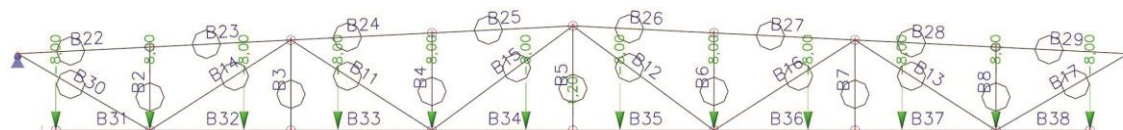
### ZS7 – Užité na lávkách

Osamělá břemena rozmístěná po 2 m, v místech uložení podhledových vaznic

$$Q_A = \frac{1}{3} \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 8,0 \text{ kN}$$

Osamělé břemeno v místě podélné lávky – uvažováno v nejnepříznivější poloze, tj. uprostřed rozpětí

$$Q_B = \frac{2}{3} \cdot 2,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 8,0 \text{ kN}$$



(ZS8, ZS9 – pracovní, irelevantní položky v rámci sw modelu)

ZS10 – Stálé zatížení vnášené do spodního pásu vazníku

Osamělá břemena rozmístěná po 2 m, v místech uložení podhledových vaznic

- Podhledové vazničky (výslednici odvozujeme z liniového zatížení vazniček)

$$= \frac{0,104 \text{ kN/m}}{1,0 \text{ m}} \cdot 2,0 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 1,25 \text{ kN}$$

- Podhledové vaznice (výslednici odvozujeme z liniového zatížení vaznic)

$$= 0,188 \text{ kN/m} \cdot 6,0 \text{ m} = 1,13 \text{ kN}$$

- Podhled (výslednici odvozujeme z plošné tíhy podhledu)

$$= 0,35 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 4,20 \text{ kN}$$

- Pochůzí rošt příčných lávek (výslednici odvozujeme z plošné tíhy lávek jsoucích jen na cca třetině půdorysu)

$$= \frac{1}{3} \cdot 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,0 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 1,20 \text{ kN}$$

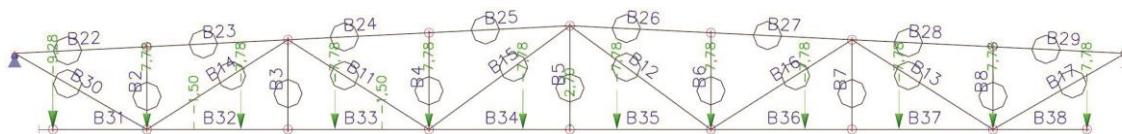
$$G_A = 1,25 + 1,13 + 4,20 + 1,20 = 7,78 \text{ kN}$$

Osamělé břemeno v místě podélné lávky – uvažováno v nejnepříznivější poloze, tj. uprostřed rozpětí (připočte se jen ve zbývajících dvou třetinách tam, kde se podélná lávka s lávkami příčnými nekříží)

$$G_B = \frac{2}{3} \cdot 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \text{ m} \cdot 6,0 \text{ m} = 1,20 \text{ kN}$$

Osamělá břemena rozmístěná po 4 m, v místech zavěšení osvětlovací rampy – uvažována 4 břemena à 150 kg (dávající celkem 600 kg) seskupená nejblíže k levé podpoře

$$G_C = 1,50 \text{ kN}$$



ZS11 – Podélný vítr na příčné ztužidlo

Osová síla v horním pásu vazníku vlivem podélného větru tlačícího/sajícího štítovou stěnu

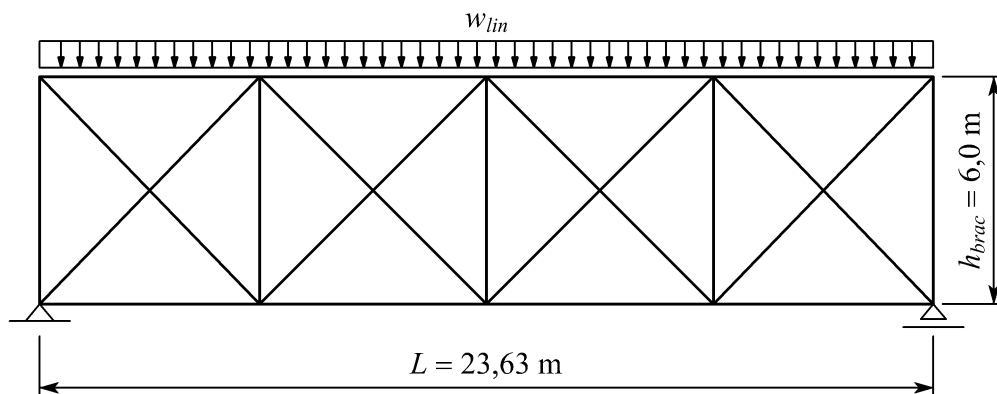
- Plošné zatížení větrem

$$w_k = 0,6 \text{ kN/m}^2 \cdot c_p =$$

$$= 0,6 \cdot (+0,8) = 0,48 \text{ kN/m}^2 \quad \dots \text{ tlak, uvažujeme pro ztužidlo a přináležící vazník}$$

$$= 0,6 \cdot (-0,5) = 0,30 \text{ kN/m}^2 \quad \dots \text{ sání, uvažujeme pro kotvení vaznic ke štítové stěně}$$

- Tlačená/sátá výška štítové stěny =  $3 \cdot 1200 \text{ mm} = 3,6 \text{ m}$



- Náhradní liniové zatížení v rovině příhradoviny příčného ztužidla

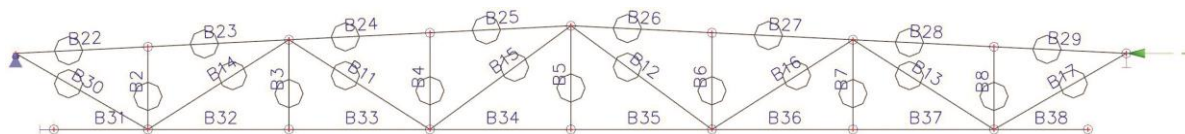
$$w_{lin} = 0,48 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,6 \text{ m} = 1,73 \text{ kN/m}$$

- Globální moment

$$M_{glob} = \frac{1}{8} w_{lin} L^2 = \frac{1}{8} \cdot 1,73 \cdot 23,63^2 = 121 \text{ kNm}$$

Osová síla v pásu

$$N_c = \frac{M_{glob}}{h_{brac}} = \frac{121}{6,0} = 20,2 \text{ kN}$$



### 3.5.2 Kombinace zatížení – návrhové hodnoty

V kombinacích jsou uvažována nejvýše dvě proměnná zatížení

(Kombinace K1, K2 – pracovní, irelevantní položky v rámci sw modelu)

Kombinace zatížení pro MSÚ

Kombinace K3 – Stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

$$F_{Ed} = \gamma_G (ZS1 + ZS2 + ZS3) + \gamma_Q ZS5 + \psi_0 \gamma_Q ZS7 =$$

$$= 1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1,50 \cdot ZS5 + 0,9 \cdot 1,50 \cdot ZS7$$

Kombinace K5 – Stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách

$$F_{Ed} = \gamma_G (ZS1 + ZS2 + ZS10) + \gamma_Q ZS5 + \psi_0 \gamma_Q ZS7 =$$

$$= 1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS10) + 1,50 \cdot ZS5 + 0,9 \cdot 1,50 \cdot ZS7$$

Kombinace K6 – Stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr (tlačící štítovou stěnu)

$$F_{Ed} = \gamma_G (ZS1 + ZS2 + ZS3) + \gamma_Q ZS5 + \psi_0 \gamma_Q ZS11 =$$

$$= 1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1,50 \cdot ZS5 + 0,6 \cdot 1,50 \cdot ZS11$$

Poznámka – Není kombinován ZS11 se ZS6, neboť ZS11 se vztahuje k vazníku u návětrné štítové stěny, zatímco ZS6 se vztahuje k vazníku u závětrné štítové stěny.

Kombinace zatížení pro MSP

Kombinace K4 – Stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

$$F_{Ed} = ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + \psi_0 ZS7 =$$

$$= ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS5 + 0,9 \cdot ZS7$$

### 3.5.3 Výpočet vnitřních sil

Odezva konstrukce na působící zatížení byla řešena s použitím rovinného prutového modelu; byla provedena lineárně pružná analýza metodou konečných prvků, podle teorie 1. řádu. Na horní pás a veškeré výplňové pruty byl použit model prutu za Navierovy hypotézy, schopný přenášet normálovou sílu  $N$  a přetvářet se vlivem této jediné vnitřní síly skrze trakční tuhost  $EA$ . Na spodní pás byl použit model prutu Timošenkův, schopný přenášet normálovou sílu  $N$ , ohybový moment  $M$  a posouvající sílu  $V$  a přetvářet se vlivem všech tří vnitřních sil skrze trakční tuhost  $EA$ , ohybovou tuhost  $EI$  i smykovou tuhost  $GA_v$ .

Návrhové hodnoty vnitřních sil vyvozených uvažovanými kombinacemi zatížení jsou přehledně uvedeny v násl. tabulkách: horní pás – str. 34–38, spodní pás – str. 39–44, diagonály v 1., 2. 7. a 8. příhradě – str. 45–47, diagonály ve 3. až 6. příhradě – str. 48–50, svislice – str. 51–55.

## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B22..B29

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B22	2,818	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-659,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B22	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-659,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B23	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-659,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B23	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-659,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B24	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-1188,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B24	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-1188,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B25	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-1188,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B25	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-1188,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B26	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-1187,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B26	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-1187,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B27	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-1187,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B27	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-1187,69	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B28	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	-657,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B28	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité	-657,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
		na lávkách/1						
B29	2,818	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-657,55</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B29	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-657,39</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 1.35*ZS7

## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B22..B29

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B22	2,818	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-661,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B22	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-661,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B23	3,004	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-661,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B23	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-661,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B24	3,004	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-1186,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B24	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-1186,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B25	3,004	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-1186,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B25	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-1186,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B26	3,004	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-1183,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B26	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-1183,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B27	3,004	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-1183,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B27	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-1183,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B28	3,004	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-655,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B28	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	-655,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B29	2,818	lávkách/1 MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užitné na lávkách/1	<b>-655,48</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B29	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užitné na lávkách/1	<b>-655,33</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užitné na lávkách/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS5 + 1.35*ZS7 + 1.35*ZS10

## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B22..B29

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B22	2,818	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-570,97</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B22	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-571,12</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B23	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-570,96</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B23	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-571,13</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B24	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-1026,70</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B24	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-1026,87</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B25	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-1026,70</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B25	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-1026,87</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B26	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-1025,91</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B26	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-1025,75</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B27	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-1025,91</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B27	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-1025,75</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B28	3,004	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-568,92</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B28	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-568,76</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B29	2,818	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-568,92</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B29	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-568,77</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS11

## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B31..B38

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B31	2,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-22,81</b>	<b>0,00</b>	<b>-44,12</b>	<b>0,00</b>
B31	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	0,00	0,00	<b>-21,30</b>	0,00	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B32	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>1016,46</b>	<b>0,00</b>	<b>4,26</b>	<b>0,00</b>	<b>16,70</b>	<b>0,00</b>
B32	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1016,46	0,00	<b>29,86</b>	0,00	<b>-44,12</b>	<b>0,00</b>
B33	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1016,46	0,00	<b>-5,78</b>	0,00	28,13	0,00
B33	1,000-	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>1016,46</b>	<b>0,00</b>	19,06	<b>0,00</b>	<b>36,14</b>	<b>0,00</b>
B33	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1016,46	0,00	<b>19,82</b>	0,00	<b>16,70</b>	<b>0,00</b>
B34	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1188,68	0,00	<b>-19,49</b>	0,00	<b>15,66</b>	0,00
B34	2,000-	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>1188,68</b>	<b>0,00</b>	2,57	<b>0,00</b>	<b>34,78</b>	<b>0,00</b>
B34	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1188,68	0,00	<b>4,08</b>	0,00	28,13	<b>0,00</b>
B35	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1188,68	0,00	<b>-4,08</b>	0,00	28,13	0,00
B35	1,000-	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>1188,68</b>	<b>0,00</b>	18,73	<b>0,00</b>	<b>34,78</b>	<b>0,00</b>
B35	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1188,68	0,00	<b>19,49</b>	0,00	<b>15,66</b>	<b>0,00</b>
B36	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité	1014,33	0,00	<b>-19,78</b>	0,00	<b>16,82</b>	0,00



Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
		na lávkách/1						
B36	2,000-	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>1014,33</b>	<b>0,00</b>	2,28	<b>0,00</b>	<b>36,22</b>	<b>0,00</b>
B36	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1014,33	0,00	<b>5,82</b>	0,00	28,13	<b>0,00</b>
B37	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>1014,33</b>	<b>0,00</b>	<b>-28,55</b>	<b>0,00</b>	<b>-44,12</b>	<b>0,00</b>
B37	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1014,33	0,00	<b>-4,98</b>	0,00	<b>16,82</b>	<b>0,00</b>
B38	2,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>21,30</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B38	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	0,00	0,00	<b>22,81</b>	0,00	<b>-44,12</b>	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 1.35*ZS7

## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B31..B38

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B31	2,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-24,84</b>	<b>0,00</b>	<b>-48,17</b>	<b>0,00</b>
B31	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	0,00	0,00	<b>-23,33</b>	0,00	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B32	3,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>1014,75</b>	<b>0,00</b>	<b>5,81</b>	<b>0,00</b>	<b>17,30</b>	<b>0,00</b>
B32	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	1014,75	0,00	<b>31,41</b>	0,00	<b>-48,17</b>	<b>0,00</b>
B33	3,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	1014,75	0,00	<b>-5,99</b>	0,00	28,08	0,00
B33	1,000-	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>1014,75</b>	<b>0,00</b>	18,85	<b>0,00</b>	<b>36,52</b>	<b>0,00</b>
B33	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	1014,75	0,00	<b>19,61</b>	0,00	<b>17,30</b>	<b>0,00</b>
B34	3,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	1185,47	0,00	<b>-19,48</b>	0,00	<b>15,63</b>	0,00
B34	2,000-	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>1185,47</b>	<b>0,00</b>	2,57	<b>0,00</b>	<b>34,74</b>	<b>0,00</b>
B34	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	1185,47	0,00	<b>4,09</b>	0,00	28,08	<b>0,00</b>
B35	3,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	1185,47	0,00	<b>-4,02</b>	0,00	28,26	0,00
B35	1,000-	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>1185,47</b>	<b>0,00</b>	18,79	<b>0,00</b>	<b>34,80</b>	<b>0,00</b>
B35	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	1185,47	0,00	<b>19,55</b>	0,00	<b>15,63</b>	<b>0,00</b>
B36	3,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na	1010,31	0,00	<b>-19,09</b>	0,00	<b>17,01</b>	0,00



Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
		lávkách/1						
B36	2,000-	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užitné na lávkách/1	<b>1010,31</b>	<b>0,00</b>	2,97	<b>0,00</b>	<b>35,72</b>	<b>0,00</b>
B36	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užitné na lávkách/1	1010,31	0,00	<b>4,48</b>	0,00	28,26	<b>0,00</b>
B37	3,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užitné na lávkách/1	<b>1010,31</b>	<b>0,00</b>	<b>-28,61</b>	<b>0,00</b>	<b>-44,12</b>	<b>0,00</b>
B37	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užitné na lávkách/1	1010,31	0,00	<b>-5,04</b>	0,00	<b>17,01</b>	<b>0,00</b>
B38	2,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užitné na lávkách/1	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>21,30</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B38	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užitné na lávkách/1	0,00	0,00	<b>22,81</b>	0,00	<b>-44,12</b>	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užitné na lávkách/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS5 + 1.35*ZS7 + 1.35*ZS10



## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B31..B38

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B31	2,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-12,01</b>	<b>0,00</b>	<b>-22,52</b>	<b>0,00</b>
B31	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	0,00	0,00	<b>-10,50</b>	0,00	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B32	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>865,42</b>	<b>0,00</b>	<b>3,58</b>	<b>0,00</b>	<b>14,64</b>	<b>0,00</b>
B32	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	865,42	0,00	<b>18,37</b>	0,00	<b>-22,52</b>	<b>0,00</b>
B33	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	865,42	0,00	<b>-1,84</b>	0,00	27,08	0,00
B33	2,000-	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>865,42</b>	<b>0,00</b>	0,94	<b>0,00</b>	<b>28,54</b>	<b>0,00</b>
B33	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	865,42	0,00	<b>12,96</b>	0,00	<b>14,64</b>	<b>0,00</b>
B34	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	1008,66	0,00	<b>-12,21</b>	0,00	<b>14,84</b>	0,00
B34	0,667	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>1008,66</b>	<b>0,00</b>	0,05	<b>0,00</b>	<b>27,28</b>	<b>0,00</b>
B34	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	1008,66	0,00	<b>0,56</b>	0,00	27,08	<b>0,00</b>
B35	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	1008,66	0,00	<b>-0,56</b>	0,00	27,08	0,00
B35	2,333	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>1008,66</b>	<b>0,00</b>	-0,05	<b>0,00</b>	<b>27,28</b>	<b>0,00</b>
B35	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	1008,66	0,00	<b>12,21</b>	0,00	<b>14,84</b>	<b>0,00</b>
B36	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	863,29	0,00	<b>-12,92</b>	0,00	<b>14,76</b>	0,00
B36	1,000-	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>863,29</b>	<b>0,00</b>	1,12	<b>0,00</b>	<b>28,58</b>	<b>0,00</b>
B36	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	863,29	0,00	<b>1,88</b>	0,00	27,08	<b>0,00</b>
B37	3,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>863,29</b>	<b>0,00</b>	<b>-17,06</b>	<b>0,00</b>	<b>-22,52</b>	<b>0,00</b>
B37	0,000	MSÚ - stálé	863,29	0,00	<b>-4,29</b>	0,00	<b>14,76</b>	<b>0,00</b>

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
		(rampa uprostřed) + sníh + vítr/1						
B38	2,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	0,00	0,00	10,50	0,00	0,00	0,00
B38	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	0,00	0,00	12,01	0,00	-22,52	0,00

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS11



## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B13, B14, B17, B30

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B13	3,553	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-424,05</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B13	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-423,13</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B14	3,553	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-423,96</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B14	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-423,04</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B17	3,245	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>756,69</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B17	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>757,47</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B30	3,245	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>759,22</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B30	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>760,00</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 1.35*ZS7

## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B13, B14, B17, B30

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B13	3,553	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-421,72</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B13	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-420,81</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B14	3,553	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-419,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B14	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-418,58</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B17	3,245	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>754,31</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B17	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>755,09</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B30	3,245	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>761,60</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B30	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>762,38</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS5 + 1.35*ZS7 + 1.35*ZS10

## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B13, B14, B17, B30

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B13	3,553	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-371,54</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B13	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-370,62</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B14	3,553	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-371,45</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B14	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-370,53</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B17	3,245	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>633,67</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B17	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>634,45</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B30	3,245	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>636,21</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B30	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>636,99</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS11

## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B11, B12, B15, B16

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B11	3,553	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>202,16</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B11	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>202,43</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B12	3,721	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-3,09</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B12	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-2,78</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B15	3,721	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-1,91</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B15	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-1,59</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B16	3,553	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>203,54</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B16	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>203,81</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 1.35*ZS7

## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B11, B12, B15, B16

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B11	3,553	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>201,39</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B11	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>201,66</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B12	3,721	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-4,82</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B12	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-4,51</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B15	3,721	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-0,84</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B15	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-0,53</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B16	3,553	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>202,86</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B16	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>203,13</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS5 + 1.35*ZS7 + 1.35*ZS10

## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B11, B12, B15, B16

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B11	3,553	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>167,95</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B11	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>168,22</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B12	3,721	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-2,98</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B12	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-2,66</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B15	3,721	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-1,80</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B15	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-1,48</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B16	3,553	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>169,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B16	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>169,61</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS11



## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B2..B8

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B2	1,755	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B2	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,53</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B3	1,903	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>15,77</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B3	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>15,56</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B4	2,052	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,44</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B4	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,66</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B5	2,201	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>44,49</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B5	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>44,25</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B6	2,052	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,44</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B6	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,66</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B7	1,903	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>15,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B7	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>14,80</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B8	1,755	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B8	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité	<b>-75,53</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>



Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
		na lávkách/1						

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 1.35*ZS7



## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B2..B8

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B2	1,755	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B2	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,53</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B3	1,903	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>14,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B3	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>13,80</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B4	2,052	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,44</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B4	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,66</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B5	2,201	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>44,54</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B5	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>44,30</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B6	2,052	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,44</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B6	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,66</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B7	1,903	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>14,25</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B7	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>14,04</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B8	1,755	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B8	0,000	MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	<b>-75,53</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
		lávkách/1						

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.50*ZS5 + 1.35*ZS7 + 1.35*ZS10

## 1D vnitřní síly

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Dílec

Výběr: B2..B8

Jméno	dx [m]	Stav	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	M <sub>x</sub> [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
B2	1,755	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-75,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B2	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-75,53</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B3	1,903	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>9,59</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B3	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>9,38</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B4	2,052	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-75,44</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B4	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-75,66</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B5	2,201	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>28,32</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B5	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>28,07</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B6	2,052	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-75,44</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B6	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-75,66</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B7	1,903	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>8,84</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B7	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>8,62</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
B8	1,755	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-75,33</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
B8	0,000	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	<b>-75,53</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

Jméno	Klíč kombinace
MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + vítr/1	1.35*ZS1 + 1.35*ZS2 + 1.35*ZS3 + 1.50*ZS5 + 0.90*ZS11

### 3.5.4 Dimenzování prutů

Horní pás – rovnoramenný úhelník L 250 × 22 orientovaný do žlábků

Dimenzován na vzpěrný, dostředný tlak; vzpěrné délky se berou  $L_y = 3004$  mm pro vybočení ohybem kolmo k tuhé ose  $y$ , tj. z roviny vazníku ( $L_y$  rovna vzdálenosti styčníků příhradoviny příčného ztužidla),  $L_z = 3004$  mm pro vybočení ohybem kolmo k měkké ose  $z$ , tj. v rovině vazníku ( $L_z$  rovna vzdálenosti styčníků příhradoviny vazníku) a  $L_w = 3004$  mm pro vybočení zkroucením kolem osy pásu

Spodní pás – IPE 360

Dimenzován na interakci osového tahu a ohybu s vlivem klopení; vzpěrné délky při klopení  $L_z$  a  $L_w$  bereme odhadem (profil jako celek je příčně držen tuze po 12 m podélnými ztužidly, poddajně po 3 m připojením výplňových prutů vazníku, tažený pás profilu je příčně držen tuze po 2 m připojením podhledových vaznic) rovny cca 3000 mm.

Diagonály v 1., 2. 7. a 8. příhradě – dvojice rovnoramenných úhelníků L 120 × 10

Diagonály v 1. a 8. příhradě dimenzovány na dostředný tah.

Diagonály ve 2. a 7. příhradě navrženy jako složené pruty se spojovacími vložkami rozmístěnými ve třetinách vzdálenosti středů přípojí. Dimenzovány na vzpěrný, dostředný tlak; vzpěrné délky se berou  $L_y = 3553$  mm pro vybočení ohybem kolmo k tuhé ose  $y$ , tj. z roviny vazníku ( $L_y$  rovna systémové délce diagonály  $L_{sys}$ ) a  $L_z = 3553$  mm pro vybočení ohybem kolmo k měkké ose  $z$ , tj. v rovině vazníku ( $L_z$  opět rovna systémové délce diagonály  $L_{sys}$ )

Diagonály ve 3. až 6. příhradě – dvojice rovnoramenných úhelníků L 60 × 6

Diagonály ve 3. a 6. příhradě dimenzovány na dostředný tah.

Diagonály ve 4. a 5. příhradě navrženy jako složené pruty se spojovacími vložkami rozmístěnými ve třetinách vzdálenosti středů přípojí. Dimenzovány na vzpěrný, dostředný tlak; vzpěrné délky se berou  $L_y = 3721$  mm pro vybočení ohybem kolmo k tuhé ose  $y$ , tj. z roviny vazníku ( $L_y$  rovna systémové délce diagonály  $L_{sys}$ ) a  $L_z = 3721$  mm pro vybočení ohybem kolmo k měkké ose  $z$ , tj. v rovině vazníku ( $L_z$  opět rovna systémové délce diagonály  $L_{sys}$ )

Svislice – dvojice rovnoramenných úhelníků L 55 × 5

Tažené svislice dimenzovány na dostředný tah.

Tlačené svislice navrženy jako složené pruty se spojovacími vložkami rozmístěnými ve třetinách vzdálenosti středů přípojí. Dimenzovány na vzpěrný, dostředný tlak; vzpěrné délky se berou  $L_y = L_{sys}$  pro vybočení ohybem kolmo k tuhé ose  $y$  a  $L_z = L_{sys}$  pro vybočení ohybem kolmo k měkké ose  $z$  ( $L_{sys}$  značí systémovou délku svislice)

Posudky prutů jsou přehledně uvedeny v násl. tabulkách:

horní pás – strany 58–59

spodní pás – str. 60–61

diagonály v 1., 2. 7. a 8. příhradě – str. 62–63

diagonály ve 3. až 6. příhradě – str. 64

svislice – str. 65–66

## Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = CS2 - L250X22

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B25	0,000 / 3,004 m	L250X22	S 235	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách	0,59 -
-----------	-----------------	---------	-------	---	--------

#### Klíč kombinace

MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách /  
1.35\*ZS1 + 1.35\*ZS2 + 1.35\*ZS3 + 1.50\*ZS5 + 1.35\*ZS7

#### Díleč souč. spolehlivosti

$\gamma_{M0}$ pro únosnost průřezu	1,00
$\gamma_{M1}$ pro stabilitu	1,00
$\gamma_{M2}$ pro únosnost čistého průřezu	1,25

#### Materiál

Mez kluzu $f_y$	235,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-1188,81	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,00	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

#### Klasifikace pro návrh průřezu

Klasifikace podle EN 1993-1-1 článku 5.5.2

Klasifikace vyčnívajících částí pro úhelníky podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	UO	208	22	1,121e+05	1,121e+05	1,00	0,43	1,00	9,45	9,00	10,00	14,00	2
3	UO	208	22	1,121e+05	1,121e+05	1,00	0,43	1,00	9,45	9,00	10,00	14,00	2

Klasifikace úhelníků podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3

h [mm]	b [mm]	t [mm]	h/t [-]	Třída 3 limit 1 [-]	(b+h)/2t [-]	Třída 3 limit 2 [-]	Třída
250	250	22	11,36	15,00	11,36	11,50	2

Průřez je klasifikován třídou 2

#### Posudek na tlak

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

A	1,0600e-02	m <sup>2</sup>
$N_{c,Rd}$	2491,00	kN
Jedn. posudek	0,48	-

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 vyčnívajících částí pro úhelníky podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 2

Id	Typ	c [mm]	t [mm]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	UO	208	22	1,121e+05	1,121e+05	1,00	0,43	1,00	9,45	9,00	10,00	14,00	2
3	UO	208	22	1,121e+05	1,121e+05	1,00	0,43	1,00	9,45	9,00	10,00	14,00	2

Klasifikace úhelníků podle EN 1993-1-1 tabulky 5.2 listu 3



h [mm]	b [mm]	t [mm]	h/t [-]	Třída 3 limit 1 [-]	(b+h)/2t [-]	Třída 3 limit 2 [-]	Třída
250	250	22	11,36	15,00	11,36	11,50	2

Průřez je klasifikován třídou 2

#### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	neposuvné	neposuvné	
Systémová délka L	3,004	3,004	m
Součinitel vzpěru k	1,00	1,00	
Vzpěrná délka $L_{cr}$	3,004	3,004	m
Kritické Eulerovo zatížení $N_{cr}$	22791,12	5867,20	kN
Štíhlost $\lambda$	31,05	61,19	
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel}$	0,33	0,65	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	b	b	
Imperfekce $\alpha$	0,34	0,34	
Redukční součinitel $\chi$	0,95	0,81	
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	2373,36	2018,53	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha A	1,0600e-02	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	2018,53	kN
Jedn. posudek	0,59	-

#### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Vzpěrná délka na prostorový vzpěr $L_{cr}$	3,004	m
Pružné kritické zatížení $N_{cr,T}$	7246,90	kN
Pružné kritické zatížení $N_{cr,TF}$	5867,20	kN
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,T}$	0,65	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	
Vzpěr. křivka	b	
Imperfekce $\alpha$	0,34	
Redukční součinitel $\chi$	0,81	
Průřezová plocha A	1,0600e-02	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	2018,53	kN
Jedn. posudek	0,59	-

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

## Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = CS1 - IPE360

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B34	0,000 / 3,000 m	IPE360	S 235	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách	0,70 -
-----------	-----------------	--------	-------	---	--------

#### Klíč kombinace

MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách /  
1.35\*ZS1 + 1.35\*ZS2 + 1.35\*ZS3 + 1.50\*ZS5 + 1.35\*ZS7

#### Dílčí souč. spolehlivosti

$\gamma_{M0}$ pro únosnost průřezu	1,00
$\gamma_{M1}$ pro stabilitu	1,00
$\gamma_{M2}$ pro únosnost čistého průřezu	1,25

#### Materiál

Mez kluzu $f_y$	235,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	1188,68	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	4,08	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	28,13	kNm
$M_{z,Ed}$	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]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63	13	-1,934e+05	-1,934e+05								
3	SO	63	13	-1,934e+05	-1,934e+05								
4	I	299	8	-1,892e+05	-1,376e+05								
5	SO	63	13	-1,334e+05	-1,334e+05								
7	SO	63	13	-1,334e+05	-1,334e+05								

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

Průřez je klasifikován třídou 1

### Posudek na tah

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.5)

A	7,2700e-03	m <sup>2</sup>
$N_{pl,Rd}$	1708,45	kN
$N_{u,Rd}$	1884,38	kN
$N_{t,Rd}$	1708,45	kN
Jedn. posudek	0,70	-

### Posudek ohybového momentu pro $M_y$

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

$W_{pl,y}$	1,0190e-03	m <sup>3</sup>
$M_{pl,y,Rd}$	239,47	kNm
Jedn. posudek	0,12	-

### Posudek smyku pro $V_z$

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

$\eta$	1,20	
$A_v$	3,5108e-03	m <sup>2</sup>
$V_{pl,z,Rd}$	476,34	kN
Jedn. posudek	0,01	-

### Posudek na kombinaci ohybu, osové a smykové síly

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

$M_{N,y,Rd}$	91,41	kNm
Jedn. posudek	0,31	-



**Poznámka:** Protože smykové síly jsou menší než polovina plastické smykové únosnosti, jejich vliv na momentovou únosnost 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]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	SO	63	13	-1,934e+05	-1,934e+05								
3	SO	63	13	-1,934e+05	-1,934e+05								
4	I	299	8	-1,892e+05	-1,376e+05								
5	SO	63	13	-1,334e+05	-1,334e+05								
7	SO	63	13	-1,334e+05	-1,334e+05								

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

Průřez je klasifikován třídou 1

#### 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 $W_{pl,y}$	1,0190e-03	m <sup>3</sup>
Pružný kritický moment $M_{cr}$	557,73	kNm
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,LT}$	0,66	
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	3,000	m
Vliv pozice zatížení	bez vlivu	
Opravný součinitel k	1,00	
Opravný součinitel $k_w$	1,00	
Součinitel momentu na klopení $C_1$	1,12	
Součinitel momentu na klopení $C_2$	0,19	
Součinitel momentu na klopení $C_3$	1,00	
Vzdálenost středu smyku $d_z$	0	mm
Vzdálenost polohy zatížení $z_g$	0	mm
Konstanta monosymetrie $\beta_y$	0	mm
Konstanta monosymetrie $z_j$	0	mm

**Poznámka:** Parametry C se určí podle ECCS 119 2006 / Galea 2002

#### 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	3,000	m
Stojina	nevyztužený	
Výška stojiny $h_w$	335	mm
Tloušťka stojiny t	8	mm
Materiálový součinitel $\epsilon$	1,00	
Součinitel smykové korekce $\eta$	1,20	

Ověření ztráty stability od smyku	
Štíhlost stojiny $h_w/t$	41,83
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.

## Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = CS4 - 2LT (L(CSN)120/10; 10)

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B13	3,553 / 3,553 m	2LT (L(CSN)120/10; 10)	S 235	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách	0,74 -
-----------	-----------------	------------------------	-------	---	--------

#### Klíč kombinace

MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách / 1.35\*ZS1 + 1.35\*ZS2 + 1.35\*ZS3 + 1.50\*ZS5 + 1.35\*ZS7

#### Dílič souč. spolehlivosti

$\gamma_{M0}$ pro únosnost průřezu	1,00
$\gamma_{M1}$ pro stabilitu	1,00
$\gamma_{M2}$ pro únosnost čistého průřezu	1,25

#### Materiál

Mez kluzu $f_y$	235,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 3,553 m

Definice osy:

- hlavní osa y v tomto posudku se vztahuje k hlavní ose programu SCIA Engineer.
- hlavní osa z v tomto posudku se vztahuje k hlavní ose y programu SCIA Engineer.

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-424,05	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,00	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	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]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	UO	115	10	9,219e+04	9,219e+04	1,00	0,43	1,00	11,50	9,00	10,00	14,00	3
2	UO	115	10	9,219e+04	9,219e+04	1,00	0,43	1,00	11,50	9,00	10,00	14,00	3
3	UO	115	10	9,219e+04	9,219e+04	1,00	0,43	1,00	11,50	9,00	10,00	14,00	3
4	UO	115	10	9,219e+04	9,219e+04	1,00	0,43	1,00	11,50	9,00	10,00	14,00	3

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

Průřez je klasifikován třídou 3

#### Posudek na tlak

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

A	4,6369e-03	m <sup>2</sup>
$N_{c,Rd}$	1089,68	kN
Jedn. posudek	0,39	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.

....:POSUDEK STABILITY:....

#### Klasifikace pro návrh dílce na vzpěr

Rozhodující poloha pro klasifikaci stability: 3,553 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]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	UO	115	10	9,219e+04	9,219e+04	1,00	0,43	1,00	11,50	9,00	10,00	14,00	3
2	UO	115	10	9,219e+04	9,219e+04	1,00	0,43	1,00	11,50	9,00	10,00	14,00	3
3	UO	115	10	9,219e+04	9,219e+04	1,00	0,43	1,00	11,50	9,00	10,00	14,00	3
4	UO	115	10	9,219e+04	9,219e+04	1,00	0,43	1,00	11,50	9,00	10,00	14,00	3

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

Průřez je klasifikován třídou 3

### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	neposuvné	neposuvné	
Systémová délka $L$	3,553	3,553	m
Součinitel vzpěru $k$	1,00	1,00	
Vzpěrná délka $L_{cr}$	3,553	3,553	m
Kritické Eulerovo zatížení $N_{cr}$	2134,02	1027,27	kN
Štíhlost $\lambda$	67,11	96,72	
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel}$	0,71	1,03	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce $\alpha$	0,49	0,49	
Redukční součinitel $\chi$	0,72	0,52	
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	779,82	569,65	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha $A$	4,6369e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	569,65	kN
Jedn. posudek	0,74	-

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Vzpěrná délka na prostorový vzpěr $L_{cr}$	3,553	m
Pružné kritické zatížení $N_{cr,T}$	15585,34	kN
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,T}$	0,26	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	

**Poznámka:** Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky prostorového vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

Prvek splňuje podmínky stabilního posudku.

## Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = CS5 - 2LT (L(CSN)60/6; 10)

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

Dílec B16	0,000 / 3,553 m	2LT (L(CSN)60/6; 10)	S 235	MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách	0,63 -
-----------	-----------------	-------------------------	-------	---	--------

#### Klíč kombinace

MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách /  
1.35\*ZS1 + 1.35\*ZS2 + 1.35\*ZS3 + 1.50\*ZS5 + 1.35\*ZS7

#### Dílčí souč. spolehlivosti

$\gamma_{M0}$ pro únosnost průřezu	1,00
$\gamma_{M1}$ pro stabilitu	1,00
$\gamma_{M2}$ pro únosnost čistého průřezu	1,25

#### Materiál

Mez kluzu $f_y$	235,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

### ....:POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Definice osy:

- hlavní osa y v tomto posudku se vztahuje k hlavní ose programu SCIA Engineer.
- hlavní osa z v tomto posudku se vztahuje k hlavní ose y programu SCIA Engineer.

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	203,81	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,00	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	0,00	kNm

### Posudek na tah

Podle EN 1993-1-1 článku 6.2.3 a rovnice (6.5)

A	1,3820e-03	m <sup>2</sup>
$N_{pl,Rd}$	324,77	kN
$N_{u,Rd}$	358,21	kN
$N_{t,Rd}$	324,77	kN
Jedn. posudek	0,63	-

Prvek splňuje podmínky posudku průřezu.



## Posudek ocelových prvků na MSÚ EC-EN 1993

Lineární výpočet

Kombinace: MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách

Souřadný systém: Hlavní

Extrém 1D: Globální

Výběr: Vše

Filtr: Průřez = CS6 - 2LT (L(CSN)55/5; 10)

### Posudek EN 1993-1-1

Národní příloha: Česká CSN-EN NA

<b>Dílec B4</b>	<b>0,000 / 2,052 m</b>	<b>2LT (L(CSN)55/5; 10)</b>	<b>S 235</b>	<b>MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách</b>	<b>0,79 -</b>
-----------------	------------------------	-----------------------------	--------------	--	---------------

#### Klíč kombinace

MSÚ - stálé (rampa uprostřed) + sníh + užité na lávkách / 1.35\*ZS1 + 1.35\*ZS2 + 1.35\*ZS3 + 1.50\*ZS5 + 1.35\*ZS7

#### Dílčí souč. spolehlivosti

$\gamma_{M0}$ pro únosnost průřezu	1,00
$\gamma_{M1}$ pro stabilitu	1,00
$\gamma_{M2}$ pro únosnost čistého průřezu	1,25

#### Materiál

Mez kluzu $f_y$	235,0	MPa
Mezní pevnost $f_u$	360,0	MPa
Výroba	Válcovaný	

### ....POSUDEK ÚNOSNOSTI:....

#### Kritický posudek je na pozici 0,000 m

Definice osy:

- hlavní osa y v tomto posudku se vztahuje k hlavní ose programu SCIA Engineer.
- hlavní osa z v tomto posudku se vztahuje k hlavní ose y programu SCIA Engineer.

Vnitřní síly	Vypočtené	Jednotka
$N_{Ed}$	-75,66	kN
$V_{y,Ed}$	0,00	kN
$V_{z,Ed}$	0,00	kN
$T_{Ed}$	0,00	kNm
$M_{y,Ed}$	0,00	kNm
$M_{z,Ed}$	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]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	UO	52	5	7,206e+04	7,206e+04	1,00	0,43	1,00	10,50	9,00	10,00	14,00	3
2	UO	53	5	7,206e+04	7,206e+04	1,00	0,43	1,00	10,50	9,00	10,00	14,00	3
3	UO	53	5	7,206e+04	7,206e+04	1,00	0,43	1,00	10,50	9,00	10,00	14,00	3
4	UO	53	5	7,206e+04	7,206e+04	1,00	0,43	1,00	10,50	9,00	10,00	14,00	3

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

Průřez je klasifikován třídou 3

#### Posudek na tlak

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

A	1,0640e-03	m <sup>2</sup>
$N_{c,Rd}$	250,04	kN
Jedn. posudek	0,30	-

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]	$\sigma_1$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_2$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Psi$ [-]	$k_\sigma$ [-]	$\alpha$ [-]	c/t [-]	Třída 1 limit [-]	Třída 2 limit [-]	Třída 3 limit [-]	Třída
1	UO	52	5	7,206e+04	7,206e+04	1,00	0,43	1,00	10,50	9,00	10,00	14,00	3
2	UO	53	5	7,206e+04	7,206e+04	1,00	0,43	1,00	10,50	9,00	10,00	14,00	3
3	UO	53	5	7,206e+04	7,206e+04	1,00	0,43	1,00	10,50	9,00	10,00	14,00	3
4	UO	53	5	7,206e+04	7,206e+04	1,00	0,43	1,00	10,50	9,00	10,00	14,00	3

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

Průřez je klasifikován třídou 3

### Posudek rovinného vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

Parametry vzpěru	yy	zz	
Typ posuvných styčníků	neposuvné	neposuvné	
Systémová délka $L$	2,052	2,052	m
Součinitel vzpěru $k$	1,00	1,00	
Vzpěrná délka $L_{cr}$	2,052	2,052	m
Kritické Eulerovo zatížení $N_{cr}$	358,11	144,74	kN
Štíhlost $\lambda$	78,47	123,43	
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel}$	0,84	1,31	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	
Vzpěr. křivka	c	c	
Imperfekce $\alpha$	0,49	0,49	
Redukční součinitel $\chi$	0,64	0,38	
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	159,98	95,72	kN

Posudek rovinného vzpěru		
Průřezová plocha $A$	1,0640e-03	m <sup>2</sup>
Únosnost na vzpěr $N_{b,Rd}$	95,72	kN
Jedn. posudek	0,79	-

### Posudek prostorového vzpěru

Podle EN 1993-1-1 článku 6.3.1.1 a rovnice (6.46)

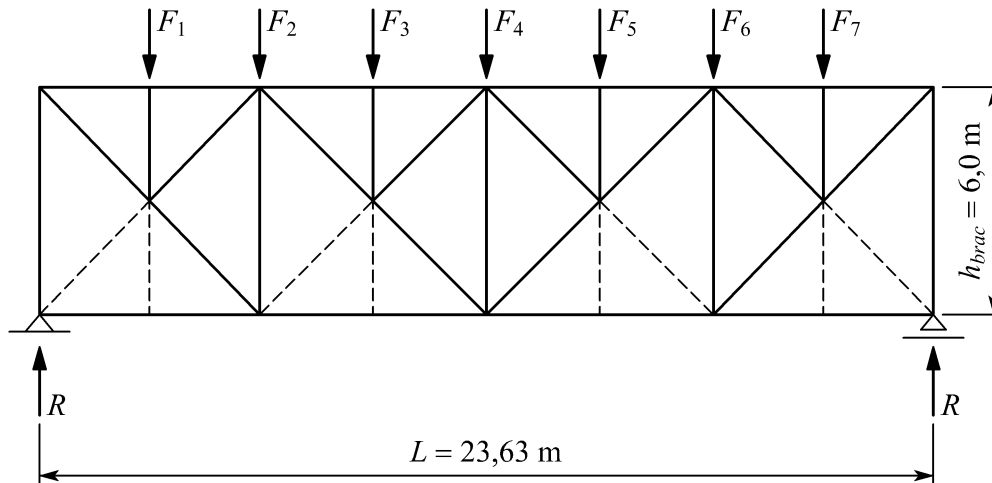
Vzpěrná délka na prostorový vzpěr $L_{cr}$	2,052	m
Pružné kritické zatížení $N_{cr,T}$	3433,08	kN
Poměrná štíhlost $\lambda_{rel,T}$	0,27	
Mezní štíhlost $\lambda_{rel,0}$	0,20	

**Poznámka:** Štíhlost nebo velikost tlakové síly umožňují ignorovat účinky prostorového vzpěru podle EN 1993-1-1 článek 6.3.1.2(4)

Prvek splňuje podmínky stabilitního posudku.

### 3.6 Příčné ztužidlo

→ příhradový nosník složené soustavy, s diagonálami v tlaku netuhými



Stabilitní síly vyvozené normálovými silami v horním pásu vazníku od kombinace K5 (stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách)

$$N_{Ed,B22} = N_{Ed,B23} = N_{Ed,B28} = N_{Ed,B29} = 662 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,B24} = N_{Ed,B25} = N_{Ed,B26} = N_{Ed,B27} = 1190 \text{ kN}$$

$$F_1 = F_7 = \frac{1}{100} \left( \frac{N_{Ed,B22} + N_{Ed,B23}}{2} \right) n = \frac{1}{100} \cdot 662 \cdot 3 = 19,9 \text{ kN}$$

$$F_2 = F_6 = \frac{1}{100} \left( \frac{N_{Ed,B23} + N_{Ed,B24}}{2} \right) n = \frac{1}{100} \cdot \left( \frac{662 + 1190}{2} \right) \cdot 3 = 27,8 \text{ kN}$$

$$F_3 = F_4 = F_5 = \frac{1}{100} \left( \frac{N_{Ed,B24} + N_{Ed,B25}}{2} \right) n = \frac{1}{100} \cdot 1190 \cdot 3 = 35,7 \text{ kN}$$

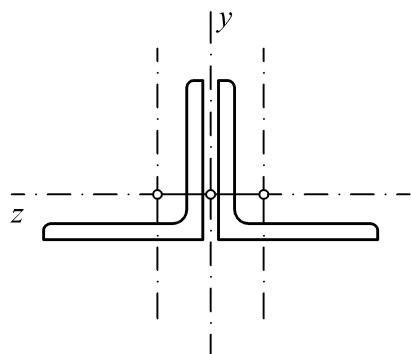
kde  $n = \frac{1}{2} + 2 + \frac{1}{2} = 3$  je počet vazníků, jejichž vzpěrnou délku horního pásu jedno ztužidlo zabezpečuje

Reakce

$$R = \frac{\sum F_i}{2} = \frac{2 \cdot 19,9 + 2 \cdot 27,8 + 3 \cdot 35,7}{2} = 101 \text{ kN}$$

Tahová síla v krajní diagonále, počítána za předpokladu, že v tlaku diagonály nepůsobí

$$N_{Ed} = \frac{R}{\sin 45} = \frac{101}{\sin 45} = 143 \text{ kN}$$



Průřez diagonály – 2 × L 60 × 6

$$A = 691 \text{ mm}^2$$

$$A_{tot} = 2 \cdot 691 = 1380 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} = A_{tot} - 2 d_0 t_a = 1380 - 2 \cdot 18 \cdot 6 = 1160 \text{ mm}^2$$

Materiál úhelníků diagonály – ocel S235

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

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

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Tahová únosnost diagonály a posudek

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1380 \cdot 235}{1,00} = 324 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 A_{net} f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1160 \cdot 360}{1,25} = 301 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\min \{N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}\}} = \frac{143}{324} = 0,44 \leq 1,0 \rightarrow \text{vyhoví.}$$

Ověření namáhání vyvozeného tlakem/sáním větru na štítovou stěnu

$$F_i = \gamma_Q w_k \cdot 3,6 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 1,50 \cdot 0,48 \cdot 3,6 \cdot 3 = 7,78 \text{ kN} \dots \text{při tlaku}$$

$$F_i = \gamma_Q w_k \cdot 3,6 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} = 1,50 \cdot 0,30 \cdot 3,6 \cdot 3 = 4,86 \text{ kN} \dots \text{při sání}$$

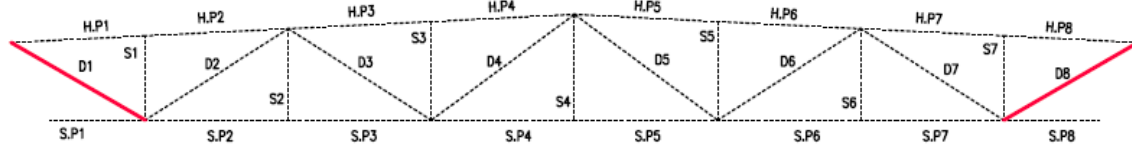
→ ve srovnání se stabilitními silami  $F_i$  od kombinace K5 není rozhodující



## 4 Dimenzování spojů

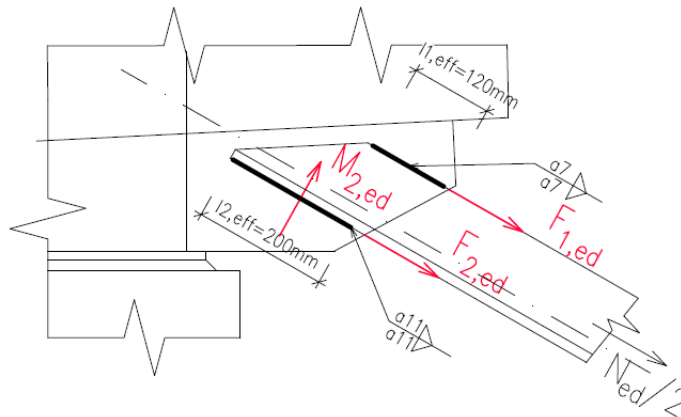
### 4.1 Svařované přípoje diagonál vazníku

#### 4.1.1 Posouzení svaru – diagonála D1 (Prut B30;B17)



Profil: L120x120x10;S235

$f_u = 360 \text{ MPa}$   
 $\gamma_{m2} = 1,25$   
 $\beta_w = 0,8$   
 $b = 120 \text{ mm}$   
 $e = 33,1 \text{ mm}$   
 $N = 762,38 \text{ kN}$



Návrh

$a_1 = 7 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ mm}$   
 $a_2 = 11 \text{ mm} \leq 1,1 \cdot t = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ mm}$   
 $l_{1,eff} = 120 \text{ mm}$   
 $l_{2,eff} = 200 \text{ mm}$

Posouzení

$$F_{1,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{e}{b} = \frac{762,38}{2} \cdot \frac{33,1}{120} = 105 \text{ kN}$$

$$F_{2,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{b-e}{b} = \frac{762,38}{2} \cdot \frac{120-33,1}{120} = 276 \text{ kN}$$

- Svar 1 - namáhaný silou  $F_{1,ed}$

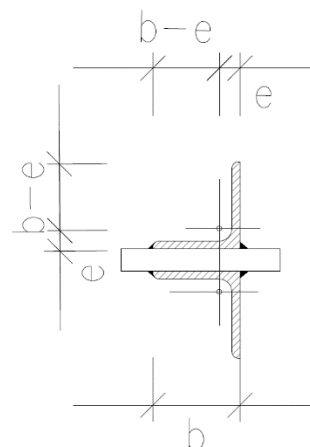
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,ed}}{a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{105 \cdot 1000}{7 \cdot 120} = 125 \text{ MPa}$$

Srovnávací napětí:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 125^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$



$$217 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,602 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

- Svar 2 - namáhaný silou  $F_{2,ed}$  a momentem  $M_{2,ed}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{2,ed}}{a_2 \cdot l_{2,eff}} = \frac{276 \cdot 1000}{11 \cdot 200} = 125 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{M_{2,ed}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{N_{ed} \cdot b}{2 \cdot 2 \cdot 2}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{762,38 \cdot 1000 \cdot 120}{8}}{\frac{1}{6} \cdot 11 \cdot 200^2 \cdot \sqrt{2}} = 110 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$110 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,424 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

Srovnávací napětí

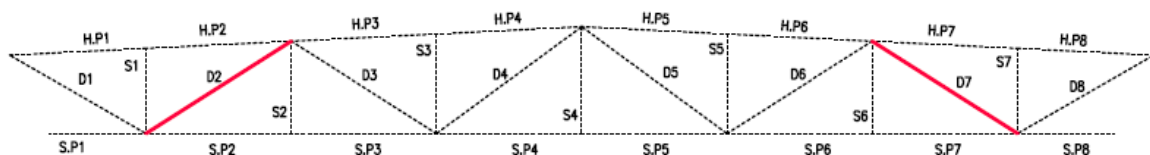
$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{110^2 + 3 \cdot (110^2 + 125^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$308 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,856 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

#### 4.1.2 Posouzení svaru – diagonála D2 (Prut B14;B13)



Profil: L120x120x10;S235

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

$$\gamma_{m2} = 1,25$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$b = 120 \text{ mm}$$

$$e = 33,1 \text{ mm}$$

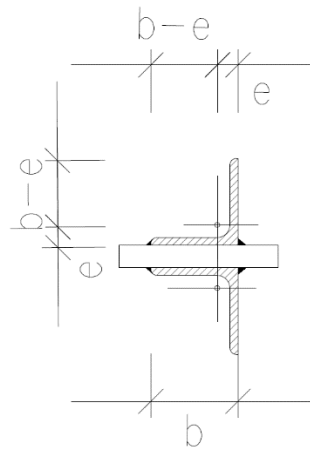
$$N_{ed} = -423,96 \text{ kN}$$

### Návrh:

$$\begin{aligned} a_1 &= 5 \text{ mm} & \leq 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ mm} \\ a_2 &= 7 \text{ mm} & \leq 1,1 \cdot t = 1,1 \cdot 10 = 11 \text{ mm} \\ l_{1,\text{eff}} &= 80 \text{ mm} \\ l_{2,\text{eff}} &= 190 \text{ mm} \end{aligned}$$

### Posouzení:

$$\begin{aligned} F_{1,\text{ed}} &= \frac{N_{\text{ed}}}{2} \cdot \frac{e}{b} = \frac{423,96}{2} \cdot \frac{33,1}{120} = 58,5 \text{ kN} \\ F_{2,\text{ed}} &= \frac{N_{\text{ed}}}{2} \cdot \frac{b-e}{b} = \frac{423,96}{2} \cdot \frac{120-33,1}{120} = 153 \text{ kN} \end{aligned}$$



- **Svar 1** - namáhaný silou  $F_{1,\text{ed}}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,\text{ed}}}{a_1 \cdot l_{1,\text{eff}}} = \frac{58,5 \cdot 1000}{5 \cdot 80} = 146 \text{ MPa}$$

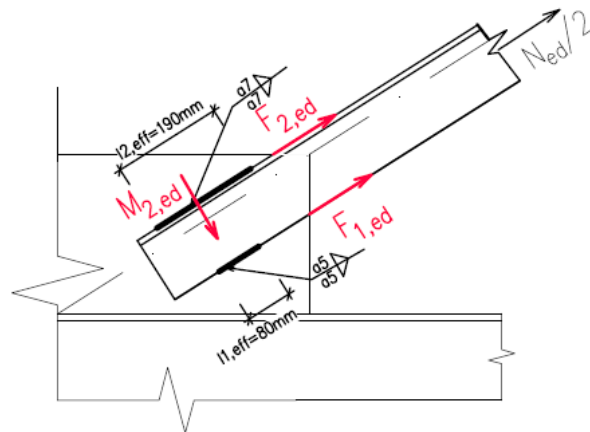
### Srovnávací napětí:

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

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 146^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$252 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,702 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$



- **Svar 2** - namáhaný silou  $F_{2,\text{ed}}$  a momentem  $M_{2,\text{ed}}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{2,\text{ed}}}{a_2 \cdot l_{2,\text{eff}}} = \frac{153 \cdot 1000}{7 \cdot 190} = 115 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{M_{2,\text{ed}}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,\text{eff}})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{N_{\text{ed}} \cdot b}{2 \cdot 2 \cdot 2}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,\text{eff}})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{423,96 \cdot 1000 \cdot 120}{8}}{\frac{1}{6} \cdot 7 \cdot 190^2 \cdot \sqrt{2}} = 107 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$107 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,413 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

Srovnávací napětí

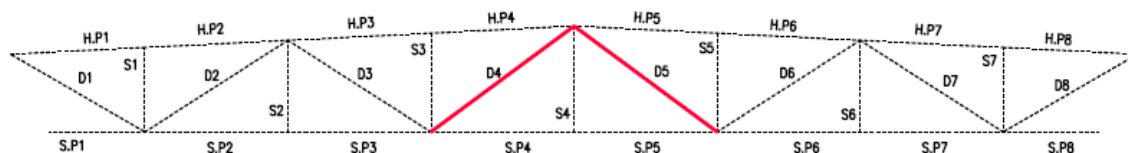
$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{107^2 + 3 \cdot (107^2 + 115^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$292 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,812 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

#### 4.1.3 Posouzení svaru – diagonála D4 (Přut B12;B15)



Profil: L60x60x6; S235

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

$$\gamma_{m2} = 1,25$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$b = 60 \text{ mm}$$

$$e = 16,8 \text{ mm}$$

$$N = -4,82 \text{ kN}$$

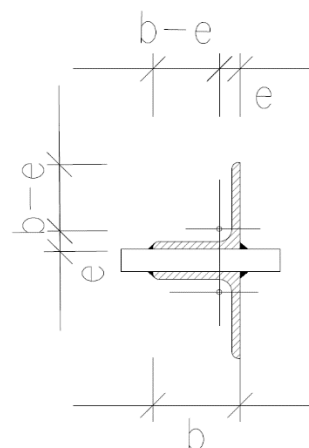
#### Návrh

$$a_1 = 3 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3 \text{ mm} \leq 1,1 \cdot t = 1,1 \cdot 6 = 6,6 \text{ mm}$$

$$l_{1,eff} = 30 \text{ mm} \geq \max \{6a; 30 \text{ mm}\} = \{18 \text{ mm}; 30 \text{ mm}\}$$

$$l_{2,eff} = 30 \text{ mm}$$



Posouzení:

$$F_{1,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{e}{b} = \frac{4,82}{2} \cdot \frac{16,8}{60} = 0,675 \text{ kN}$$

$$F_{2,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{b-e}{b} = \frac{4,82}{2} \cdot \frac{60-16,8}{60} = 1,74 \text{ kN}$$

- Svar 1 -namáhaný silou  $F_{1,ed}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,ed}}{a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{0,675 \cdot 1000}{3 \cdot 30} = 7,50 \text{ MPa}$$

Srovnávací napětí

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 7,5^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$13,0 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,0361 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

- **Svar 2** - namáhaný silou  $F_{2,ed}$  a momentem  $M_{2,ed}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{2,ed}}{a_2 \cdot l_{2,eff}} = \frac{1,74 \cdot 1000}{3 \cdot 30} = 19,3 \text{ MPa}$$

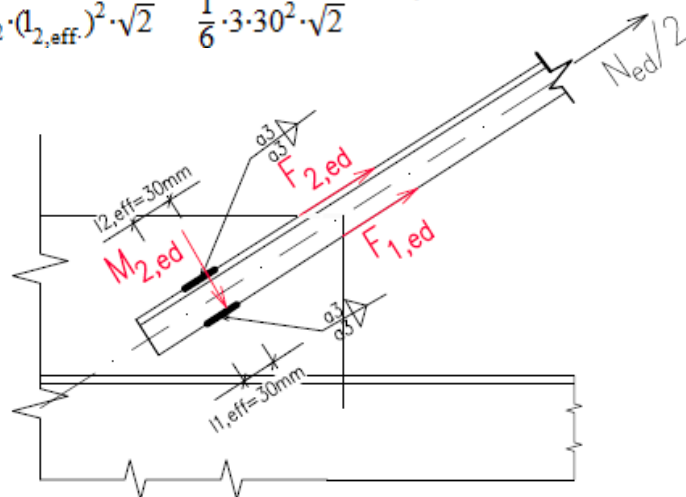
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{M_{2,ed}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{N_{ed} \cdot b}{2 \cdot 2 \cdot 2}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{4,82 \cdot 1000 \cdot 60}{8}}{\frac{1}{6} \cdot 3 \cdot 30^2 \cdot \sqrt{2}} = 56,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$56,8 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,219 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$



Srovnávací napětí:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

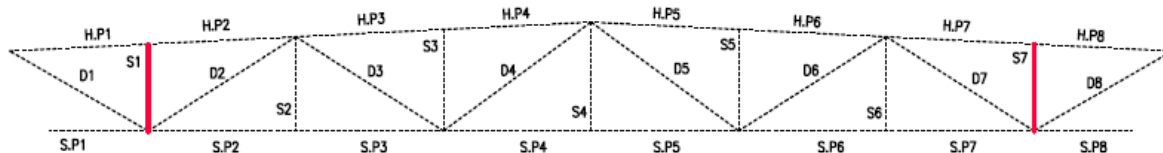
$$\sqrt{56,8^2 + 3 \cdot (56,8^2 + 19,3^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$118 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,329 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

## 4.2 Svařované přípoje svislic vazníku

### 4.2.1 Posouzení svaru – svislice S1 (Prut B2;B8)



Profil: L55x55x5; S235

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

$$\gamma_{m2} = 1,25$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$b = 55 \text{ mm}$$

$$e = 15,1 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = -75,53 \text{ kN}$$

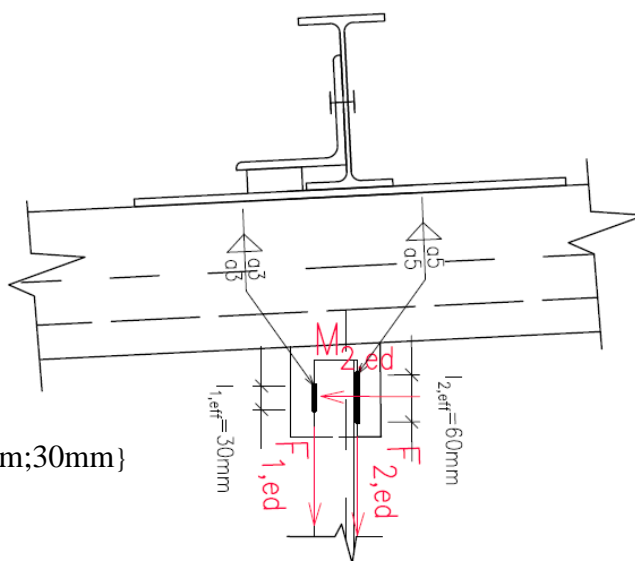
#### Návrh

$$a_1 = 3 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ mm}$$

$$a_2 = 5 \text{ mm} \leq 1,1 \cdot t = 1,1 \cdot 5 = 5,5 \text{ mm}$$

$$l_{1,eff} = 30 \text{ mm} \geq \max \{6a; 30\text{mm}\} = \{18\text{mm}; 30\text{mm}\}$$

$$l_{2,eff} = 60 \text{ mm}$$



Posouzení:

$$F_{1,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{e}{b} = \frac{75,53}{2} \cdot \frac{15,1}{55} = 10,4 \text{ kN}$$

$$F_{2,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{b-e}{b} = \frac{75,53}{2} \cdot \frac{55-15,1}{55} = 27,4 \text{ kN}$$

- Svar 1 - namáhaný silou  $F_{1,ed}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,ed}}{a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{10,4 \cdot 1000}{3 \cdot 30} = 115 \text{ MPa}$$

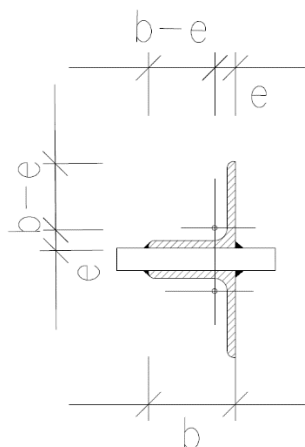
Srovnávací napětí:

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

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 115^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$199 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,553 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$



- Svar 2 - namáhaný silou  $F_{2,ed}$  a momentem  $M_{2,ed}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{2,ed}}{a_2 \cdot l_{2,eff}} = \frac{27,4 \cdot 1000}{5 \cdot 60} = 91,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{M_{2,ed}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{N_{ed} \cdot b}{2 \cdot 2 \cdot 2}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{75,53 \cdot 1000 \cdot 55}{8}}{\frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 60^2 \cdot \sqrt{2}} = 122 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$122 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,470 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

Srovnávací napětí:

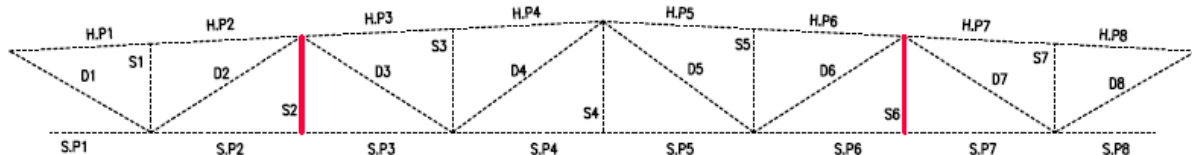
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{122^2 + 3 \cdot (122^2 + 91,3^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$291 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,807 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

#### 4.2.2 Posouzení svaru – svislice S2 (Prut B3;B7)



Profil: L55x55x5; S235

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

$$\gamma_{m2} = 1,25$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$b = 55 \text{ mm}$$

$$e = 15,1 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = 15,77 \text{ kN}$$

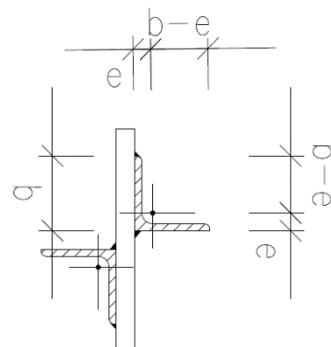
Návrh:

$$a_1 = 3 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ mm}$$

$$a_2 = 3 \text{ mm} \leq 1,1 \cdot t = 1,1 \cdot 5 = 5,5 \text{ mm}$$

$$l_{1,eff} = 30 \text{ mm} \geq \max \{6a; 30 \text{ mm}\} = \{18 \text{ mm}; 30 \text{ mm}\}$$

$$l_{2,eff} = 40 \text{ mm} \geq \max \{6a; 30 \text{ mm}\} = \{18 \text{ mm}; 30 \text{ mm}\}$$





Posouzení

$$F_{1,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{e}{b} = \frac{15,77}{2} \cdot \frac{15,1}{55} = 2,17 \text{ kN}$$

$$F_{2,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{b-e}{b} = \frac{15,77}{2} \cdot \frac{55-15,1}{55} = 5,72 \text{ kN}$$

- **Svar 1** - namáhaný silou  $F_{1,ed}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,ed}}{a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{2,17 \cdot 1000}{3 \cdot 30} = 24,1 \text{ MPa}$$

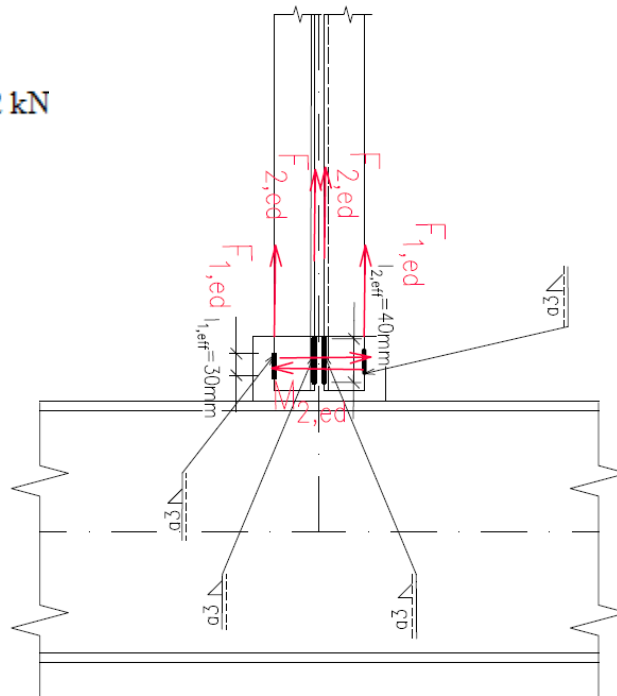
Srovnávací napětí

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

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 24,1^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$41,7 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,115 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$



- **Svar 2** - namáhaný silou  $F_{2,ed}$  a momentem  $M_{2,ed}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{2,ed}}{a_2 \cdot l_{2,eff}} = \frac{5,72 \cdot 1000}{3 \cdot 40} = 47,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{M_{2,ed}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{N_{ed} \cdot b}{2 \cdot 2 \cdot 2}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{15,77 \cdot 1000 \cdot 55}{8}}{\frac{1}{6} \cdot 3 \cdot 40^2 \cdot \sqrt{2}} = 95,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$95,8 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,370 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

Srovnávací napětí

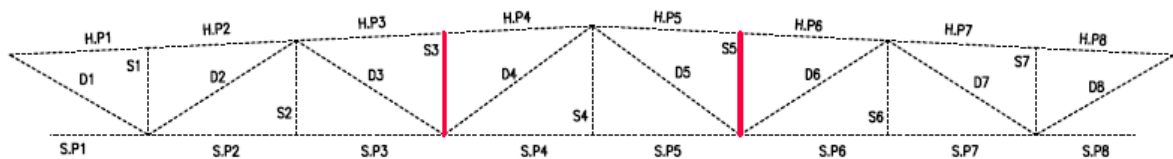
$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{95,8^2 + 3 \cdot (95,8^2 + 47,7^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$208 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,578 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

#### 4.2.3 Posouzení svaru – svislice S3 (Prut B4;B6)



Profil: L55x55x5; S235

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

$$\gamma_{m2} = 1,25$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$b = 55 \text{ mm}$$

$$e = 15,1 \text{ mm}$$

$$N_{ed} = -75,66 \text{ kN}$$

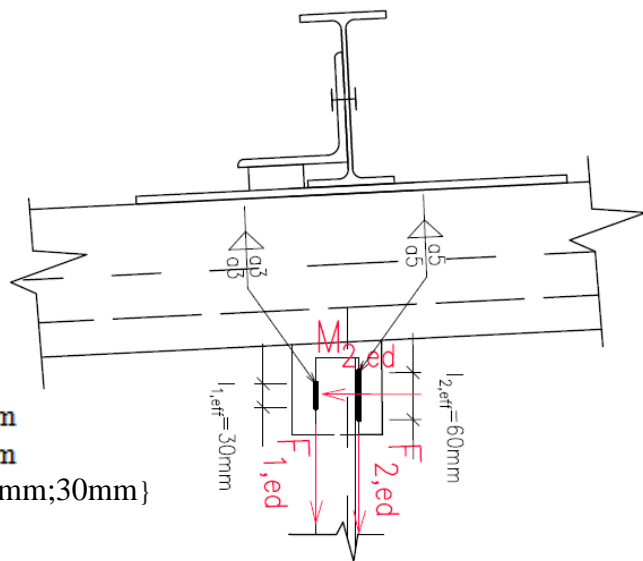
#### Návrh

$$a_1 = 3 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ mm}$$

$$a_2 = 5 \text{ mm} \leq 1,1 \cdot t = 1,1 \cdot 5 = 5,5 \text{ mm}$$

$$l_{1,eff} = 30 \text{ mm} \geq \min \{6a; 30\text{mm}\} = \{30\text{mm}; 30\text{mm}\}$$

$$l_{2,eff} = 60 \text{ mm}$$



Posouzení

$$F_{1,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{e}{b} = \frac{75,66}{2} \cdot \frac{15,1}{55} = 10,4 \text{ kN}$$

$$F_{2,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{b-e}{b} = \frac{75,66}{2} \cdot \frac{55-15,1}{55} = 27,4 \text{ kN}$$

- **Svar 1** -namáhaný silou  $F_{1,ed}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,ed}}{a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{10,4 \cdot 1000}{3 \cdot 30} = 116 \text{ MPa}$$

Srovnávací napětí

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

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 116^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$201 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,558 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

- **Svar 2** -namáhaný silou  $F_{2,ed}$  a momentem  $M_{2,ed}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{2,ed}}{a_2 \cdot l_{2,eff}} = \frac{27,4 \cdot 1000}{5 \cdot 60} = 91,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{M_{2,ed}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{N_{ed} \cdot b}{2 \cdot 2 \cdot 2}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{75,66 \cdot 1000 \cdot 55}{8}}{\frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 60^2 \cdot \sqrt{2}} = 122,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$122,6 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,473 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

Srovnávací napětí

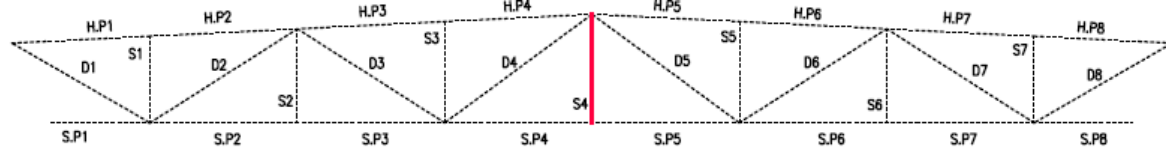
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{122,6^2 + 3 \cdot (122,6^2 + 91,5^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$292 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

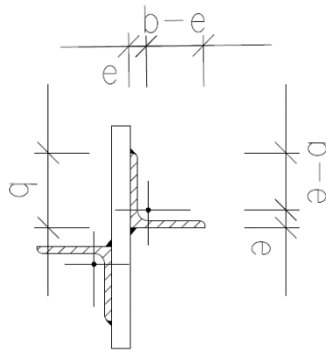
$$0,811 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

#### 4.2.4 Posouzení svaru – svislice S4 (Přut B5)



Profil: L55x55x5; S235

$f_u = 360 \text{ MPa}$   
 $\gamma_{m2} = 1,25$   
 $\beta_w = 0,8$   
 $b = 55 \text{ mm}$   
 $e = 15,1 \text{ mm}$   
 $N_{ed} = 44,54 \text{ kN}$



Návrh:

$a_1 = 3 \text{ mm} \leq 0,7 \cdot t = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ mm}$   
 $a_2 = 5 \text{ mm} \leq 1,1 \cdot t = 1,1 \cdot 5 = 5,5 \text{ mm}$   
 $l_{1,eff} = 30 \text{ mm} \geq \min \{6a; 30 \text{ mm}\} = \{30 \text{ mm}; 30 \text{ mm}\}$   
 $l_{2,eff} = 50 \text{ mm}$

Posouzení:

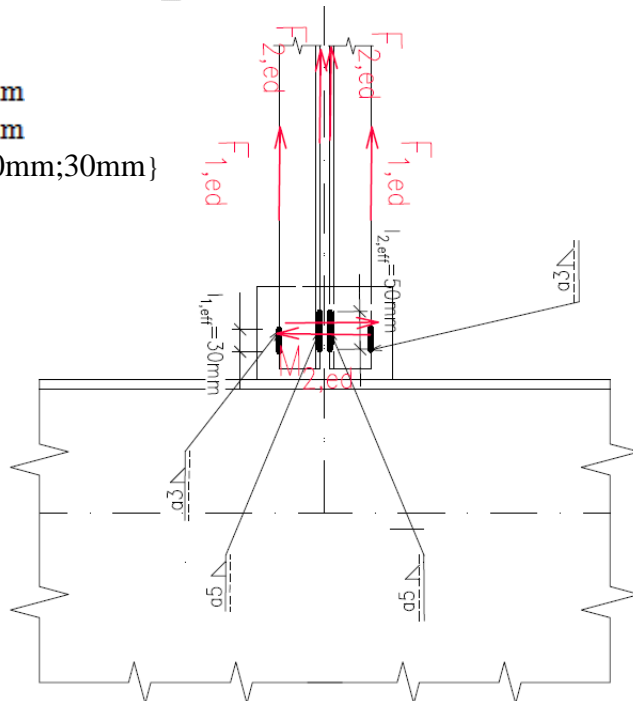
$$F_{1,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{e}{b} = \frac{44,54}{2} \cdot \frac{15,1}{55} = 6,11 \text{ kN}$$

$$F_{2,ed} = \frac{N_{ed}}{2} \cdot \frac{b-e}{b} = \frac{44,54}{2} \cdot \frac{55-15,1}{55} = 16,2 \text{ kN}$$

- Svar 1-namáhaný silou  $F_{1,ed}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 0$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{1,ed}}{a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{6,11 \cdot 1000}{3 \cdot 30} = 67,9 \text{ MPa}$$



Srovnávací napětí:

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{0^2 + 3 \cdot (0^2 + 67,9^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$117,6 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,327 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

- Svar 2 -namáhaný silou  $F_{2,ed}$  a momentem  $M_{2,ed}$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{2,ed}}{a_2 \cdot l_{2,eff}} = \frac{16,2 \cdot 1000}{5 \cdot 50} = 64,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_M}{\sqrt{2}} = \frac{M_{2,ed}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{N_{ed} \cdot b}{2 \cdot 2 \cdot 2}}{\frac{1}{6} \cdot a_2 \cdot (l_{2,eff})^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{\frac{44,54 \cdot 1000 \cdot 55}{8}}{\frac{1}{6} \cdot 5 \cdot 50^2 \cdot \sqrt{2}} = 104 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$104 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,401 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

Srovnávací napětí

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

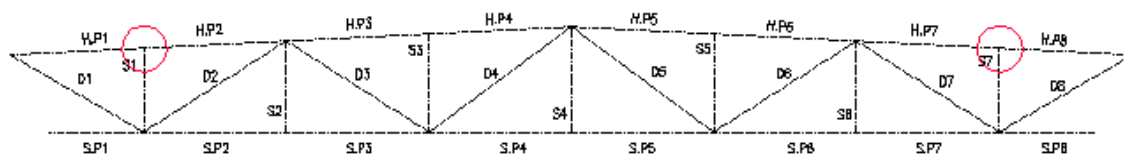
$$\sqrt{104^2 + 3 \cdot (104^2 + 64,8^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$236 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,656 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

### 4.3 Svary styčnickových plechů horního pásu vazníku

#### 4.3.1 Posouzení svaru: H.P1;H.P2 (pruty B22;B23) na styčnickový plech



Profil:

HP L250x250x22; S235

plech P14-120x115 ; S235

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

$$\gamma_{m2} = 1,25$$

$$\beta_w = 0,8$$

$$N_1 = -661,66 \text{ kN}$$

$$N_2 = -661,82 \text{ kN}$$

Návrh:

$$s = 14 \text{ mm}$$

$$l_1 = 115 \text{ mm}$$

Výpočet zatížení

$$G = 43,96 \text{ kN (zatížení od ZS1 na jednu vaznici)}$$

$$S = 8,52 \text{ kN (zatížení od snehu na jednu vaznici)}$$

$$W = 2,16 \text{ kN (zatížení od větru na jednu vaznici)}$$

$$Q = G \cdot 1,35 + 1,5 \cdot S + W \cdot 1,5 \cdot 0,6 =$$

$$= 43,96 \cdot 1,35 + 1,5 \cdot 8,52 + 2,16 \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 74,1 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = N_2 - N_1 = -661,82 - (-661,66) = -0,160 \text{ kN}$$

Posouzení

- Na složku napětí  $\tau$

$$\tau = \frac{N_{ed}}{s \cdot l_1} = \frac{0,16 \cdot 1000}{14 \cdot 115} = 0,0994 \text{ MPa}$$

$$\tau \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot 0,6$$

$$\tau \leq \frac{360}{1,25 \cdot 0,8} \cdot 0,6$$

$$0,0994 \text{ MPa} \leq 216 \text{ MPa}$$

$$0,000460 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

- Na složku napětí  $\sigma_{\perp}$

$$\sigma_{\perp} = \frac{Q}{s \cdot l_1} = \frac{74,1 \cdot 1000}{14 \cdot 115} = 46,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$46,0 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,177 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

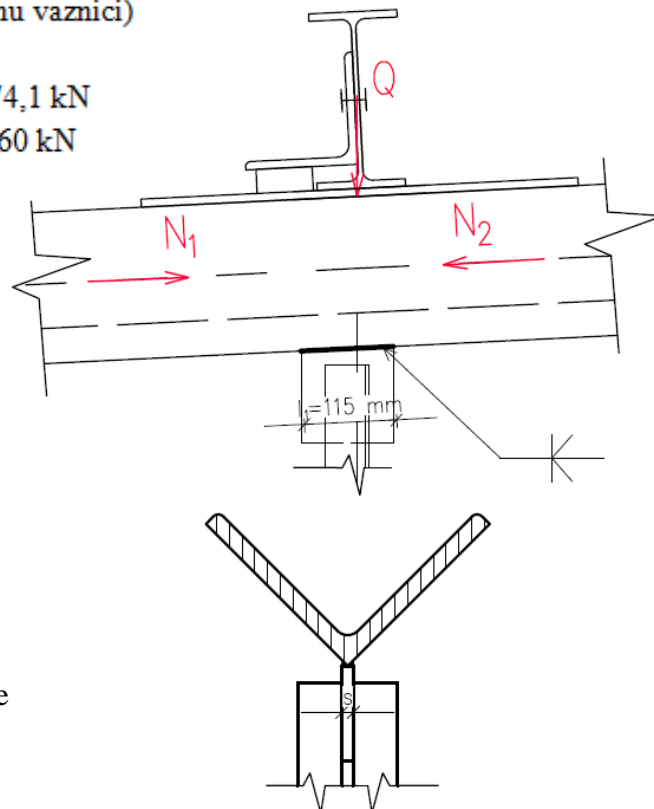
- Srovnávací napětí

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

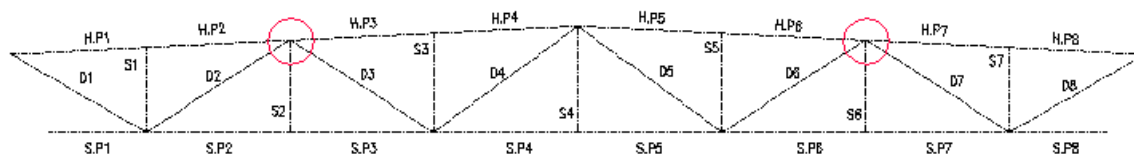
$$\sqrt{46,0^2 + 3 \cdot (0,0994^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$46,0 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,128 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$



#### 4.3.2 Posouzení svaru: H.P2;H.P3 (pruty B23;B24) na styčnickový plech



Profil:

HP L250x250x22 ; S235

plech P14-968x278 ; S235

$f_u = 360$  MPa

$\gamma_{m2} = 1,25$

$\beta_w = 0,8$

$N_1 = -659,59$  kN

$N_2 = -1188,81$  kN

Návrh:

$s = 14$  mm

$l_1 = 968$  mm

Výpočet zatížení

$G = 43,96$  kN (zatížení od ZS1 na jednu vaznici)

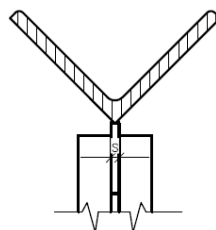
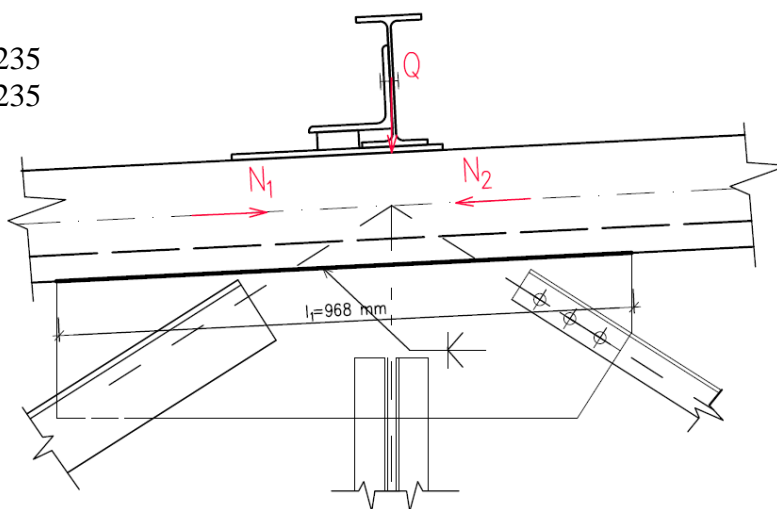
$S = 8,52$  kN (zatížení od sněhu na jednu vaznici)

$W = 2,16$  kN (zatížení od větru na jednu vaznici)

$Q = G \cdot 1,35 + 1,5 \cdot S + W \cdot 1,5 \cdot 0,6 =$

$= 43,96 \cdot 1,35 + 1,5 \cdot 8,52 + 2,16 \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 74,1$  kN

$N_{ed} = N_2 - N_1 = -1188,81 - (-659,59) = -529$  kN



Posouzení

- Na složku napětí  $\tau$

$$\tau = \frac{N_{ed}}{s \cdot l_1} = \frac{529,22 \cdot 1000}{14 \cdot 968} = 39,1 \text{ MPa}$$

$$\tau \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} \cdot 0,6$$

$$\tau \leq \frac{360}{1,25 \cdot 0,8} \cdot 0,6$$

$$39,1 \text{ MPa} \leq 216 \text{ MPa}$$

$$0,181 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$



- Na složku napětí  $\sigma_{\perp}$

$$\sigma_{\perp} = \frac{Q}{s \cdot l_1} = \frac{74,1 \cdot 1000}{14 \cdot 968} = 5,47 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$5,47 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,0211 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

- Srovnávací napětí

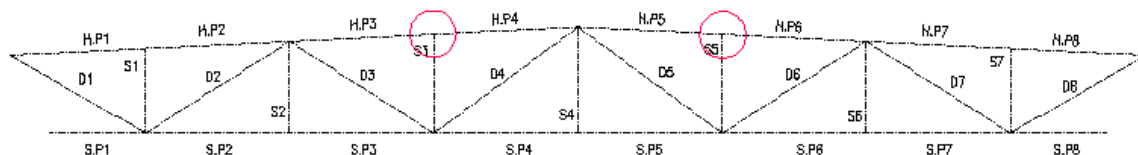
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{5,47^2 + 3 \cdot (39,1^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$69,9 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,189 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

#### 4.3.3 Posouzení svaru: H.P3;H.P4 (pruty B24;B25) na styčnickový plech



Profil:

HP L250x250x22; S235

plech P14-120x115; S235

$f_u = 360 \text{ MPa}$

$\gamma_{m2} = 1,25$

$\beta_w = 0,8$

$N_1 = -1013,94 \text{ kN}$

$N_2 = -1014,10 \text{ kN}$

Návrh:

$s = 14 \text{ mm}$

$l_1 = 115 \text{ mm}$

Výpočet zatížení

$G = 43,96 \text{ kN}$  (zatížení od ZS1 na jednu vaznici)

$S = 8,52 \text{ kN}$  (zatížení od sněhu na jednu vaznici)

$W=2,16 \text{ kN}$  (zatížení od větru na jednu vaznici)

$$Q=G \cdot 1,35 + 1,5 \cdot S + W \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 43,96 \cdot 1,35 + 1,5 \cdot 8,52 + 2,16 \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 74,1 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = N_2 - N_1 = -1014,10 - (-1013,94) = -0,16 \text{ kN}$$

Posouzení

- Na složku napětí  $\tau$

$$\tau = \frac{N_{ed}}{s \cdot l_1} = \frac{0,16 \cdot 1000}{14 \cdot 115} = 0,099 \text{ MPa}$$

$$\tau \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot 0,6$$

$$\tau \leq \frac{360}{1,25 \cdot 0,8} \cdot 0,6$$

$$0,099 \text{ MPa} \leq 216 \text{ MPa}$$

$$0,000460 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

- Na složku napětí  $\sigma_{\perp}$

$$\sigma_{\perp} = \frac{Q}{s \cdot l_1} = \frac{74,1 \cdot 1000}{14 \cdot 115} = 46,0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$46,0 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,178 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

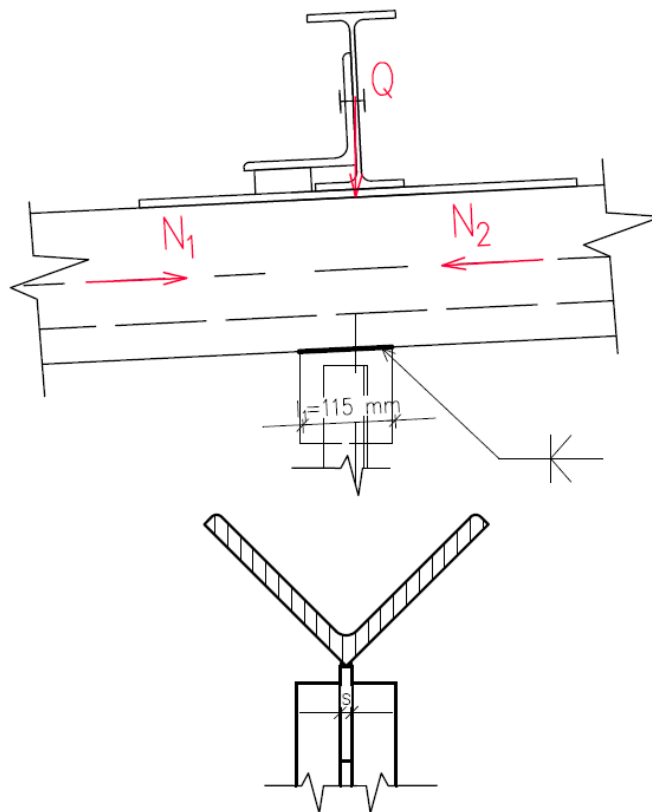
- Srovnávací napětí

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

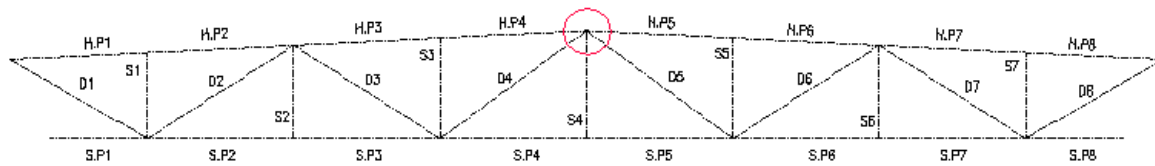
$$\sqrt{46,0^2 + 3 \cdot (0,099^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$46,0 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,128 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$



#### 4.3.4 Posouzení svaru: H.P4;H.P5 (pruty B25;B26) na styčnickový plech



Profil:

HP L250x250x22; S235

plech P14-606x123; S235

$f_u = 360$  MPa

$\gamma_{m2} = 1,25$

$\beta_w = 0,8$

$N_1 = -1188,65$  kN

$N_2 = -1187,69$  kN

Návrh:

$s = 14$  mm

$l_1 = 303$  mm

Výpočet zatížení

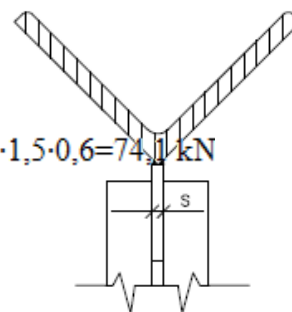
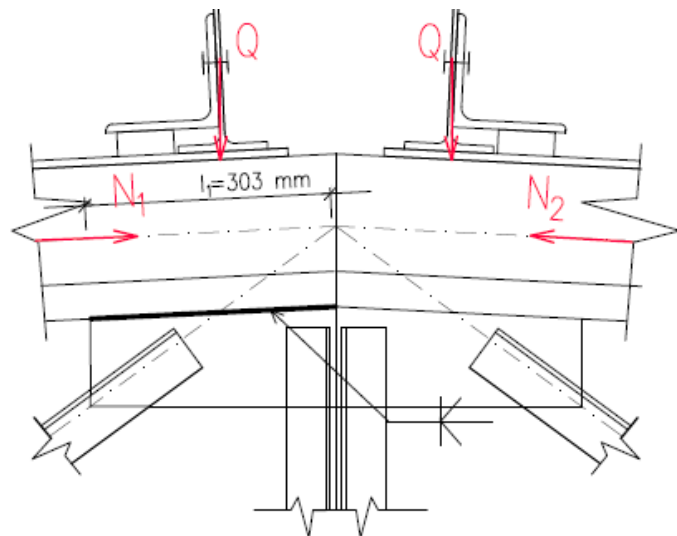
$G = 43,96$  kN (zatížení od ZS1 na jednu vaznici)

$S = 8,52$  kN (zatížení od sněhu na jednu vaznici)

$W = 2,16$  kN (zatížení od větru na jednu vaznici)

$Q = G \cdot 1,35 + 1,5 \cdot S + W \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 43,96 \cdot 1,35 + 1,5 \cdot 8,52 + 2,16 \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 74,1$  kN

$N_{ed} = N_2 - N_1 = -1087,69 - (-1088,65) = -0,96$  kN



Posouzení

- Na složku napětí  $\tau$

$$\tau = \frac{N_{ed}}{s \cdot l_1} = \frac{0,96 \cdot 1000}{14 \cdot 303} = 0,226 \text{ MPa}$$

$$\tau \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} \cdot 0,6$$

$$\tau \leq \frac{360}{1,25 \cdot 0,8} \cdot 0,6$$

$$0,226 \text{ MPa} \leq 216 \text{ MPa}$$

$$0,00105 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

- Na složku napětí  $\sigma_{\perp}$

$$\sigma_{\perp} = \frac{Q}{s \cdot l_1} = \frac{74,1 \cdot 1000}{14 \cdot 304} = 17,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$17,4 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,0671 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

- Srovnávací napětí

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot \tau^2} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

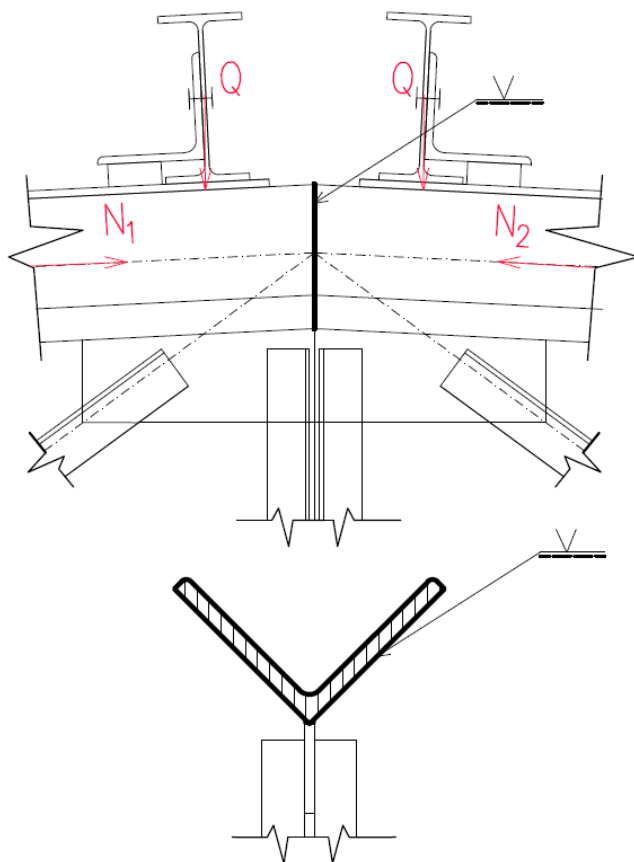
$$\sqrt{17,4^2 + 3 \cdot (0,226^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$17,4 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,0483 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

#### 4.3.5 Posouzení svaru: Čelní svar H.P4;H.P5 (pruty B25;B26) na styčnickový plech

Provedení V-svarem – na celou tloušťku



#### 4.3.6 Posouzení svaru: Svar čelního plechu pro montážní spoj (pruty B24)

Profil:

HP L250x250x22; S235

plech P14-394x229; S235

$f_u = 360 \text{ MPa}$

$\gamma_{m2} = 1,25$

$\beta_w = 0,8$

$N_{ed} = -1188,88 \text{ kN}$

**Návrh:**

$a_l = 7 \text{ mm}$

$A_w = 6496 \text{ mm}^2$

Posouzení

- Na složku napětí  $\sigma_{\perp,N}$

$$\sigma_{M,N} = \frac{N_{ed}}{A_w} = \frac{1188,88 \cdot 1000}{6496} = 183 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp,N} = \sigma_{\perp,N} = \frac{\sigma_{M,V}}{\sqrt{2}} = \frac{183}{\sqrt{2}} = 129 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_{\perp,N} = 129 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$129 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,498 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

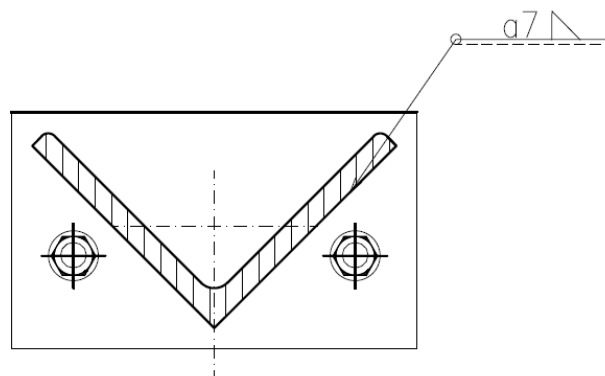
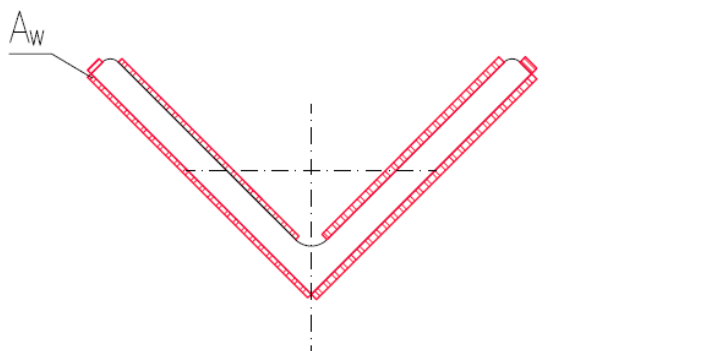
Srovnávací napětí

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

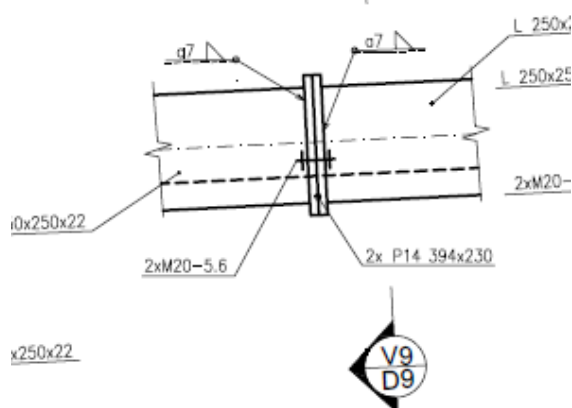
$$\sqrt{129^2 + 3 \cdot (129^2 + 0^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$258 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

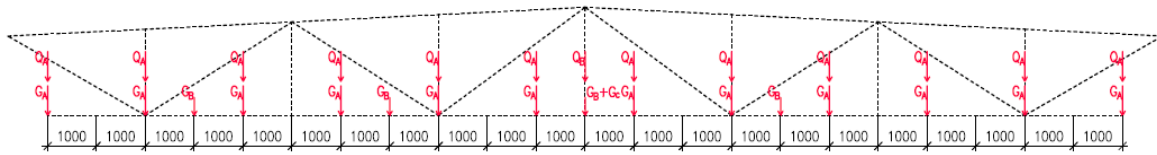
$$0,716 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$



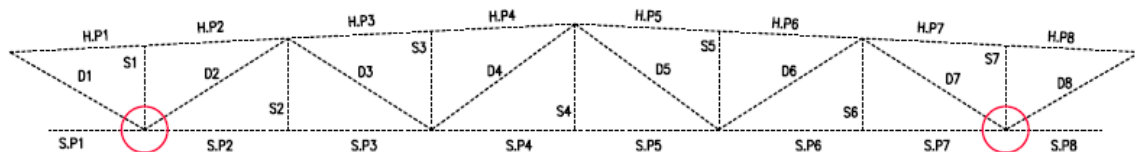
**DETAIL D9**  
m 1:10



## 4.4 Svary styčnickových plechů spodního pásu vazníku

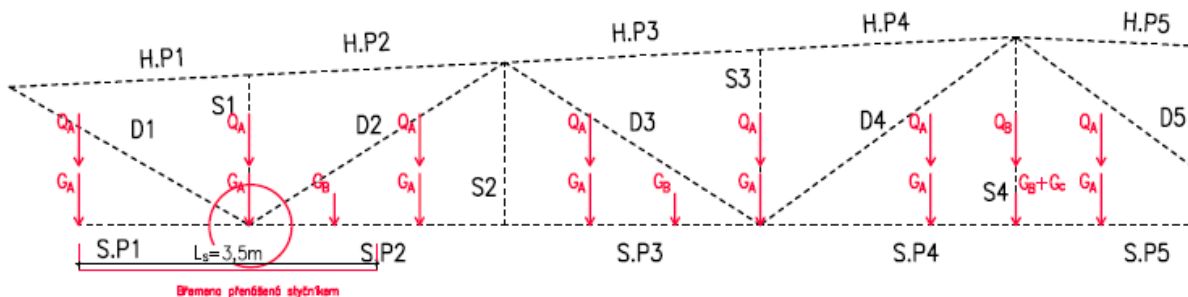


### 4.4.1 Posouzení svaru: S.P1;S.P2 (Prut B31;B32)



Profil:

S.P IPE 360 ; S235  
plech P14-1505x273; S235  
 $f_u = 360 \text{ MPa}$   
 $\gamma_{m2} = 1,25$   
 $\beta_w = 0,8$   
 $q_m = 0,57 \text{ kN/m}$  (tíha IPE360 na metr běžný)



Hodnoty svislých břemen na spodním páse

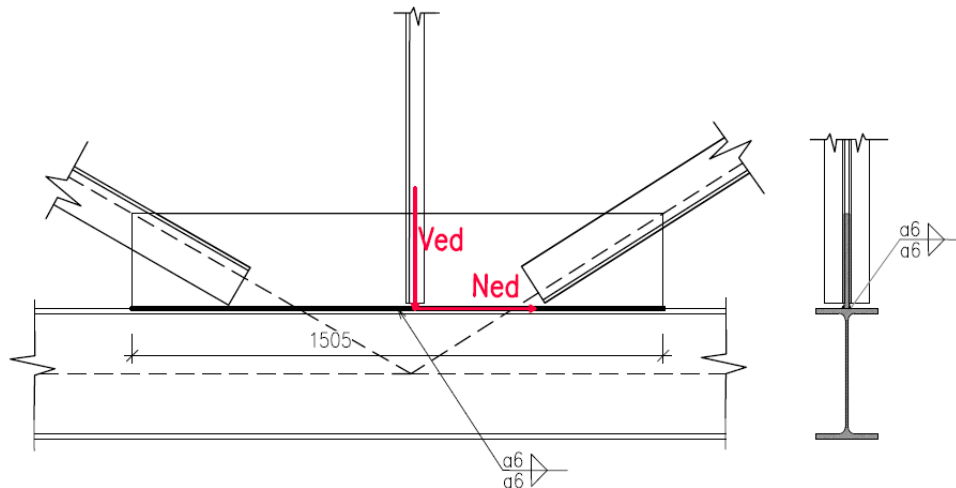
$L_s = 3,5 \text{ m}$   
 $Q_A = 8,0 \text{ kN}$   
 $Q_B = 8,0 \text{ kN}$   
 $G_A = 7,78 \text{ kN}$   
 $G_B = 1,2 \text{ kN}$   
 $G_C = 1,5 \text{ kN}$   
 $G_t = q_m \cdot L_s = 0,57 \cdot 3,5 = 2,00 \text{ kN}$  (tíha nosníku IPE360)

Zatížení na styčník ve svislém směru

$$V_{ed} = (G_A \cdot 2 + G_B + G_t) \cdot 1,35 + Q_A \cdot 2 \cdot 1,5 = (7,78 \cdot 2 + 1,2 + 2) \cdot 1,35 + 8 \cdot 2 \cdot 1,5 = 49,3 \text{ kN}$$

Zatížení na styčník ve směru vodorovném

$$N_{ed}=1016,46 \text{ kN}$$



Návrh

$$a_1 = 6 \text{ mm}$$

$$l_1 = 1505 \text{ mm}$$

$$l_{1,eff} = l_1 - 2 \cdot a_1 = 1505 - 2 \cdot 6 = 1493 \text{ mm}$$

Posouzení

a) Vliv posouvající síly

$$\sigma_{M,V} = \frac{V_{ed}}{2 \cdot a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{49,3 \cdot 1000}{2 \cdot 6 \cdot 1493} = 2,75 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp,V} = \sigma_{\perp,V} = \frac{\sigma_{M,V}}{\sqrt{2}} = \frac{1,94}{\sqrt{2}} = 1,95 \text{ MPa}$$

b) Vliv normálové síly

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed}}{2 \cdot a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{1016,46 \cdot 1000}{2 \cdot 6 \cdot 1493} = 56,7 \text{ MPa}$$

Srovnávací napětí

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_{\perp,V} = 1,95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$



$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$1,95 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,00751 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

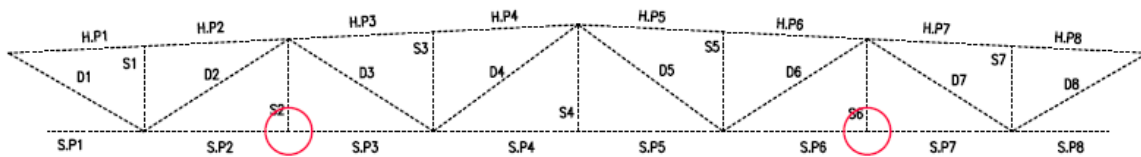
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{1,95^2 + 3 \cdot (1,95^2 + 56,7^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$98,3 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,273 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

#### 4.4.2 Posouzení svaru: S.P2;S.P3 (Prut B32;B33)



Profil:

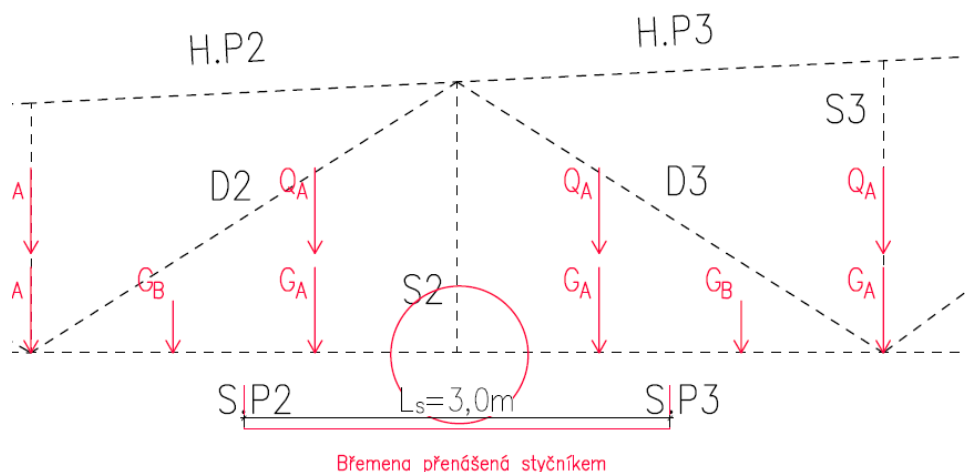
SP IPE 360 ; S235

plech P14-184x100; S235

$f_u = 360 \text{ MPa}$

$\gamma_{m2} = 1,25$

$\beta_w = 0,8$



$$\beta_w = 0,8$$

$$q_m = 0,57 \text{ kN/m (tíha IPE360 na metr běžný)}$$

$$L_s = 3,0 \text{ m}$$

Hodnoty svislých břemen na spodním páse

$$Q_A = 8,0 \text{ kN}$$

$$Q_B = 8,0 \text{ kN}$$

$$G_A = 7,78 \text{ kN}$$

$$G_B = 1,2 \text{ kN}$$

$$G_C = 1,5 \text{ kN}$$

$$G_t = q_m \cdot L_s = 0,57 \cdot 3,0 = 1,71 \text{ kN (tíha nosníku IPE360)}$$

Zatížení na styčník ve svislém směru

$$V_{ed} = (G_A \cdot 2) \cdot 1,35 + Q_A \cdot 2 \cdot 1,5 = 7,78 \cdot 2 \cdot 1,35 + 8 \cdot 2 \cdot 1,5 = 45,0 \text{ kN}$$

Návrh

$$a_1 = 6 \text{ mm}$$

$$l_1 = 184 \text{ mm}$$

$$l_{1,eff} = l_1 - 2 \cdot a_1 = 184 - 2 \cdot 6 = 172 \text{ mm}$$

Posouzení

a) Vliv posouvající síly

$$\sigma_{M,V} = \frac{V_{ed}}{2 \cdot a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{45,0 \cdot 1000}{2 \cdot 6 \cdot 172} = 21,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp,V} = \sigma_{\perp,V} = \frac{\sigma_{M,V}}{\sqrt{2}} = \frac{21,8}{\sqrt{2}} = 15,4 \text{ MPa}$$

Srovnávací napětí:

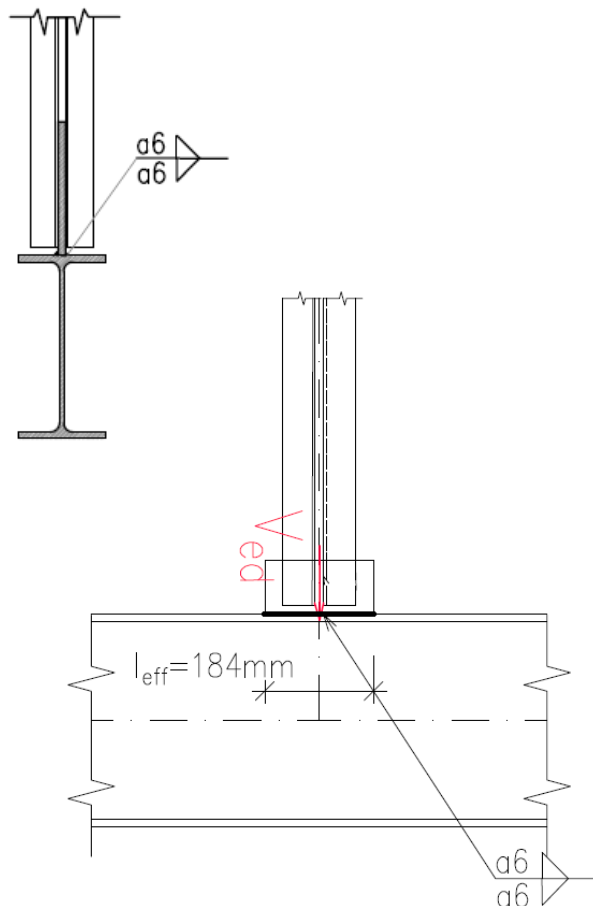
$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_{\perp,V} = 15,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$15,4 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,0594 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$



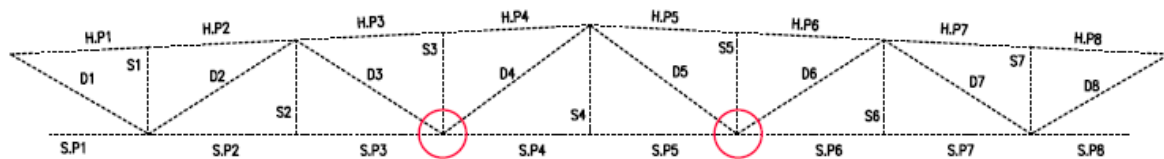
$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{15,4^2 + 3 \cdot (15,4^2 + 0^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$30,8 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,0856 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

#### 4.4.3 Posouzení svaru: S.P3;S.P4 (Prut B33;B34)



Profil:

SP IPE 360 ; S235  
plech P14-1014x165 ; S235

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

$$\gamma_{m2} = 1,25$$

$$\beta_w = 0,8$$

Hodnoty svislých břemen na spodním páse

$$q_m = 0,57 \text{ kN/m (tíha IPE360 na metr běžný)}$$

$$L_s = 3,0 \text{ m}$$

$$Q_A = 8,0 \text{ kN}$$

$$Q_B = 8,0 \text{ kN}$$

$$G_A = 7,78 \text{ kN}$$

$$G_B = 1,2 \text{ kN}$$

$$G_C = 1,5 \text{ kN}$$

$$G_t = q_m \cdot L_s = 0,57 \cdot 3,0 = 1,71 \text{ kN}$$

Zatížení sa styčníc ve směru vodorovném

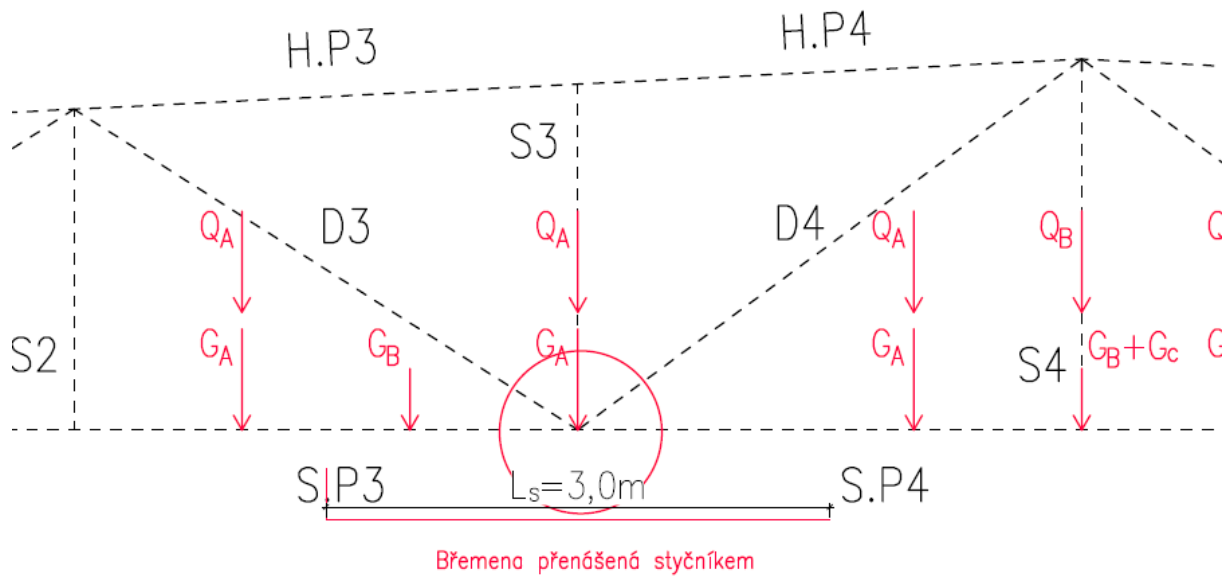
$$N_1 = 1188,68 \text{ kN}$$

$$N_2 = 1016,48 \text{ kN}$$

$$N_{ed} = N_1 - N_2 = 1188,68 - 1016,48 = 172 \text{ kN}$$

Zatížení sa styčníc ve svislém směru

$$V_{ed} = (G_A + G_B) \cdot 1,35 + Q_A \cdot 1,5 = (7,78 + 1,2) \cdot 1,35 + 1,2 \cdot 1,5 = 23,1 \text{ kN}$$



Návrh

$$a_1 = 6 \text{ mm}$$

$$l_1 = 1014 \text{ mm}$$

$$l_{1,eff} = l_1 - 2 \cdot a_1 = 1014 - 2 \cdot 6 = 1002 \text{ mm}$$

Posouzení

a) Vliv posouvající síly

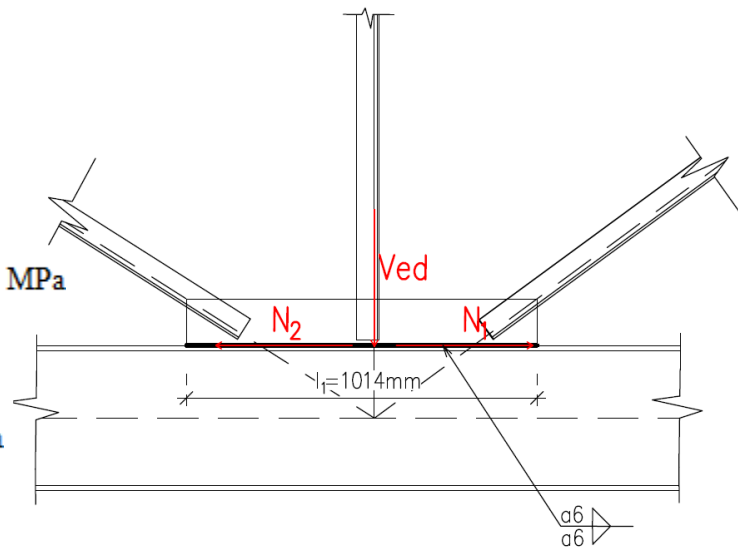
$$\sigma_{M,V} = \frac{V_{ed}}{2 \cdot a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{23,1 \cdot 1000}{2 \cdot 6 \cdot 1002} = 1,92 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp,V} = \sigma_{\perp,V} = \frac{\sigma_{M,V}}{\sqrt{2}} = \frac{1,92}{\sqrt{2}} = 1,36 \text{ MPa}$$

b) Vliv normálové síly

$$N_{ed} = N_1 - N_2 = 1188,68 - 1016,48 = 172,2 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed}}{2 \cdot a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{172,2 \cdot 1000}{2 \cdot 6 \cdot 1002} = 14,3 \text{ MPa}$$



Srovnávací napětí

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_{\perp,V} = 1,36 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$1,36 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

$$0,00740 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

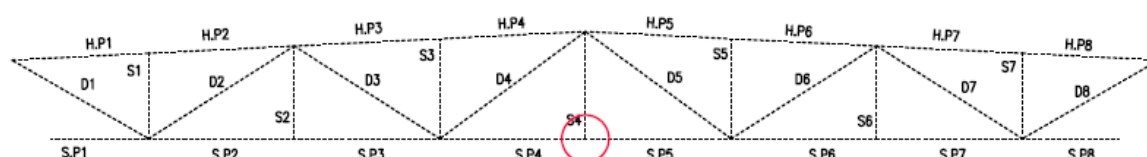
$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \cdot (\tau_1^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sqrt{1,36^2 + 3 \cdot (1,36^2 + 14,3^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$24,9 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

$$0,0692 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

#### 4.4.4 Posouzení svaru: S.P4;S.P5 (Pрут B34;B35)



Profil:

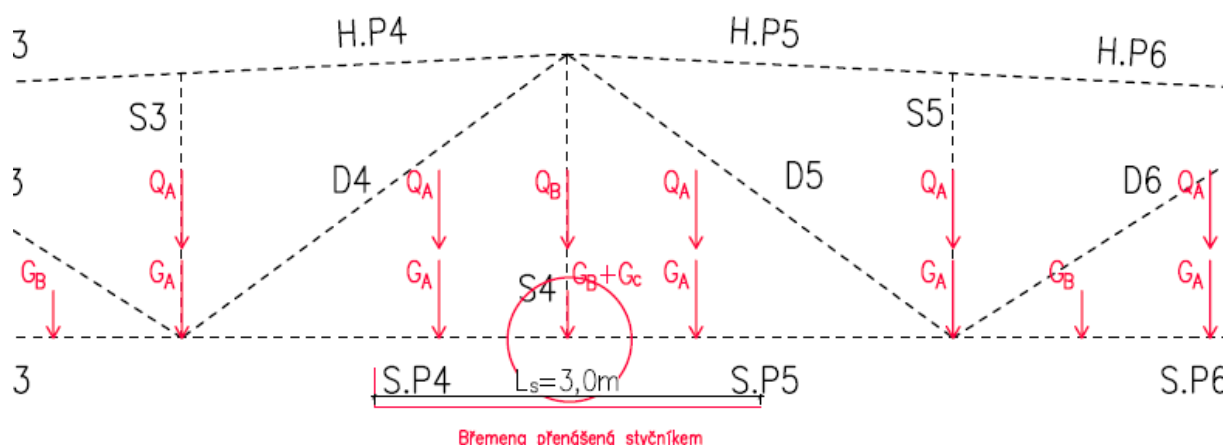
SP IPE 360 ; S235

plech P14-184x125; S235

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

$$\gamma_{m2} = 1,25$$

$$\beta_w = 0,8$$



Hodnoty svislých břemen na spodním pásu

$$q_m = 0,57 \text{ kN/m (tíha IPE360 na metr běžný)}$$

$$L_s = 3,0 \text{ m}$$

$$Q_A = 8,0 \text{ kN}$$

$$Q_B = 8,0 \text{ kN}$$

$$G_A = 7,78 \text{ kN}$$

$$G_B = 1,2 \text{ kN}$$

$$G_C = 1,5 \text{ kN}$$

$$G_t = q_m \cdot L_s = 0,57 \cdot 3,0 = 1,71 \text{ kN}$$

Zatížení sa styčník ve svislém směru

$$V_{ed} = (G_A \cdot 2 + G_B + G_C) \cdot 1,35 + Q_A \cdot 1,5 \cdot 2 + Q_B \cdot 1,5 = (7,78 \cdot 2 + 1,2 + 1,5) \cdot 1,35 + 8 \cdot 2 \cdot 1,5 + 1,5 \cdot 8 = 60,6 \text{ kN}$$

Návrh

$$a_1 = 6 \text{ mm}$$

$$l_1 = 184 \text{ mm}$$

$$l_{1,eff} = l_1 - 2 \cdot a_1 = 184 - 2 \cdot 6 = 172 \text{ mm}$$

Posouzení

a) Vliv posouvající síly:

$$\sigma_{M,V} = \frac{V_{ed}}{2 \cdot a_1 \cdot l_{1,eff}} = \frac{60,6 \cdot 1000}{2 \cdot 6 \cdot 172} = 23,4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp,V} = \sigma_{\perp,V} = \frac{\sigma_{M,V}}{\sqrt{2}} = \frac{23,4}{\sqrt{2}} = 16,5 \text{ MPa}$$

Srovnávací napětí:

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \sigma_{\perp,V} = 16,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{360}{1,25} \cdot 0,9$$

$$16,5 \text{ MPa} \leq 259,2 \text{ MPa}$$

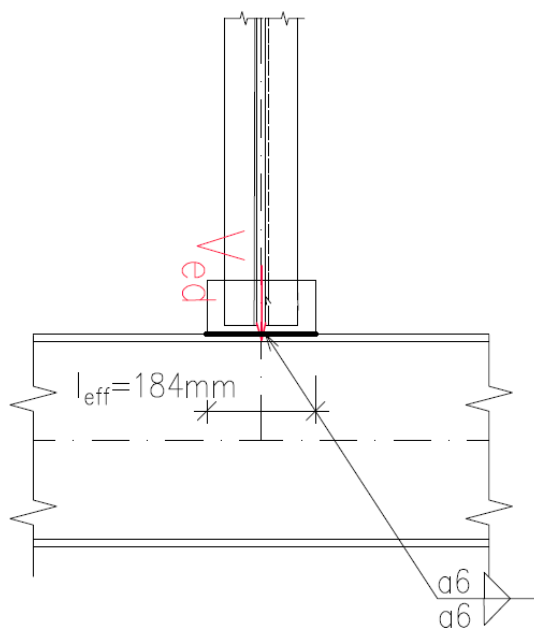
$$0,0760 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

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

$$\sqrt{16,5^2 + 3 \cdot (16,5^2 + 0^2)} \leq \frac{360}{0,8 \cdot 1,25}$$

$$33,0 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa}$$

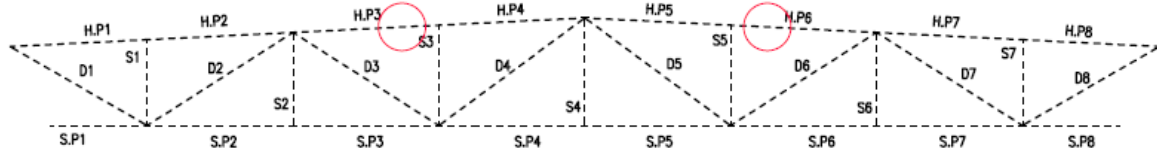
$$0,0917 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$



## 4.5 Montážní spoje na vazníku

### 4.5.1 Horní pás

## Montážní spoj horního pásu (Prut B24; B27)



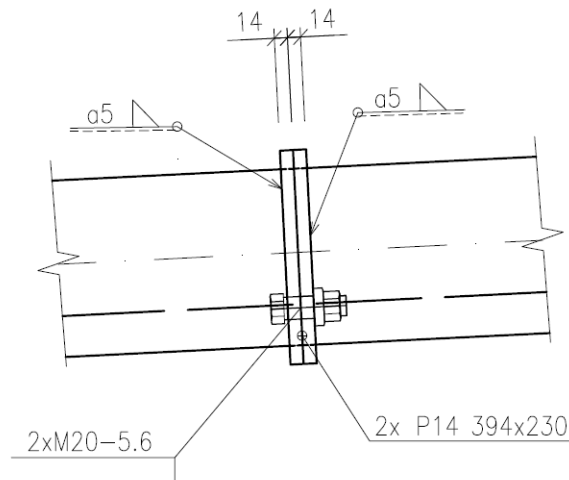
### Profil:

HP	L250x250x22;	S235
plech	P14-394x230 ;	S235

## Návrh šroubů

Konstrukčně

2x M20-5.6



d =	20 mm
d <sub>0</sub> =	22 mm
e <sub>1</sub> =	60 mm
e <sub>2</sub> =	90 mm
t=	14 mm

### Hodnoty roztečí šroubů

$$e_{1\min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm}$$

$$e_{1,dop} = 2,0 \cdot d_0 = 2,0 \cdot 22 = 44,0 \text{ mm}$$

$$e_{l \max} = 4 \cdot t + 40 = 4 \cdot 14 + 40 = 96,0 \text{ mm}$$

$$e_{2, \min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 22 = 26,4 \text{ mm}$$

$$e_{2, \text{don}} = 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 22 = 33,0 \text{ mm}$$

$$e_{l_{\max}} = 4 \cdot t + 40 = 4 \cdot 14 + 40 = 96,0 \text{ mm}$$

$$p_{1, \text{min}} = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 22 = 48,4 \text{ mm}$$

$$p_{c, \text{max}} = 3.5 \cdot d_0 = 3.5 \cdot 22 = 77.0 \text{ mm}$$

$$n = \min(14 \cdot t; 200) = \min(14 \cdot 14; 200) = 196 \text{ 0mm}$$

$$P_{1,\max} = \min(146, 200) = \min(146, 146) = 146$$

$$p_{2,\min} = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 22 = 52,8 \text{ mm}$$

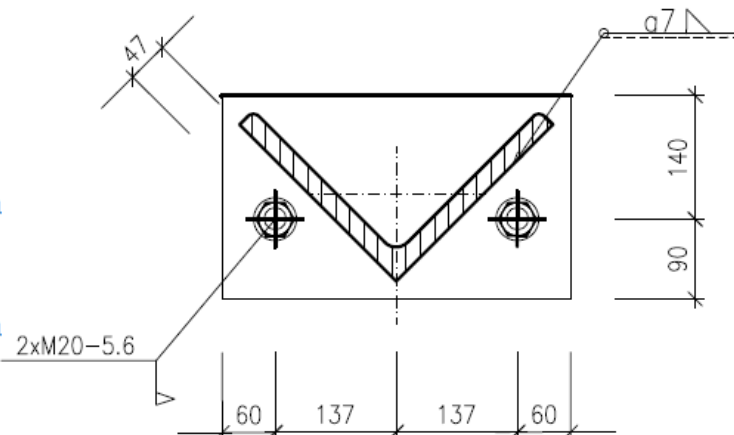
$$p_{2,dop} = 3,5 \cdot d_0 = 3,5 \cdot 22 = 77,0 \text{ mm}$$

$$p_{2,\max} = \min(14 \cdot t; 200) = \min(14 \cdot 14; 200) =$$

$$= 196,0 \text{ mm}$$

$$e_1 \leq e_{1,\max} = 60,0 \leq 96,0 \quad \text{platí}$$

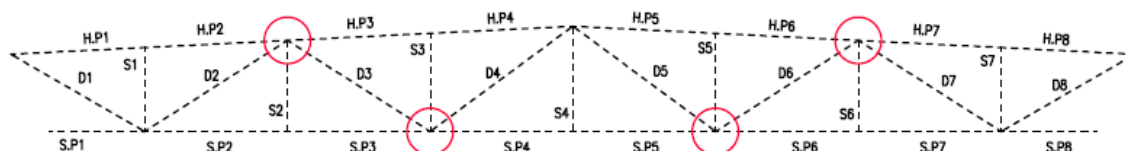
$$e_1 \geq e_{1,\min} = 60,0 \geq 26,4 \quad \text{platí}$$





## 4.5.2 Diagonála

### Montážní spoj diagonály D3;D6 (Prut B11; B16)



Profil:

D5 L60x60x6 ; S235

Plech P14-1000x160 ; S235

$f_u = 360 \text{ MPa}$

$N_{ed} = 202,43 \text{ kN}$

Návrh šroubů

3xM16-70/5.6

$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$

$f_{yb} = 300 \text{ MPa}$

$d = 16 \text{ mm}$

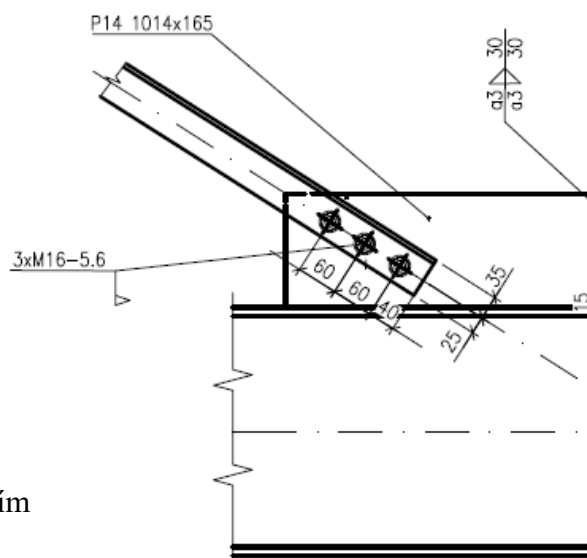
$d_0 = 18 \text{ mm}$

$e_1 = 40 \text{ mm}$

$e_2 = 25 \text{ mm}$  -dáno doporučeným vrtáním

$p_1 = 65 \text{ mm}$

$t = 12 \text{ mm}$



Posouzení

$$e_{1,min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm}$$

$$e_{1,dop} = 2,0 \cdot d_0 = 2,0 \cdot 18 = 36,0 \text{ mm}$$

$$e_{1,max} = 4 \cdot t + 40 = 4 \cdot 12 + 40 = 88,0 \text{ mm}$$

$$e_{2,min} = 1,2 \cdot d_0 = 1,2 \cdot 18 = 21,6 \text{ mm}$$

$$e_{2,dop} = 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 18 = 27,0 \text{ mm}$$

$$e_{1,max} = 4 \cdot t + 40 = 4 \cdot 12 + 40 = 88,0 \text{ mm}$$

$$p_{1,min} = 2,2 \cdot d_0 = 2,2 \cdot 18 = 39,6 \text{ mm}$$

$$p_{1,dop} = 3,5 \cdot d_0 = 3,5 \cdot 18 = 63,0 \text{ mm}$$

$$p_{1,max} = \min(14 \cdot t; 200) = \min(14 \cdot 12; 200) = 168,0 \text{ mm}$$

$$p_{2,min} = 2,4 \cdot d_0 = 2,4 \cdot 18 = 43,2 \text{ mm}$$

$$p_{2,dop} = 3,5 \cdot d_0 = 3,5 \cdot 18 = 63,0 \text{ mm}$$

$$p_{2,max} = \min(14 \cdot t; 200) = \min(14 \cdot 12; 200) = 168,0 \text{ mm}$$

$$e_1 \leq e_{1,\max} = 40,0 \leq 88,0 \quad \text{platí}$$

$$e_1 \geq e_{1,\min} = 40,0 \geq 21,6 \quad \text{platí}$$

$$p_1 \leq p_{1,\max} = 65,0 \leq 168,0 \quad \text{platí}$$

$$p_1 \geq p_{1,\min} = 65,0 \geq 39,6 \quad \text{platí}$$

$e_2$  je určeno profilem L60x60x6 doporučeným vrtáním

- Únosnost ve střihu

$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 200,96}{1,25} = 96460 \text{ N} = 96,5 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = 0,6 \text{ (třída pevnosti 5.6)}$$

$$n = 2$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 16^2}{4} = 200,96 \text{ mm}^2$$

Síla na jeden šroub

$$F_{v,ed} = \frac{N_{ed}}{n_s} = \frac{202,43}{3} = 67,5 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{67,5}{96,5} \leq 1,0$$

$$0,699 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

- Únosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = k_d \cdot k_1 \cdot \frac{\alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 1,0 \cdot 2,5 \cdot \frac{0,741 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 12}{1,25} = 102436 \text{ N} = 102 \text{ kN}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{\alpha_d}{f_{ub}}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{0,67}{500}, \frac{500}{360}, 1,0 \right\} = 0,67$$

Krajní šrouby

$$\alpha_d = \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{40}{3 \cdot 18} = 0,741$$

Vnitřní šrouby

$$\alpha_d = \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - 0,25 = \frac{60}{3 \cdot 18} - 0,25 = 0,787$$

$$k_d = 1,0$$

$$k_1 = 2,5 \text{ - splněná podmínka doporučené rozteče}$$

$$t = \min(t_{\text{plech}}; t_{\text{diagonály}}) = \min(14; 12) = 12 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 16^2}{4} = 200,96 \text{ mm}^2$$

Síla na jeden šroub:

$$N_1 = \frac{N_{ed}}{n_\epsilon} = \frac{202,43}{3} = 67,5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_1}{F_{b,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{67,5}{102} \leq 1,0$$

$$0,661 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

- *Posouzení oslabeného průřezu*

$$A_{net} = A - t \cdot d = 691 - 6 \cdot 16 = 595 \text{ mm}^2$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 2 \cdot 595 \cdot 360}{1,25} = 308\,448 \text{ N} = 308 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{u,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{202,43}{308} \leq 1,0$$

$$0,657 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

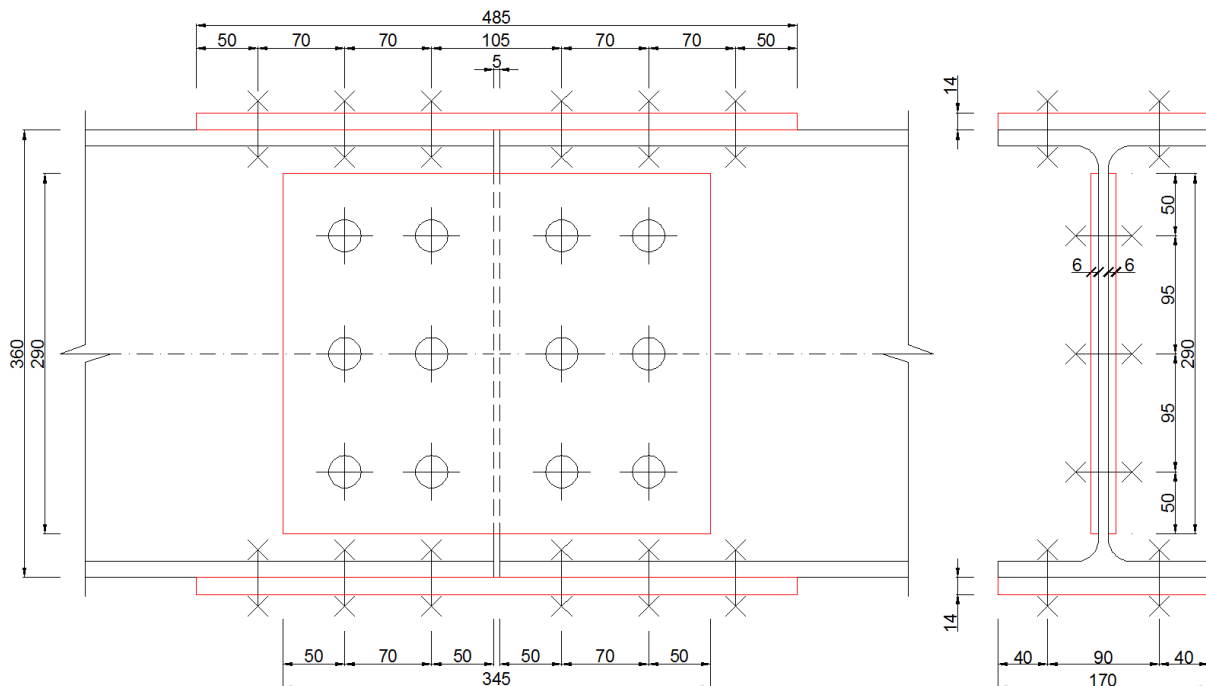
#### 4.5.3 Montážní styk dolního pásu vazníku

Dolní pás tvoří válcovaný nosník IPE 360 z oceli S235.

Spoj je navržen jako šroubový, s oboustrannými příložkami na stojině a jednostrannými příložkami na pásnicích.

Použité šrouby jsou M24 - 5.6 s předpokladem závitu po celé délce dráku šroubu (tj. závit bude zasahovat do přípoje).

Schéma spoje:



Extrémní návrhové účinky (prut B33, resp. B36 z výpočtového modelu):

$$N_{Ed} = 1017 \text{ kN}; M_{y,Ed} = 37 \text{ kNm}; V_{z,Ed} = 20 \text{ kN}$$

Průřezové charakteristiky IPE 360 potřebné pro výpočet:

$$b = 170 \text{ mm}$$

$$d = 298,6 \text{ mm}$$

$$A = 7273 \text{ mm}^2$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm}$$

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

$$I_y = 162,7 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_{stojina,y} = 1/12 \times t_w \times d^3 = 1/12 \times 8 \times 298,6^3 = 17,749 \times 10^6 \text{ mm}^4 \text{ (moment setrvačnosti stojiny)}$$

$$A_{stojina} = t_w \times d = 8 \times 298,6 = 2388,8 \text{ mm}^2 \text{ (plocha stojiny, resp. přímé části bez zaoblení)}$$

$$A_{pásnice} = b \times t_f = 170 \times 12,7 = 2159 \text{ mm}^2 \text{ (plocha jedné pásnice)}$$

Návrh přílozek na stojině:

2 × P6 – 290×345 mm (viz schéma spoje).

Podmínky pro příložky na stojině:

$$A_{př, stojina} = 2 \times 6 \times 290 = 3480,0 \text{ mm}^2 > A_{stojina} = 2388,8 \text{ mm}^2$$

$$I_{př, stojina} = 2 \times 1/12 \times 6 \times 290^3 = 24,389 \times 10^6 \text{ mm}^4 > I_{stojina,y} = 17,749 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Návrh přílozek na pásnicích:

P14 – 170×485 mm (viz schéma spoje).

Podmínka pro příložky na pásnicích:

$$A_{př, pásnice} = 14 \times 170 = 2380,0 \text{ mm}^2 > A_{pásnice} = 2159,0 \text{ mm}^2$$

Šrouby M24 - 5.6

$d = 24 \text{ mm}$  (průměr dráku šroubu),

$d_0 = 26 \text{ mm}$  (průměr otvoru pro šroub).

Návrhové únosnosti (uvažováno vždy pro jeden šroub):

Spoj stojiny – střih

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 353}{1,25} \cdot 2 = 169\,440 \text{ N} = 169,44 \text{ kN}$$

kde

$\alpha_v = 0,6$  (platí pro závit zasahující do střihové roviny a pevnostní třídu šroubu 5.6),

$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$  (třída 5.6),

$A_s = 353 \text{ mm}^2$  (plocha jádra šroubu M24),

$n = 2$  (počet střihových rovin),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Spoj stojiny – otláčení ve směru smykové síly, tj. ve svislém směru

Hodnoty roztečí a vzdáleností od okrajů:

$$e_1 = 50 \text{ mm} \quad p_1 = 95 \text{ mm} \quad e_2 = 50 \text{ mm} \quad p_2 = 70 \text{ mm}$$

$$F_{b,Rd,sv} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,069 \cdot 0,64 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 8}{1,25} = 73\,300 \text{ N} = 73,3 \text{ kN}$$

kde

$$k_1 = \min \left( \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 = \frac{2,8 \cdot 50}{26} - 1,7 = 3,68; \frac{1,4 \cdot p_2}{d_0} - 1,7 = \frac{1,4 \cdot 70}{26} - 1,7 = 2,069; 2,5 \right) = 2,069$$

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{50}{3 \cdot 26} = 0,64; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{95}{3 \cdot 26} - \frac{1}{4} = 1; \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{360} = 1,4; 1 \right) = 0,64$$

$f_u = 360 \text{ MPa}$ ,

$d = 24 \text{ mm}$  (průměr dráčky šroubu),

$d_0 = 26 \text{ mm}$  (průměr otvoru pro šroub),

$t = 8 \text{ mm}$  (nejmenší tloušťka otláčovaného materiálu v jednom směru, tj. tloušťka stojiny),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Spoj stojiny – otláčení ve směru osově síly v dolním pásu vazníku, tj. ve vodorovném směru

Hodnoty roztečí a vzdáleností od okrajů:

$$e_1 = 50 \text{ mm} \quad p_1 = 70 \text{ mm} \quad e_2 = 50 \text{ mm} \quad p_2 = 95 \text{ mm}$$

$$F_{b,Rd,vod} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,64 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 8}{1,25} = 88\,600 \text{ N} = 88,6 \text{ kN}$$

kde

$$k_1 = \min \left( \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 = \frac{2,8 \cdot 50}{26} - 1,7 = 3,68; \frac{1,4 \cdot p_2}{d_0} - 1,7 = \frac{1,4 \cdot 95}{26} - 1,7 = 3,41; 2,5 \right) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{50}{3 \cdot 26} = 0,64; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{70}{3 \cdot 26} - \frac{1}{4} = 0,65; \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{360} = 1,4; 1 \right) = 0,64$$

$f_u = 360 \text{ MPa}$ ,

$d = 24$  mm (průměr dráčky šroubu),

$d_0 = 26$  mm (průměr otvoru pro šroub),

$t = 8$  mm (nejmenší tloušťka otláčovaného materiálu v jednom směru, tj. tloušťka stojiny),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Spoj pásnice – stříh

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s \cdot n}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 353}{1,25} \cdot 1 = 84\,720 \text{ N} = 84,7 \text{ kN}$$

kde

$\alpha_v = 0,6$  (platí pro závit zasahující do stříhové roviny a pevnostní třídu šroubu 5.6),

$f_{ub} = 500$  MPa (třída 5.6),

$A_s = 353$  mm<sup>2</sup> (plocha jádra šroubu M24),

$n = 1$  (počet stříhových rovin),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Spoj pásnice – otláčení ve směru osově síly v dolním pásu vazníku, tj. ve směru pásnic

Hodnoty roztečí a vzdáleností od okrajů:

$e_1 = 50$  mm     $p_1 = 70$  mm     $e_2 = 40$  mm     $p_2 = 90$  mm

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,64 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 12,7}{1,25} = 140\,670 \text{ N} = 140,6 \text{ kN}$$

kde

$$k_1 = \min \left( \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 = \frac{2,8 \cdot 40}{26} - 1,7 = 2,61; \frac{1,4 \cdot p_2}{d_0} - 1,7 = \frac{1,4 \cdot 90}{26} - 1,7 = 3,15; 2,5 \right) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{50}{3 \cdot 26} = 0,64; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{70}{3 \cdot 26} - \frac{1}{4} = 0,65; \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{360} = 1,4; 1 \right) = 0,64$$

$f_u = 360$  MPa,

$d = 24$  mm (průměr dráčky šroubu),

$d_0 = 26$  mm (průměr otvoru pro šroub),

$t = 12,7$  mm (nejmenší tloušťka otláčovaného materiálu v jednom směru, tj. tloušťka pásnice),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).



### Posouzení spoje

Smyková síla  $V_{z,Ed} = 20$  kN (ve svislém směru) je přisouzena jednomu šroubu ve spoji stojiny, tedy:

$$V_{z,Ed} = 20 \text{ kN} < \min (F_{v,Rd} = 169,44 \text{ kN}; F_{b,Rd,sv} = 73,3 \text{ kN}) = 73,3 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

Zbýlých 5 šroubů ve spoji stojiny bude využito na přenos části tahové síly, kdy únosnost spoje stojiny ve vodorovném směru (tj. směru osové síly v dolním pásu) bude:

$$F_{Rd, stojina} = 5 \times \min (F_{v,Rd} = 169,44 \text{ kN}; F_{b,Rd,vod} = 88,6 \text{ kN}) = 5 \times 88,6 = 443 \text{ kN}$$

Spoj v jedné pásnici tedy musí přenést polovinu zbývajících tahové síly, tj.:

$$F_{Ed,pásnice} = (N_{Ed} - F_{Rd, Stojina}) \times 0,5 = (1017 - 443) \times 0,5 = 287 \text{ kN}$$

Dále budou spoje na pásnicích přenášet celý ohybový moment, kdy přídatnou osovou sílu od momentu do pásnice lze určit ze vztahu:

$$F_{Ed,M} = M_{y,Ed} / h_p = 37 / 0,3473 = 107 \text{ kN}$$

kde

$$h_p = 347,3 \text{ mm (osová vzdálenost těžišť pásnic profilu IPE 360)}.$$

Celková síla, kterou musí přenést spoj jedné pásnice je tedy:

$$F_{Ed} = F_{Ed,pásnice} + F_{Ed,M} = 287 + 107 = 394 \text{ kN}$$

Nutný počet šroubů ve spoji jedné pásnice:

$$n_b \geq F_{Ed} / \min (F_{v,Rd} = 84,7 \text{ kN}; F_{b,Rd} = 140,6 \text{ kN}) = 394 / 84,7 = 4,65 = 6 \text{ ks šroubů},$$

tzn.  $3 \times 2$  ks šroubů na každé straně spoje v pásnici (viz schéma spoje).

Posouzení spoje pásnice:

$$F_{Ed} = 394 \text{ kN} < 6 \times \min (F_{v,Rd} = 84,7 \text{ kN}; F_{b,Rd} = 140,6 \text{ kN}) = 6 \times 84,7 = 508,2 \text{ kN} \quad \text{VYHOVÍ}$$

### Posouzení oslabeného průřezu:

IPE 360

$$A_{net,IPE} = A - d_0 \times (3 \times t_w + 4 \times t_f) = 7273 - 26 \times (3 \times 8 + 4 \times 12,7) = 5328,2 \text{ mm}^2$$

Příložky

$$A_{net,př} = A_{př, stojina} - 6 \times d_0 \times t_{př, stojina} + 2 \times A_{př, pásnice} - 4 \times d_0 \times t_{př, pásnice} = 3480 - 6 \times 26 \times 6 + \\ + 2 \times 2380 - 4 \times 26 \times 14 = 5848 \text{ mm}^2$$

$$A_{net} = \min (A_{net, IPE}; A_{net, př}) = \min (5328,2; 5848) = 5328,2 \text{ mm}^2$$

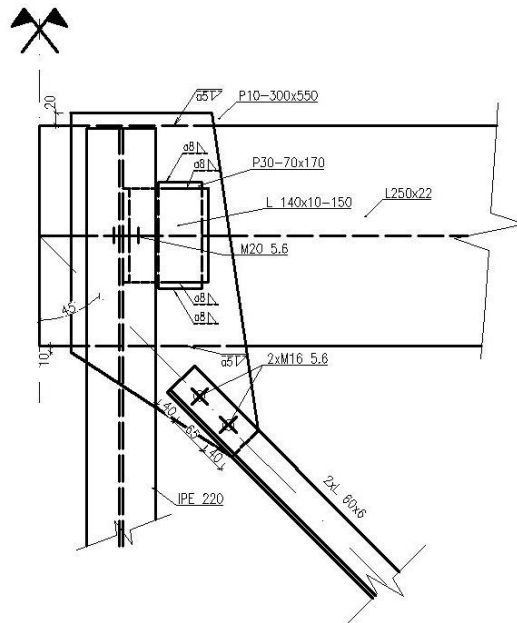
$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 5328,2 \cdot 360}{1,25} = 1381069 \text{ N} = 1381 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{u,Rd} = 1017 / 1381 = 0,74 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Pro celý spoj je navrženo celkem **36 ks šroubů M24 – 5.6.**

Tzn., že 18 ks šroubů je na jedné straně spoje, z toho 6 ks ve spoji stojiny, 6 ks ve spoji horní pásnice a 6 ks ve spoji spodní pásnice (viz schéma spoje).

#### 4.6 Přípoj příčného ztužidla na styč. plech ve vrcholu vazníku



Připojované profily:	2xL60x6
Tahová síla připadající na oba profily:	$N_{Ed} = 143 \text{ kN}$
Průřezová plocha jednoho profilu:	$A_1 = 691 \text{ mm}^2$
Průřezová plocha připojovaných profilů:	$A = 1\,382 \text{ mm}^2$
Navržené šrouby:	2 x M16 5.6

##### Posudek na tah (oslabený průřez):

$N_{Ed}$ :	143 kN
Typ oceli:	S 235
Mez kluzu oceli:	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Mez pevnosti oceli:	$f_u = 360 \text{ MPa}$
Průměr otvorů pro šrouby:	$d_0 = 18 \text{ mm}$

Oslabená plocha:

$$A_{net} = 1\,382 - 2 \cdot 18 \cdot 6 = 1\,166 \text{ mm}^2$$

Únosnost v tahu (oslabený průřez):

$$N_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1\,166 \cdot 360}{1,25} = 302,227 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{143,000}{302,227} = 0,47 < 1,00$$

VYHOVUJE

**Posudek na střih:**

Průměr šroubu: 16 mm

Plocha jádra šroubu  $A_s$ : 157 mm<sup>2</sup>

Pevnostní třída šroubu 5.6

- Rovina střihu prochází závitem (konzervativně):

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 157}{1,25} = 37,680 \text{ kN}$$

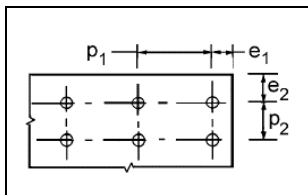
Únosnost pro 2 střihy: 75,360 kN

Celkem 2 šrouby M16 5.6: 150,720 kN

$$\frac{N_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{143,000}{150,720} = 0,95 < 1,0$$

VYHOVUJE

**Návrh roztečí šroubů:**



Průměr otvoru  $d_0$ : 18 mm

$$e_1 = 2 \cdot d_0 = 36 \text{ mm} \rightarrow 40 \text{ mm}$$

$$p_1 = 3,5 \cdot d_0 = 63 \text{ mm} \rightarrow 65 \text{ mm}$$

### Posouzení otláčení:

- Dochází k otláčení spojovaného materiálu

Třída oceli:	S235
Mez kluzu oceli $f_y$ :	235 MPa
Mez pevnosti oceli $f_u$ :	360 MPa
Pevnostní třída šroubu:	5,6
Mez pevnosti šroubu $f_{ub}$ :	500 MPa
Průměr dříku šroubu $d$ :	16 mm
Průměr otvoru $d_0$ :	18 mm
Tloušťka otláčovaných částí:	10 mm
Vzdálenost $p_1$ :	65 mm
Vzdálenost $e_1$ :	40 mm
Vzdálenost $p_2$ :	0 mm
Vzdálenost $e_2$ :	39 mm

$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{40}{3 \cdot 18}, \frac{65}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}, \frac{500}{360}, 1,0 \right\} = \min \left\{ 0,741, 0,954, 1,389, 1,000 \right\} = 0,741$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \right\} = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{39}{20} - 1,7, 1,4 \cdot \frac{0}{20} - 1,7 \right\} = \min \left\{ 3,760, -1,700 \right\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,741 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 85,363 \text{ kN}$$

Celkem ve spoji 2 šrouby:

$$F_{b,Rd} = 170,726 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{143,000}{170,726} = 0,83 < 1,0$$

VYHOVUJE

**Posouzení svaru mezi P10-300x550 a horním pásem vazníku L250x22:**

- Posouzení pomocí průměrného napětí
- Svar proveden po celé délce styku
- Celkem 2 svary

Délka svaru: 230 mm + 280 mm → 510 mm

Působící síla  $N_{Ed}$ : 143 kN (286 kN tah v obou úhelnících - konzervativně)

Korelační součinitel  $\beta_w$ : 0,8

Účinná tloušťka svaru  $a$ : 5 mm

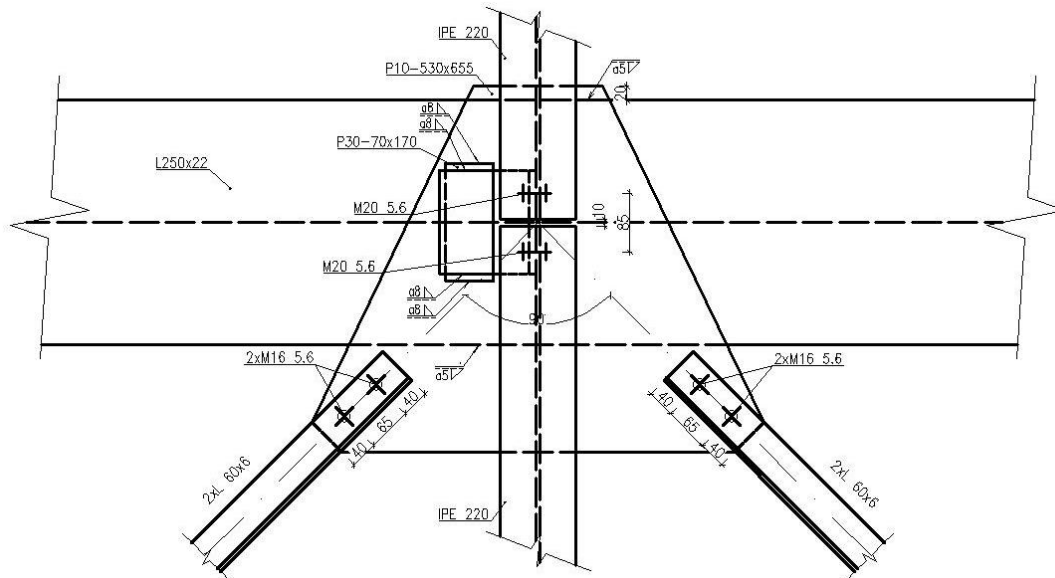
Účinná plocha svaru  $A_w$ : 2 550 mm<sup>2</sup>

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot A_w = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} \cdot 2\,550 = 530,008 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{w,Rd}} = \frac{286,000}{530,008} = 0,54 < 1,0$$

VYHOVUJE

#### 4.7 Přípoj příčného ztužidla na styč. plech v poli



Připojované profily:	2xL60x6
Tahová síla připadající na oba profily:	$N_{Ed} = 143 \text{ kN}$
Průřezová plocha jednoho profilu:	$A_1 = 691 \text{ mm}^2$
Průřezová plocha připojovaných profilů:	$A = 1\,382 \text{ mm}^2$
Navržené šrouby:	2 x M16 5.6

#### Posudek na tah (oslabený průřez):

$N_{Ed}$ :	143 kN
Typ oceli:	S 235
Mez kluzu oceli:	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Mez pevnosti oceli:	$f_u = 360 \text{ MPa}$
Průměr otvorů pro šrouby:	$d_0 = 18 \text{ mm}$
Oslabená plocha:	

$$A_{net} = 1\,382 - 2 \cdot 18 \cdot 6 = 1\,166 \text{ mm}^2$$

Únosnost v tahu (oslabený průřez):

$$N_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1\,166 \cdot 360}{1,25} = 302,227 \text{ kN}$$



$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{143,000}{302,227} = 0,47 < 1,00$$

VYHOVUJE

**Posudek na stříh:**

- Vyhovuje viz. předešlý výpočet (osové zatížení stejné)

**Posouzení otláčení:**

- Dochází k otláčení spojovaného materiálu

Třída oceli:	S235
Mez kluzu oceli $f_y$ :	235 MPa
Mez pevnosti oceli $f_u$ :	360 MPa
Pevnostní třída šroubu:	5,6
Mez pevnosti šroubu $f_{ub}$ :	500 MPa
Průměr dříku šroubu $d$ :	16 mm
Průměr otvoru $d_0$ :	18 mm
Tloušťka otláčovaných částí:	10 mm
Vzdálenost $p_1$ :	65 mm
Vzdálenost $e_1$ :	40 mm
Vzdálenost $p_2$ :	0 mm
Vzdálenost $e_2$ :	38 mm

$$\alpha = \min \left\{ \frac{\frac{e_1}{3d_0}}{\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}}, \frac{\frac{f_{ub}}{f_u}}{1,0} \right\} = \min \left\{ \frac{\frac{40}{3 \cdot 18}}{\frac{65}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}}, \frac{\frac{500}{360}}{1,0} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 0,741 \\ 0,954 \\ 1,389 \\ 1,000 \end{matrix} \right\} = 0,741$$

$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7}{1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7}, \frac{2,8 \cdot \frac{38}{20} - 1,7}{1,4 \cdot \frac{0}{20} - 1,7} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 3,620 \\ -1,700 \\ 2,500 \end{matrix} \right\} = 2,500$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,741 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 85,363 \text{ kN}$$

Celkem ve spoji 2 šrouby:

$$F_{b,Rd} = 170,726 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{143,000}{170,726} = 0,84 < 1,0$$

VYHOVUJE

**Posouzení svaru mezi P10-530x655 a horním pásem vazníku L250x22:**

- Posouzení pomocí průměrného napětí
- Svar proveden po celé délce styku
- Celkem 2 svary

Délka svaru: 207 + 546 mm → 753 mm

Působící síla  $N_{Ed}$ : 143 kN (286 kN → tah v obou úhelnících - konzervativně)

Korelační součinitel  $\beta_w$ : 0,8

Účinná tloušťka svaru  $a$ : 5 mm

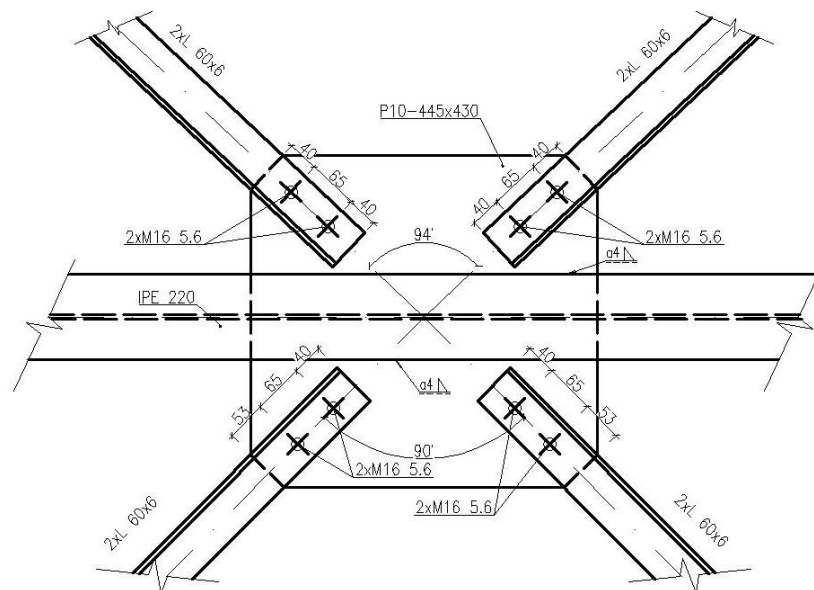
Účinná plocha svaru  $A_w$ : 3 765 mm<sup>2</sup>

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot A_w = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} \cdot 3\,765 = 782,541 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{w,Rd}} = \frac{286,000}{782,541} = 0,37 < 1,0$$

VYHOVUJE

## 4.8 Křížení příčných ztužidel s vaznicí



Připojované profily:	2xL60x6
Tahová síla připadající na oba profily:	$N_{Ed} = 143 \text{ kN}$
Průřezová plocha jednoho profilu:	$A_1 = 691 \text{ mm}^2$
Průřezová plocha připojovaných profilů:	$A = 1\,382 \text{ mm}^2$
Navržené šrouby:	2 x M16 5.6

### Posudek na tah (oslabený průřez):

$N_{Ed}$ :	143 kN
Typ oceli:	S 235
Mez kluzu oceli:	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Mez pevnosti oceli:	$f_u = 360 \text{ MPa}$
Průměr otvorů pro šrouby:	$d_0 = 18 \text{ mm}$

Oslabená plocha:

$$A_{net} = 1\,382 - 2 \cdot 18 \cdot 6 = 1\,166 \text{ mm}^2$$

Únosnost v tahu (oslabený průřez):

$$N_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1\,166 \cdot 360}{1,25} = 302,227 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{143,000}{302,227} = 0,47 < 1,00$$

VYHOVUJE

### Posudek na stříh:

- Vyhovuje viz. předešlý výpočet (osové zatížení stejné)

### Posouzení otláčení:

- Dochází k otláčení spojovaného materiálu

Třída oceli:	S235
Mez kluzu oceli $f_y$ :	235 MPa
Mez pevnosti oceli $f_u$ :	360 MPa
Pevnostní třída šroubu:	5,6
Mez pevnosti šroubu $f_{ub}$ :	500 MPa
Průměr dřívku šroubu $d$ :	16 mm
Průměr otvoru $d_0$ :	18 mm
Tloušťka otláčovaných částí:	10 mm
Vzdálenost $p_1$ :	65 mm
Vzdálenost $e_1$ :	40 mm
Vzdálenost $p_2$ :	0 mm
Vzdálenost $e_2$ :	67 mm

$$\alpha = \min \left\{ \frac{\frac{e_1}{3d_0}}{\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{\frac{40}{3 \cdot 18}}{\frac{65}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}}, \frac{500}{360}, 1,0 \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 0,741 \\ 0,954 \\ 1,389 \\ 1,000 \end{matrix} \right\} = 0,741$$

$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7}{1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7}, 2,5 \right\} = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot \frac{67}{20} - 1,7}{1,4 \cdot \frac{0}{20} - 1,7}, 2,5 \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 7,680 \\ -1,700 \\ 2,500 \end{matrix} \right\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,741 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 85,363 \text{ kN}$$

Celkem ve spoji 2 šrouby:

$$F_{b,Rd} = 170,726 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{143,000}{170,726} = 0,84 < 1,0$$

VYHOVUJE

**Posouzení svaru mezi P10-445x430 a vaznicí IPE 220:**

- Posouzení pomocí průměrného napětí
- Svar proveden po celé délce styku

Délka svaru: 445 mm

Působící síla  $N_{Ed}$ : 143 kN (286 kN → tah v obou úhelnících - konzervativně)

Korelační součinitel  $\beta_w$ : 0,8

Účinná tloušťka svaru  $a$ : 4 mm

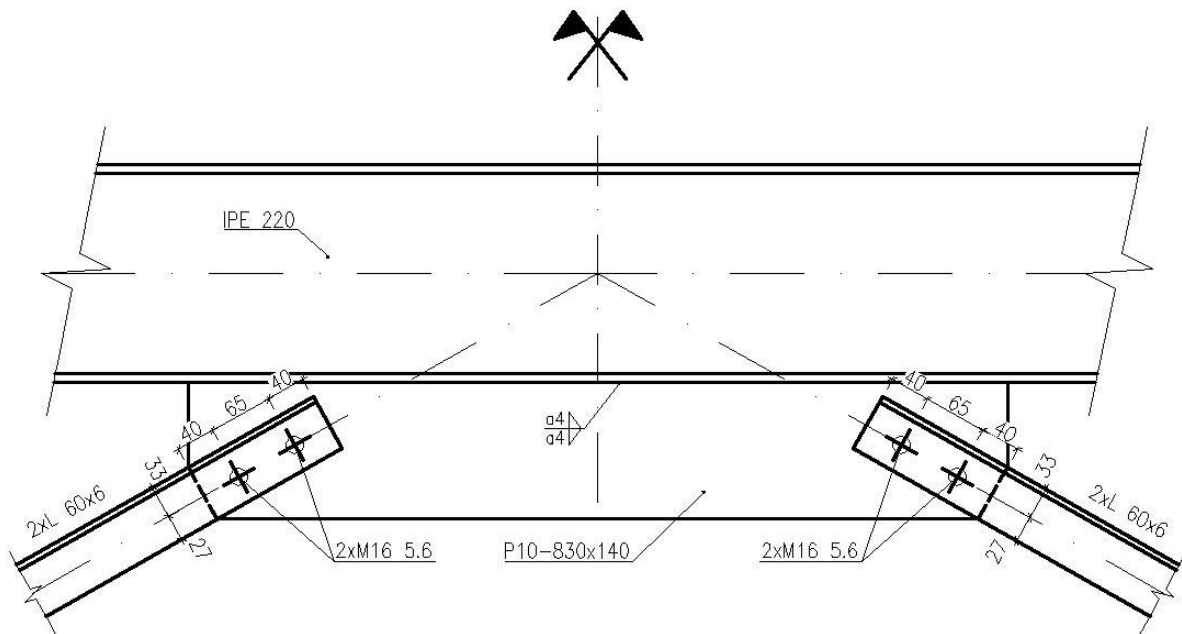
Účinná plocha svaru  $A_w$ : 1 780 mm<sup>2</sup>

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot A_w = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} \cdot 1\,780 = 369,966 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{w,Rd}} = \frac{286,000}{369,966} = 0,77 < 1,0$$

VYHOVUJE

#### 4.9 Připoj diagonály podélného ztužidla na vaznici



Připojované profily:	2xL60x6
Tlaková síla připadající na oba profily:	$N_{Ed} = 42,5 \text{ kN}$
Průřezová plocha jednoho profilu:	$A_1 = 691 \text{ mm}^2$
Průřezová plocha připojovaných profilů:	$A = 1\,382 \text{ mm}^2$
Navržené šrouby:	2 x M16 5.6

#### Posudek na prostý tlak (oslabený průřez):

$N_{Ed}$ :	42,5 kN
Typ oceli:	S 235
Mez kluzu oceli:	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Mez pevnosti oceli:	$f_u = 360 \text{ MPa}$
Průměr otvorů pro šrouby:	$d_0 = 18 \text{ mm}$
Oslabená plocha:	

$$A_{net} = 1\,382 - 2 \cdot 16 \cdot 6 = 1\,190 \text{ mm}^2$$

Únosnost v prostém tlaku (oslabený průřez):

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1190 \cdot 235}{1,00} = 279,650 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{42,500}{279,650} = 0,15 < 1,0$$

VYHOVUJE

**Posudek na střih:**

Průměr šroubu:	16 mm
Plocha jádra šroubu $A_s$ :	157 mm <sup>2</sup>
Pevnostní třída šroubu	5.6

- Rovina střihu prochází závitem (konzervativně):

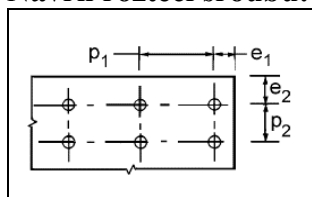
$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{Mb}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 157}{1,25} = 37,680 \text{ kN}$$

Únosnost pro 2 střihy:	75,360 kN
Celkem 2 šrouby M16 5.6:	150,720 kN

$$\frac{N_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{42,500}{150,720} = 0,28 < 1,0$$

VYHOVUJE

**Návrh roztečí šroubů:**



Průměr otvoru $d_0$ :	18 mm
$e_1 = 2 \cdot d_0 = 36 \text{ mm}$	→ 40 mm
$p_1 = 3,5 \cdot d_0 = 63 \text{ mm}$	→ 65 mm

**Posouzení otláčení:**

- Dochází k otláčení spojovaného materiálu

Třída oceli:	S235
Mez kluzu oceli $f_y$ :	235 MPa
Mez pevnosti oceli $f_u$ :	360 MPa
Pevnostní třída šroubu:	5,6
Mez pevnosti šroubu $f_{ub}$ :	500 MPa
Průměr dřívku šroubu $d$ :	16 mm
Průměr otvoru $d_0$ :	18 mm
Tloušťka otláčovaných částí:	10 mm



Vzdálenost  $p_1$ : 65 mm

Vzdálenost  $e_1$ : 40 mm

Vzdálenost  $p_2$ : 0 mm

Vzdálenost  $e_2$ : 52 mm

$$\alpha = \min \left\{ \frac{\frac{e_1}{3d_0}}{\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{\frac{40}{3 \cdot 18}}{\frac{65}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}}, \frac{500}{360}, 1,0 \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 0,741 \\ 0,954 \\ 1,389 \end{matrix} \right\} = 0,741$$

$$k_1 = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7}{1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7}, 2,5 \right\} = \min \left\{ \frac{2,8 \cdot \frac{52}{18} - 1,7}{1,4 \cdot \frac{0}{20} - 1,7}, 2,5 \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 6,389 \\ -1,700 \end{matrix} \right\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,741 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 85,363 \text{ kN}$$

Celkem ve spoji 2 šrouby:

$$F_{b,Rd} = 170,726 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{42,500}{170,726} = 0,25 < 1,0$$

VYHOVUJE

#### Posouzení svaru mezi P10-830x140 a vaznicí IPE 220:

- Posouzení pomocí průměrného napětí
- Svar proveden po celé délce styku

Délka svaru: 830 mm x 2 = 1 660 mm

Působící síla  $N_{Ed}$ : 42,5 kN (85,0 kN → v obou úhelnících - konzervativně)

Korelační součinitel  $\beta_w$ : 0,8

Účinná tloušťka svaru  $a$ : 4 mm

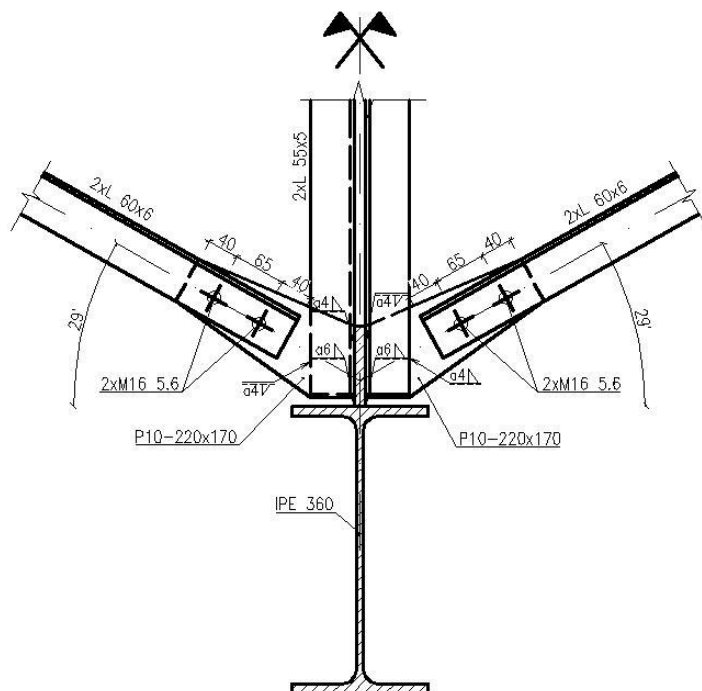
Účinná plocha svaru  $A_w$ : 6 640 mm<sup>2</sup>

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot A_w = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} \cdot 6 640 = 1 380,098 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{w,Rd}} = \frac{85,0}{1\,380,098} = 0,06 < 1,0$$

VYHOVUJE

#### 4.10 Přípoj diagonály podélného ztužidla na svislici vazníku



Připojované profily:	2xL60x6
Tlaková síla připadající na oba profily:	$N_{Ed} = 42,5 \text{ kN}$
Průřezová plocha jednoho profilu:	$A_1 = 691 \text{ mm}^2$
Průřezová plocha připojovaných profilů:	$A = 1\,382 \text{ mm}^2$
Navržené šrouby:	2 x M16 5.6

#### Posudek na prostý tlak (oslabený průřez - úhelníky):

$N_{Ed}$ :	42,5 kN
Typ oceli:	S 235
Mez kluzu oceli:	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Mez pevnosti oceli:	$f_u = 360 \text{ MPa}$
Průměr otvorů pro šrouby:	$d_0 = 18 \text{ mm}$

Oslabená plocha:

$$A_{net} = 1\,382 - 2 \cdot 16 \cdot 6 = 1\,190 \text{ mm}^2$$

Únosnost v prostém tlaku (oslabený průřez):

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1190 \cdot 235}{1,00} = 279,650 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{42,500}{279,650} = 0,15 < 1,0$$

VYHOVUJE

**Posudek na prostý tlak (oslabený průřez – styčnickový plech):**

$N_{Ed}$ : 42,5 kN

Typ oceli: S 235

Mez kluzu oceli:  $f_y = 235 \text{ MPa}$

Mez pevnosti oceli:  $f_u = 360 \text{ MPa}$

Průměr otvorů pro šrouby:  $d_0 = 18 \text{ mm}$

Plocha plechu v místě šroubu blíže vazníku:

$$82 \cdot 10 = 820 \text{ mm}^2$$

Oslabená plocha  $A_{net}$ :

$$A_{net} = 820 - 18 \cdot 10 = 640 \text{ mm}^2$$

Únosnost v prostém tlaku (oslabený průřez – styčnickový plech):

$$N_{c,Rd} = \frac{A_{net} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{640 \cdot 235}{1,00} = 150,400 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{42,500}{150,400} = 0,28 < 1,0$$

VYHOVUJE

**Posudek na střih:**

- Vyhovuje viz. předešlý posudek

**Posouzení otláčení:**

- Dochází k otláčení spojovaného materiálu

Třída oceli: S235

Mez kluzu oceli  $f_y$ : 235 MPa

Mez pevnosti oceli  $f_u$ : 360 MPa

Pevnostní třída šroubu:	5,6
Mez pevnosti šroubu $f_{ub}$ :	500 MPa
Průměr dřívku šroubu $d$ :	16 mm
Průměr otvoru $d_0$ :	18 mm
Tloušťka otláčovaných částí:	10 mm
Vzdálenost $p_1$ :	65 mm
Vzdálenost $e_1$ :	40 mm
Vzdálenost $p_2$ :	0 mm
Vzdálenost $e_2$ :	31 mm

$$\alpha = \min \left\{ \frac{\frac{e_1}{3d_0}}{\frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{\frac{40}{3 \cdot 18}}{\frac{65}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}}, \frac{500}{360}, 1,0 \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 0,741 \\ 0,954 \\ 1,389 \end{matrix} \right\} = 0,741$$

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7, 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \right\} = \min \left\{ 2,8 \cdot \frac{31}{18} - 1,7, 1,4 \cdot \frac{0}{20} - 1,7 \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 3,122 \\ -1,7 \end{matrix} \right\} = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,741 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 85,363 \text{ kN}$$

Celkem ve spoji 2 šrouby:

$$F_{b,Rd} = 170,726 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{42,500}{170,726} = 0,25 < 1,0$$

VYHOVUJE

**Posouzení svaru mezi P10-220x170 a styč. plechem P14-180x100 svislice vazníku :**

- Posouzení pomocí průměrného napětí
- Svar proveden po celé délce styku

$$\text{Délka svaru:} \quad 90 + 105 = 195 \text{ mm}$$

$$\text{Působící síla } N_{Ed}: \quad 42,5 \text{ kN}$$

$$\text{Korelační součinitel } \beta_w: \quad 0,8$$

Účinná tloušťka svaru a: 4 mm

Účinná plocha svaru  $A_w$ : 780 mm<sup>2</sup>

$$F_{w,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} \cdot A_w = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 1,25} \cdot 780 = 162,120 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{w,Rd}} = \frac{42,5}{162,120} = 0,26 < 1,0$$

VYHOVUJE

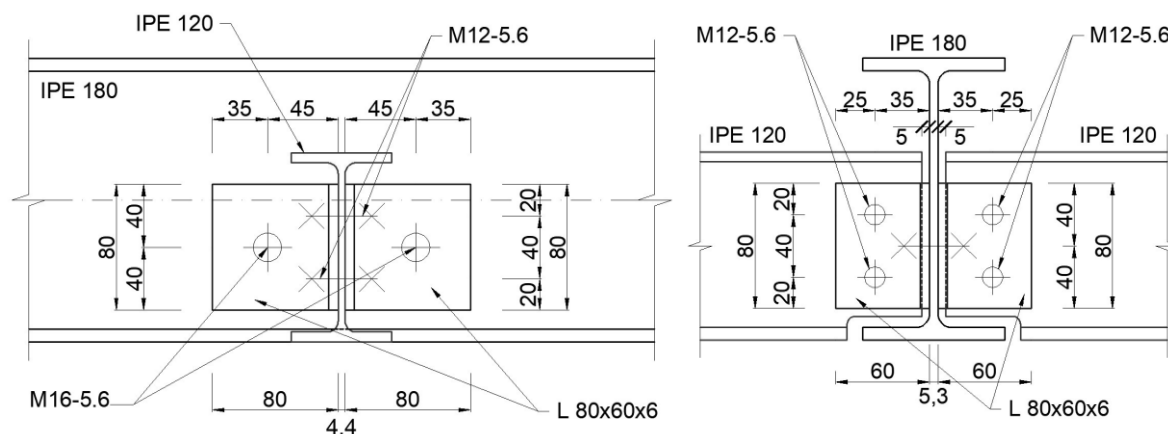
## 4.11 Přípoj podhledové vazničky na podhledovou vaznici

Podhledovou vaznici tvoří válcovaný profil IPE 180, podhledovou vazničku profil IPE 120, obojí z oceli S235.

Spoj je navržen jako šroubový, se šrouby M12 - 5.6, resp. M16 - 5.6 a jako připojovací prvky jsou použity příložky z nerovnoramenných úhelníků L 80×60×6 z oceli S235.

U použitých šroubů se předpokládá závit po celé délce dříku šroubu (tj. závit bude zasahovat do stříhové roviny přípoje).

Schéma spoje:



Spoj přenáší smykovou sílu v místě uložení podhledové vazničky na podhledovou vaznici, tj. reakci v místě tohoto přípoje:

$$V_{Ed} = R_{Ed} = \max \left[ \frac{(g_d + q_{rovnom,d}) \cdot L}{2} = \frac{(0,815 + 1,5) \cdot 2,0}{2} = 2,32; \frac{g_d \cdot L}{2} + Q_{osam,d} = \frac{0,815 \cdot 2}{2} + 1,5 = 2,32 \right] = 2,32 \text{ kN}$$

Šrouby M12 - 5.6 (použity na stojně podhledové vazničky IPE 120)

$d = 12 \text{ mm}$  (průměr dříku šroubu)

$d_0 = 13 \text{ mm}$  (průměr otvoru pro šroub)

Šrouby M16 - 5.6 (použity na stojně podhledové vaznice IPE 180)

$d = 16 \text{ mm}$  (průměr dříku šroubu)

$d_0 = 18 \text{ mm}$  (průměr otvoru pro šroub)

Návrhové únosnosti (uvažováno vždy pro jeden šroub):

Šroubový spoj na stojině podhledové vazničky (IPE 120) – stříh

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s \cdot n}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 84,3}{1,25} \cdot 2 = 40\,464 \text{ N} = 40,4 \text{ kN}$$

kde

$\alpha_v = 0,6$  (platí pro závit zasahující do stříhové roviny a pevnostní třídu šroubu 5.6),

$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$  (třída 5.6),

$A_s = 84,3 \text{ mm}^2$  (plocha jádra šroubu M12),

$n = 2$  (počet stříhových rovin),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Šroubový spoj na stojině podhledové vazničky (IPE 120) – otláčení

Hodnoty roztečí a vzdáleností od okrajů:

$e_1 = 20 \text{ mm}$     $p_1 = 40 \text{ mm}$     $e_2 = 29 \text{ mm}$     $p_2$  (zde se neuvažuje)

$$F_{b,Rd,sv} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,51 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 4,4}{1,25} = 19\,495 \text{ N} = 19,4 \text{ kN}$$

kde

$$k_1 = \min \left( \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 = \frac{2,8 \cdot 29}{13} - 1,7 = 4,5; 2,5 \right) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{20}{3 \cdot 13} = 0,51; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{40}{3 \cdot 13} - \frac{1}{4} = 0,77; \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{360} = 1,4; 1 \right) = 0,51$$

$f_u = 360 \text{ MPa}$ ,

$d = 12 \text{ mm}$  (průměr dřívku šroubu),

$d_0 = 13 \text{ mm}$  (průměr otvoru pro šroub),

$t = 8 \text{ mm}$  (nejmenší tloušťka otláčovaného materiálu v jednom směru, tj. tloušťka stojiny),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Posouzení šroubového spoje na stojině podhledové vazničky (IPE 120):

$V_{Ed,I} = V_{Ed} / 2 = 2,32 / 2 = 1,16 \text{ kN}$  (síla připadající na jeden šroub ve spoji)

$V_{Ed,I} = 1,16 \text{ kN} < \min (F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min (40,4; 19,4) = 19,4 \text{ kN}$  VYHOVÍ



Šroubový spoj na stojině podhledové vaznice (IPE 180) – střih

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 157}{1,25} \cdot 1 = 37\,680 \text{ N} = 37,6 \text{ kN}$$

kde

$\alpha_v = 0,6$  (platí pro závit zasahující do stříhové roviny a pevnostní třídu šroubu 5.6),

$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$  (třída 5.6),

$A_s = 157 \text{ mm}^2$  (plocha jádra šroubu M16),

$n = 1$  (počet stříhových rovin),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Šroubový spoj na stojině podhledové vaznice (IPE 180) – otláčení

Hodnoty roztečí a vzdáleností od okrajů:

$e_1 = 40 \text{ mm}$     $p_1$  (zde se neuvažuje)    $e_2 = 35 \text{ mm}$     $p_2$  (zde se neuvažuje)

$$F_{b,Rd,sv} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,74 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 2,65}{1,25} = 22\,613 \text{ N} = 22,6 \text{ kN}$$

kde

$$k_1 = \min \left( \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 = \frac{2,8 \cdot 35}{18} - 1,7 = 3,74; 2,5 \right) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{40}{3 \cdot 18} = 0,74; \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{360} = 1,4; 1 \right) = 0,74$$

$f_u = 360 \text{ MPa}$ ,

$d = 16 \text{ mm}$  (průměr dráku šroubu),

$d_0 = 18 \text{ mm}$  (průměr otvoru pro šroub),

$t = 2,65 \text{ mm}$  (nejmenší tloušťka otláčovaného materiálu v jednom směru, tj. polovina tloušťky stojiny IPE 180),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Posouzení šroubového spoje na stojině podhledové vaznice (IPE 180):

$V_{Ed,1} = V_{Ed} / 2 = 2,32 / 2 = 1,16 \text{ kN}$  (síla připadající na jeden šroub ve spoji)

$V_{Ed,1} = 1,16 \text{ kN} < \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min(37,6; 22,6) = 22,6 \text{ kN}$  VYHOVÍ

Posouzení oslabeného průřezu – stojina podhledové vazničky (IPE 120):

$$A_{v,IPE} = d \times t_w = 93,4 \times 4,4 = 410,9 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,IPE,net} = A_{v,IPE} - 2 \times d_0 \times t_w = 410,9 - 2 \times 13 \times 4,4 = 296,5 \text{ mm}^2$$

$$V_{net,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{v,IPE,net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 296,5 \cdot 360}{\sqrt{3} \cdot 1,25} = 44\,370 \text{ N} = 44,37 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{net,Rd} = 2,32 / 44,37 = 0,05 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení oslabeného průřezu – stojina podhledové vaznice (IPE 180):

jsou použity šrouby M16-5.6

$$A_{v,IPE} = d \times t_w = 146 \times 5,3 = 773,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,IPE,net} = A_{v,IPE} - d_0 \times t_w = 773,8 - 18 \times 5,3 = 678,4 \text{ mm}^2$$

$$V_{net,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{v,IPE,net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 678,4 \cdot 360}{\sqrt{3} \cdot 1,25} = 101\,552 \text{ N} = 101,5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{net,Rd} = 2,32 / 101,5 = 0,03 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení oslabeného průřezu – přípojovací úhelník:

$$A_{v,úhelník} = h \times t = 80 \times 6 = 480 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,úhelník,net} = \min (A_{v,úhelník} - 2 \times d_0 \times t = 480 - 2 \times 13 \times 6 = 324; A_{v,úhelník} - d_0 \times t = 480 - 18 \times 6 = 372) = 324 \text{ mm}^2$$

$$V_{net,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{v,úhelník,net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 324 \cdot 360}{\sqrt{3} \cdot 1,25} = 48\,486 \text{ N} = 48,4 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{net,Rd} = 2,32 / 48,4 = 0,05 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

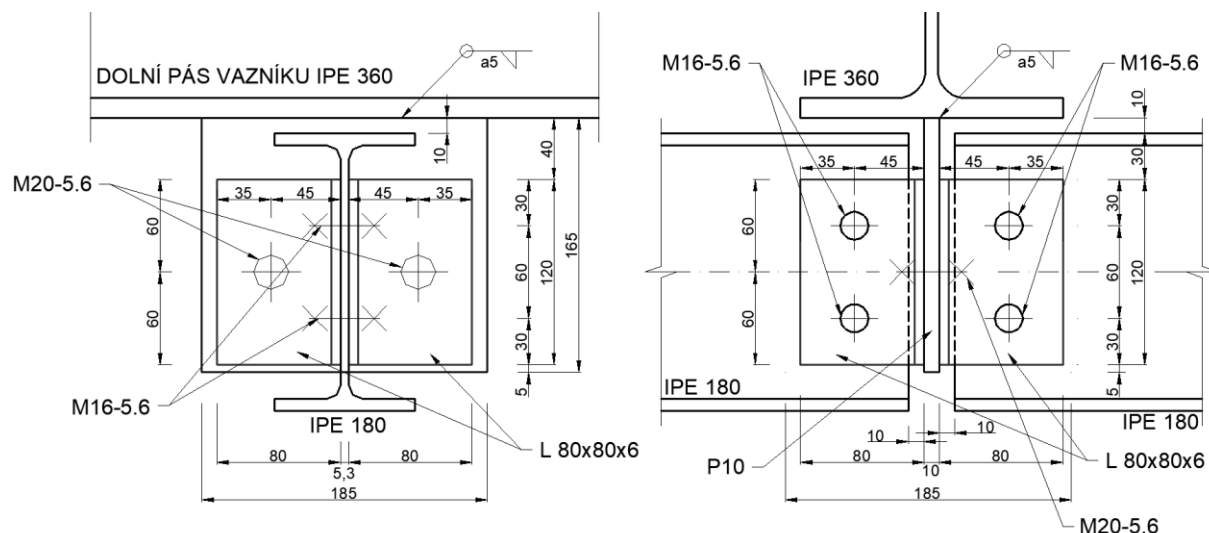
## 4.12 Přípoj podhledové vaznice na spodní pás vazníku

Podhledovou vaznici tvoří válcovaný profil IPE 180, spodní pás vazníku profil IPE 360, obojí z oceli S235.

Spoj je navržen jako šroubový, se šrouby M16 - 5.6, resp. M20 - 5.6 a jako připojovací prvky jsou použity příložky z rovnoramenných úhelníků L 80×80×6 a styčnickový plech P10 přivařený na spodní pásnici spodního pásu vazníku, vše z oceli S235.

U použitých šroubů se předpokládá závit po celé délce dříku šroubu (tj. závit bude zasahovat do střižové roviny přípoje).

Schéma spoje:



Spoj přenáší smykovou sílu v místě uložení podhledové vaznice na spodní pás, tj. reakci v místě tohoto přípoje:

$$V_{Ed} = R_{Ed} = \frac{q_d \cdot L}{2} = \frac{6,01 \cdot 6,0}{2} = 18,03 \text{ kN}$$

Šrouby M16 - 5.6 (použity na stojině podhledové vaznice IPE 180)

$d = 16 \text{ mm}$  (průměr dříku šroubu)

$d_0 = 18 \text{ mm}$  (průměr otvoru pro šroub)

Šrouby M20 - 5.6 (použity na styčnickovém plechu P10 přivařeném na pásu vazníku)

$d = 20 \text{ mm}$  (průměr dříku šroubu)

$d_0 = 22 \text{ mm}$  (průměr otvoru pro šroub)

Návrhové únosnosti (uvažováno vždy pro jeden šroub):

Šroubový spoj na stojině podhledové vaznice (IPE 180) – střih

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 157}{1,25} \cdot 2 = 37\,680 \text{ N} = 75,3 \text{ kN}$$

kde

$\alpha_v = 0,6$  (platí pro závit zasahující do stříhové roviny a pevnostní třídu šroubu 5.6),

$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$  (třída 5.6),

$A_s = 157 \text{ mm}^2$  (plocha jádra šroubu M16),

$n = 1$  (počet stříhových rovin),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Šroubový spoj na stojině podhledové vaznice (IPE 180) – otláčení

Hodnoty roztečí a vzdáleností od okrajů:

$e_1 = 30 \text{ mm}$     $p_1 = 60 \text{ mm}$     $e_2 = 35 \text{ mm}$     $p_2$  (zde se neuvažuje)

$$F_{b,Rd,sv} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,74 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 5,3}{1,25} = 33\,920 \text{ N} = 33,9 \text{ kN}$$

kde

$$k_1 = \min \left( \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 = \frac{2,8 \cdot 35}{18} - 1,7 = 3,74; 2,5 \right) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{30}{3 \cdot 18} = 0,55; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} = \frac{60}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4} = 0,86; \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{360} = 1,4; 1 \right) = 0,55$$

$f_u = 360 \text{ MPa}$ ,

$d = 16 \text{ mm}$  (průměr dráčky šroubu),

$d_0 = 18 \text{ mm}$  (průměr otvoru pro šroub),

$t = 5,3 \text{ mm}$  (nejmenší tloušťka otláčovaného materiálu v jednom směru, tj. tloušťka stojiny IPE 180),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Posouzení šroubového spoje na stojině podhledové vaznice (IPE 180):

$V_{Ed,1} = V_{Ed} / 2 = 18,03 / 2 = 9,015 \text{ kN}$  (síla připadající na jeden šroub ve spoji)

$V_{Ed,1} = 9,015 \text{ kN} < \min (F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min (75,3; 33,9) = 33,9 \text{ kN}$  VYHOVÍ

Šroubový spoj na styčnickovém plechu P10 přivařeném ke spodnímu pásu vazníku – střih

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 245}{1,25} \cdot 1 = 58\,800 \text{ N} = 58,8 \text{ kN}$$

kde

$\alpha_v = 0,6$  (platí pro závit zasahující do stříhové roviny a pevnostní třídu šroubu 5.6),

$f_{ub} = 500 \text{ MPa}$  (třída 5.6),

$A_s = 245 \text{ mm}^2$  (plocha jádra šroubu M20),

$n = 1$  (počet stříhových rovin),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Šroubový spoj na styčnickovém plechu P10 přivařeném ke spodnímu pásu vazníku – otlačení

Hodnoty roztečí a vzdáleností od okrajů:

$e_1 = 60 \text{ mm}$     $p_1$  (zde se neuvažuje)    $e_2 = 35 \text{ mm}$     $p_2$  (zde se neuvažuje)

$$F_{b,Rd,sv} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,9 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 5}{1,25} = 65\,454 \text{ N} = 65,4 \text{ kN}$$

kde

$$k_1 = \min \left( \frac{2,8 \cdot e_2}{d_0} - 1,7 = \frac{2,8 \cdot 35}{22} - 1,7 = 2,75; 2,5 \right) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left( \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{60}{3 \cdot 22} = 0,9; \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{360} = 1,4; 1 \right) = 0,9$$

$f_u = 360 \text{ MPa}$ ,

$d = 20 \text{ mm}$  (průměr dřívku šroubu),

$d_0 = 22 \text{ mm}$  (průměr otvoru pro šroub),

$t = 5 \text{ mm}$  (nejmenší tloušťka otlačovaného materiálu v jednom směru, tj. polovina tloušťky plechu P10),

$\gamma_{M2} = 1,25$  (součinitel spolehlivosti pro šroubové spoje).

Posouzení šroubového spoje na styčnickovém plechu přivařenému ke spodnímu pásu vazníku:

$V_{Ed,1} = V_{Ed} / 2 = 18,03 / 2 = 9,015 \text{ kN}$  (síla připadající na jeden šroub ve spoji)

$V_{Ed,1} = 9,015 \text{ kN} < \min (F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = \min (58,8; 65,4) = 58,8 \text{ kN}$  VYHOVÍ

Posouzení oslabeného průřezu – stojina podhledové vaznice (IPE 180):

jsou použity šrouby M16-5.6

$$A_{v,IPE} = d \times t_w = 146 \times 5,3 = 773,8 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,IPE,net} = A_{v,IPE} - 2 \times d_0 \times t_w = 773,8 - 2 \times 18 \times 5,3 = 583 \text{ mm}^2$$

$$V_{net,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{v,IPE,net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 583 \cdot 360}{\sqrt{3} \cdot 1,25} = 87\,245 \text{ N} = 87,2 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{net,Rd} = 18,03 / 87,2 = 0,21 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení oslabeného průřezu – styčnickový plech P10 přivařený na spodním pásu vazníku:

$$A_{v,plech} = h \times t = 165 \times 10 = 1650 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,plech,net} = A_{v,plech} - d_0 \times t = 1650 - 22 \times 10 = 1430 \text{ mm}^2$$

$$V_{net,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{v,plech,net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1430 \cdot 360}{\sqrt{3} \cdot 1,25} = 213\,998 \text{ N} = 213,9 \text{ kN}$$

$$(2 \times V_{Ed}) / V_{net,Rd} = (2 \times 18,03) / 213,9 = 36,06 / 213,9 = 0,17 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

Posouzení oslabeného průřezu – přípojovací úhelník:

$$A_{v,úhelník} = h \times t = 80 \times 6 = 480 \text{ mm}^2$$

$$A_{v,úhelník,net} = \min (A_{v,úhelník} - 2 \times d_0 \times t = 480 - 2 \times 18 \times 6 = 264; A_{v,úhelník} - d_0 \times t = 480 - 22 \times 6 = 348) = 264 \text{ mm}^2$$

$$V_{net,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{v,úhelník,net} \cdot f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 264 \cdot 360}{\sqrt{3} \cdot 1,25} = 39\,507 \text{ N} = 39,5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} / V_{net,Rd} = 18,03 / 39,5 = 0,46 < 1,0 \quad \text{VYHOVÍ}$$

### Návrh a posouzení koutového svaru

(svar v místě připojení styčnickového plechu P1 na spodní pás vazníku IPE 360)

Svar musí přenést smykovou sílu (svislou reakci) dvou sousedních podhledových vaznic, a to:

$$F_{Ed} = 2 \times V_{Ed} = 2 \times 18,03 \text{ kN} = 36,06 \text{ kN}$$

### Návrh svaru:

$$a = 5 \text{ mm (účinná tloušťka svaru)}$$

$$l = 2 \times 185 \text{ mm} = 370 \text{ mm (účinná délka svaru)}$$

Napětí ve svaru:

$$\tau_{//} = 0 \text{ MPa (žádná vodorovná složka)}$$

$$\sigma_{celk} = F_{Ed} / (a \times l) = 36,06 \times 10^3 / (5 \times 370) = 19,49 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma_{//} = \sigma_{celk} / \sqrt{2} = 19,49 / \sqrt{2} = 13,8 \text{ MPa}$$

Podmínka pro srovnávací napětí ve svaru:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{//}^2} = \sqrt{13,8^2 + 3 \cdot 13,8^2} = 27,6 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

VYHOVÍ

$$\sigma_{\perp}^2 = 13,8 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 360}{1,25} = 259 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVÍ}$$

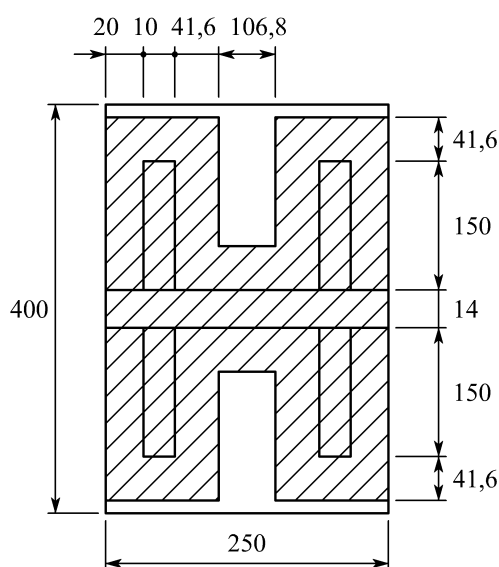
### 4.13 Uložení vazníku na stávající ŽB sloup

Stávající ŽB sloup je zhotoven z betonu třídy II (B170), již je v současnosti přiřazena pevnostní třída C10/13,5.

Charakteristická pevnost v tlaku  $f_{ck} = 10 \text{ MPa}$

Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu  $\gamma_C = 1,50$

Návrhová pevnost v koncentrovaném tlaku  $f_{jd} = \frac{\beta_j k_j f_{ck}}{\gamma_C} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 2,0 \cdot 10}{1,50} = 8,89 \text{ MPa}$



Navržen dosedací plech tloušťky  $t_p = 14 \text{ mm}$   
o rozměrech  $A_{c0} = 250 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$

Šířka přesahu

$$c = t_p \sqrt{\frac{f_y}{3 f_{jd} \gamma_{M0}}} = 14 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 8,89 \cdot 1,00}} = 41,6 \text{ mm}$$

Účinná plocha plechu

$$A_{eff} = (2 \cdot 41,6 + 2 \cdot 150 + 14) \cdot 2 \cdot (20 + 10 + 41,6) + (2 \cdot 41,6 + 14) \cdot 106,8 = 67,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

Návrhová únosnost dosedací plochy v tlaku

$$R_{Rd} = A_{eff} f_{jd} = 67,3 \cdot 10^3 \cdot 8,89 = 598 \text{ kN}$$

Návrhová reakce vyplývá z kombinovaného zatížení vazníku K5 – stálé (rampa na kraji) + sníh + užité na lávkách, viz odst. 3.5.2

$$R_{Ed} = 450 \text{ kN}$$

Posudek

$$\frac{R_{Ed}}{R_{Rd}} = \frac{450}{598} = 0,75 \leq 1,0 \rightarrow \text{vyhoví.}$$



## 5 Požární odolnost nosné konstrukce podhledu

Z hlediska požární odolnosti byly orientačně ověřeny podhledové nosníky, tj. prvky nosné konstrukce podhledu, tzv. podhledová vaznička (posouzení při běžné teplotě viz odst. 3.2) a podhledová vaznice (posouzení při běžné teplotě viz odst. 3.3). Ověření bylo provedeno z hlediska únosnosti pro minimální požadovanou požární odolnost, tj. R 15 za předpokladu požárně nechráněných ocelových nosníků konstrukce podhledu.

### 5.1 Podhledová vaznička

#### 5.1.1 Ověření z hlediska únosnosti pro požární odolnost R 15

Hodnoty zatížení jsou převzaty ze statického výpočtu v odst. 3.2.1.

- Charakteristická hodnota veškerého stálého zatížení

$$g_k = g_1 + g_2 + g_3 = 0,104 + 0,35 + 0,15 = 0,604 \text{ kN/m}$$

- Charakteristická hodnota rovnoměrného užitečného zatížení

$$q_k = q_{\text{rovnom}} + q_{\text{osam}} = 1,00 + 1,00 / 2 = 1,500 \text{ kN/m}$$

Redukční součinitel zatížení při požární návrhové situaci

$$\eta_{fi} = (g_k + \psi_{1,1} \cdot q_k) / (g_k \cdot \gamma_G + g_k \cdot \gamma_Q) = (0,604 + 0,7 \cdot 1,5) / (0,604 \cdot 1,35 + 1,5 \cdot 1,5) = 0,54$$

Součinitel  $\psi_{1,1} = 0,7$  je součinitel kombinace pro zatížení kategorie C (shromažďovací plochy) pro mimořádnou kombinaci zatížení podle ČSN EN 1990.

Hodnota ohybového momentu od zatížení při běžné teplotě je převzata ze statického výpočtu v odst. 3.2.2 (posouzení při běžné teplotě):

- Ohybový moment při běžné teplotě  $M_{Ed} = 1,16 \text{ kNm}$

Ohybový moment při požární návrhové situaci

$$M_{fi,Ed} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed} = 0,54 \cdot 1,16 = 0,626 \text{ kNm}$$

Součinitel průřezu – IPE 120 (exponovaný ze všech stran)

$$A_m / V = 359 \text{ m}^{-1}$$

Pro daný součinitel průřezu je v čase  $t = 15 \text{ min.}$  je teplota nosníku přibližně  $\theta_{a,t} \approx 740 \text{ °C}$  (určeno z grafu pro přibližné stanovení požární odolnosti dle ECCS, 1995, upraveného dle ČSN EN 1993-1-2), viz [Wald a kol. *Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí*, ČVUT v Praze, 2005, vydání první, 336 s. ISBN 80-01-03157-8].

Redukční součinitel účinné meze kluzu (viz Tab. 3.1 ČSN EN 1993-1-2)

$$k_{y,\theta} = 0,17$$

Hodnota momentové únosnosti při běžné teplotě je převzata ze statického výpočtu v odst. 3.2.2 (posouzení při běžné teplotě):

- Momentová únosnost při běžné teplotě (včetně klopení)

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M_{fi}} = 0,706 \cdot 60,7 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00 = 10,1 \text{ kNm}$$

Momentová únosnost při požární návrhové situaci

$$M_{fi,\theta,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M_{fi}} = 0,706 \cdot 60,7 \cdot 10^3 \cdot 0,17 \cdot 235 / 1,00 = 1,717 \text{ kNm}$$

Výsledná momentová únosnost (součinitele podmínek působení  $\kappa_1 = \kappa_2 = 1,0$ )

$$M_{fi,t,Rd} = M_{fi,\theta,Rd} / (\kappa_1 \cdot \kappa_2) = 1,717 / (1,0 \cdot 1,0) = 1,717 \text{ kNm}$$

Posudek

$$M_{fi,Ed} / M_{fi,t,Rd} = 0,626 / 1,717 = 0,365 < 1 \rightarrow \text{vyhoví na R 15}$$

## 5.2 Podhledová vaznice

### 5.2.1 Ověření z hlediska únosnosti pro požární odolnost R 15

Hodnoty zatížení jsou převzaty ze statického výpočtu v odst. 3.3.1.

- Charakteristická hodnota veškerého stálého zatížení

$$g_k = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 = 0,188 + 0,208 + 0,70 + 0,20 + 0,20 = 1,496 \text{ kN/m}$$

- Charakteristická hodnota rovnoměrného užitného zatížení

$$q_k = q_{rovnom,6} + q_{rovnom,7} = 1,33 + 1,33 = 2,66 \text{ kN/m}$$

Redukční součinitel zatížení při požární návrhové situaci

$$\eta_{fi} = (g_k + \psi_{1,1} \cdot q_k) / (g_k \cdot \gamma_G + g_k \cdot \gamma_Q) = (1,496 + 0,7 \cdot 2,66) / (1,496 \cdot 1,35 + 2,66 \cdot 1,5) = 0,56$$

Součinitel  $\psi_{1,1} = 0,7$  je součinitel kombinace pro zatížení kategorie C (shromažďovací plochy) pro mimořádnou kombinaci zatížení podle ČSN EN 1990.

Hodnota ohybového momentu od zatížení při běžné teplotě je převzata ze statického výpočtu v odst. 3.3.2 (posouzení při běžné teplotě):

- Ohybový moment při běžné teplotě  $M_{Ed} = 27,0 \text{ kNm}$

Ohybový moment při požární návrhové situaci

$$M_{fi,Ed} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed} = 0,56 \cdot 27,0 = 15,1 \text{ kNm}$$

Součinitel průřezu – IPE 180 (exponovaný ze všech stran)

$$A_m / V = 292 \text{ m}^{-1}$$

Pro daný součinitel průřezu je v čase  $t = 15 \text{ min.}$  je teplota nosníku přibližně  $\theta_{a,t} \approx 720 \text{ °C}$  (určeno z grafu pro přibližné stanovení požární odolnosti dle ECCS, 1995, upraveného dle ČSN EN 1993-1-2), viz [Wald a kol. *Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí*, ČVUT v Praze, 2005, vydání první, 336 s. ISBN 80-01-03157-8].

Redukční součinitel účinné meze kluzu (viz Tab. 3.1 ČSN EN 1993-1-2)

$$k_{y,\theta} = 0,206$$

Hodnota momentové únosnosti při běžné teplotě je převzata ze statického výpočtu v odst. 3.2.2 (posouzení při běžné teplotě):

- Momentová únosnost při běžné teplotě (včetně klopení)

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M,fi} = 0,984 \cdot 166 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00 = 38,4 \text{ kNm}$$

Momentová únosnost při požární návrhové situaci

$$M_{fi,\theta,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi} = 0,984 \cdot 166 \cdot 10^3 \cdot 0,206 \cdot 235 / 1,00 = 7,91 \text{ kNm}$$

Výsledná momentová únosnost (součinitele podmínek působení  $\kappa_1 = \kappa_2 = 1,0$ )

$$M_{fi,t,Rd} = M_{fi,\theta,Rd} / (\kappa_1 \cdot \kappa_2) = 7,91 / (1,0 \cdot 1,0) = 7,91 \text{ kNm}$$

Posudek

$$M_{fi,Ed} / M_{fi,t,Rd} = 15,1 / 7,91 = 0,365 > 1 \rightarrow \underline{\text{NEVYHOVÍ na R 15}}$$

## 5.2.2 Ověření z hlediska únosnosti pro požární odolnost 10 min.

Hodnoty zatížení jsou převzaty ze statického výpočtu v odst. 3.3.1.

- Charakteristická hodnota veškerého stálého zatížení

$$g_k = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 = 0,188 + 0,208 + 0,70 + 0,20 + 0,20 = 1,496 \text{ kN/m}$$

- Charakteristická hodnota rovnoměrného užitého zatížení

$$q_k = q_{rovnom,6} + q_{rovnom,7} = 1,33 + 1,33 = 2,66 \text{ kN/m}$$

Redukční součinitel zatížení při požární návrhové situaci

$$\eta_{fi} = (g_k + \psi_{1,1} \cdot q_k) / (g_k \cdot \gamma_G + g_k \cdot \gamma_Q) = (1,496 + 0,7 \cdot 2,66) / (1,496 \cdot 1,35 + 2,66 \cdot 1,5)$$

$$= 0,56$$

Součinitel  $\psi_{1,1} = 0,7$  je součinitel kombinace pro zatížení kategorie C (shromažďovací plochy) pro mimořádnou kombinaci zatížení podle ČSN EN 1990.

Hodnota ohybového momentu od zatížení při běžné teplotě je převzata ze statického výpočtu v odst. 3.3.2 (posouzení při běžné teplotě):

- Ohybový moment při běžné teplotě  $M_{Ed} = 27,0 \text{ kNm}$

Ohybový moment při požární návrhové situaci

$$M_{fi,Ed} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed} = 0,56 \cdot 27,0 = 15,1 \text{ kNm}$$

Součinitel průřezu – IPE 180 (exponovaný ze všech stran)

$$A_m / V = 292 \text{ m}^{-1}$$

Pro daný součinitel průřezu je v čase  $t = 15 \text{ min.}$  je teplota nosníku přibližně  $\theta_{a,t} \approx 650 \text{ °C}$  (určeno z grafu pro přibližné stanovení požární odolnosti dle ECCS, 1995, upraveného dle ČSN EN 1993-1-2), viz [Wald a kol. *Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí*, ČVUT v Praze, 2005, vydání první, 336 s. ISBN 80-01-03157-8].

Redukční součinitel účinné meze kluzu (viz Tab. 3.1 ČSN EN 1993-1-2)

$$k_{y,\theta} = 0,35$$

Hodnota momentové únosnosti při běžné teplotě je převzata ze statického výpočtu v odst. 3.2.2 (posouzení při běžné teplotě):

- Momentová únosnost při běžné teplotě (včetně klopení)

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M,fi} = 0,984 \cdot 166 \cdot 10^3 \cdot 235 / 1,00 = 38,4 \text{ kNm}$$

Momentová únosnost při požární návrhové situaci

$$M_{fi,\theta,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi} = 0,984 \cdot 166 \cdot 10^3 \cdot 0,35 \cdot 235 / 1,00 = 13,44 \text{ kNm}$$

Výsledná momentová únosnost (součinitele podmínek působení  $\kappa_1 = \kappa_2 = 1,0$ )

$$M_{fi,t,Rd} = M_{fi,\theta,Rd} / (\kappa_1 \cdot \kappa_2) = 13,44 / (1,0 \cdot 1,0) = 13,44 \text{ kNm}$$

Posudek

$$M_{fi,Ed} / M_{fi,t,Rd} = 15,1 / 13,44 = 1,124 > 1 \rightarrow \underline{\text{NEVYHOVÍ ani na 10 min.}}$$

## Literatura

- [1] FERJENČÍK, P., SCHUN, J., MELCHER, J., VOŘÍŠEK, V. a CHLADNÝ, E. *Navrhovanie ocelových konštrukcií. 1. časť*. Bratislava: Alfa, 1986, 616 s.
- [2] MELCHER, J. a STRAKA, B. *Kovové konstrukce. Konstrukce průmyslových budov (skriptum)*. Praha: SNTL, 1985, 218 s.
- [3] LEHAR, F. a kol. *Detaily a dílce ocelových konstrukcí průmyslových budov I. Konstrukční řešení*. Praha: SNTL, 1969, 344 s.
- [4] MAREK, P., FIRBASOVÁ, V., KÁRNÍKOVÁ, I., MELCHER, J. a STUDNÍČKA, J. *Kovové konstrukce pozemních staveb*. Praha: SNTL, 1985, 656 s.
- [5] WALD, F. a kol. *Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí*. Praha: ČVUT, 2005, 336 s. ISBN 80-01-03157-8.

## Normy

- [11] ČSN EN 1990 (73 0002) *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: ČNI, 2004.
- [12] ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: ČNI, 2004.
- [13] ČSN EN 1991-1-3 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: ČNI, 2005.
- [14] ČSN EN 1991-1-4 (73 0035) *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: ČNI, 2007.
- [15] ČSN 73 0038 *Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení*. Praha: ÚNMZ, 2014.
- [16] ČSN EN 1993-1-1 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ČNI, 2006.
- [17] ČSN EN 1993-1-2 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. Praha: ČNI, 2006.
- [18] ČSN EN 1993-1-8 (73 1401) *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: ČNI, 2006.
- [19] ČSN EN 1090-2+A1 (73 2601) *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce*. Praha: ÚNMZ, 2012.