



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

**NOSNÁ OCELOVÁ KONSTRUKCE SPORTOVNÍ
HALY**

STEEL LOAD-BEARING STRUCTURE OF A SPORT HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vít Hrtoň

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. IVAN BALÁZS

OBSAH

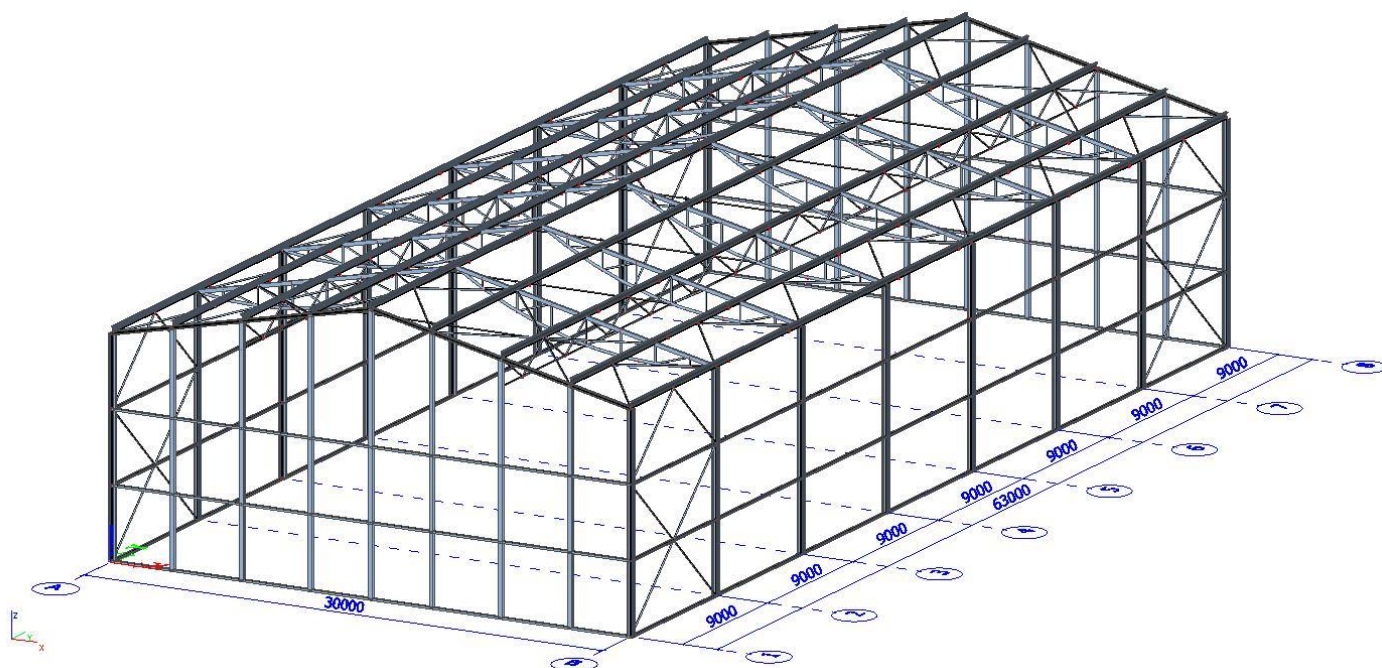
Úvod	4
1. Konstrukce	4
2. Popis konstrukce	4
3. Geometrie konstrukce	5
3.1. Půdorys, podélný a příčný řez	5
ZATÍŽENÍ	6
4. Zatížení střešního pláště	6
4.1. Zatížení sněhem	6
4.2. Zatížení větrem	6
5. Posouzení střešního a stěnového pláště	8
5.1. Střešní plášť	8
5.2. Stěnový plášť	8
6. Zatížení vazníku	9
6.1. Zatěžovací stavy	9
6.2. Statický systém	13
STATICKÝ VÝPOČET	17
7. Posouzení konstrukce střechy	17
7.1. Vaznice	17
7.2. Horní pás vazníku	23
7.3. Dolní pás vazníku	25
7.4. Svislice vazníku	27
7.5. Diagonály vazníku	29
7.6. Táhlo	31
8. Posouzení podélného větrového ztužidla	32
8.1. Dolní pás	32
8.2. Diagonály podélného větrového ztužidla	34
9. Posouzení příčného větrového ztužidla	35
9.1. Přídavné síly působící na konstrukci střechy	35
9.2. Příčná střešní ztužidla	37
9.3. Okapová střešní ztužidla	38
9.4. Přeposouzení vaznice a horního pásu na účinky od přídavných sil	39
10. Mezní stav použitelnosti	40
11. Posouzení konstrukce stěn	40

11.1. Návrh a posouzení sloupu	40
11.2. Stěnová ztužidla	46
11.3. Paždíky	46
12. Posouzení porušení trubek ve styčnicku	49
12.1. Posuzované styčníky vazníku	49
13. Detaily	52
13.1. Detail: Připojení příčných střešních táhel	52
13.2. Detail: Čep vazníku	55
13.3. Detail: Připojení podélného ztužidla na horní a dolní pás	56
14. Montážní spoj	58
14.1. Montážní spoj horního a dolního pásu	59
15. Kotvení sloupu	61
15.1. Základní rozměry patky	61
15.2. Posouzení průřezu patky	63
15.3. Připojení podélných výztuh k patnímu plechu	64
15.4. Kotevní šrouby:	66
15.5. Kotevní příčník:	67
15.6. Přenos vodorovné síly	68

Úvod

Smyslem práce bylo vytvořit ocelovou konstrukci sportovní haly pro sportovní využití. Konstrukce je zasazena do městské zástavby ve městě Vyškov. Půdorysné rozměry objektu jsou 30x63 m. Výška konstrukce je odvozena z tabulky pro sportovní aktivity, která se nachází v technické zprávě a je zvolena 15,25 m.

1. Konstrukce



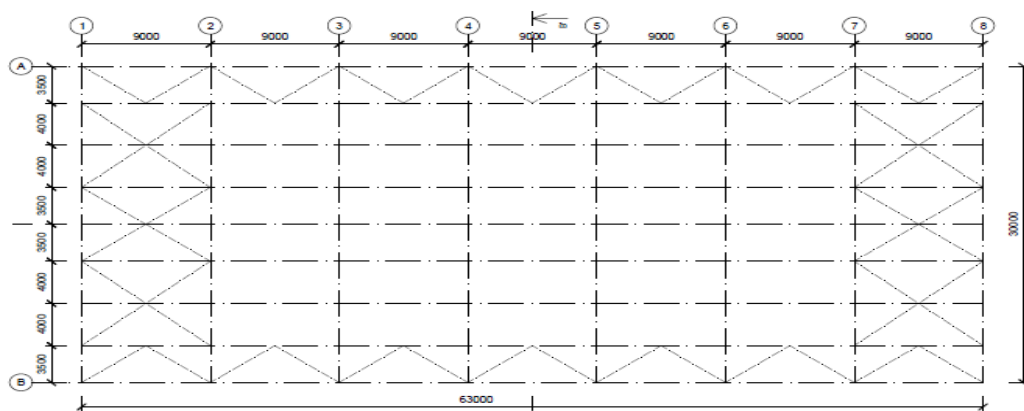
Obr.1: Posuzovaná konstrukce

2. Popis konstrukce

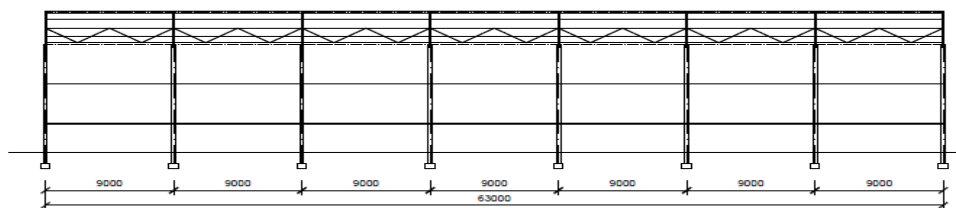
Hlavní nosný systém tvoří 6 kusů příhradových girlandových vazníků a dva štíty osově vzdálených 9 m. Girlandový vazník je složen ze dvou dílčích vazníků, které jsou kloubově spojeny v horní části pomocí čepu. Dolní pásy jsou spojeny táhlem, jímž je zabráněno rozevření vazníků. Rozpětí vazníku je dle splnění zadání 30 m. Prostorovou tuhost zajišťuje systém podélných a příčných ztužidel. Konstrukce je navržena jako vaznicová, přičemž vaznice je navržena jako kloubová s vyztužením profilu v krajních polích.

3. Geometrie konstrukce

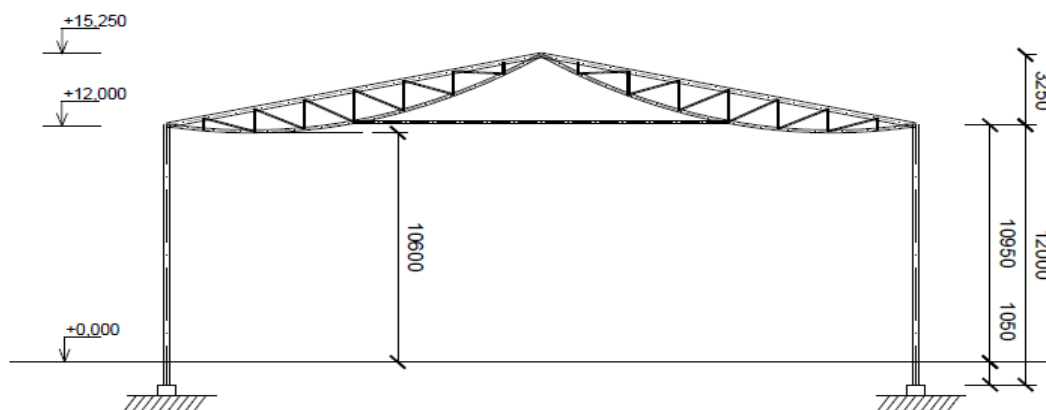
3.1. Půdorys, podélný a příčný řez



Obr.2: Půdorys haly



Obr.3: Pohled podélný



Obr.4: Pohled na příční vazbu

Zatížení**4. Zatížení střešního pláště****4.1. Zatížení sněhem**

$S_k = 1,0$ kPa	Sněhová oblast II. (Vyškov ČSN EN 1991-3)
$C_e = 1,0$	součinitel expozice, normální typ
$C_t = 1,0$	tepelný součinitel, pro střechy s $U < 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
$\mu_1 = 0,8$	tvarový součinitel
$S_{k1} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8$ kPa	
$S_{k2} = 0,5 \cdot S_{k1} = 0,4$ kPa	

4.2. Zatížení větrem

4.2.1. Určení maximálního dynamického tlaku větru

$v_b = 25$ m/s	větrová oblast II (Vyškov ČSN EN 1993-4)
$c_{dir} = 1,0$	součinitel směru větru
$c_{season} = 1,0$	součinitel ročního období
$v_b = 25 \cdot c_{dir} \cdot c_{season} = 25$ m/s	

$c_o(z) = 1,0$	součinitel ortografie
$z = 15,25$ m	
$z_{0,II} = 0,05$	kategorie terénu III.
$z_0 = 0,3$	kategorie terénu III.
$k_r = 0,215$	součinitel terénu
$c_r(z) = 0,846$	součinitel drsnosti terénu

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

$$C_r(z) = 0,215 \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,215 \cdot \ln\left(\frac{15,25}{0,3}\right) = 0,846$$

$$v_m(z) = c_{r(z)} \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0,846 \cdot 1 \cdot 25 = 21,15 \text{ m/s}$$

$\rho = 1,25$ kg/m ³	hustota vzduchu
$k_I = 1,0$	součinitel turbulence

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 21,15^2 = 279,577 \text{ Pa}$$

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1}{1 \cdot \ln\left(\frac{15,25}{0,3}\right)} = 0,255$$

$c_e(z) = 2,785$	součinitel expozice
$c_e(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] = [1 + 7 \cdot 0,255] = 2,785$	

Maximální dynamický tlak větru:

$$q_p = c_e(z) \cdot q_b = 0,778,62 \text{ kN/m}^2$$

Rozměry objektu

b =	30,00 m	délka štítu
l =	63,00 m	délka haly
h =	15,25 m	výška objektu
α =	12,2 °	sklon střechy

Tlak větru na povrchy

Vítr kolmo na hřeben

	stěny					střecha				
Oblast	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Součinitel										
$c_{pe,10}$	-1,20	-1,01	-0,50	0,73	-0,37	-1,12	-0,91	-0,38	-0,46	-0,66
$w_e(z_e)$ [kNm ⁻²]	-0,93	-0,78	-	0,57	-0,29	-0,87	-0,71	-0,30	-0,35	-0,52

Vítr rovnoběžně s hřebenem

	stěny					střecha				
Oblast	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Součinitel										
$c_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30	-1,38	-1,30	-0,63	-0,53	-
$w_e(z_e)$ [kNm ⁻²]	-0,93	-0,62	-0,39	0,54	-0,23	-1,08	-1,01	-0,49	-0,41	-

5. Posouzení střešního a stěnového pláště

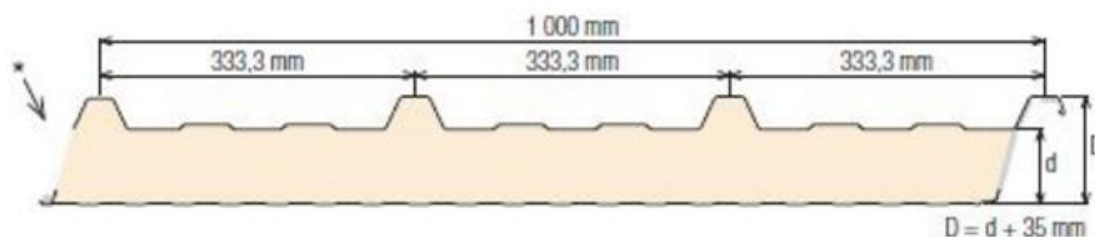
5.1. Střešní plášť

Střešní plášť budou tvořit Sendvičové panely o maximálním rozponu 4m. Panely působí staticky jako prostý nosník. Pro posouzení únosnosti rozhodne zatížení sněhem a sání větru v charakteristických hodnotách.

$$S_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

$$W_k = 1,08 \text{ kN/m}^2$$

Návrh sendvičový panel **Kingspan 1000 RW 100**



Rozměry a hmotnost

d – tloušťka jádra [mm]	25	40	60	80	100	120	160
D – celková tloušťka [mm]	60	75	95	115	135	155	195
Hmotnost [kg/m ²]	9,34	9,94	10,13	10,83	11,53	12,23	13,63

Únosnost sendvičového panelu **KS1000 RW 100** dle tabulek pro proměnné zatížení sněhem (*max rozpon 4,10m*):

$$q_k = 0,8 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \leq q_{rk} = 1,00 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \gg OK$$

Únosnost sendvičového panelu **KS1000 RW 100** dle tabulek pro proměnné zatížení, Sání větrem (*max rozpon 4,30m*):

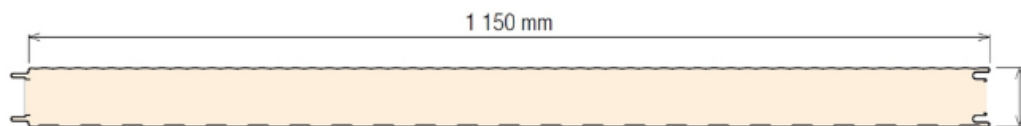
$$q_k = 1,08 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \leq q_{rk} = 1,25 \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right) \gg OK$$

5.2. Stěnový plášť

Stěnový plášť je tvořený sendvičovými panely. Podpory pro kotvení budou paždíky ve vzdálenosti 4m. Staticky působí jako spojitý nosník o 3 polích.

$$W_k(\text{tlak}) = 0,57 \text{ kN/m}^2$$

$$W_k(\text{sání}) = 0,93 \text{ kN/m}^2$$

Návrh sendvičový stěnový panel **Kingspan 1150 TF 80**

Rozměry a hmotnost

Panel - typ zámku	TF		
	40	60	80
d – tloušťka izolačního jádra [mm]			
Hmotnost [kg/m²]	10,09	10,89	11,69

Únosnost stěnového panelu dle tabulky (pro průhyb do L/200).

Zatížení větrem – tlak (*max rozpon 5,24m*)

$$q_{ek} = 0,57 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \leq q_{rk} = 0,75 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \gg OK$$

Zatížení větrem – sání (*max rozpon 4,24m*)

$$q_{ed} = 0,93 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \leq 1,00 \left(\frac{kN}{m^2} \right) \gg OK$$

6. Zatížení vazníku

6.1. Zatěžovací stavy

1.ZS – vlastní tíha – vypočítáno programem

2.ZS – Stálé zatížení střešního pláště – $g_k=0,115 \text{ kN/m}^2$

Zatížení je vnášeno do vaznic na zat. šířku 4m. V krajních polích 1,5m.

7.ZS – Ostatní stálé – technologie $Q_k=0,3 \text{ kN}$

Zatížení je vnášeno jako bodová síla do uzlu v dolním páse v místech svislic.

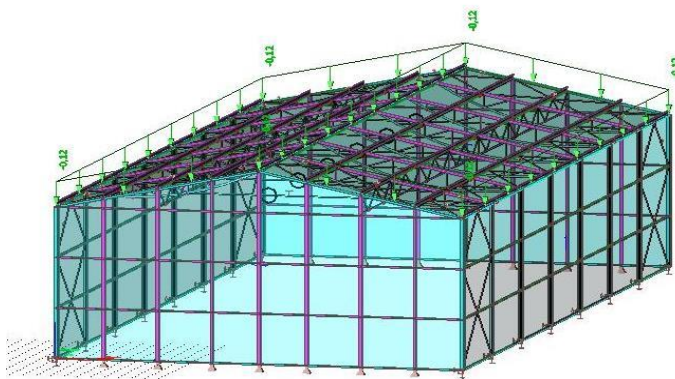
3.ZS – Sníh plný – zatížení na celou plochu – $S_{k1}=0,8 \text{ kN/m}^2$

4.ZS – Sníh navátý – Sníh na půl plochy střechy – $S_{k2}=0,4 \text{ kN/m}^2$

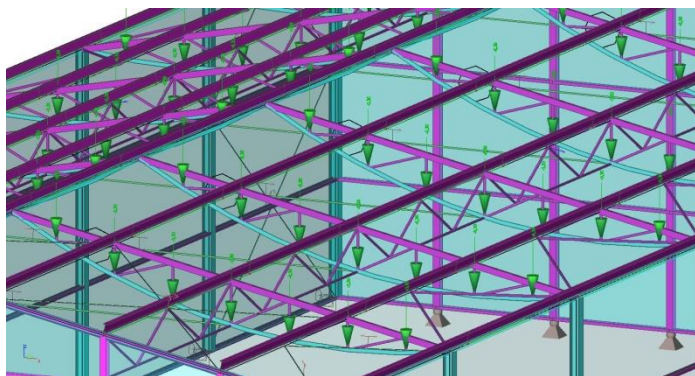
5.ZS – shodný s 4.ZS, pouze zrcadlově obrácen

6.ZS – údržba – $q_k=0,4 \text{ kN/m}$ (zatížení na 10 m^2 dle ČSN EN 1991-1-1 tab 6.10)

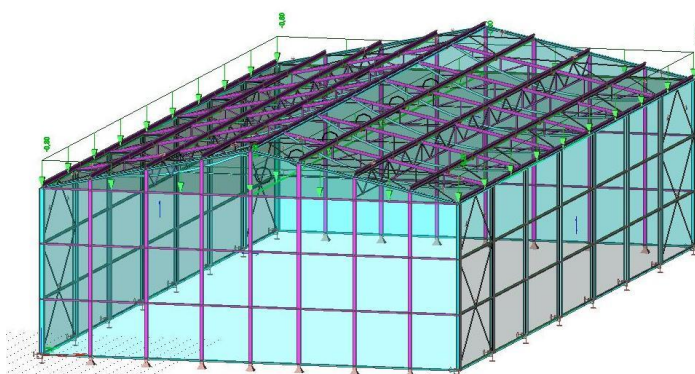
8.ZS –
...
13.ZS – } Zatížení větrem



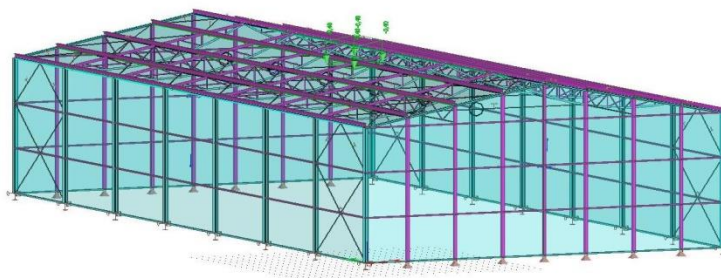
Obr.5: ZS2 – Střešní plášť



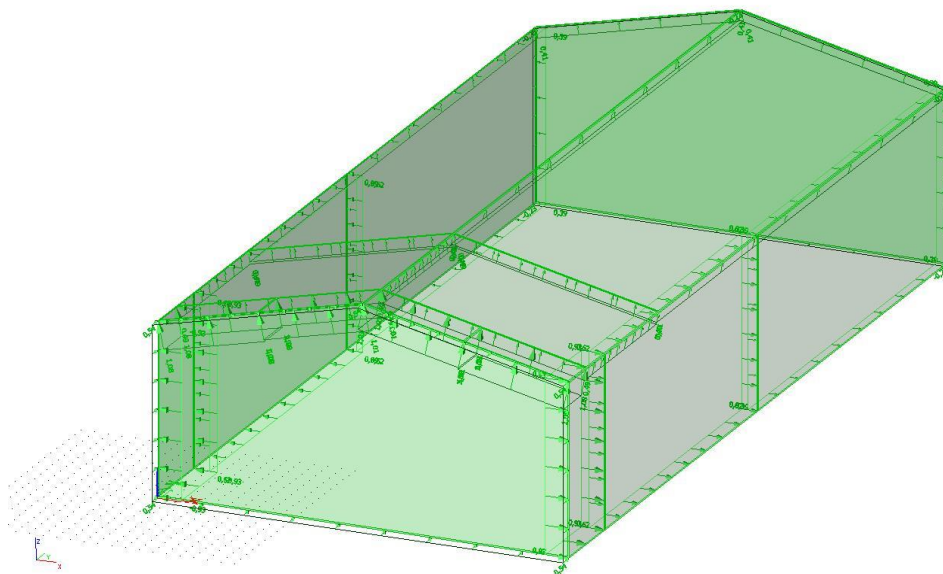
Obr.6: ZS7 – Technologie



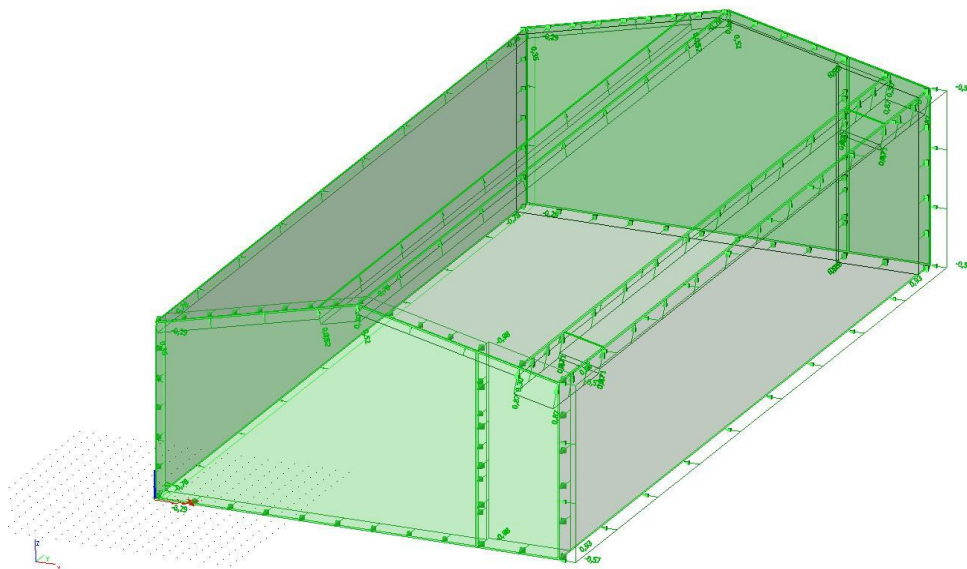
Obr.7: ZS3 – Sníh plný



Obr.8: ZS6 - Údržba



Obr. 9: ZS – Vítr rovnoběžně s hřebenem střechy

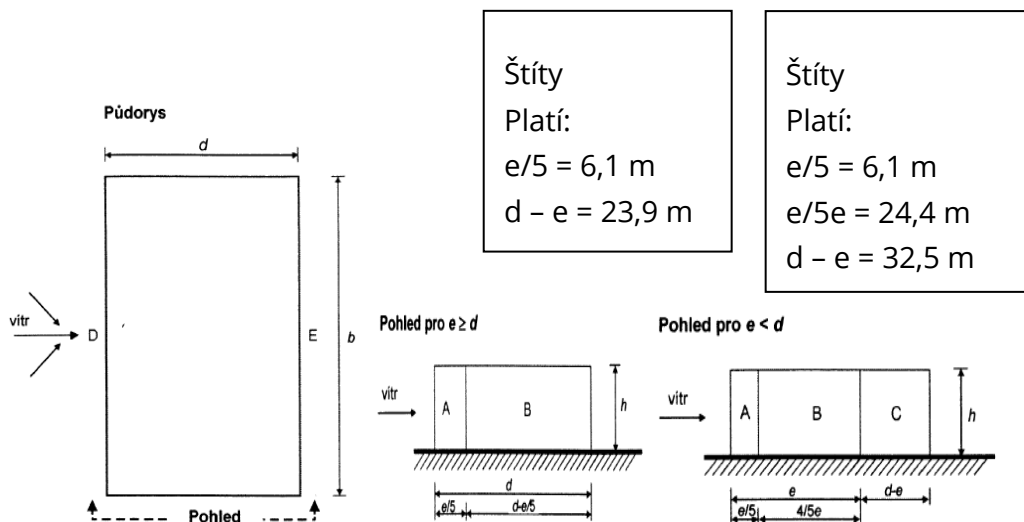


Obr. 10: ZS – Vítr kolmo na hřeben střechy

6.1.1. Zatížení větrem

Základní tlak větru $q_{p(z)} = 778 \text{ N/m}^2$ (viz. zatížení větrem střešního pláště)

Tlak větru na stěny

Tab. Tlak větru na povrchy

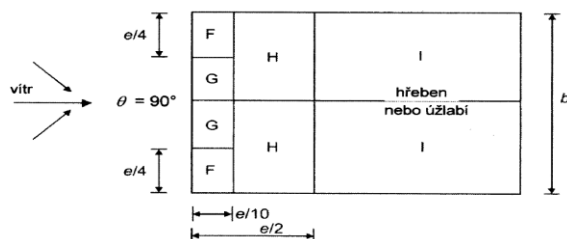
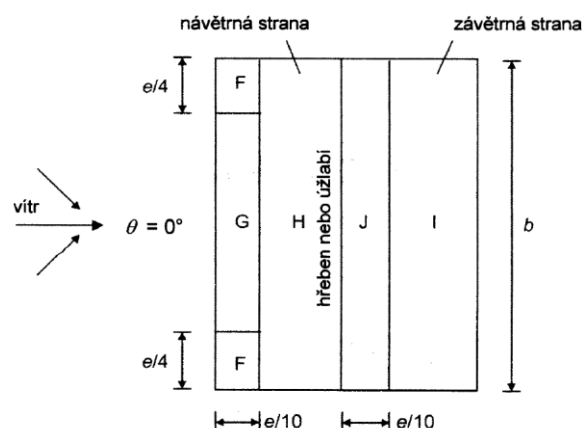
Vítr kolmo na hřeben

	stěny				
Oblast	A	B	C	D	E
Součinitel $c_{pe,10}$	-1,20	-1,01	-0,50	0,73	-0,37
$w_e(z_e) [\text{kNm}^{-2}]$	-0,93	-0,78	-	0,57	-0,29
$w_e(z_e) [\text{kNm}^{-1}]$	-3,73	-3,13	-	2,29	-1,15

Vítr rovnoběžně s hřebenem

	stěny				
Oblast	A	B	C	D	E
Součinitel $c_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30
$w_e(z_e) [\text{kNm}^{-2}]$	-0,93	-0,62	-0,39	0,54	-0,23
$w_e(z_e) [\text{kNm}^{-1}]$	-8,40	-5,60	-3,50	2,18	-0,93

Tlak větru na střechu

Vítr rovnoběžně s hřebenem $\theta=90^\circ$ Vítr kolmo k hřebenu $\theta=0^\circ$ 

$$b = 30 \text{ m}$$

$$d = 63 \text{ m}$$

$$h = 15,25 \text{ m}$$

$$e = \min \{b; 2h\} = 30 \text{ m}$$

$$e/4 = 7,5 \text{ m}$$

$$e/2 = 15 \text{ m}$$

$$b = 63 \text{ m}$$

$$d = 30 \text{ m}$$

$$h = 15,25 \text{ m}$$

$$e = \min \{b; 2h\} = 30,5 \text{ m}$$

$$e/4 = 7,63 \text{ m}$$

Tab.

Směr větru		Vítr kolmo k hřebenu $\vartheta = 0^\circ$										II s hřebenem $\vartheta = 90^\circ$									
Sklon	Oblast	F		G		H		I		J		F	G	H	I						
12,2°	$C_{pe,10}$	-	1,12	0,14	0,91	0,14	0,38	0,14	0,46	0,00	0,66	0,17	1,38	1,30	0,63	0,53					
	$w_e(z_e)$	-	0,87	0,11	-	0,71	0,11	-	0,30	0,11	-	0,35	0,00	-	0,52	0,13	-	1,08	1,01	-	0,49

Zatížení větru na povrch střechy je vháněn do vaznic. Zatěžovací šířka na vaznice je 4m na krajích a ve vrcholu 1,5m. Boční zatížení od větru je vneseno do paždíků se zatěžovací šířkou 4 m spodní paždík má zatěžovací šířku 2m a slouží k upevnění stěnového pláště. Vítr na štítovou stěnu je vnesen do štítových sloupů, které jsou umístěny pod každou vaznicí, tudíž mají shodnou zatěžovací šířku jako vaznice.

6.2. Statický systém

Sloupy haly jsou uvažovány jako vetknuté zabraňující posun ve směru X;Y;Z, dále je zabráněno pootočení ve směru příčné vazby φ_y . Vazník je modelován pruty skládající se z průběžného horního a dolního pásu, svislic

a diagonál, jež jsou připojeny kloubově. Vazník je připojený ke sloupu kloubově stejně tak ztužidla.

6.2.1. Kombinační součinitelé γ

Součinitel stálého zatížení příznivý	$\gamma_{G,sup}=1,35$
Součinitel stálého zatížení nepříznivý	$\gamma_{G,inf}=1,00$
Součinitel řídicího nahodilého zatížení	$\gamma_{Q,1}=1,50$
Redukční součinitel	$\zeta=0,85$

6.2.2. Kombinační součinitelé Ψ

Kategorie E sklady:	$\Psi_0=1,0$	$\Psi_1=0,9$
Kategorie H střechy:	$\Psi_0=0$	$\Psi_1=0$
Sníh ($H \leq 1000m$ n. m.)	$\Psi_0=0,5$	$\Psi_1=0,2$
Vítr (viz EN 1991-1-4)	$\Psi_0=0,6$	$\Psi_1=0,2$

6.2.3. Mezní stavy

Kombinace pro mezní stavy MSÚ byly vygenerovány programem podle rovnic 6.10a a 6.10b

Kombinace zatěžovacích stavů pro mezní stav použitelnosti MSP jsou vypočítané podle kombinační rovnice 6.14a

Program Scia Engineer zajistil vygenerování všech kombinací, které byly následovně uživatelem ověřeny dle normy, a tudíž se mohou využít k následnému výpočtu.

Klíč kombinací se nachází v přílohové části bakalářské práce.

Zatěžovací stavy (Scia Engineer)

Pozn. Součinitelé 1,0 jsou zde správně, program zohlední součinitelé až při samotném výpočtu.

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
<i>*Studentská verze: *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze* *Studentská verze*</i>				
CO1	MSÚ	EN-MSÚ (STR/GEO) Soubor B	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - Plášť	1,00
			ZS3 - sníh plný	1,00
			ZS4 - sníh navátý levý	1,00
			ZS5 - sníh navátý pravý	1,00
			ZS6 - údržba	1,00
			ZS7 - technologie	1,00
			ZS8 - Vítr Y1 Sání	1,00
			ZS9 - Vítr X1 Sání	1,00
			ZS10 - Vítr X2 Sání	1,00
			ZS11 - Vítr Y2 Sání	1,00
			ZS12 - Vítr X1 Tlak	1,00
			ZS13 - Vítr X2 Tlak	1,00
CO2	MSP	EN-MSP charakteristická	ZS1 - Vlastní tíha	1,00
			ZS2 - Plášť	1,00
			ZS3 - sníh plný	1,00
			ZS4 - sníh navátý levý	1,00
			ZS5 - sníh navátý pravý	1,00
			ZS6 - údržba	1,00
			ZS7 - technologie	1,00
			ZS8 - Vítr Y1 Sání	1,00
			ZS9 - Vítr X1 Sání	1,00
			ZS10 - Vítr X2 Sání	1,00
			ZS11 - Vítr Y2 Sání	1,00
			ZS12 - Vítr X1 Tlak	1,00
			ZS13 - Vítr X2 Tlak	1,00

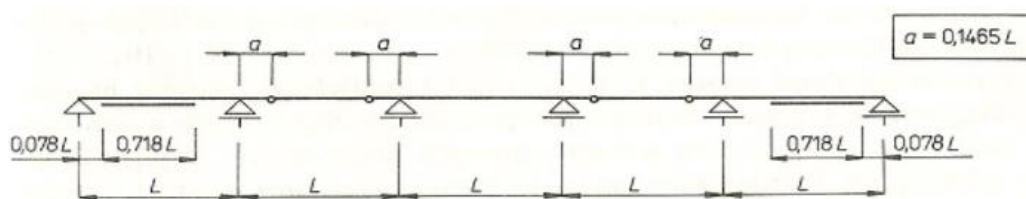
Klíč kombinací vygenerovaný programem Scia Engineer

Jméno	Popis kombinací				
	*Studentská verze ³	*Studentská verze ³	*Studentská verze ³	*Studentská verze ³	*Studentská verze ³
1	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS3*0,50	+ZS7*1,00	+ZS12*1,00
2	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS5*0,50	+ZS7*1,00	+ZS9*1,00
3	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS4*0,50	+ZS7*1,00	+ZS10*1,00
4	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS3*1,00	+ZS7*1,00	+ZS12*0,60
5	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS3*0,50	+ZS7*1,00	+ZS13*1,00
6	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS3*1,00	+ZS7*1,00	+ZS13*0,60
7	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS3*0,50	+ZS7*1,00	+ZS11*1,00
8	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS3*0,50	+ZS7*1,00	+ZS8*1,00
9	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS3*1,50	+ZS7*1,15	
10	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS3*0,75	+ZS7*1,15	+ZS12*1,50
11	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS3*0,75	+ZS7*1,15	+ZS11*1,50
12	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS3*1,50	+ZS7*1,15	+ZS12*0,90
13	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS3*1,50	+ZS7*1,15	+ZS13*0,90
14	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS3*0,75	+ZS7*1,15	+ZS8*1,50
15	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS4*0,75	+ZS7*1,15	+ZS11*1,50
16	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS5*0,75	+ZS7*1,15	+ZS8*1,50
17	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS7*1,00	+ZS11*1,50	
18	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS7*1,00	+ZS8*1,50	
19	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS7*1,15	+ZS11*1,50	
20	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS3*1,50	+ZS7*1,15	+ZS11*0,90
21	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS4*0,75	+ZS7*1,00	+ZS8*1,50
22	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS3*1,50	+ZS7*1,15	+ZS10*0,90
23	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS3*1,50	+ZS7*1,15	+ZS9*0,90
24	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS4*0,75	+ZS7*1,15	+ZS8*1,50
25	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS4*0,75	+ZS7*1,15	+ZS13*1,50
26	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS5*0,75	+ZS7*1,00	+ZS9*1,50
27	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS7*1,15	+ZS9*1,50	
28	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS5*0,75	+ZS7*1,15	+ZS11*1,50
29	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS5*0,75	+ZS7*1,00	+ZS8*1,50
30	ZS1*1,35	+ZS2*1,35	+ZS7*1,35		
31	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS7*1,00	+ZS10*1,50	
32	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS7*1,00	+ZS9*1,50	
33	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS3*0,75	+ZS7*1,00	+ZS11*1,50
34	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS3*0,75	+ZS7*1,15	+ZS13*1,50
35	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS4*0,75	+ZS7*1,15	+ZS12*1,50
36	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS5*0,75	+ZS7*1,15	+ZS13*1,50
37	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS7*1,00	+ZS13*1,50	
38	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS5*0,75	+ZS7*1,00	+ZS13*1,50
39	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS4*0,75	+ZS7*1,15	+ZS9*1,50
40	ZS1*1,35	+ZS2*1,35	+ZS7*1,35	+ZS11*0,90	
41	ZS1*1,35	+ZS2*1,35	+ZS7*1,35	+ZS8*0,90	
42	ZS1*1,15	+ZS2*1,15	+ZS5*0,75	+ZS7*1,15	+ZS12*1,50
43	ZS1*1,35	+ZS2*1,35	+ZS3*0,75	+ZS7*1,35	+ZS12*0,90
44	ZS1*1,00	+ZS2*1,00	+ZS7*1,00	+ZS12*1,50	

Statický výpočet

7. Posouzení konstrukce střechy

7.1. Vaznice



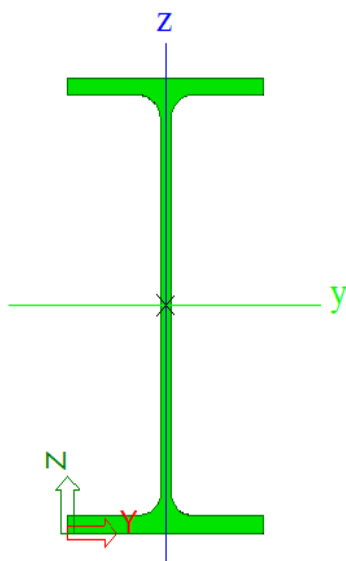
Obr.11: Statické schéma vaznice

Tab. Vnitřní síly

	Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
1	B751	CS19 - IPE300	3,200	CO1/17	-77,27	1,58	-15,22	7,17	-1,12	-23,87
2	B765	CS19 - IPE300	10,300	CO1/10	93,98	-6,74	9,81	-5,48	0,00	7,96
3	B755	CS19 - IPE300	1,300	CO1/11	65,49	-9,65	5,43	-11,49	-1,20	13,28
4	B770	CS19 - IPE300	10,300	CO1/11	-7,01	-8,80	2,54	13,04	0,94	19,37
5	B732	CS19 - IPE300	9,000	CO1/12	14,37	-30,05	-35,11	4,86	-0,28	6,98
6	B1112	CS19 - IPE300	9,000	CO1/13	9,97	30,02	35,93	4,93	0,26	6,95
7	B733	CS19 - IPE300	3,200	CO1/14	-33,75	-1,25	6,48	7,24	-1,21	-26,69
8	B580	CS19 - IPE300	10,300	CO1/11	-34,39	4,48	-5,15	-10,40	1,21	12,94
9	B755	CS19 - IPE300	5,800	CO1/15	4,19	9,57	-52,31	-4,34	-1,13	-11,87
10	B1087	CS19 - IPE300	4,500	CO1/16	2,53	9,29	51,05	4,33	-1,13	-11,92
11	B751	CS19 - IPE300	3,200	CO1/15	-33,05	1,69	7,89	-7,35	1,21	-27,03
12	B580	CS19 - IPE300	1,300	CO1/15	-8,08	4,35	-2,94	-10,83	0,88	22,08

Profil: lpe 300

Materiál: S235

$$f_y = 235 \text{ MPa}$$
$$f_u = 360 \text{ Mpa}$$


Vlastnosti	
A [m ²]	5,3800e-03
Ay [m ²]	3,1835e-03
Az [m ²]	2,1775e-03
AL [m ² /m]	1,1599e+00
AD [m ² /m]	1,1599e+00
cYUSS [mm]	75
cZUSS [mm]	150
α [deg]	0,00
Iy [m ⁴]	8,3560e-05
Iz [m ⁴]	6,0400e-06
iy [mm]	125
iz [mm]	34
Wely [m ³]	5,5700e-04
Welz [m ³]	8,0500e-05
Wply [m ³]	6,2800e-04
Wplz [m ³]	1,2500e-04
Mply+ [Nm]	1,48e+05
Mply- [Nm]	1,48e+05
Mplz+ [Nm]	2,94e+04
Mplz- [Nm]	2,94e+04
dy [mm]	0
dz [mm]	0
It [m ⁴]	2,0100e-07
Iw [m ⁶]	1,2600e-07

Zatřetížení průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

Stojina: $c/t = (300 - 2 \cdot 10,7) / 7,1 = 39,24 \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \cdot 1 = 72$

Pásnice: $c/t = (150/2 - 7,1/2) / 10,7 = 6,7 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 1 = 9$

>> stojina i pásnice → Třída průřezu 1

Posouzení na tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5,38 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 1264,30 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{93,98}{1264,30} = 0,07 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení na smyk

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f = 5380 - 2 \cdot 150 \cdot 10,7 + (7,1 + 2 \cdot 15) \cdot 10,7 = 2567 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{2,57 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 348,69 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{0,5 \cdot V_{pl,Rd}} = \frac{30,05}{0,5 \cdot 348,69} = 0,17 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

>> účinek smykové síly na únosnost v ohybu zanedbáváme

Posouzení na ohyb směr z

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{6,28 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 147,58 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{52,31}{147,58} = 0,35 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení na ohyb směr y

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,25 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 29,38 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{27,03}{29,38} = 0,92 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení na rovinný vzpěr

$$L_{cr,y} = 9,0 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 9,0 \text{ m}$$

Jednotková štíhlost:

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 1,0 = 93,9$$

Štíhlost prutů:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{9,0}{0,125} = 72,00$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{9,0}{0,034} = 264,71$$

Poměrná štíhlost:

$$\overline{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{72,00}{93,9} = 0,767$$

$$\overline{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{264,71}{93,9} = 2,819$$

Součinitel vzpěrnosti:

Křivky vzpěrné pevnosti: $a_{yy} = 0,21$; $a_{zz} = 0,34$

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\overline{\lambda}_y - 0,2) + \overline{\lambda}_y^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 (0,767 - 0,2) + 0,767^2 \right] = 0,853$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\overline{\lambda}_z - 0,2) + \overline{\lambda}_z^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,34 (2,819 - 0,2) + 2,819^2 \right] = 4,919$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \overline{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,853 + \sqrt{0,853^2 - 0,767^2}} = 0,814$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \overline{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{4,919 + \sqrt{4,919^2 - 2,819^2}} = 0,112$$

Vzpěrná únosnost:

$$\chi_{\min} = 0,112$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,112 \cdot 5,38 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 141,27 \text{ kN}$$

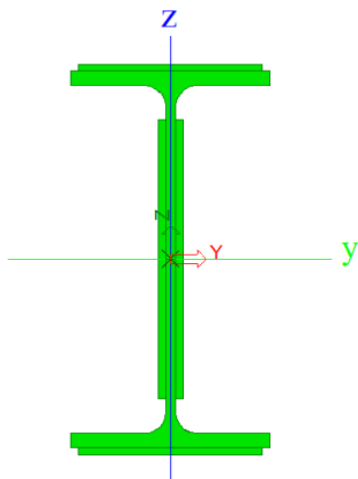
$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = \frac{77,27}{141,27} = 0,55 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Kombinace ohybových momentů M_y a M_z :

$$M_{y,Ed} = 52,31 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 11,87 \text{ kNm}$$

>> Vaznice v krajních polích zesílena



Vlastnosti	
A [m ²]	7,8481e-03
A _y [m ²]	4,5457e-03
A _z [m ²]	3,9391e-03
AL [m ² /m]	1,0809e+00
AD [m ² /m]	1,0809e+00
c _{YUSS} [mm]	0
c _{ZUSS} [mm]	0
α [deg]	0,00
I _y [m ⁴]	8,8251e-05
I _z [m ⁴]	5,8981e-06
i _y [mm]	106
i _z [mm]	27
W _{ely} [m ³]	6,3036e-04
W _{elz} [m ³]	8,7379e-05
W _{ply} [m ³]	7,5630e-04
W _{plz} [m ³]	1,4764e-04
I _t [m ⁴]	1,0387e-06
I _w [m ⁶]	1,7346e-07

Zatřetíení průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

Stojina: $c/t = (270 - 2 \cdot 10) / 17 = 14,71 \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \cdot 1 = 72$

Pásnice: $c/t = [(150/2 + 125/2) - (7,1/2 + 5/2)] / 15 = 8,26 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 1 = 9$

>> stojina i pásnice → Třída průřezu 1

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,56 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 177,66 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,48 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 34,78 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{52,31}{177,66} + \frac{11,87}{34,78} = 0,64 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posudek na klopení

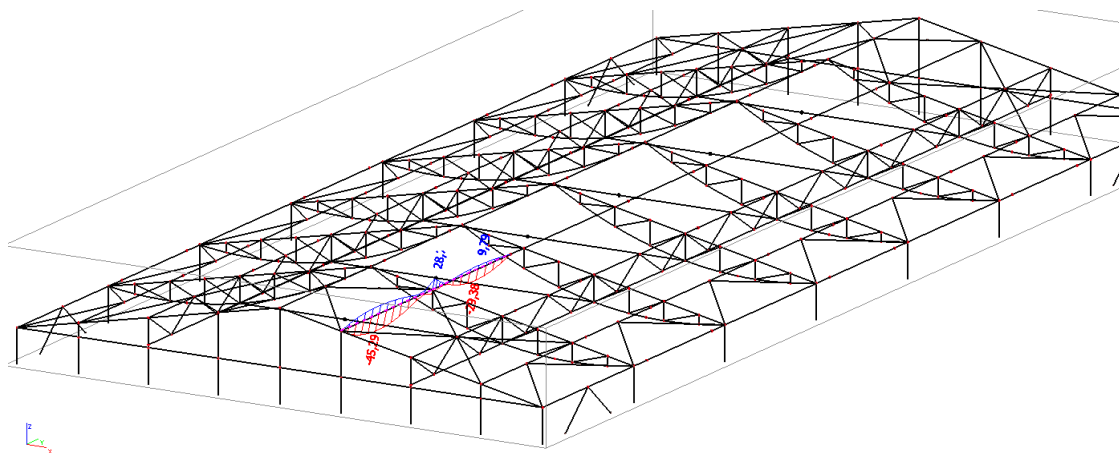
$$L = 9,0 \text{ m}$$

$$k_z = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

$$C_{1,0} = 1,0$$

$$C_{1,1} = 1,0$$

Obr.12: Momenty M_y v krajním poli vaznice

Stanovení kritického momentu dle Eurokódu:

V krajním poli:

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \cdot \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 9,0} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 1,01 \cdot 10^{-7}}{81 \cdot 1,04 \cdot 10^{-6}}} = 0,175$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot k_{wt} = 1 + (1 - 1) \cdot 0,175 = 0,175$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2} = \frac{0,175}{1} \sqrt{1 + 0,175^2} = 0,178$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 0,178 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 8,83 \cdot 10^{-5} \cdot 81 \cdot 1,04 \cdot 10^{-6}}}{9,0} = 77,61 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\overline{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{7,56 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{77,61 \cdot 10^3}} = 1,51$$

Křivky vzpěrné pevnosti: $a_{yy} = 0,21$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\overline{\lambda}_{LT} - 0,2) + \overline{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 (1,51 - 0,2) + 1,51^2 \right] = 1,784$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \overline{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,784 + \sqrt{1,784^2 - 1,51^2}} = 0,367$$

Únosnost na klopení:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{\beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,367 \cdot \frac{1,0 \cdot 7,56 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 65,15 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd}} = \frac{45,39}{65,15} = 0,70 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Kombinace ohybu a tlaku:

$$c_{my} = 0,95$$

Součinitel ekvivalentního momentu

Únosnost průřezu:

$$M_{y,Rk} = \frac{W_{pl,y} \cdot fy}{\gamma_{M1}} = \frac{7,56 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 177,66 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = \frac{A \cdot fy}{\gamma_{M1}} = \frac{7,85 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 1844,75 \text{ kN}$$

$$k_{yy}, k_{zy}$$

Interakční součinitelé (ČSN EN 1993-1-1 tab. B1)

$$k_{yy} = \min \left\{ c_{my} \left[1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0,2 \right) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right]; c_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$k_{yy} = \min \left\{ 0,95 \left[1 + (0,856 - 0,2) \frac{56,98 \cdot 10^3}{0,762 \frac{1844,75 \cdot 10^3}{1,0}} \right]; c_{my} \left(1 + 0,8 \frac{56,98 \cdot 10^3}{0,762 \frac{1844,75 \cdot 10^3}{1,0}} \right) \right\}$$

$$k_{yy} = 0,978$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,975 = 0,587$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{77,27 \cdot 10^3}{0,814 \frac{1844,75 \cdot 10^3}{1,0}} + 0,978 \frac{52,31 \cdot 10^3}{0,604 \frac{177,66 \cdot 10^3}{1,0}} + 0 = 0,53 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{77,27 \cdot 10^3}{0,112 \frac{1844,75 \cdot 10^3}{1,0}} + 0,587 \frac{52,31 \cdot 10^3}{0,367 \frac{177,66 \cdot 10^3}{1,0}} + 0 = 0,85 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení MSP

$$L = 9000/200 = 45 \text{ mm}$$

Vypočtená deformace u_z programem je 32,8 mm

$$32,8 \text{ mm} \leq 45 \text{ mm} \gg \text{OK}$$

Vaznice splňuje posouzení MSÚ a MSP

7.2. Horní pás vazníku

Tab. Vnitřní síly

	Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
1	B410	CS10 - RHS200/120/10.0	9,720	CO1/13	-912,03	-6,05	3,18	-0,72	-1,09	-0,26
2	B207	CS10 - RHS200/120/10.0	11,767	CO1/18	217,81	1,34	-1,89	-0,60	-0,25	-0,58
3	B409	CS10 - RHS200/120/10.0	3,581	CO1/18	132,39	-0,65	3,85	-1,24	-0,17	3,10
4	B467	CS10 - RHS200/120/10.0	3,581	CO1/19	95,24	1,48	-1,89	4,03	-0,02	-6,03
5	B409	CS10 - RHS200/120/10.0	15,348	CO1/12	-804,62	-10,41	0,00	-0,33	1,05	0,00
6	B410	CS10 - RHS200/120/10.0	0,000	CO1/13	-804,55	12,54	0,00	0,40	-0,13	0,00
7	B208	CS10 - RHS200/120/10.0	1,535	CO1/20	-475,64	4,77	3,18	-0,72	-1,10	-0,24
8	B207	CS10 - RHS200/120/10.0	11,767	CO1/12	-684,24	2,08	10,08	0,69	1,18	-2,37
9	B207	CS10 - RHS200/120/10.0	3,581	CO1/18	197,03	-3,07	-5,14	4,03	0,02	10,28
10	B410	CS10 - RHS200/120/10.0	1,535	CO1/13	-804,72	11,76	18,65	0,40	-0,13	0,61
11	B467	CS10 - RHS200/120/10.0	3,581	CO1/11	-178,89	0,05	4,08	1,93	-0,02	-6,59
12	B409	CS10 - RHS200/120/10.0	3,581	CO1/21	-97,58	-1,66	-1,20	3,97	-0,42	10,34

Ned,t = 217,81 kN

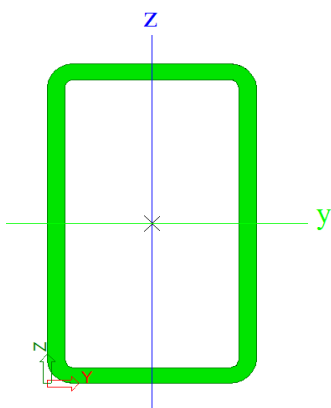
Ned,c = 912,03 kN

Profil: RHS200x100x10

Materiál: S235

fy = 235 MPa

fu = 360 MPa



Vlastnosti	
A [m^2]	5,8900e-03
Ay [m^2]	2,1844e-03
Az [m^2]	3,6407e-03
AL [m^2/m]	6,1400e-01
AD [m^2/m]	1,1655e+00
cYUSS [mm]	60
cZUSS [mm]	100
α [deg]	0,00
Iy [m^4]	3,0260e-05
Iz [m^4]	1,3370e-05
Iy [mm]	72
iz [mm]	48
Wely [m^3]	3,0300e-04
Welz [m^3]	2,2300e-04
Wply [m^3]	3,7294e-04
Wplz [m^3]	2,5993e-04

Zatřžení průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

$$d/t = 200/10 = 20 \leq 50 \cdot \varepsilon = 50 \cdot 1 = 50$$

>> Průřez → Třída průřezu 1

Posouzení na tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5,89 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 1384,15 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{217,81}{1384,15} = 0,16 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{3,64 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 924,88 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{0,5 \cdot V_{pl,Rd}} = \frac{12,54 \cdot 10^3}{0,5 \cdot 924,88 \cdot 10^3} = 0,03 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení na rovinný vzpěr

$$L_{cr,y} = 2,026 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 4,052 \text{ m}$$

$$\beta = 1,0$$

Jednotková štíhlost:

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 1,0 = 93,9$$

Štíhlost prutů:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,026}{0,072} = 28,14$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{4,052}{0,048} = 84,42$$

Poměrná štíhlost

$$\overline{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{28,14}{93,9} = 0,300$$

$$\overline{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{84,42}{93,9} = 0,899$$

Součinitel vzpěrnosti:

Křivky vzpěrné pevnosti: $a_{yy} = 0,21$; $a_{zz} = 0,34$

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\overline{\lambda}_y - 0,2) + \overline{\lambda}_y^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 (0,300 - 0,2) + 0,300^2 \right] = 0,555$$

$$\phi_z = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\overline{\lambda}_z - 0,2) + \overline{\lambda}_z^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,34 (0,899 - 0,2) + 0,899^2 \right] = 0,978$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \overline{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,555 + \sqrt{0,555^2 - 0,3^2}} = 0,978$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}} = \frac{1}{978 + \sqrt{978^2 - 0,899^2}} = 0,735$$

Vzpěrná únosnost:

$$\chi_{\min} = 0,735$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,735 \cdot 5,89 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 1016,79 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = \frac{912,03}{1016,79} = 0,90 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

>> Ve skutečnosti momenty na horním pásu nebudou vznikat vaznice leží na horním pásu a působí na něj jako bodové síly.

Posouzení na MSP

$$L = 4000/200 = 20 \text{ mm}$$

Vypočtená deformace u_z programem je 0,8 mm

$$0,8 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm} \gg \text{OK}$$

Horní pás vazníku splňuje posouzení na MSÚ a MSP

7.3. Dolní pás vazníku

Tab. Vnitřní síly

	Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]
1	B585	CS4 - CHS139.7/8.0	13,969	NC3	172,80
2	B425	CS4 - CHS139.7/8.0	6,736	NC3	702,16
3	B599	CS4 - CHS139.7/8.0	7,546	NC3	270,31
4	B223	CS4 - CHS139.7/8.0	7,546	NC3	269,12
5	B483	CS4 - CHS139.7/8.0	1,513	NC3	593,97
6	B483	CS4 - CHS139.7/8.0	5,520	NC3	691,01
7	B223	CS4 - CHS139.7/8.0	11,750	NC3	274,39
8	B599	CS4 - CHS139.7/8.0	11,750	NC3	275,32
9	B411	CS4 - CHS139.7/8.0	3,115	NC3	580,66
10	B223	CS4 - CHS139.7/8.0	11,750	NC3	292,90
11	B599	CS4 - CHS139.7/8.0	11,750	NC3	293,81

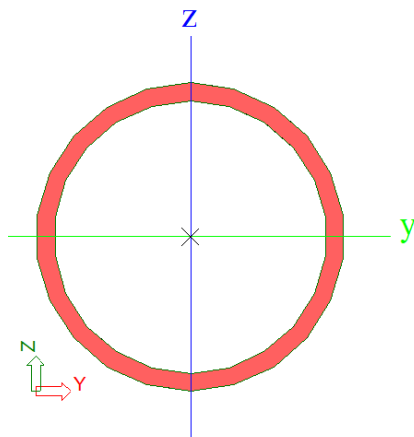
$$N_{ed,t} = 702,16 \text{ KN}$$

Profil: TR Ø 139,7/8,0

Materiál: S355

$F_y = 355 \text{ MPa}$

$F_u = 490 \text{ MPa}$



Vlastnosti	
A [m^2]	3,3100e-03
Ay [m^2]	2,1072e-03
Az [m^2]	2,1072e-03
AL [m^2/m]	4,3900e-01
AD [m^2/m]	8,2745e-01
cYUS [mm]	70
cZUS [mm]	70
α [deg]	0,00
Iy [m^4]	7,2000e-06
Iz [m^4]	7,2000e-06
iy [mm]	47
iz [mm]	47
Wely [m^3]	1,0300e-04
Welz [m^3]	1,0300e-04
Wply [m^3]	1,3674e-04
Wplz [m^3]	1,3674e-04

$$d / t = 139,7 / 8 = 17,46 \leq 50 \cdot \varepsilon = 50 \cdot 1 = 50$$

Posouzení na tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,31 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1175,05 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{702,16}{1175,05} = 0,60 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

>> Z důvodu únosnosti svaru v montážním spoji (*posudek v části Montážní spoj*) použit materiál S355.

Posouzení na Smyk

>> účinek smykové síly na únosnost zanedbáváme

Posouzení na ohyb

>> moment pouze od vlastní tíhy → lze zanedbat

Posouzení MSP

$$L = 4000 / 200 = 20 \text{ mm}$$

Vypočtená deformace u_z programem je 4,1 mm

$$4,1 \text{ mm} \leq 20 \text{ mm} \gg \text{OK}$$

Dolní pás vazníku splňuje posouzení na MSÚ a MSP

7.4. Svislice vazníku

Tab. Vnitřní síly

	Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
1	B488	CS9 - CHS76.1/3.2	1,359	CO1/13	-111,89	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
2	B235	CS9 - CHS76.1/3.2	0,000	CO1/18	19,77	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
3	B543	CS9 - CHS76.1/3.2	0,135	CO1/11	4,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00
4	B552	CS9 - CHS76.1/3.2	0,260	CO1/24	-6,64	0,00	0,00	0,00	-0,23	0,00
5	B369	CS9 - CHS76.1/3.2	0,405	CO1/25	8,26	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
6	B586	CS9 - CHS76.1/3.2	0,260	CO1/10	-29,97	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
7	B412	CS9 - CHS76.1/3.2	0,000	CO1/11	-14,70	0,00	0,00	0,00	-0,42	0,00
8	B470	CS9 - CHS76.1/3.2	0,000	CO1/14	-14,62	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00
9	B592	CS9 - CHS76.1/3.2	0,270	CO1/26	2,63	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00
10	B427	CS9 - CHS76.1/3.2	0,270	CO1/27	-1,48	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00
11	B360	CS9 - CHS76.1/3.2	0,270	CO1/28	1,80	0,00	0,00	0,00	-0,03	0,00
12	B476	CS9 - CHS76.1/3.2	0,270	CO1/28	2,11	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,00

Ned,t = 19,77 kN

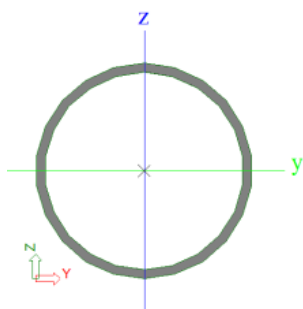
Ned,c = 111,89 kN

Profil TR Ø76,1/3,2

Materiál: S235

Fy = 235 MPa

Fu = 360 MPa



Zatřídění průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

$$d/t = 76,1/3,2 = 23,78 \leq 50 \cdot \varepsilon = 50 \cdot 1 = 50$$

>> Průřez → Třída průřezu 1

Posouzení na tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,33 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 172,26 \text{ kN}$$

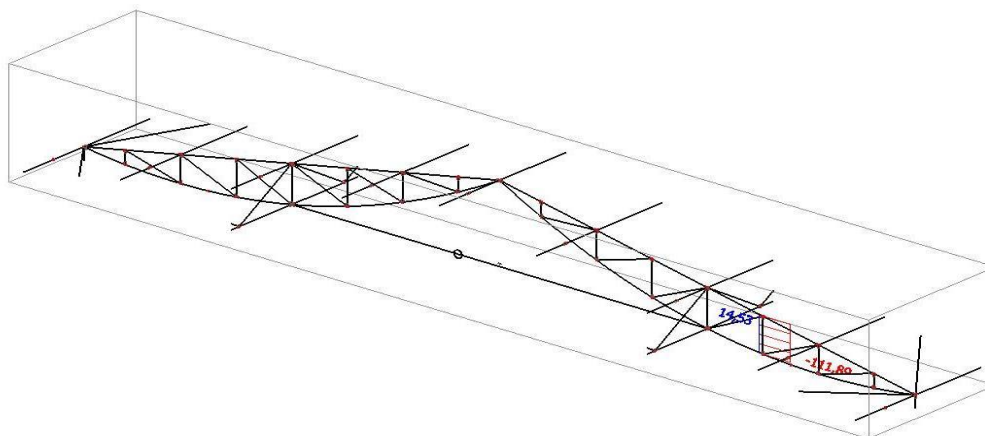
$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{19,77}{172,26} = 0,12 \leq 1,0$$

Vlastnosti	
A [m^2]	7,3300e-04
Ay [m^2]	4,6656e-04
Az [m^2]	4,6656e-04
AL [m^2/m]	2,3900e-01
AD [m^2/m]	4,5802e-01
cYUSS [mm]	38
cZUSS [mm]	38
α [deg]	0,00
Iy [m^4]	4,8800e-07
Iz [m^4]	4,8800e-07
iy [mm]	26
iz [mm]	26
Wely [m^3]	1,2800e-05
Welz [m^3]	1,2800e-05
Wply [m^3]	1,6749e-05
Wplz [m^3]	1,6749e-05

Posouzení na rovinný vzpěr

$$L_{cr,y} = 1,359 \text{ mm}$$

$$\beta = 1,0$$



Obr. 13: Posuzovaná svislice

Jednotková štíhlost:

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 1,0 = 93,9$$

Štíhlost prutů:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{1,359}{0,026} = 52,27$$

Poměrná štíhlost:

$$\overline{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{52,27}{93,9} = 0,556$$

Součinitel vzpěrnosti:

Křivky vzpěrné pevnosti: $a_{yy} = 0,49$; $a_{zz} = 0,49$

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\overline{\lambda}_y - 0,2) + \overline{\lambda}_y^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,49 (0,556 - 0,2) + 0,556^2 \right] = 0,742$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \overline{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,742 + \sqrt{0,742^2 - 0,556^2}} = 0,812$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,812 \cdot 7,33 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 139,66 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = \frac{111,89}{139,66} = 0,80 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Svislice splňuje posouzení na MSÚ

7.5. Diagonály vazníku

Tab. Vnitřní síly

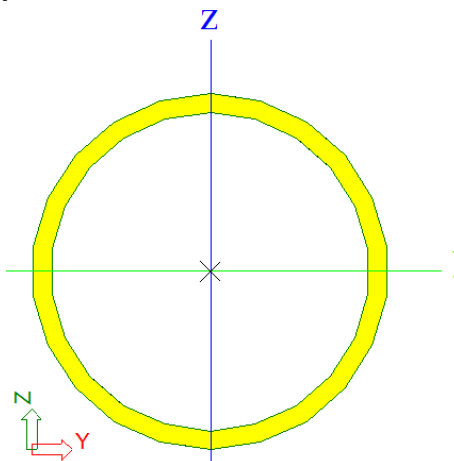
	Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
1	B429	CS8 - CHS76.1/4.0	2,003	CO1/13	-80,05	-0,08	0,00	0,00	-0,05	0,00
2	B492	CS8 - CHS76.1/4.0	0,000	CO1/13	154,22	0,08	0,00	0,00	0,01	0,00
3	B221	CS8 - CHS76.1/4.0	0,524	CO1/21	1,15	0,03	0,03	0,00	-0,06	0,00
4	B217	CS8 - CHS76.1/4.0	0,000	CO1/29	-3,88	0,07	0,00	0,00	-0,01	0,00
5	B217	CS8 - CHS76.1/4.0	2,090	CO1/30	26,34	-0,09	0,00	0,00	0,02	0,00
6	B217	CS8 - CHS76.1/4.0	0,000	CO1/30	26,39	0,09	0,00	0,00	0,02	0,00
7	B222	CS8 - CHS76.1/4.0	0,000	CO1/31	4,50	0,07	0,00	0,00	-0,24	0,00
8	B227	CS8 - CHS76.1/4.0	0,000	CO1/32	4,59	0,07	0,00	0,00	0,24	0,00
9	B217	CS8 - CHS76.1/4.0	0,000	CO1/18	-26,10	0,07	0,00	0,00	-0,03	0,00
10	B219	CS8 - CHS76.1/4.0	1,127	CO1/30	26,56	0,00	0,05	0,00	0,01	0,00
11	B602	CS8 - CHS76.1/4.0	1,049	CO1/33	13,36	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00

Ned,t = 154,22 kN

Ned,c = 80,05 kN

Profil TR Ø76,1/4

Materiál: S235

 $f_y = 235 \text{ MPa}$ $f_u = 360 \text{ MPa}$ 

Vlastnosti	
A [m ²]	9,0600e-04
A _y [m ²]	5,7680e-04
A _z [m ²]	5,7680e-04
AL [m ² /m]	2,3900e-01
AD [m ² /m]	4,5299e-01
cYUSS [mm]	38
cZUSS [mm]	38
α [deg]	0,00
I _y [m ⁴]	5,9100e-07
I _z [m ⁴]	5,9100e-07
i _y [mm]	26
i _z [mm]	26
W _{ely} [m ³]	1,5500e-05
W _{elz} [m ³]	1,5500e-05
W _{ply} [m ³]	2,0487e-05
W _{plz} [m ³]	2,0487e-05

Zatřídění průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

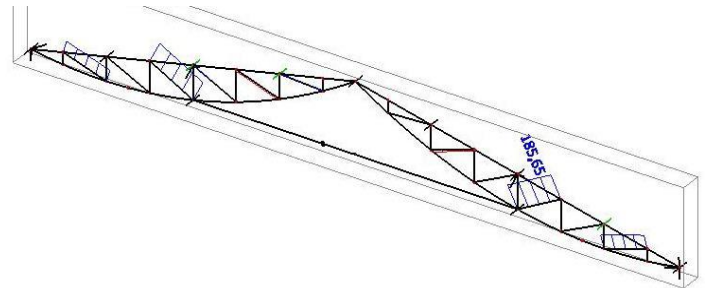
$$d/t = 76,1/4 = 19,03 \leq 50 \cdot \varepsilon = 50 \cdot 1 = 50$$

>> Průřez → Třída průřezu 1

Tažená diagonála

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{9,06 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 212,91 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{154,22}{212,91} = 0,72 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

**Tlačená diagonála**

$$L_{cr,y,z} = 2,003$$

$$\beta = 1,0$$

Jednotková štíhlost:

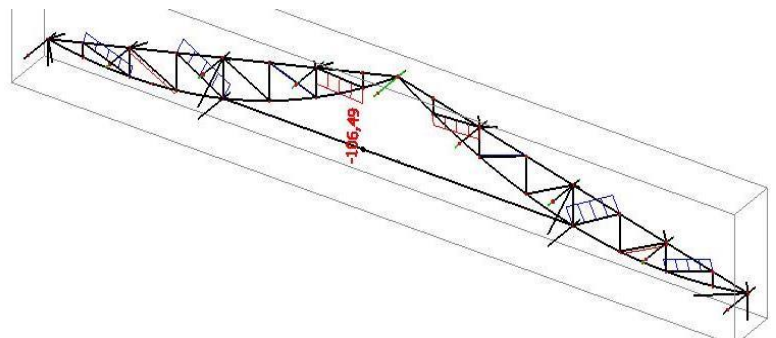
$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 1,0 = 93,9$$

Štíhlost prutů:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,003}{0,026} = 77,04$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{77,04}{93,9} = 0,82$$



Obr. 14: Posuzovaná tažená diagonála

Obr. 15: Posuzovaná tlačená diagonála

Součinitel vzpěrnosti:

Křivky vzpěrné pevnosti: $a_{yy} = 0,49$; $a_{zz} = 0,49$

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,49 (0,82 - 0,2) + 0,82^2 \right] = 0,989$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,989 + \sqrt{0,989^2 - 0,82^2}} = 0,649$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,649 \cdot 9,06 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 138,25 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = \frac{80,05}{138,25} = 0,58 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Tažená i tlačená diagonála splňuje posouzení na MSÚ

7.6. Táhlo

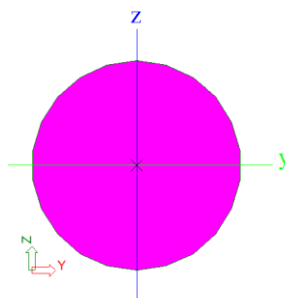
Tab. Vnitřní síly

Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
1	B1045	CS3 - RD40	0,000 NC3	362,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	B1045	CS3 - RD40	15,000 NC3	362,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	B1046	CS3 - RD40	0,000 NC3	503,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	B1046	CS3 - RD40	15,000 NC3	503,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5	B1047	CS3 - RD40	0,000 NC3	541,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	B1047	CS3 - RD40	15,000 NC3	541,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	B1048	CS3 - RD40	0,000 NC3	541,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	B1048	CS3 - RD40	15,000 NC3	541,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	B1049	CS3 - RD40	0,000 NC3	503,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	B1049	CS3 - RD40	15,000 NC3	503,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	B1050	CS3 - RD40	0,000 NC3	352,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	B1050	CS3 - RD40	15,000 NC3	352,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Ned = 541,88 kN

Profil: RD45

Materiál: S460

 $f_y = 460 \text{ MPa}$ $f_u = 610 \text{ MPa}$ 

Vlastnosti	
A [m ²]	1,5896e-03
Ay [m ²]	1,4312e-03
Az [m ²]	1,4312e-03
AL [m ² /m]	1,4100e-01
AD [m ² /m]	1,4136e-01
cYUSS [mm]	23
cZUSS [mm]	23
α [deg]	0,00
Iy [m ⁴]	1,9707e-07
Iz [m ⁴]	1,9707e-07
iy [mm]	11
iz [mm]	11

Posouzení na tah

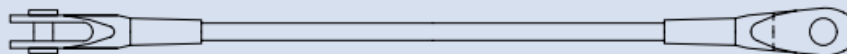
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,59 \cdot 10^{-3} \cdot 460 \cdot 10^6}{1,0} = 731,40 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{541,88}{731,40} = 0,74 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Výrobce udává minimální únosnost $N_{rd} = 660 \text{ kN} \geq N_{ed,t} = 541,88 \text{ kN}$

Tabulka 1: Vlastnosti táhel Macalloy ve standardním provedení a v nerez provedení

Závít	jednotka	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90*	M100*
Průměr táhla	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97
Minimální mez kluzu	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1756	2239	2533	3172
Minimální mez pevnosti	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1596	2329	2969	3358	4206
Hmotnost táhla	Kg/m	0,50	0,75	1,40	2,20	3,00	4,80	7,10	9,40	12,50	16,70	22,20	32,00	41,50	46,70	58,00



Tabulka vlastnosti táhel Macalloy Zdroj: Katalog na tension.cz

8. Posouzení podélného větrového ztužidla

8.1. Dolní pás

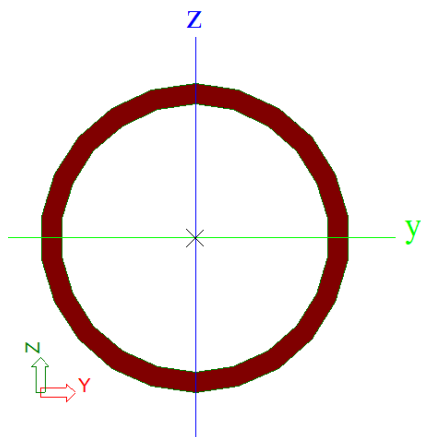
Tab. Vnitřní síly

	Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
1	B1005	CS23 - CHS76.1/5.0	6,750	CO1/11	-66,25	0,06	0,11	0,00	0,00	-0,01
2	B1015	CS23 - CHS76.1/5.0	2,250	CO1/13	123,95	0,22	-0,08	0,00	-0,01	-0,01
3	B975	CS23 - CHS76.1/5.0	0,000	CO1/34	55,64	0,60	0,00	-0,02	-0,21	0,00
4	B1005	CS23 - CHS76.1/5.0	0,000	CO1/34	83,20	-0,14	0,00	0,02	-0,06	0,00
5	B1005	CS23 - CHS76.1/5.0	9,000	CO1/13	13,20	-0,63	0,00	0,02	0,15	0,00
6	B1010	CS23 - CHS76.1/5.0	0,000	CO1/12	12,76	0,64	0,00	0,02	0,15	0,00
7	B1040	CS23 - CHS76.1/5.0	6,750	CO1/35	57,92	-0,35	1,04	-0,02	-0,22	0,05
8	B1005	CS23 - CHS76.1/5.0	6,750	CO1/36	57,93	-0,36	1,06	0,02	0,22	-0,05
9	B975	CS23 - CHS76.1/5.0	2,250	CO1/18	-42,78	-0,39	-0,66	0,01	0,06	0,02
10	B1010	CS23 - CHS76.1/5.0	2,250	CO1/12	12,76	0,42	1,20	0,02	0,15	0,05
11	B1040	CS23 - CHS76.1/5.0	6,750	CO1/10	70,61	0,14	1,08	-0,02	0,08	-0,14
12	B975	CS23 - CHS76.1/5.0	2,250	CO1/34	70,99	-0,15	1,10	-0,02	0,08	0,14

 $N_{ed,t} = 123,95 \text{ KN}$ $N_{ed,c} = 66,25 \text{ KN}$

Profil: TR Ø76,1/5

Materiál: S235

 $f_y = 235 \text{ MPa}$ $f_u = 360 \text{ MPa}$ 

Vlastnosti	
A [m ²]	1,1200e-03
A _y [m ²]	7,1100e-04
A _z [m ²]	7,1100e-04
AL [m ² /m]	2,3900e-01
AD [m ² /m]	4,4671e-01
c _{YUSS} [mm]	38
c _{ZUSS} [mm]	38
α [deg]	0,00
I _y [m ⁴]	7,0900e-07
I _z [m ⁴]	7,0900e-07
i _y [mm]	25
i _z [mm]	25
W _{ely} [m ³]	1,8600e-05
W _{elz} [m ³]	1,8600e-05
W _{ply} [m ³]	2,4918e-05
W _{plz} [m ³]	2,4918e-05

Zatřídění průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

$$d/t = 76,1/5 = 15,22 \leq 50 \cdot \varepsilon = 50 \cdot 1 = 50$$

>> Průřez → Třída průřezu 1

Posouzení na tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,12 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 263,20 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{123,95}{263,20} = 0,47 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení na rovinný vzpěr

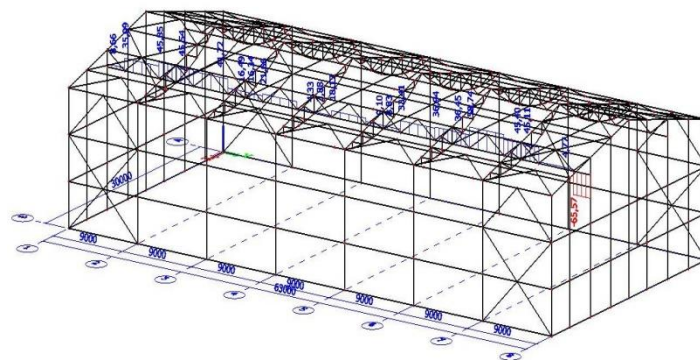
$$L_{cr,y} = 2,25 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 2,25 \text{ m}$$

$$\beta = 1,0$$

Jednotková štíhlost:

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 1,0 = 93,9$$



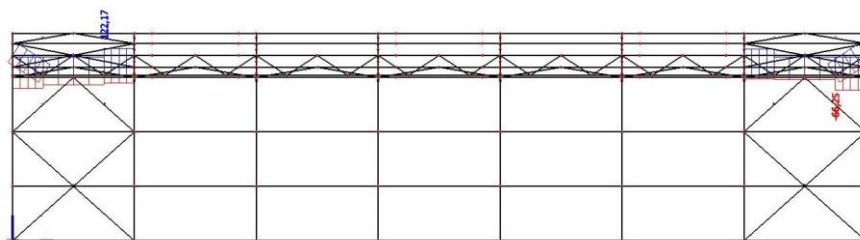
Štíhlost prutů:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,25}{0,025} = 90$$

Obr.16: Posuzované místo DP pod. ztužidla

Poměrná štíhlost

$$\overline{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{90}{93,9} = 0,959$$



Součinitel vzpěrnosti:

Obr.17: Posuzované místo DP pod. ztužidla

Křivky vzpěrné pevnosti: $a_{yy} = 0,21$

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\overline{\lambda}_y - 0,2) + \overline{\lambda}_y^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 (0,959 - 0,2) + 0,959^2 \right] = 1,039$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \overline{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,039 + \sqrt{1,039^2 - 0,959^2}} = 0,694$$

Vzpěrná únosnost:

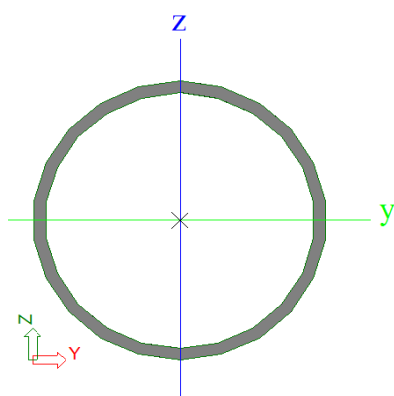
$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,694 \cdot 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 182,78 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = \frac{67,57}{182,78} = 0,37 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

>> Dolní pás větrového ztužidla je předimenzován, kvůli prolomení ve styčníku.

8.2. Diagonály podélného větrového ztužidla

	Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
1	B1008	CS9 - CHS76.1/3.2	2,688	CO1/20	-61,80	-0,07	0,00	0,00	0,00	0,00
2	B1009	CS9 - CHS76.1/3.2	2,688	CO1/20	61,87	-0,07	0,00	0,00	-0,15	0,00

 $N_{ed,t} = 64,29 \text{ KN}$ $N_{ed,c} = 64,15 \text{ KN}$ **Profil: TR Ø76,1/3,2****Materiál: S235** $f_y = 235 \text{ MPa}$ $f_u = 360 \text{ MPa}$ 

Vlastnosti	
A [m ²]	7,3300e-04
A _y [m ²]	4,6656e-04
A _z [m ²]	4,6656e-04
AL [m ² /m]	2,3900e-01
AD [m ² /m]	4,5802e-01
cYUSS [mm]	38
cZUSS [mm]	38
α [deg]	0,00
I _y [m ⁴]	4,8800e-07
I _z [m ⁴]	4,8800e-07
i _y [mm]	26
i _z [mm]	26
W _{ely} [m ³]	1,2800e-05
W _{elz} [m ³]	1,2800e-05
W _{ply} [m ³]	1,6749e-05
W _{plz} [m ³]	1,6749e-05

Posouzení na tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{7,33 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 172,26 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{61,87}{172,26} = 0,36 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení na rovinný vzpěr $L_{cr,y} = 2,668 \text{ m}$ $L_{cr,z} = 2,668 \text{ m}$ $\beta = 1,0$

Jednotková štíhlost:

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 1,0 = 93,9$$

Štíhlost prutů:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2,668}{0,026} = 102,62$$

Poměrná štíhlost:

$$\overline{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{102,62}{93,9} = 1,093$$

Součinitel vzpěrnosti:

Křivky vzpěrné pevnosti: $a_{yy} = 0,21$

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\overline{\lambda}_y - 0,2) + \overline{\lambda}_y^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,21(1,093 - 0,2) + 1,093^2 \right] = 1,191$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \overline{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{1,191 + \sqrt{1,191^2 - 1,093^2}} = 0,601$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,601 \cdot 7,33 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 103,51 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = \frac{61,80}{103,51} = 0,60 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Podélné větrové ztužidlo splňuje posouzení na MSÚ

9. Posouzení příčného větrového ztužidla

9.1. Přídavné síly působící na konstrukci střechy

9.1.1. Vítr na hlavní stěnu

Stěna je opřena o střešní konstrukci

Tlak větru na stěnu

$$W_k = 0,57 \text{ kN/m}^2$$

$$W_d = W_k \cdot ZS = 0,57 \cdot 1,5 = 0,855 \text{ kN/m}^2$$

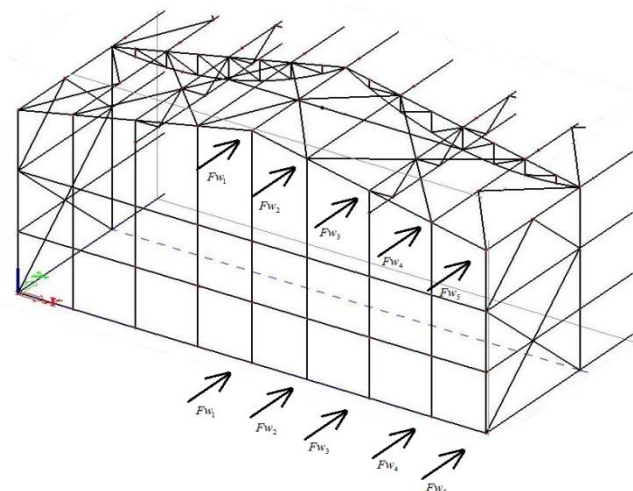
$$F_{W1} = W_d \cdot ZS = 0,855 \cdot 3,5 = 2,99 \text{ kN}$$

$$F_{W2} = W_d \cdot ZS = 0,855 \cdot 3,75 = 3,21 \text{ kN}$$

$$F_{W3} = W_d \cdot ZS = 0,855 \cdot 4,0 = 3,42 \text{ kN}$$

$$F_{W4} = W_d \cdot ZS = 0,855 \cdot 3,75 = 3,21 \text{ kN}$$

$$F_{W5} = W_d \cdot ZS = 0,855 \cdot 1,75 = 1,5 \text{ kN}$$



Obr. 18: Síly od větru na čelní stěnu

9.1.2. Tření větru po plášti

$$x = d - \min(2 \cdot L; 4 \cdot h)$$

$$= 63 - \min(60; 61) = 3 \text{ m}$$

$$A_{fr} = x \cdot L^* = 3 \cdot 30,696 = 90,088 \text{ m}^2$$

$$F_{fr} = C_{fr} \cdot q_p(z) \cdot A_{fr} = 0,04 \cdot 0,778 \cdot 90,088 = 2,87 \text{ kN}$$

$$C_{fr} = 0,04 > \text{vlnovky, drážky}$$

$$q_{fr} = \frac{F_{fr} \cdot \gamma_Q}{L^* \cdot N} = \frac{2,87 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{30,696 \cdot 2} = 0,07 \text{ kN/m}$$

$N \rightarrow$ počet příčných ztužidel

9.1.3. Stabilizační zatížení

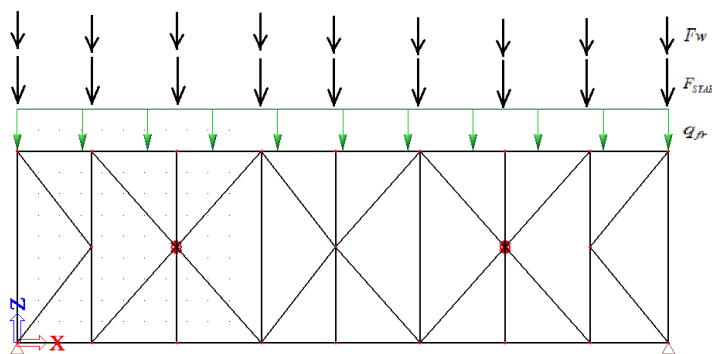
$$m = \frac{\text{počet_vazníku}}{\text{počet_ztužidel}} = \frac{6}{2} = 3$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{3}\right)} = 0,816$$

$$F_{STAB} = \frac{\alpha_m \cdot N_{Ed}}{100} = \frac{0,816 \cdot 571,16 \cdot 10^3}{100} = 4,66 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = \sum_i N_{Ed,i}$$

$N_{Ed} \rightarrow$ průměrná tlaková síla ve stabilizovaném prvku



Obr. 19: Přídavné síly od větru, tření po plášti a stab. Síla

9.2. Příčná střešní ztužidla

Příčná ztužidla jsou navržena pouze na tah. Nelineární kombinace byla vygenerována z lineární kombinace CO13.

	Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
1	B1117	CS22 - CFCHS76.1X5	0,000	NC7	-0,04	0,25	0,00	-0,02	-0,28	0,00
2	B1141	CS22 - CFCHS76.1X5	5,751	NC7	49,97	-0,28	0,00	0,00	-0,17	0,00
3	B1118	CS22 - CFCHS76.1X5	6,083	NC7	37,71	0,26	0,21	-0,03	-0,88	0,20
4	B1136	CS22 - CFCHS76.1X5	6,083	NC7	37,77	0,26	0,21	0,03	0,88	-0,20
5	B1137	CS22 - CFCHS76.1X5	6,083	NC7	1,56	-0,35	-0,30	0,00	-0,13	-0,01
6	B1137	CS22 - CFCHS76.1X5	6,083	NC7	-0,04	0,35	-0,30	0,00	-0,13	-0,01
7	B1071	CS22 - CFCHS76.1X5	0,000	NC7	-0,04	0,28	0,00	0,00	-1,32	0,00
8	B1122	CS22 - CFCHS76.1X5	0,000	NC7	0,04	0,28	0,00	0,00	1,47	0,00
9	B1118	CS22 - CFCHS76.1X5	9,124	NC7	37,75	-0,04	0,56	-0,03	-0,88	0,10

$$N_{ed,t} = 49,97 \text{ KN}$$

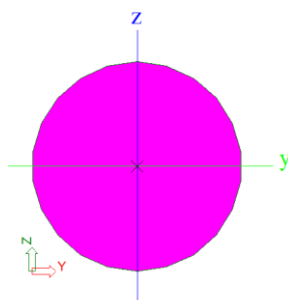
$$F_{stab} + q_{fr} = 25,11 \text{ KN}$$

Profil: RD19

Materiál: S235

$$f_y = 460 \text{ MPa}$$

$$f_u = 610 \text{ MPa}$$



Vlastnosti	
A [m^2]	3,1400e-04
Ay [m^2]	2,8194e-04
Az [m^2]	2,8194e-04
AL [m^2/m]	6,2666e-02
AD [m^2/m]	6,2829e-02
cYUSS [mm]	10
cZUSS [mm]	10
α [deg]	0,00
Iy [m^4]	7,6894e-09
Iz [m^4]	7,6894e-09
iy [mm]	5
iz [mm]	5

Posouzení na tah

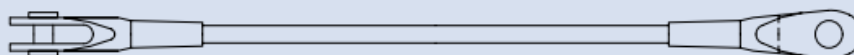
$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2,83 \cdot 10^{-4} \cdot 460 \cdot 10^6}{1,0} = 130,42 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{49,97 + 25,11}{130,42} = 0,58 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Výrobce udává únosnost při minimální mezi kluzu $N_{rd} = 109 \text{ KN} \geq N_{ed,t}$

Tabulka 1: Vlastnosti táhel Macalloy ve standardním provedení a v nerez provedení

Závít	jednotka	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90*	M100*
Průměr táhla	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97
Minimální mez kluzu	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1756	2239	2533	3172
Minimální mez pevnosti	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1596	2329	2969	3358	4206
Hmotnost táhla	Kg/m	0,50	0,75	1,40	2,20	3,00	4,80	7,10	9,40	12,50	16,70	22,20	32,00	41,50	46,70	58,00



Tabulka vlastností táhel Macalloy Zdroj: Katalog na tension.cz

9.3. Okapová střešní ztužidla

>> Nelineární kombinace vygenerována z CO10

	Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
1	B838	CS22 - CFCHS76.1X5	5,751	NC7	-26,16	-0,28	0,00	0,00	0,34	0,00
2	B837	CS22 - CFCHS76.1X5	5,751	NC7	26,45	-0,28	0,00	0,00	-0,69	0,00
3	B819	CS22 - CFCHS76.1X5	0,000	NC7	-15,39	0,28	0,00	0,00	-1,28	0,00
4	B819	CS22 - CFCHS76.1X5	5,751	NC7	-15,31	-0,28	0,00	0,00	-1,28	0,00
5	B825	CS22 - CFCHS76.1X5	0,000	NC7	-11,67	0,28	0,00	0,00	-1,51	0,00
6	B911	CS22 - CFCHS76.1X5	0,000	NC7	-11,46	0,28	0,00	0,00	1,52	0,00
7	B819	CS22 - CFCHS76.1X5	2,876	NC7	-15,35	0,00	0,41	0,00	-1,28	0,00

Ned,t = 26,45 KN

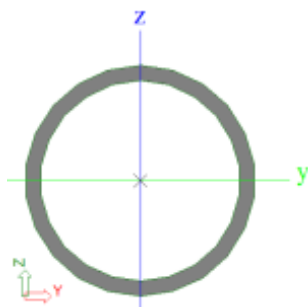
Ned, c = -26,16 KN

Profil: TR Ø76,1/5

Materiál: S235

fy = 235 MPa

fy = 360 MPa



Vlastnosti	
A [m^2]	1,1170e-03
Ay [m^2]	7,1100e-04
Az [m^2]	7,1100e-04
AL [m^2/m]	2,3900e-01
AD [m^2/m]	4,4671e-01
cYUSS [mm]	38
cZUSS [mm]	38
α [deg]	0,00
Iy [m^4]	7,0920e-07
Iz [m^4]	7,0920e-07
iy [mm]	25
iz [mm]	25
Wely [m^3]	1,8640e-05
Welz [m^3]	1,8640e-05
Wply [m^3]	2,5320e-05
Wplz [m^3]	2,5320e-05

Posouzení na tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1,11 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 260,85 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{26,45}{260,85} = 0,10 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení na rovinný vzpěr

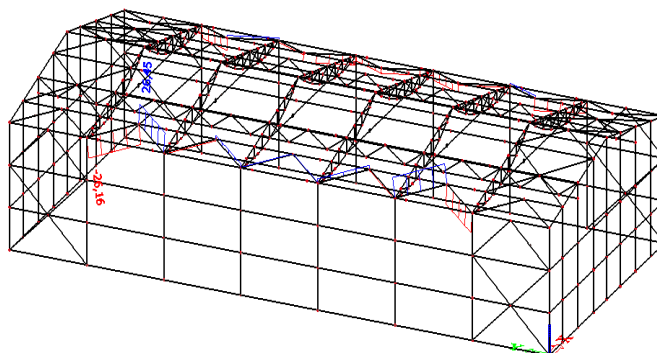
 $L_{cr,y} = 5,751 \text{ m}$ $L_{cr,z} = 5,751 \text{ m}$ $\beta = 1,0$

Jednotková štíhlost:

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 1,0 = 93,9$$

Štíhlost prutů:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{5,751}{0,025} = 230,04$$



Obr. 20: Posuzovaná okapová ztužidla

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{230,04}{93,9} = 2,45$$

Součinitel vzpěrnosti:

Křivky vzpěrné pevnosti: $a_{yy} = 0,21$

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,49 (2,45 - 0,2) + 2,45^2 \right] = 4,05$$

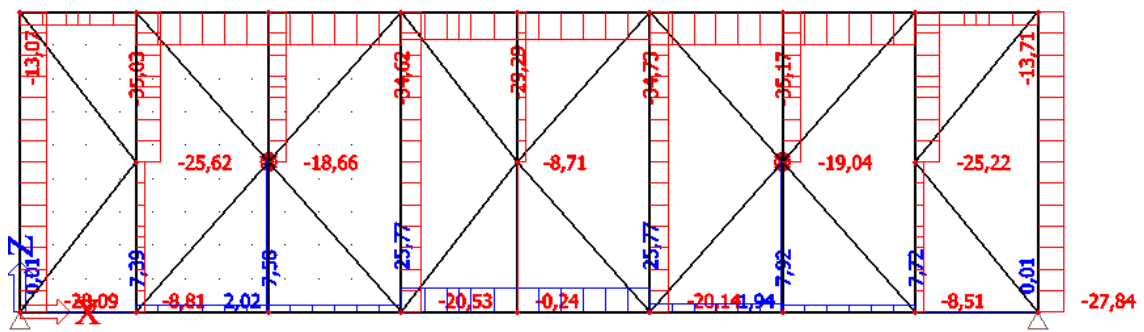
$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{4,05 + \sqrt{4,05^2 - 2,45^2}} = 0,137$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_y \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,137 \cdot 1,11 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 36,58 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = \frac{26,45}{36,58} = 0,72 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

9.4. Přeposouzení vaznice a horního pásu na účinky od přídavných sil



Obr. 21: Normálové síly od přídavných sil

Vaznice

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,112 \cdot 5,38 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 141,27 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = \frac{77,27 + 27,84}{141,27} = 0,74 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Horní pás

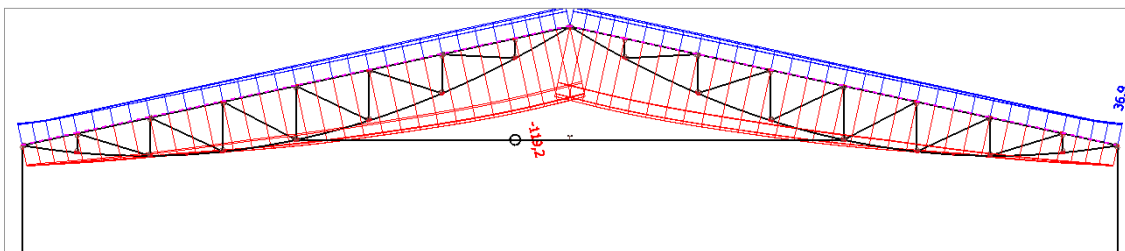
Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,735 \cdot 5,89 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 1016,79 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = \frac{912,03 + 29,29}{1016,79} = 0,93 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

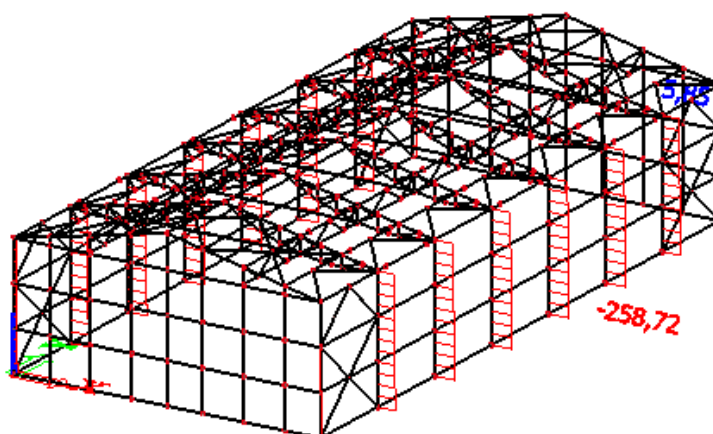
10. Mezní stav použitelnosti

Průhyb vazníku

>> průhyb u_z vypočtený programem scia 119,2 mm

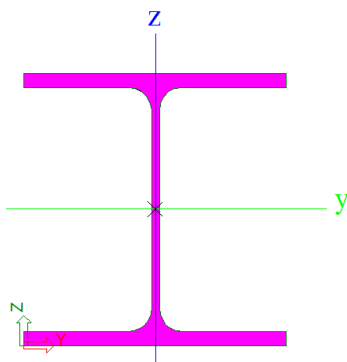
$$\text{Mezní hodnota } \delta_{\text{lim}} = \frac{L}{250} = \frac{30}{250} = 0,120 \text{ m}$$

$$\delta_{\text{lim}} = 120 \text{ mm} \geq \delta = 119,2 \text{ mm} \gg \text{OK}$$

11. Posouzení konstrukce stěn**11.1. Návrh a posouzení sloupu**

Obr.22: Normálové síly ve sloupech

	Prvek	css	dx [m]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
1	B441	CS11 - HEA320	0,000	CO1/13	-258,07	-35,34	202,51	-0,33	0,00	0,00
2	B238	CS11 - HEA320	8,000	CO1/17	78,55	-7,06	-55,95	-0,73	0,00	-1,18
3	B672	CS11 - HEA320	8,000	CO1/10	16,65	-11,00	44,00	-10,56	-0,02	22,64
4	B672	CS11 - HEA320	8,000	CO1/10	15,10	37,56	43,98	10,56	0,00	22,57
5	B673	CS11 - HEA320	0,000	CO1/34	7,50	-71,78	396,03	-4,23	0,00	-0,17
6	B205	CS11 - HEA320	0,000	CO1/10	9,41	71,99	-397,27	4,59	0,00	0,17
7	B239	CS11 - HEA320	8,000	CO1/29	-4,53	-24,49	97,95	-0,04	-0,04	0,17
8	B238	CS11 - HEA320	8,000	CO1/24	-10,97	24,97	-99,90	0,14	0,04	-0,55
9	B206	CS11 - HEA320	8,000	CO1/12	-34,10	-6,37	25,47	8,88	0,00	-25,66
10	B672	CS11 - HEA320	8,000	CO1/13	-34,46	6,28	-25,12	-8,97	0,00	26,02

Profil: HEA320**Materiál: S355** $f_y = 355 \text{ MPa}$ $f_u = 490 \text{ MPa}$ 

Vlastnosti	
A [m ²]	1,2400e-02
A _y [m ²]	8,9752e-03
A _z [m ²]	2,9752e-03
AL [m ² /m]	1,7600e+00
AD [m ² /m]	1,7554e+00
c _{YUSS} [mm]	150
c _{ZUSS} [mm]	155
α [deg]	0,00
I _y [m ⁴]	2,2900e-04
I _z [m ⁴]	6,9900e-05
i _y [mm]	136
i _z [mm]	75
W _{ely} [m ³]	1,4800e-03
W _{elz} [m ³]	4,6600e-04
W _{ply} [m ³]	1,6292e-03
W _{plz} [m ³]	7,0833e-04

Zatřídění průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 1$$

I _t [m ⁴]	1,0800e-06
I _w [m ⁶]	1,5124e-06

Stojina: $c/t = (310 - 2 \cdot 15,5)/9 = 31 \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 1 = 33$ Pásnice: $c/t = (300/2 - 9/2)/15,5 = 9,39 \leq 10 \cdot \varepsilon = 10 \cdot 1 = 10$

>> stojina → Třída průřezu 1

>> pásnice → Třída průřezu 2

Posouzení na smyk

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2r) \cdot t_f = 12440 - 2 \cdot 300 \cdot 15,5 + (9 + 2 \cdot 27) \cdot 15,5 = 4116,5 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{4,12 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 844,43 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{0,5 \cdot V_{pl,Rd}} = \frac{71,99}{0,5 \cdot 844,43} = 0,17 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

>> účinek smykové síly na únosnost v ohybu zanedbáváme

Posouzení na ohyb směr z

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,63^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 578,65 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{397,27}{578,65} = 0,68 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení na vzpěr

$$L_{cr,y} = \beta_1 \cdot L_{cr,y} = 2 \cdot 12,0 = 24 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = \beta_2 \cdot L_{cr,z} = 0,92 \cdot 4,0 = 3,68 \text{ m}$$

$$L_{cr,T} = \beta_3 \cdot L_{cr,y} = 0,7 \cdot 12,0 = 8,4 \text{ m}$$

$\beta_1, \beta_2 \gg$ z programu scia: Posudek stability

Pro posudek stability byl vytvořen 2D rám s následnou kombinací:
ZS1+ZS2+ZS3+ZS6+ZS13

Kritická síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,29 \cdot 10^{-4}}{24^2} = 822,02 \text{ KN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 6,99 \cdot 10^{-5}}{3,68^2} = 10703,81 \text{ KN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \frac{G \cdot I_t + \pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{cr,T}^2} = \frac{1}{24,12} \cdot \frac{81 \cdot 10^9 \cdot 1,08 \cdot 10^{-6} + \pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 1,51 \cdot 10^{-6}}{8,4^2} = 5457,28 \text{ KN}$$

$$i_0^2 = (i_y^2 + i_z^2) = (136^2 + 75^2) = 24,12 \text{ mm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,24 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{822,02 \cdot 10^3}} = 2,31$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,24 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{10703,81 \cdot 10^3}} = 0,64$$

$$\overline{\lambda}_T = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,T}}} = \sqrt{\frac{1,24 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{5457,28 \cdot 10^3}} = 0,898$$

Rozhodující štíhlost $\rightarrow \overline{\lambda}_y = 2,31$

Součinitel vzpěrnosti:

Křivky vzpěrné pevnosti: $a_{yy} = 0,34$

$$\phi_y = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\overline{\lambda}_y - 0,2) + \overline{\lambda}_y^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,34 (2,31 - 0,2) + 2,31^2 \right] = 3,54$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \overline{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{3,537 + \sqrt{3,537^2 - 2,31^2}} = 0,161$$

Vzpěrná únosnost:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{\min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,161 \cdot 1,24 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 708,65 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed,c}}{N_{b,Rd}} = \frac{258,07}{708,65} = 0,36 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posudek na klopení

$$L_z = \beta \cdot L = 0,5 \cdot 12,0 = 6,0 \text{ m}$$

$$k_z = 1,0$$

$$k_w = 1,0$$

$$C_{1,0} = 1,77$$

$$C_{1,1} = 1,85$$

Stanovení kritického momentu dle Eurokodu:

$$k_{wt} = \frac{\pi}{k_w L} \cdot \sqrt{\frac{EI_w}{GI_t}} = \frac{\pi}{1,0 \cdot 4,0} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 1,51 \cdot 10^{-6}}{81 \cdot 1,08 \cdot 10^{-5}}} = 0,473$$

$$C_1 = C_{1,0} + (C_{1,1} - C_{1,0}) \cdot k_{wt} = 1,77 + (1,85 - 1,77) \cdot 0,473 = 0,875$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \sqrt{1 + k_{wt}^2} = \frac{0,875}{1} \sqrt{1 + 0,875^2} = 1,16$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{EI_z GI_t}}{L} = 1,16 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 2,29 \cdot 10^{-4} \cdot 81 \cdot 1,08 \cdot 10^{-6}}}{12,0} = 622,89 \text{ kNm}$$

Poměrná štíhlost:

$$\overline{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,63 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{622,89 \cdot 10^3}} = 0,96$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha (\overline{\lambda}_{LT} - 0,2) + \overline{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0,5 \cdot \left[1 + 0,34(0,96 - 0,2) + 0,96^2 \right] = 1,09$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \overline{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,09 + \sqrt{1,09^2 - 0,96^2}} = 0,62$$

Únosnost na klopení

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{\beta_w \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,62 \cdot \frac{1,0 \cdot 1,63 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 358,77 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{b,Rd}} = \frac{231,70}{358,77} = 0,65 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Kombinace ohybu a tlaku:

Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
C01/13	-258,07	-35,34	202,51	-0,33	0,00	0,00

$$c_{my} = 0,74$$

Součinitel ekvivalentního momentu

Únosnost průřezu:

$$M_{y,Rk} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,63 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 578,65 \text{ kNm}$$

$$N_{Rk} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,24 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 4402 \text{ kN}$$

$$k_{yy}, k_{zy}$$

Interakční součinitelé (ČSN EN 1993-1-1 tab. B1)

$$k_{yy} = \min \left\{ c_{my} \left[1 + (\overline{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right]; c_{my} \left(1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right\}$$

$$k_{yy} = 0,95$$

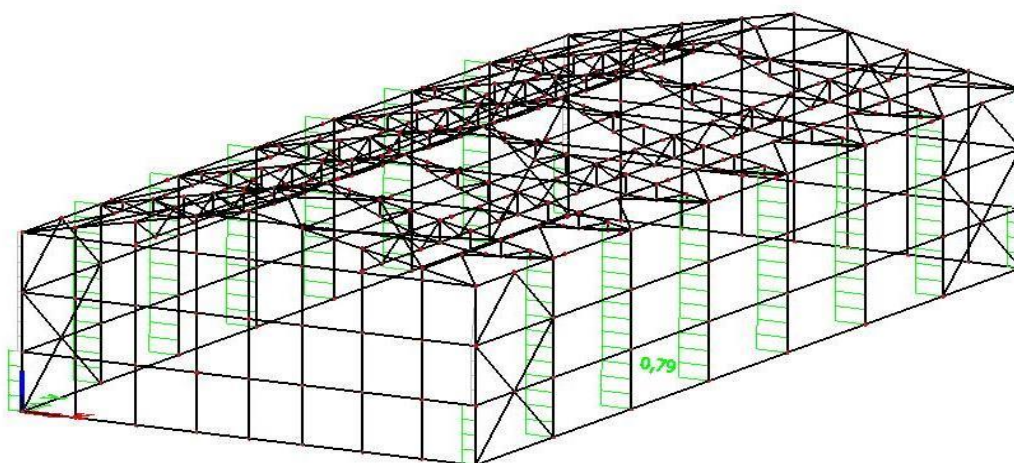
$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,95 = 0,57$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{258,07 \cdot 10^3}{0,16 \frac{4402 \cdot 10^3}{1,0}} + 0,95 \frac{202,51 \cdot 10^3}{1,0 \frac{578,65 \cdot 10^3}{1,0}} + 0 = 0,70 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

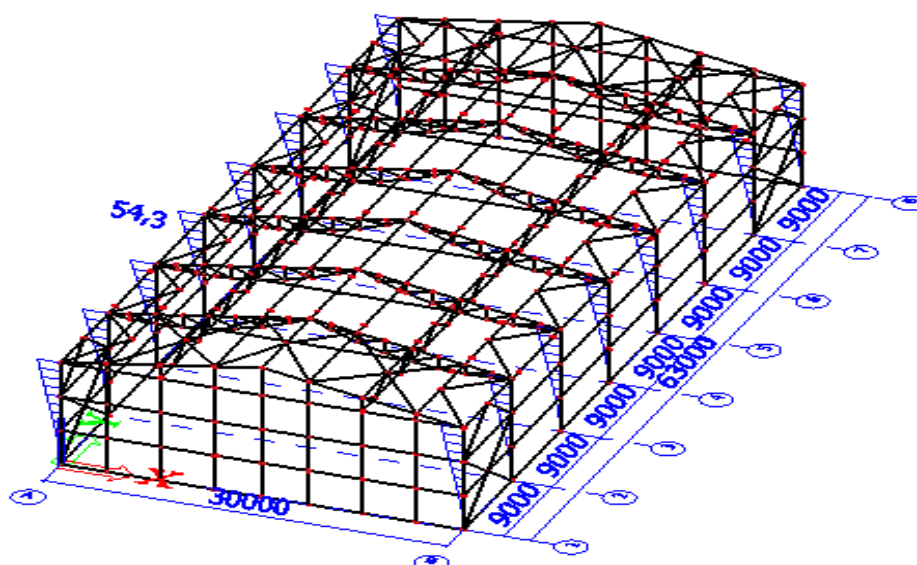
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{Ed,y}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{258,04 \cdot 10^3}{0,14 \frac{4402 \cdot 10^3}{1,0}} + 0,57 \frac{202,51 \cdot 10^3}{1,0 \frac{578,65 \cdot 10^3}{1,0}} + 0 = 0,62 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$



Obr. 23: Posudek MSÚ

Posouzení MSP



Obr. 24: Průhyb sloupu

>> průhyb u_z vypočtený programem scia 54,3 mm

$$\text{Mezní hodnota } \delta_{\text{lim}} = \frac{L}{150} = \frac{12}{150} = 0,08 \text{ m}$$

$$\delta_{\text{lim}} = 80\text{mm} \geq \delta = 54,3\text{mm} \gg \text{OK}$$

Sloup splňuje posouzení na MSÚ a MSP

11.2. Stěnová ztužidla

Nelineární kombinace vygenerována z CO17 pro nejnepríznivější stav

Stav	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Vy [kN]	Mx [kNm]	Mz [kNm]
NC7	-0.05	-0.05	0.00	0.00	-0.03	0.00
NC7	112.33	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.00

Návrh: Táhlo z oceli S460, Koncovka FA30, Čep M30 vše od výrobce MACALLOY.

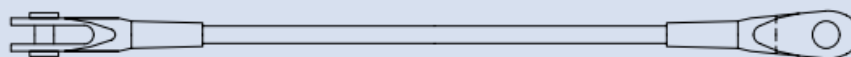
Podle tabulky výrobce je osová síla při minimálním mezi kluzu M24: $N_{rd} = 156 \text{ kN}$

$$N_{ed} < N_{rd}$$

112,33 < 156 [KN] >> OK

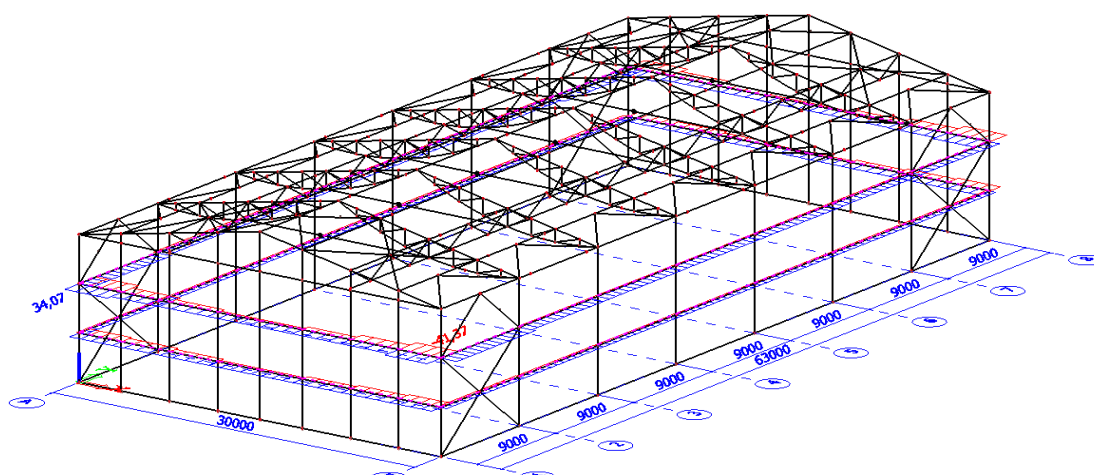
Tabulka 1: Vlastnosti táhel Macalloy ve standardním provedení a v nerez provedení

Závit	jednotka	M10	M12	M16	M20	M24	M30	M36	M42	M48	M56	M64	M76	M85	M90*	M100*
Průměr táhla	mm	10	11	15	19	22	28	34	39	45	52	60	72	82	87	97
Minimální mez kluzu	kN	25	36	69	108	156	249	364	501	660	912	1204	1756	2239	2533	3172
Minimální mez pevnosti	kN	33	48	91	143	207	330	483	665	875	1209	1596	2329	2969	3358	4206
Hmotnost táhla	Kg/m	0.50	0.75	1.40	2.20	3.00	4.80	7.10	9.40	12.50	16.70	22.20	32.00	41.50	46.70	58.00

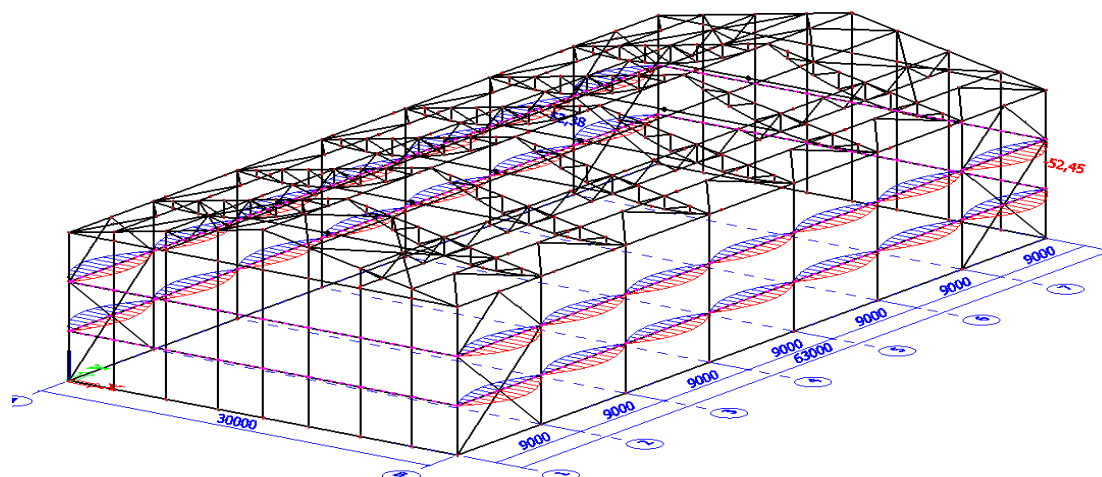


Tabulka vlastnosti táhel Macalloy Zdroj: Katalog na tension.cz

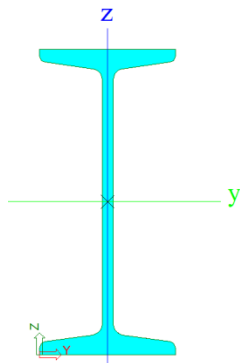
11.3. Paždíky



Obr. 26: Normálové síly v paždících

Obr. 27: Momenty M_y v paždicích**Profil: I220**

Materiál: S235

 $F_y = 235 \text{ Mpa}$ $F_u = 360 \text{ Mpa}$ 

Vlastnosti	
A [m ²]	3,9500e-03
A _y [m ²]	2,5489e-03
A _z [m ²]	1,7936e-03
AL [m ² /m]	7,7000e-01
AD [m ² /m]	7,7628e-01
cY _{US} [mm]	49
cZ _{US} [mm]	110
α [deg]	0,00
I _y [m ⁴]	3,0600e-05
I _z [m ⁴]	1,6200e-06
i _y [mm]	88
i _z [mm]	20
W _{ely} [m ³]	2,7800e-04
W _{elz} [m ³]	3,3100e-05
W _{ply} [m ³]	3,2287e-04
W _{plz} [m ³]	5,5700e-05

Zatřetíení průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1$$

Stojina: $c/t = (220 - 2 \cdot 12,2) / 8,1 = 24,15 \leq 72 \cdot \varepsilon = 72 \cdot 1 = 72$

Pásnice: $c/t = (98 / 2 - 8,1 / 2) / 12,2 = 3,68 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \cdot 1 = 9$

>> stojina i pásnice → Třída průřezu 1

Posouzení na tah

$$N_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,95 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 928,25 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} = \frac{34,70}{928,25} = 0,02 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení na smyk

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{1,79 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 242,86 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{0,5 \cdot V_{pl,Rd}} = \frac{16,74}{0,5 \cdot 242,86} = 0,14 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

>> účinek smykové síly na únosnost v ohybu zanedbáváme

Posouzení na ohyb směr z

$$M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,23 \cdot 10^{-4} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 75,91 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{52,48}{75,91} = 0,69 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení na ohyb směr y

$$M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5,57 \cdot 10^{-5} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 13,09 \text{ kNm}$$

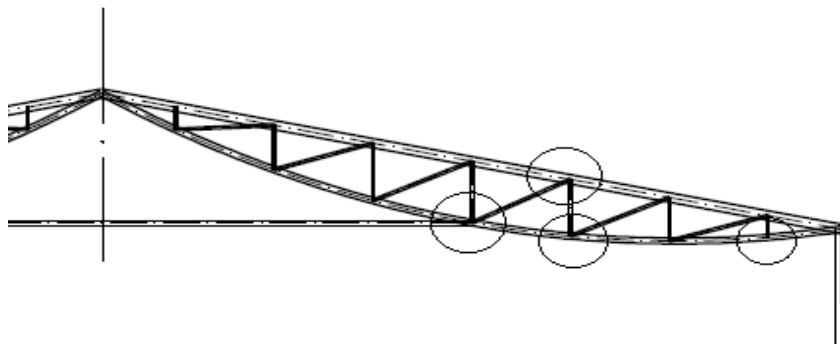
$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{4,16}{13,09} = 0,32 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

>> Klopení paždíku zabraňuje stěnový plášť

Paždíky splňují posouzení na MSÚ

12. Posouzení porušení trubek ve styčnicku

12.1. Posuzované styčníky vazníků



Obr. 28: Posuzované styčníky

12.1.1. Styčník tvaru T

$$N_{ed,1} = -53,89 \text{ kN}$$

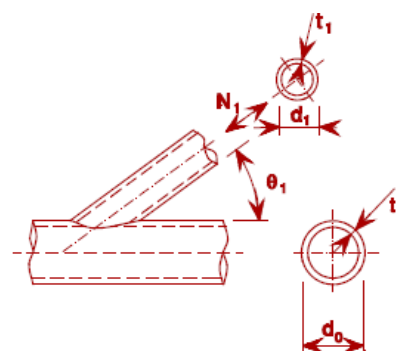
$$\theta = 90^\circ$$

$$t_0 = 8 \text{ mm}$$

$$d_0 = 139,7 \text{ mm}$$

$$t_1 = 3,2 \text{ mm}$$

$$d_1 = 76,1 \text{ mm}$$



Konstrukční zásady (čsn en 1993-1-8, tab. 7.1)

Tažený pás: $10 \leq \frac{d_0}{t_0} \leq 50$

$$10 \leq \frac{139,7}{8} \leq 50 \rightarrow 10 \leq 17,46 \leq 50 \dots OK$$

Posouzení porušení pásu

$$\gamma = \frac{\varnothing}{2 \cdot t_0} = \frac{139,7}{2 \cdot 8} = 8,73$$

$$n_p = \frac{\sigma_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{162,1 \cdot 10^6}{235 \cdot 10^6} = 0,68$$

$$k_p = 1 - 0,3 \cdot n_p (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0,68 (1 + 0,68) = 0,65 \rightarrow \text{tlak}$$

$$\beta = \frac{d_1}{d_0} = \frac{76,1}{139,7} = 0,545$$

$$\gamma_{M5} = 1,0$$

$$N_{1,Rd} = \frac{\gamma^{0,2} \cdot k_p \cdot f_{yd} \cdot t_0^2 (2,8 + 14,2 \cdot \beta^2)}{\sin \theta} / \gamma_{M5} = \frac{8,73^{0,2} \cdot 0,65 \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 0,008^2 (2,8 + 14,2 \cdot 0,545^2)}{\sin 90} / 1,0 = 105,82 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{53,89}{105,82} = 0,51 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

12.1.2. Styčnick tvaru K

$$N_{ed,1} = -110,7 \text{ KN}$$

$$N_{ed,1} = -40,11 \text{ KN}$$

$$N_{ed,2} = 75,12 \text{ KN}$$

$$N_{ed,2} = 152,61 \text{ KN}$$

$$\theta_1 = 90^\circ$$

$$\theta_2 = 30^\circ$$

$$t_0 = 8 \text{ mm}$$

$$d_0 = 139,7 \text{ mm}$$

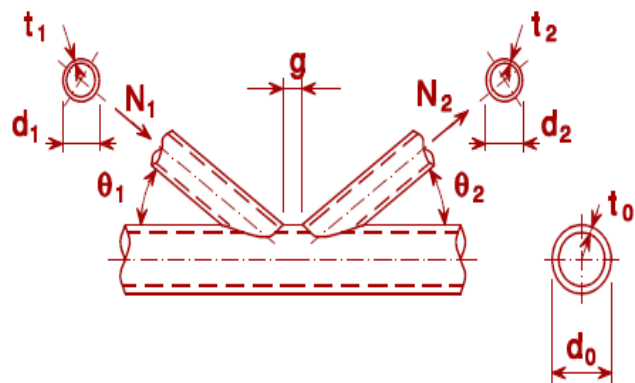
$$t_1 = 3,2 \text{ mm}$$

$$d_1 = 76,1 \text{ mm}$$

$$t_2 = 4 \text{ mm}$$

$$d_2 = 76,1 \text{ mm}$$

$$g = 8,57 \text{ mm}$$



Konstrukční zásady (čsn en 1993-1-8, tab. 7.1)

Tažený a tlačný pás: $10 \leq \frac{d_0}{t_0} \leq 50$

$$10 \leq \frac{139,7}{8} \leq 50 \rightarrow 10 \leq 17,46 \leq 50 \dots \text{OK}$$

Posouzení porušení pásu

$$\gamma = \frac{\varnothing}{2 \cdot t_0} = \frac{139,7}{2 \cdot 8} = 8,73$$

$$\frac{g}{t_0} = \frac{8,57}{3,2} = 2,89 \rightarrow k_g = 1,8 \text{ (z tab. ČSN EN 1993-1-8, obr 7.6)}$$

$$n_p = \frac{\sigma_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{151,1 \cdot 10^6}{235 \cdot 10^6} = 0,64$$

$$k_p = 1 - 0,3 \cdot n_p (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0,64 \cdot (1 + 0,64) = 0,69 \rightarrow \text{tlak}$$

$$k_p = 1,0 \rightarrow \text{tah}$$

$$\gamma_{M5} = 1,0$$

Pro tlak

$$N_{1,Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{yd} \cdot t_0^2 \left(1,8 + 10,2 \frac{d_1}{d_0} \right)}{\sin \theta} / \gamma_{M5} = \frac{1,8 \cdot 0,69 \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 0,008^2 \left(1,8 + 10,2 \frac{0,0761}{0,1397} \right)}{\sin 90} / 1,0 = 136,44 \text{ KN}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \cdot N_{1,Rd} = \frac{\sin 90}{\sin 30} \cdot 136,44 = 272,88 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{110,7}{136,44} = 0,81 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{75,12}{272,88} = 0,28 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{40,11}{136,44} = 0,29 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} = \frac{152,61}{272,88} = 0,56 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

protože:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$76,1 \leq 139,7 - 2 \cdot 8$$

$$76,1 \leq 123,7 \rightarrow \text{prolomení smykem}$$

Posouzení na prolomení smykem

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \pi d_1 \frac{\sin \theta_1}{2 \sin^2 \theta_2} / \gamma_{M5} = \frac{235 \cdot 10^6}{\sqrt{3}} \cdot 0,008 \cdot \pi \cdot 0,0761 \frac{1 + \sin 30}{2 \sin^2 90} / 1,0 = 194,62 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{75,12}{194,62} = 0,39 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{152,61}{194,62} = 0,78 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

12.1.3. Styčník tvaru K (horní pás z RHS)

$$N_{ed,1} = -110,70 \text{ KN}$$

$$N_{ed,2} = 152,68 \text{ KN}$$

$$\theta_1 = 90^\circ$$

$$\theta_2 = 30^\circ$$

$$t_0 = 10 \text{ mm}$$

$$b_0 = 100 \text{ mm}$$

$$t_1 = 3,2 \text{ mm}$$

$$d_1 = 76,1 \text{ mm}$$

$$t_2 = 4 \text{ mm}$$

$$d_2 = 76,1 \text{ mm}$$

$$g = 8,57 \text{ mm}$$

Konstrukční zásady (čsn en 1993-1-8, tab. 7.1)

Tažený a tlačný pás: $10 \leq \frac{b_0}{t_0} \leq 50$

$$10 \leq \frac{200}{10} \leq 50 \rightarrow 10 \leq 20 \leq 50 \dots OK$$

Posouzení porušení pásu

$$\gamma = \frac{\varnothing}{2 \cdot t_0} = \frac{200}{2 \cdot 10} = 10$$

$$\frac{g}{t_0} = \frac{44}{10} = 4,4 \rightarrow kg = 1,8 \text{ (z tab. ČSN EN 1993-1-8, obr 7.6)}$$

$$n_p = \frac{\sigma_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{151,1 \cdot 10^6}{235 \cdot 10^6} = 0,64$$

$$k_n = 1,3 - \frac{0,4 \cdot n}{\beta} = \frac{0,4 \cdot 0,64}{0,5} = 0,512 \rightarrow \text{tlak}$$

$$k_n = 1,0 \rightarrow \text{tah}$$

$$\beta = \frac{b_0}{h_0} = \frac{100}{200} = 0,5$$

$$\gamma_{M5} = 1,0$$

Pro tlak:

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot \gamma^{0,5} \cdot k_n \cdot f_{yd} \cdot t_0^2 \left(\frac{b_1 + b_2}{2b_0} \right)}{\sin \theta_1} / \gamma_{M5} = \frac{8,9 \cdot 0,512^{0,5} \cdot 235 \cdot 10^6 \cdot 0,010^2 \left(\frac{0,0761 + 0,0761}{2 \cdot 0,010} \right)}{\sin 90} / 1,0 = 580,83 \text{ KN}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \cdot N_{1,Rd} = \frac{\sin 90}{\sin 30} \cdot 580,83 = 1161,66 \text{ KN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{110,7}{580,83} = 0,19 \leq 1,0 \gg OK$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} = \frac{152,62}{1161,66} = 0,13 \leq 1,0 \gg OK$$

Styčníky vazníku na porušení pásu a prolomení smykem vyhoví

13. Detaily

13.1. Detail: Připojení příčných střešních táhel

Návrh plechu vychází z rozměrů daným výrobcem.

Styčnickový plech:

$$t = 15$$

Svarový spoj styčnickového plechu

$$N_{ed} = 75,08 \text{ KN}$$

$$N_{ed,x} = 55,80 \text{ KN}$$

$$N_{ed,y} = 50,24 \text{ KN}$$

Posouzení svaru plechu:

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{ed,x}}{a \cdot l \cdot n} = \frac{55,80 \cdot 10^3}{0,004 \cdot 0,19 \cdot 2} = 36,71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{N_{ed,y}}{A_w} = \frac{50,24 \cdot 10^3}{0,004 \cdot 0,19 \cdot 2} = 33,05 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{33,05 \cdot 10^6}{\sqrt{2}} = 23,37 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} = \sqrt{23,37^2 + 3 \cdot 23,37^2 + 3 \cdot 36,71^2} = 119,64 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \geq \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} = 119,64 \text{ MPa} \gg \text{OK}$$

Popis čepu:

Materiál: Ocel S890, $d_0 = 20 \text{ mm}$, $d = 21,5 \text{ mm}$, počet stříhových rovin 2

$$f_{y,p} = 890 \text{ MPa}$$

$$f_{u,p} = 940 \text{ MPa}$$

$$A = \pi \frac{d_0^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

Posouzení na stříh

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{up} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 940 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}}{1,25} = 141,68 \text{ KN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{75,08 \cdot 10^3}{141,68 \cdot 10^3} = 0,53 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Popis spojovaných částí:

Materiál: Ocel S355:

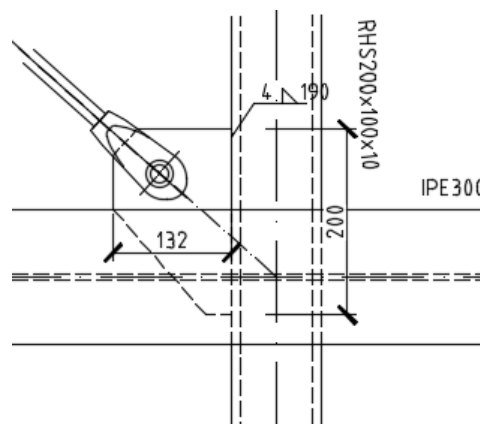
$$f_y = 355 \text{ MPa}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa}$$

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

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

$$c = 2 \text{ mm}$$



Obr.29: Detail A (přodorys)

$$t = \min(2a; b) = 22 \text{ mm}$$

Posouzení na otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot f_u \cdot d_0 \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \cdot 360 \cdot 10^6 \cdot 0,02 \cdot 0,022}{1,25} = 190,08 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{75,08 \cdot 10^3}{190,08 \cdot 10^3} = 0,40 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Posouzení čepu na ohyb

(ohybový moment působící v čepu: dle normy ČSN EN 1993-1-8)

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} N_{Ed} (b + 4c + 2a) = \frac{1}{8} \cdot 75,08 \cdot 10^3 \cdot (22 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 12) = 0,50 \text{ kNm}$$

$$W_{el} = \frac{\pi d_0^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0,02^3}{32} = 7,85 \cdot 10^{-7} \text{ mm}^3$$

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{u,p}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 7,85 \cdot 10^{-5} \cdot 940 \cdot 10^6}{1,0} = 1,11 \text{ kNm}$$

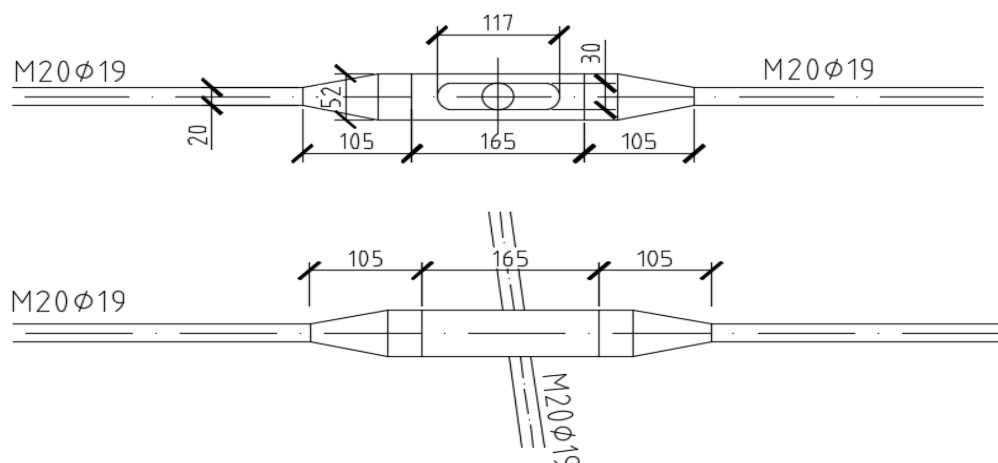
$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{0,50 \cdot 10^3}{1,11 \cdot 10^3} = 0,45 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

Kombinace ohybu a stříhu

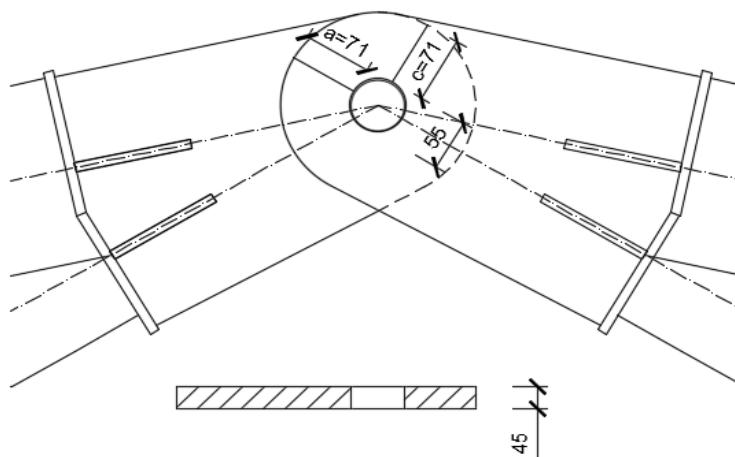
$$\left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 + \left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 \leq 1,0$$

$$\left[\frac{75,08}{141,68} \right]^2 + \left[\frac{0,50}{1,11} \right]^2 = 0,48 \leq 1,0 \text{ OK}$$

Křížení táhel pod vaznicí bude řešeno pomocí systému Cross Coupler od výrobce Macalloy. Rozměry jednotlivých částí udává výrobce.



13.2. Detail: Čep vazníku



Obr. 30: detail čepu vazníku

Ned = 912,03 kN

Popis čepu:

Materiál: Ocel S890, $d_0 = 55$ mm, $d = 57,5$ mm, počet stříhových rovin 2 $f_{y,p} = 890$ MPa $f_{u,p} = 940$ MPa

$$A = \pi \frac{d_0^2}{4} = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

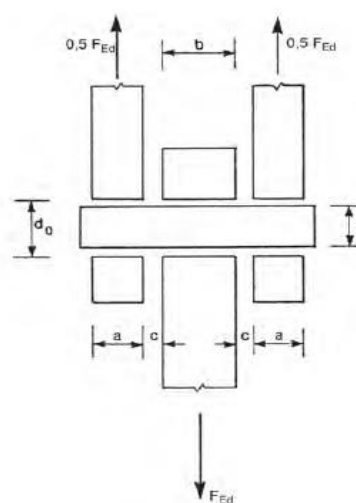
Posouzení na stříh

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{up} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 940 \cdot 10^6 \cdot 1,96 \cdot 10^{-3}}{1,25} \cdot 2 = 1768,70 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{912,03 \cdot 10^3}{1768,70 \cdot 10^3} = 0,52 \leq 1,0 >> \text{OK}$$

Popis spojovaných částí:

Materiál: Ocel S355:

 $f_y = 355$ MPa $f_u = 490$ MPa $a = 25,5$ mm $b = 45$ mm $c = 2$ mm $t = \min(2a; b) = 45$ mm

Obr. 31: Pohled na čep

Posouzení na otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{1,5 \cdot 490 \cdot 10^6 \cdot 0,055 \cdot 0,045}{1,25} = 1455,30 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{912,03 \cdot 10^3}{1455,30 \cdot 10^3} = 0,63 \leq 1,0 >> \text{OK}$$

Posouzení čepu na ohyb

(ohybový moment působící v čepu: dle normy ČSN EN 1993-1-8)

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} N_{Ed} (b + 4c + 2a) = \frac{1}{8} \cdot 912,03 \cdot 10^3 \cdot (45 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 25,5) = 11,86 \text{ kNm}$$

$$W_{el} = \frac{\pi d_0^3}{32} = \frac{\pi \cdot 0,055^3}{32} = 1,63 \cdot 10^{-5} \text{ mm}^3$$

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{u,p}}{\gamma_{M0}} = \frac{1,5 \cdot 1,63 \cdot 10^{-5} \cdot 940 \cdot 10^6}{1,0} = 23,03 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{11,86 \cdot 10^3}{23,03 \cdot 10^3} = 0,52 \leq 1,0 >> \text{OK}$$

Kombinace ohybu a stříhu

$$\left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 + \left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 \leq 1,0$$

$$\left[\frac{912,03}{1768,70} \right]^2 + \left[\frac{11,86}{23,03} \right]^2 = 0,53 \leq 1,0 \text{ OK}$$

Čep vazníku na účinky zatížení vyhoví.

13.3. Detail: Připojení podélného ztužidla na horní a dolní pás**13.3.1. Připojení k hornímu pásu**

$$N_{Ed,t} = 61,8 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,x} = 61,8 \cdot 10^3 \cdot \cos 33,17^\circ = 51,73 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,y} = 61,8 \cdot 10^3 \cdot \sin 33,17^\circ = 33,81 \text{ kN}$$

Posouzení svaru plechu:

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{Ed,x}}{a \cdot l \cdot n} = \frac{51,73 \cdot 10^3}{0,004 \cdot 0,23 \cdot 2} = 28,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{N_{Ed,y}}{A_w} = \frac{33,81 \cdot 10^3}{0,004 \cdot 0,23 \cdot 2} = 18,38 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{18,38 \cdot 10^6}{\sqrt{2}} = 13 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} = \sqrt{13^2 + 3 \cdot 13^2 + 3 \cdot 28,11^2} = 93,82 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \geq \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} = 93,82 \text{ MPa} \gg \text{OK}$$

Návrh šroubu: 2x M16 5.6

Únosnost ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 157}{1,25} = 37,68 \text{ kN}$$

$$F_{sd} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{61,80 \cdot 10^3}{2} = 30,90 \text{ kN}$$

$$F_{sd} = 30,90 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 37,68 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_{ub} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$e_1 = 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 17 = 34 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 35 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 17 = 21,25 \text{ mm} \rightarrow e_2 = 30 \text{ mm}$$

$$p_1 = 3,5 \cdot d_0 = 3,5 \cdot 17 = 59,5 \text{ mm} \rightarrow p_1 = 60 \text{ mm}$$

$$\alpha = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \min (0,67; 0,93; 1,67; 1,0) = 0,67$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,67 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 8}{1,25} = 61,75 \text{ kN}$$

$$F_{sd} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{61,80 \cdot 10^3}{2} = 30,90 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 61,75 \text{ kN} \gg \text{OK}$$

13.3.2. Připojení k dolnímu pásu**Návrh šroubu: 2x M20 5.6**

Únosnost ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 245}{1,25} = 73,5 \text{ kN}$$

$$F_{sd} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{123,95 \cdot 10^3}{2} = 61,98 \text{ kN}$$

$$F_{sd} = 61,98 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 73,5 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_{ub} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$e_1 = 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 21 = 42 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 45 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 21 = 31,5 \text{ mm} \rightarrow e_2 = 30 \text{ mm}$$

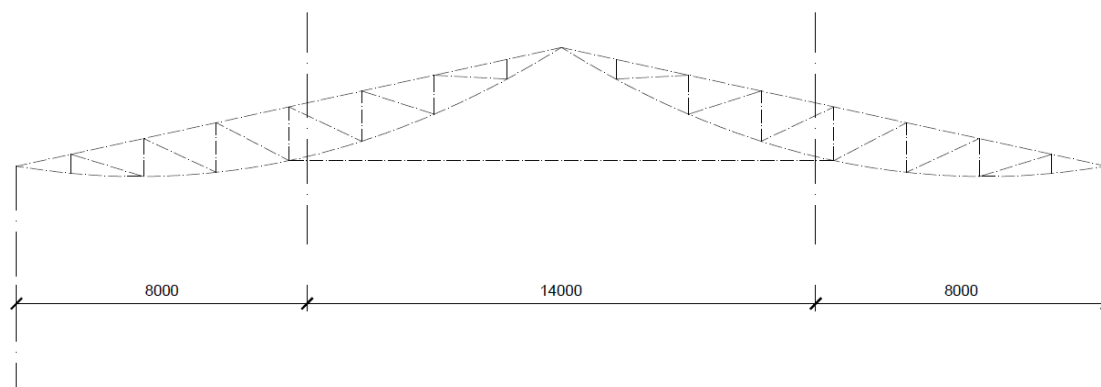
$$p_1 = 3,5 \cdot d_0 = 3,5 \cdot 21 = 73,5 \text{ mm} \rightarrow p_1 = 70 \text{ mm}$$

$$\alpha = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \min (0,71; 0,86; 1,67; 1,0) = 0,71$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,71 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} = 102,24 \text{ kN}$$

$$F_{sd} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{61,80 \cdot 10^3}{2} = 30,90 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 102,24 \text{ kN} \gg \text{OK}$$

14. Montážní spoj



Obr. 32: Montážní celky

Z důvodu převozu na staveniště je třeba vazník rozdělit na montážní celky. Girlandový vazník je svou konstrukcí už rozdělen na dva vazníky, které se při montáži musejí podepřít dočasnou stojkou. Celky se budou skládat ze čtyř částí. Jejich délky budou v půdorysném průmětu dlouhé 2x 8m a 2x 7m.

14.1. Montážní spoj horního a dolního pásu

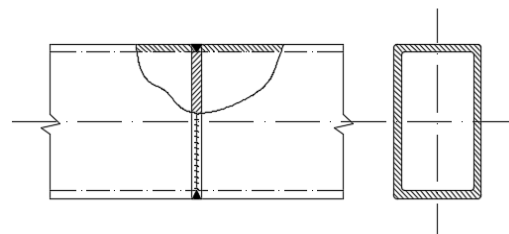
Horní i dolní pás bude ovařen tupým V swarem s plným provařením. V daném případě je možné uvažovat pevnost navrhnutého svaru jako pevnost spojovaného materiálu.

14.1.1. Horní pás

$N_{ed,t} = 217,81 \text{ KN}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5,89 \cdot 10^{-3} \cdot 235 \cdot 10^6}{1,0} = 1384,15 \text{ KN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 5,89 \cdot 10^{-3} \cdot 360 \cdot 10^6}{1,25} = 1526,69 \text{ KN}$$



Obr.33: Svar horního pásu

Únosnost svaru:

$\gamma_R = 0,7$ (svar přístupný jen z jedné strany, bez kontroly)

$$N_{Rd} = 0,7 \cdot N_{u,Rd} = 0,7 \cdot 1526,69 = 1068,68 \text{ KN}$$

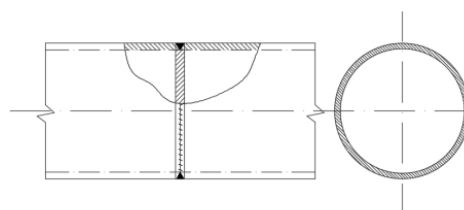
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{217,81}{1068,68} = 0,20 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

14.1.2. Dolní pás

$N_{ed,t} = 702,16 \text{ KN}$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3,31 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 1175,05 \text{ KN}$$

$$N_{u,Rd} = \frac{0,9 \cdot A \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 3,31 \cdot 10^{-3} \cdot 490 \cdot 10^6}{1,25} = 1167,79 \text{ KN}$$



Obr.34: Svar dolního pásu

Únosnost svaru:

$\gamma_R = 0,7$ (svar přístupný jen z jedné strany, bez kontroly)

$$N_{Rd} = 0,7 \cdot N_{u,Rd} = 0,7 \cdot 1167,79 = 817,44 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{702,16}{817,44} = 0,86 \leq 1,0 \gg \text{OK}$$

14.1.3. Montážní spoj diagonály

Montážní spoj diagonály bude proveden pomocí šroubového spoje a příložného plechu.

$$N_{ed} = 22,35 \text{ kN}$$

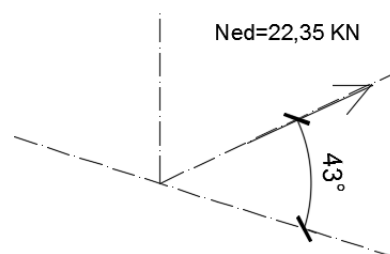
$$N_{ed,x} = 16,46 \text{ kN}$$

$$N_{ed,y} = 15,24 \text{ kN}$$

Posudek svaru na tah $\sigma_{\perp} = \tau_{\parallel}$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{ed,x}}{a \cdot l} = \frac{16,46 \cdot 10^3}{0,003 \cdot 0,1} = 54,87 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{N_{ed,y}}{a \cdot l} = \frac{15,24 \cdot 10^3}{0,003 \cdot 0,1} = 50,8 \text{ MPa}$$



Obr. 35: Styční montážní diagonály

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} = \sqrt{54,87^2 + 3 \cdot 54,87^2 + 3 \cdot 50,8^2} = 140,66 \text{ MPa}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot 10^6}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \geq \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\parallel}^2} = 140,66 \text{ MPa} \gg \text{OK}$$

Návrh šroubu: 2x M12 4.6

Únosnost ve střihu:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 84,3}{1,25} = 16,18 \text{ kN}$$

$$F_{sd} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{22,35 \cdot 10^3}{2} = 11,18 \text{ kN}$$

$$F_{sd} = 11,18 \text{ kN} \leq F_{v,Rd} = 16,18 \text{ kN}$$

Únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot \alpha \cdot f_{ub} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

$$e_1 = 2 \cdot d_0 = 2 \cdot 13 = 26 \text{ mm} \rightarrow e_1 = 30 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 13 = 19,5 \text{ mm} \rightarrow e_2 = 20 \text{ mm}$$

$$p_1 = 3,5 \cdot d_0 = 3,5 \cdot 13 = 45,5 \text{ mm} \rightarrow p_1 = 50 \text{ mm}$$

$$\alpha = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right) = \min (0,77; 1,03; 1,11; 1,0) = 0,77$$

$$F_{b,Rd} = \frac{2,5 \cdot 0,77 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 4}{1,25} = 26,61 \text{ kN}$$

$$F_{sd} = \frac{N_{Ed}}{n} = \frac{22,35 \cdot 10^3}{2} = 11,18 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 26,61 \text{ kN} >> \text{OK}$$

15. Kotvení sloupu

15.1. Základní rozměry patky

Posoudí se na dvě kombinace zatížení.

ZS1 kombinace s největším momentem a současně působící velkou tlakovou silou

ZS2 kombinace s největším poměrem M_{sd}/N_{sd}

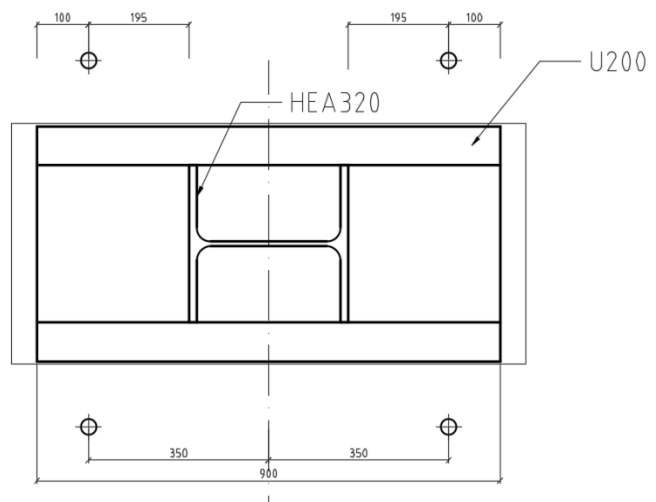
		ZS1	ZS2
M_{sd}	kNm	202,51	396,03
N_{sd}	kN	258,07	-7,50
V_{sd}	kN	-35,34	71,99

Geometrie plechu:

a	1000	mm
b	460	mm
t_p	30	mm
r_t	350	mm

Patka:

Beton	C16/20	
f_{ck}	20	Mpa
γ_c	1,5	



Podlití	50	mm	<0,2 min(550,1100)	92
	50	mm	>0,1 min(550,1100)	46
A	2000	mm		
B	1200	mm		
h	600	mm		
Započitatelné rozměry patky				
a ₁	1720			
b ₁	1180			

$$a_1 = \min(A_{patky}; 5 \cdot a; a + h_{patky}; 5 \cdot b)$$

$$b_1 = \min(B_{patky}; 5 \cdot b; b + h_{patky}; 5 \cdot a)$$

Součinitel koncentrace napětí:

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1720 \cdot 1180}{2000 \cdot 1200}} = 2,10$$

Návrhová pevnost betonu:

$$f_{jd} = \frac{\beta_j k_j f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2/3 \cdot 2,10 \cdot 20}{1,5} = 18,67 \text{ MPa}$$

Funkční přesah desky:

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{355 \cdot 10^6}{3 \cdot 18,67 \cdot 10^6 \cdot 1,0}} = 75,52 \text{ mm}$$

Efektivní šířka patního plechu:

$$b_{eff} = 2 \cdot b_{f,U200} + 2 \cdot c = 2 \cdot 75 + 2 \cdot 75,52 = 301,05 \text{ mm}$$

Výpočet sil:

$$e = \frac{M_{sd}}{N_{sd}}$$

$$N_{sd}(e + r_t) = N_c \left(r_t + \frac{a}{2} - \frac{x}{2} \right)$$

$$N_c = b_{eff} \cdot x \cdot f_{jd}$$

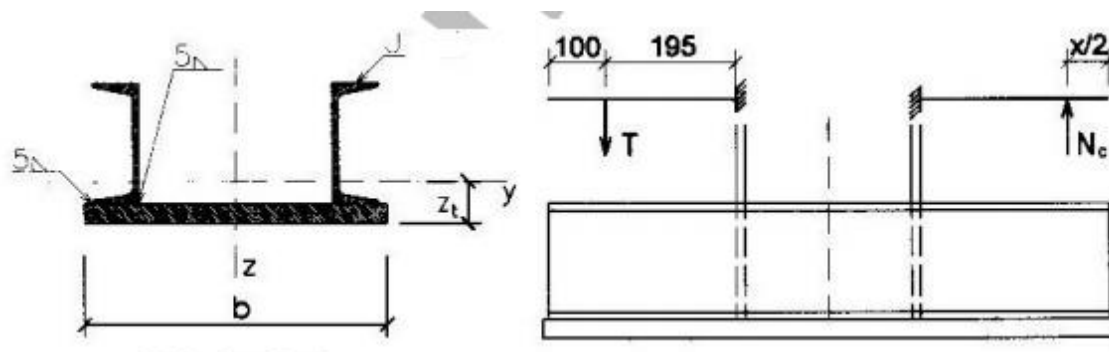
$$b_{eff} = f_{jd} \cdot x^2 - b_{eff} \cdot f_{jd} (2 \cdot r_t + a) \cdot x + 2 \cdot N_{sd} \cdot (e + r_t) = 0$$

$$T = N_c - N_{sd}$$

Tab. Výpočet sil do šroubu

		ZS1	ZS2
Msd	KNm	202,51	396,03
Nsd	KN	258,07	-7,50
e	m	0,78	-52,80
x1	mm	-1636,32	-1613,23
x2	mm	-63,68	-86,77
Nc	KN	357,92	487,72
T	KN	99,85	495,22

15.2. Posouzení průřezu patky



Průřez tvořen:

Patní plech 40x460

Výztuha U200

	A	z _i	I _{y,i}	A _i z _i	A(z _i -z _T) ²
Profil	mm	mm	mm	m	mm
plech 40x460	13800	15	1035000	207000	18476746
U200	3220	130	13500000	418600	19796513
U200	3220	130	13500000	418600	19796513
Součet	20240	275,00	28035000	1044200	58069773

$$z_T = \frac{\sum A_i \cdot z_i}{A} = \frac{1,04 \cdot 10^6}{20,24 \cdot 10^6} = 51,59 \text{ mm}$$

$$I_y = \sum (I_{y,i} + A(z_i - z_T)^2) = (2,8 \cdot 10^7 + (5,81 \cdot 10^7)) = 86,1 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$W_{y,h} = \frac{I_y}{h_{U200} + t_p - z_T} = \frac{85,1 \cdot 10^6}{200 + 30 - 51,59} = 48,26 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{y,d} = \frac{I_y}{z_T} = \frac{86,1 \cdot 10^6}{51,59} = 166,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

Vnitřní síly:

Rozhoduje kombinace ZS1:

tlačená (pravá) strana:

$$M_p = N_c \cdot \left(l - \frac{x}{2} \right) = 357,92 \cdot \left(295 - \frac{-86,77}{2} \right) = 94,19 \text{ kNm}$$

$$V_p = N_c = 357,92 \text{ kN}$$

tažená (levá) strana:

$$M_p = T \cdot (l - 100) = 495,22 \cdot (295 - 100) = 96,57 \text{ kNm}$$

$$V_p = N_c = 495,22 \text{ kN}$$

Napětí

maximální napětí horní vlákna:

$$\sigma_{h,\max} = \frac{M_p}{W_{y,h}} = \frac{96,57 \cdot 10^3}{48,26 \cdot 10^{-5}} = 200,09 \text{ MPa} \leq 355 \text{ MPa} \gg \text{OK}$$

$$\tau_{h,\max} = \frac{V_p}{A_y / 2} = \frac{357,92 \cdot 10^3}{1,69 \cdot 10^{-3} / 2} = 163,98 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3}} = \frac{355 \cdot 10^6}{\sqrt{3}} = 204,96 \gg \text{OK}$$

$$\tau_{h,\max} = 2 \cdot \tau_{h,\max} = 2 \cdot 163,98 = 327,96 \text{ MPa} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3}} = \frac{355 \cdot 10^6}{\sqrt{3}} = 204,96 \gg \text{NESPLNÍ}$$

>> KVŮLI VELKÉMU SMYKU POSOUDIT NA M+V

$$\sigma_2 = \frac{M_p}{I_y} \cdot z_2 = \frac{96,57 \cdot 10^3}{85,6 \cdot 10^6} \cdot 0,1571 = 176,19 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3 \cdot \tau_{\max}^2} = \sqrt{176,19 \cdot 10^6 + 3 \cdot 163,98 \cdot 10^6} = 334,24 \leq 355 \text{ MPa} \gg \text{OK}$$

15.3. Připojení podélných výztuh k patnímu plechu

Svary hlavních výztuh působí jako krční svary. Svary jsou namáhány podélným smykem silou V_p od ohybu průřezu patky a současně do patního plechu přenášejí reakce sloupu M_{sd} , N_{sd} a V_p působící na patku. [citace: homel.vsb.cz Patky a kotvení sloupů]

Svary se budou posuzovat v kritických řezech 1-1 a 2-2:

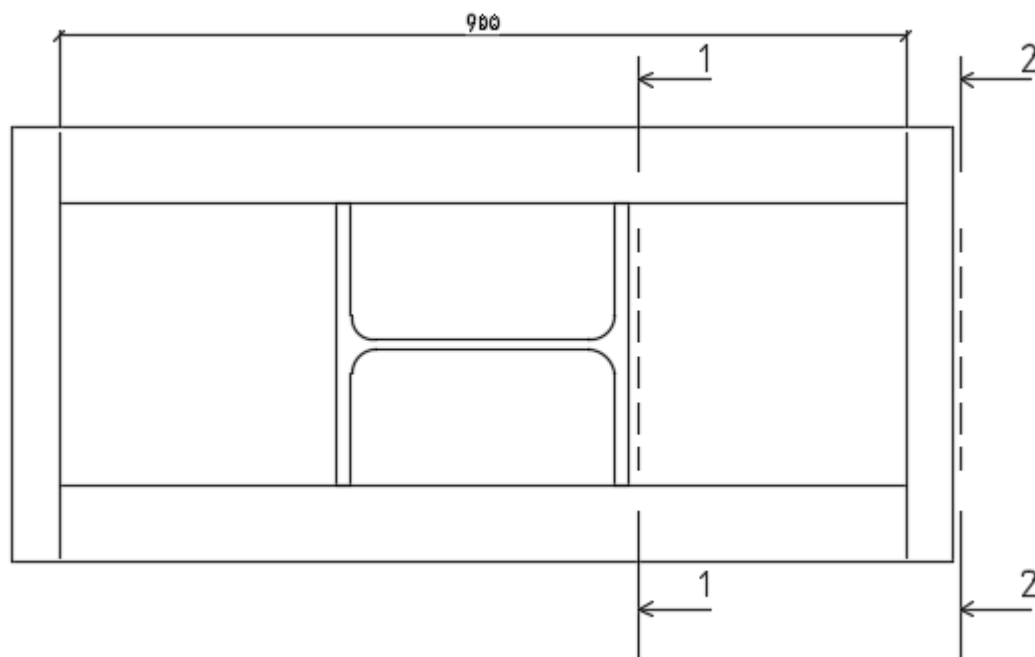
Návrh: $a_{we} = 5 \text{ mm}$

$$a = 880 \text{ mm}$$

$$A_{we} = 4 \cdot a_{we} \cdot a = 4 \cdot 5 \cdot 880 = 17600 \text{ mm}^2$$

$$I_{we} = \frac{4}{12} \cdot a_{we} \cdot a^3 = \frac{4}{12} \cdot 5 \cdot 880^3 = 1136 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$S_{f,y} = b_{patky} \cdot t_p \cdot \left(z_T - \frac{t_p}{2} \right) = 460 \cdot 30 \cdot \left(51,59 - \frac{30}{2} \right) = 504,95 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$



Obr. 37: Místa řezů pro posouzení

ŘEZ 1-1:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{sd}}{A_{we}} + \frac{V_L \cdot S_{f,y}}{I_y \cdot 4 \cdot a_{we}} = \frac{35,34 \cdot 10^3}{17,6 \cdot 10^{-3}} + \frac{495,22 \cdot 10^3 \cdot 504,95 \cdot 10^{-6}}{86,1 \cdot 10^{-6} \cdot 4 \cdot 0,005} = 145,21 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{sd}}{A_{we}} + \frac{M_{sd}}{I_{we}} \cdot x_i = \frac{258,07 \cdot 10^3}{17,6 \cdot 10^{-3}} + \frac{202,51 \cdot 10^3}{1136 \cdot 10^{-6}} \cdot 0,15 = 41,40 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{41,40 \cdot 10^6}{\sqrt{2}} = 29,28 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{29,28^2 + 3 \cdot (29,28^2 + 145,21^2)} = 258,24 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,56 \text{ MPa}$$

$$258,24 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \gg \text{OK}$$

ŘEZ 2-2:

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{sd}}{A_{we}} + \frac{V_L \cdot S_{f,y}}{I_y \cdot 4 \cdot a_{we}} = \frac{35,34 \cdot 10^3}{17,6 \cdot 10^{-3}} + 0 = 2,01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{we} = \frac{N_{sd}}{A_{we}} + \frac{M_{sd}}{I_{we}} \cdot x_i = \frac{258,07 \cdot 10^3}{17,6 \cdot 10^{-3}} + \frac{202,51 \cdot 10^3}{1136 \cdot 10^{-6}} \cdot 0,44 = 93,11 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_{we}}{\sqrt{2}} = \frac{93,11 \cdot 10^6}{\sqrt{2}} = 65,84 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{65,84^2 + 3 \cdot (65,84^2 + 2,01^2)} = 131,73 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

$$\frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} = \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,56 \text{ MPa}$$

$$131,73 \text{ MPa} \leq 435,56 \text{ MPa} \gg \text{OK}$$

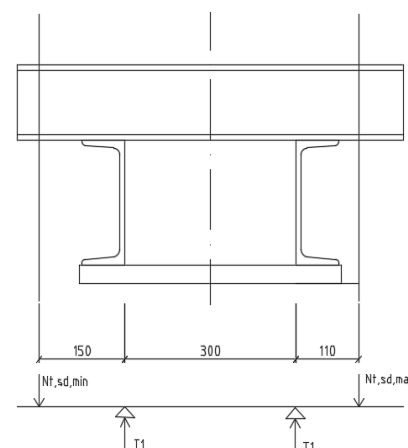
15.4. Kotevní šrouby:

$$T_1 = \frac{T}{2} = 247,61 \text{ kN}$$

$$N_{t,Sd,max} = 265,30 \text{ kN (uvažovaná tolerance } \pm 20 \text{ mm)}$$

$$N_{t,Sd,min} = 229,92 \text{ kN}$$

Návrh – Šroub s kotevní hlavou M42 x 3, $A_s = 1206 \text{ mm}^2$



$$F_{t,Rd} = \frac{0,8 \cdot A_s \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,8 \cdot 1,206 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 342,50 \text{ kN} \geq N_{t,Sd,max} = 265,30 \text{ kN} \gg \text{OK}$$

Účinná hloubka v otláčení s kotevní hlavou:

$$f_{od} = \frac{f_{ok}}{\gamma_c} = \frac{32 \cdot 10^6}{1,5} = 21,33 \text{ MPa}$$

$$f_{td} = \frac{f_{ok}}{\gamma_c} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{1,5} = 0,8 \text{ MPa}$$

$$A_{kot.hlava} = 0,8 \cdot A_s \cdot \frac{0,8 \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot f_{od}} = 0,8 \cdot 1206 \cdot \frac{0,8 \cdot 355 \cdot 10^6}{\gamma_{M0} \cdot 21,33 \cdot 10^6} = 13861,78 \text{ mm}^2$$

$$\Delta h = \frac{4 \cdot A_{kot.hlava}}{\pi \cdot d \cdot f_{td}} = 3028,4 \text{ mm}$$

$$h = \frac{0,2 \cdot N_{t,Sd,max}}{\pi \cdot d \cdot f_{td}} = 586,44 \text{ mm} \leq \Delta h = 3028,4 \text{ mm} \gg \text{OK}$$

15.5. Kotevní příčník:

Vnitřní síly:

$$M_{ad} = N_{t,Sd,max} \cdot 0,15 = 34,49 \text{ kNm}$$

$$V_{ad} = N_{t,Sd,min} = 229,93 \text{ kN}$$

$$M_{bd} = N_{t,Sd,max} \cdot 0,11 = 29,18 \text{ kNm}$$

$$V_{bd} = N_{t,Sd,max} = 265,30 \text{ kN}$$

Návrh: 2x U 120

$$A = 1,70 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

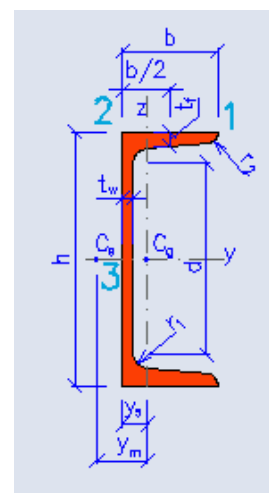
$$A_{vz} = 1,68 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Zatřetíení průřezu pro ohyb:

$$\frac{d}{t_w} = \frac{82,1}{7} = 11,73 \leq 72 \cdot \sqrt{\frac{355}{235}} = 58,58 \dots \text{ stojina}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{39}{9} = 4,33 \leq 9 \cdot \sqrt{\frac{355}{235}} = 7,32 \dots \text{ pásnice}$$

>> Stojina i pásnice → Třída 1



Obr. 38: Profil U120

Zdroj: Ocelářské tabulky staticstools.eu/cs/**Posouzení kotevního příčníku**

$$V_{pl,Rd} \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1,68 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 345,15 \geq N_{t,Sd,max} = 265,30 \text{ kN} >> \text{OK}$$

Průřez „A“

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot V_{ad}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 \cdot 229,92 \cdot 10^3}{345,15 \cdot 10^3} - 1 \right)^2 = 0,011$$

$$M_{y,V,Rd} = \frac{\left(W_{pl,y} - \frac{\rho \cdot A_{vz}^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{\left(145,6 \cdot 10^{-6} - \frac{0,011 \cdot 1,68 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 7} \right) \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 47,72 \text{ kNm}$$

$$M_{y,V,Rd} = 47,72 \text{ kNm} \geq M_{ad} = 34,49 \text{ kNm} >> \text{OK}$$

Průřez „B“

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot V_{bd}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 \cdot 265,30 \cdot 10^3}{345,15 \cdot 10^3} - 1 \right)^2 = 0,289$$

$$M_{y,V,Rd} = \frac{\left(W_{pl,y} - \frac{\rho \cdot A_{vz}^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{\left(145,6 \cdot 10^{-6} - \frac{0,289 \cdot 1,68 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 7} \right) \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 41,31 \text{ kNm}$$

$$M_{y,V,Rd} = 41,31 \text{ kNm} \geq M_{ad} = 29,18 \text{ kNm} \gg \text{OK}$$

Kotevní příčník, kotevní šrouby, a průřez patky na zatížení vyhoví.

15.6. Přenos vodorovné síly

Rozhoduje kombinace s co největší posouvající silou při co nejmenší svislé síle.
Rozhoduje Kombinace ZS2:

$$V_{sd} = 71,99 \text{ kN (vodorovná reakce)}$$

$$N_{sd} = 7,50 \text{ kN (svislá reakce - tah)}$$

$$N_c = 487,72 \text{ kN}$$

$$\mu = 0,2$$

$$\mu \cdot N_c = 0,2 \cdot 487,72 = 97,54 \text{ kN} \geq V_{sd} = 71,99 \text{ kN} \gg \text{OK}$$

Kotvení na přenos vodorovné síly vyhoví, není třeba navrhovat smykovou zarážku.

SEZNAM POUŽITÝCH NOREM A LITERATURY

NORMY

- [1] ČSN EN 1990 *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*
- [2] ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.*
- [3] ČSN EN 1991-1-3 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení sněhem.*
- [4] ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení větrem.*
- [5] ČSN EN 1993-1-1 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [6] ČSN EN 1993-1-8 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-8: Navrhování a pravidla pro pozemní stavby.*
- [7] ČSN 01 3483. *Výkresy stavebních konstrukcí. Výkresy kovových konstrukcí.*

LITERATURA

- [8] MELCHER, J., BAJER, M. PRVKY KOVOVÝCH KONSTRUKCÍ: *Modul BO02-M04, Pruty namáhané smykem a ohybem.*
- [9] MELCHER, J., KARMAZÍNOVÁ, M., BAJER, M., SÝKORA, K. PRVKY KOVOVÝCH KONSTRUKCÍ: *Modul BO02 – M03, Pruty namáhané tahem a tlakem.*
- [10] KARMAZÍNOVÁ, M., PRVKY KOVOVÝCH KONSTRUKCÍ: *Modul BO02-M02, Spoje.*
- [11] WANKE, J., SPAL, L., OCELOVÉ TRUBKOVÉ KONSTRUKCE, *vyd., nakladatelství technické literatury, n.p., Spálená 51, Praha 1, v r. 1975*
- [12] MAREK, P. a kol. KOVOVÉ KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB, *vyd., nakladatelství technické literatury, n.p., Spálená 51, 113 02, Praha 1*
- [13] WALD, F., MACHÁČEK, J., JANDERA, M., SOKOL, Z., DOLEJŠ, J., HÁJEK, P., *STRUCTURAL STEEL DESIGN ACCORDING TO EUROCODES, Published by*

*Czech Technical University in Prague, Czech Tech. University Publishing
House, Thákurova 1, 160 41 Prague 6.*

INTERNETOVÉ ZDROJE

- [14] www.fce.vutbr.cz/KDK/pilgr.m/BO02
- [15] www.kingspan.com/cz/cs-cz
- [16] www.tenson.cz/produkty/tahla-macalloy
- [17] <http://homel.vsb.cz/~ros11/Ocelove%20a%20drevene%20kce/14%20Hala%20-%20patky%20a%20kotveni%20sloupu.pdf>
- [18] Ocelářské tabulky. Dostupné na www.staticstools.eu/cs/
- [19] Spoje ocelových konstrukcí. Dostupné na www.ocel.wz.cz/