

Obsah

ÚVOD	3
PŘEPOČET STÁVAJÍCÍ OCELOVÉ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ	3
1 GEOMETRIE	3
1.1 Schéma konstrukce	4
2 ZATÍŽENÍ	6
2.1 Zatížení stálé	6
2.2 Zatížení proměnné	6
2.3 Zatěžovací stavy	10
2.4 Souhrn zatěžovacích stavů	19
3 KOMBINACE	19
4 STATICKÝ SYSTÉM	20
4.1 Vzpěrné délky	20
5 MATERIÁL A PROFILY	21
6 POSOUZENÍ MSÚ	24
6.1 TR 152,4/8	30
6.2 TR 152,4/4,5	31
6.3 TR 133/5	32
7 POSOUZENÍ MSP	34
8 HMOTNOST KONSTRUKCE	34
9 ZÁVĚR	34
NÁVRH NOVÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ	35
10 GEOMETRIE	35
10.1 Schéma konstrukce	35
11 ZATÍŽENÍ	38
11.1 Zatížení stálé	38
11.2 Zatížení nahodilé	39
11.3 Stabilitní síly	44
11.4 Zatěžovací stavy	45
11.5 Souhrn zatěžovacích stavů	50
12 KOMBINACE	50
13 STATICKÝ SYSTÉM	51
13.1 Vzpěrné délky:	51

14	MATERIÁL A PROFILY	52
15	POSOUZENÍ MSÚ	55
15.1	Diagonála	55
15.2	Horní pás	57
15.3	Dolní pás	59
15.4	Dolní pás	62
15.5	Vaznice	64
15.6	Příčné ztužidlo	65
15.7	Stabilita – vybočení oblouku jako celku	66
16	POSOUZENÍ MSP	67
17	HMOTNOST KONSTRUKCE	67
18	KOTVENÍ:	68
18.1	Posouzení únosnosti betonu	70
18.2	Posouzení průřezu patní desky	70
18.3	Návrh a posouzení kotevní zarážky	70
18.4	Návrh a posouzení kotevních šroubů	71
18.5	Návrh a posouzení čepu	72
18.6	Připojení čelní kruhové desky k oblouku	73
18.7	Připojení styčnickového plechu ke kruhové čelní desce	73
18.8	Připojení styčnickového plechu k patní desce	74
19	DETAILY	76
19.1	Detail 1	76
19.2	Detail 2	76
19.3	Detail 9,(19,27)	81
19.4	Detail 7,(15,23)	87
19.5	Detail 6,(11,14,18,22,26)	89
19.6	Detail 5,(12,13,17,21,25)	92
19.7	Detail 8 (16,24)	93
19.8	Detail 3	95
19.9	Detail 4 (10,20,28)	97
19.10	Detail – připojení příčného ztužidla k hornímu pásu oblouku	103
	DOPLŇUJÍCÍ VARIANTA OCELOVÉ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ	108

ÚVOD

Náplní diplomové práce je vypracovat přepočet a variantní řešení stávající ocelové konstrukce zastřešení zimního stadionu v Třinci. Objekt má obdélníkový půdorys o stranách 90 m x 60 m (rozpětí mezi podporami), minimální světlá výška uvnitř objektu je dána s ohledem na požadavky provozu.

Střešní konstrukce je uložena na ocelových i betonových sloupech po obvodu ve vzdálenostech 7,5 m. K dispozici je výkresová dokumentace a původní statický výpočet stávající ocelové konstrukce zastřešení.

Zastřešení stadionu je realizováno příhradovou deskou o rozměrech 101,25 m x 71,25 m x 3,75 m. Oko příhradové desky je navrženo čtvercové o rozměrech 3,75 m x 3,75 m. Ze statického hlediska představuje deska prostorovou prutovou soustavu s dolním a horním prutovým pásem, kde spolupůsobení zajišťují diagonály.

PŘEPOČET STÁVAJÍCÍ OCELOVÉ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ

1 GEOMETRIE

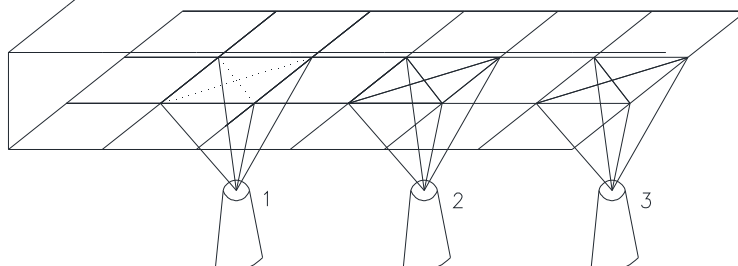
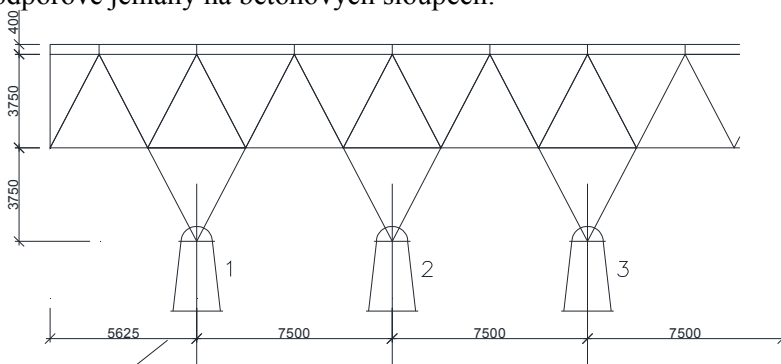
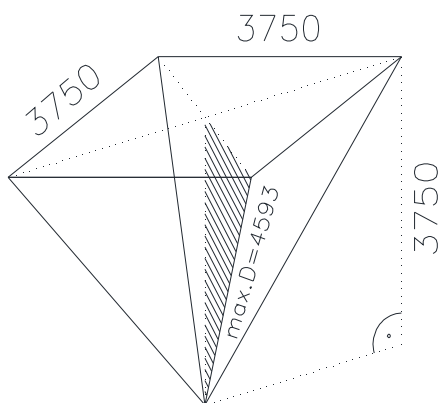
Příhradová deska – prostorová prutová soustava – horní, dolní prutové pásy a výplňové diagonály.

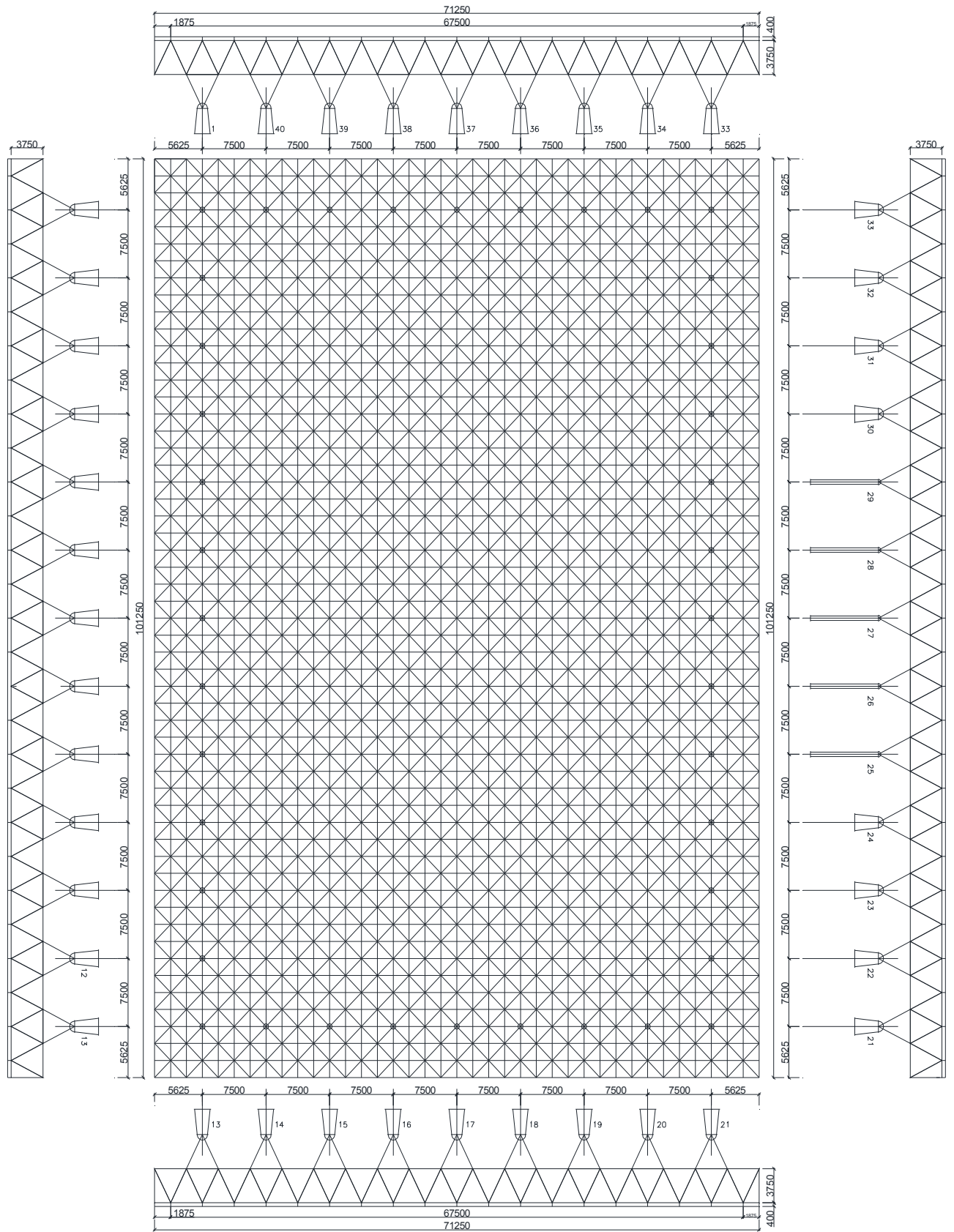
Oko příhradové desky – základní element – 3,75 m x 3,75 m x 3,75 m. Podepření po obvodu desky – 40 podporových jehlanů – 3,75 m x 3,75 m x 3,75 m (výška). Z toho 5 je uloženo na ocelových sloupech a ostatní jsou na betonových sloupech.

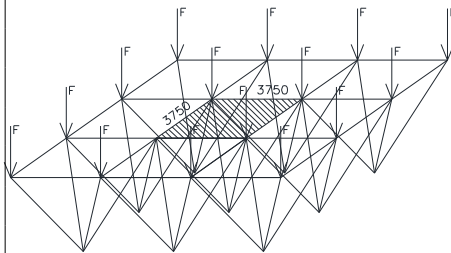
Střešní konstrukce je v mírném sklonu 2,5° kvůli odvodnění, tudíž konstrukci můžeme uvažovat jako plochou střechu.

Podporové jehlany na betonových sloupech:

Oko příhradové desky:







2 Zatížení

Zatížení je vypočteno a dáno do kombinací dle norem ČSN EN 1990 a ČSN EN 1991. Uvedená zatížení jsou charakteristické hodnoty:

2.1 Zatížení stálé

ZS 1: Vlastní tíha konstrukce – program Scia Engineer

ZS 2: Zatížení na ploše střechy: (normové hodnoty zatížení)

krytina sklobit	20 kg/m ²
pěnové sklo	20 kg/m ²
pórobetonový panel	105 kg/m ²
ocelový rám pro desky	15 kg/m ²
vlastní tíha osvětl.	10 kg/m ²
$\Sigma = 170 \text{ kg/m}^2 = 1,7 \text{ kN/m}^2$	

Zatížení je uvažováno do styčnicku:

$$\text{plocha jednoho oka: } 3,75 * 3,75 = 14,0625 \text{ m}^2$$

$$\text{zatížení na jeden styčnick: } F = 1,7 * 14,0625 = 23,906 \text{ kN}$$

ZS 3: Liniové zatížení po obvodě střechy:

Pozn: Zadáno tehdejšíím objednavatelem, protože po obvodu měla být na střešní konstrukci zavěšena stěna.

$$1000 \text{ kg/bm} = 10 \text{ kN/bm}$$

$$\text{zatížení na jeden styčnick: } F = 10 * 3,75 = 37,5 \text{ kN}$$

ZS 4: Multimediální kostka: $m = 2000 \text{ kg}$

Bráno v úvahu vzhledem k aktuálnímu stavu užívání.

Kostka je zavěšena nad středem ledové plochy => 4 svislé síly:

$$F = 20 \text{ kN}, F/4 = 5 \text{ kN}$$

2.2 Zatížení proměnné

ZS 5: Sníh

Třinec, oblast III.

$$S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

$C_e = 1,0$ součinitel expozice (normální)

$C_t = 1,0$ teplotní součinitel střechy

$$\alpha = 2,5^\circ \rightarrow \mu_i = 0,8$$

$$S = \mu_i * C_e * C_t * S_k$$

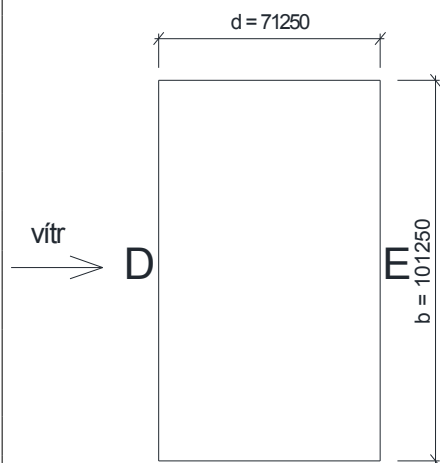
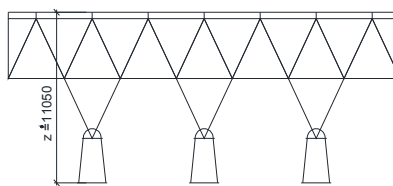
$$S = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Sníh – plný:

$$\mu = 0,8$$

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

$$\text{zatížení na jeden styčnick: } F = 1,2 * 14,0625 = 16,875 \text{ kN}$$



Sníh – poloviční:

$$0,5\mu = 0,4$$

$$S = 0,6 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{zatížení na jeden styčník: } F = 0,6 * 14,0625 = 8,4375 \text{ kN}$$

ZS 6: Vítr

Třinec, oblast I.

$$v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$$

terén kategorie III. předměstské a průmyslové oblasti

$$\alpha = 2,5^\circ \rightarrow \text{ploché střechy}$$

základní rychlost větru:

$$v_b = C_{dir} * C_{seas.} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 22,5 = 22,5 \text{ m/s}$$

základní dynamický tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = \frac{1}{2} * 1,25 * 22,5^2 = 316,4 \text{ N/m}^2 = 0,316 \text{ kN/m}^2$$

kategorie terénu III. $\Rightarrow z_{min} = 5 \text{ m}, z_o = 0,3 \text{ m}$

$$z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$5 \text{ m} \leq 11,05 \text{ m} \leq 200 \text{ m}$$

$$C_{r(z)} = k_r * \ln \left[\frac{\max(z_e, z_{min})}{z_o} \right] = 0,215 * \ln \left[\frac{\max(11,05; 5)}{0,3} \right] = 0,775$$

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_o}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$$

střední rychlost větru:

$$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{o(z)} * v_b = 0,775 * 1,0 * 22,5 = 17,44 \text{ m/s}$$

součinitel expozice:

$$C_e = C_{r(z)}^2 * C_{o(z)}^2 + 7 * k_r * k_I * C_{r(z)} * C_{o(z)}$$

$$C_e = 0,775^2 * 1,0^2 + 7 * 0,215 * 1,0 * 0,775 * 1,0 = 1,767$$

maximální dynamický tlak:

$$q_p = C_e * q_b = 1,767 * 0,316 = 0,558 \text{ kN/m}^2$$

PŘÍČNÝ VÍTR:

$$h \cong 11,05 \text{ m}$$

$$e = \min(b, 2h) = \min(101,25; 22,1) = 22,1 \text{ m}$$

$$h/d = 11,05/71,25 = 0,155$$

$$e \leq d$$

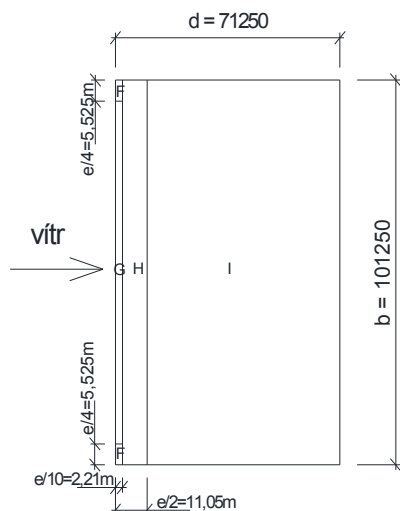
$$22,1 \leq 71,25 \text{ m}$$

$$W_e = q_p * C_{pe}$$

stěny:

$$C_{pe,D} = +0,7$$

$$C_{pe,E} = -0,3$$



$$W_{e(D)} = 0,558 * (+0,7) = +0,3906 \text{ kN/m}^2 \text{ (tlak)}$$

$$W_{e(E)} = 0,558 * (-0,3) = -0,1674 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$$

části střechy:

Zatížení je opět do styčnicku, tzn. plocha jednoho oka: $3,75 * 3,75 = 14,0625 \text{ m}^2 \Rightarrow$ zatížení na jeden styčnick F(kN).

Pro oblast I vytvořeny stavy pro hodnotu + i pro hodnotu -.

Působení větru uvažováno zleva, pak následně zprava. \Rightarrow 4 zatěž. stavy

$$C_{pe,F} = -1,8$$

$$C_{pe,G} = -1,2$$

$$C_{pe,H} = -0,7$$

$$C_{pe,I} = -0,2 (+0,2)$$

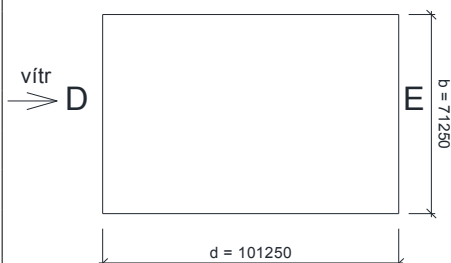
$$W_{e(F)} = 0,558 * (-1,8) = -1,0044 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$$

$$W_{e(G)} = 0,558 * (-1,2) = -0,6696 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$$

$$W_{e(H)} = 0,558 * (-0,7) = -0,3906 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$$

$$W_{e(I)} = 0,558 * (-0,2) = -0,1116 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$$

$$W_{e(I)} = 0,558 * (+0,2) = +0,1116 \text{ kN/m}^2 \text{ (tlak)}$$



PODÉLNÝ VÍTR:

$$h \cong 11,05 \text{ m}$$

$$e = \min(b, 2h) = \min(71,25; 22,1) = 22,1 \text{ m}$$

$$h/d = 11,05/101,250 = 0,109$$

$$e \leq d$$

$$22,1 \leq 101,250 \text{ m}$$

$$W_e = q_p * C_{pe}$$

stěny:

$$C_{pe,D} = +0,7$$

$$C_{pe,E} = -0,3$$

$$W_{e(D)} = 0,558 * (+0,7) = +0,3906 \text{ kN/m}^2 \text{ (tlak)}$$

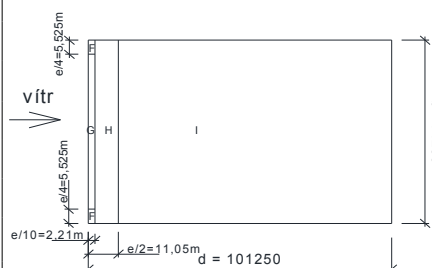
$$W_{e(E)} = 0,558 * (-0,3) = -0,1674 \text{ kN/m}^2 \text{ (sání)}$$

části střechy:

Zatížení je opět do styčnicku, tzn. plocha jednoho oka: $3,75 * 3,75 = 14,0625 \text{ m}^2 \Rightarrow$ zatížení na jeden styčnick F(kN).

Pro oblast I vytvořeny stavy pro hodnotu + i pro hodnotu -.

Působení větru uvažováno zleva, pak následně zprava. \Rightarrow 4 zatěž. stavy



$$C_{pe,F} = -1,8$$

$$C_{pe,G} = -1,2$$

$$C_{pe,H} = -0,7$$

$$C_{pe,I} = -0,2 (+0,2)$$

$$W_{e(F)} = 0,558 * (-1,8) = -1,0044 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{sání})$$

$$W_{e(G)} = 0,558 * (-1,2) = -0,6696 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{sání})$$

$$W_{e(H)} = 0,558 * (-0,7) = -0,3906 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{sání})$$

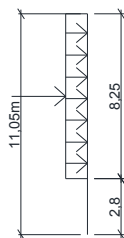
$$W_{e(I)} = 0,558 * (-0,2) = -0,1116 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{sání})$$

$$W_{e(I)} = 0,558 * (+0,2) = +0,1116 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tlak})$$

VODOROVNÉ AKCE OD ÚČINKU VĚTRU NA ČELNÍ NEBO BOČNÍ STĚNY:

Při působení větru na střešní konstrukci – zohlednění vodorovného větru ze stěn D a E, který z části působí i na střechu, nejen na stěny, proto je s ním uvažováno do zatížení střešní konstrukce od větru.

Rozsah působení vodorovného větru je stanoven na základě původního statického výpočtu:



Plocha vystavená větru:

$$A \cong 8,25 * 3,75 = 30,9375 \text{ m}^2$$

Účinky větru:

$$F_{w,D} = W_{e(D)} * A = +0,3906 * 30,9375 = 12,084 \text{ kN}$$

$$F_{w,E} = W_{e(E)} * A = -0,1674 * 30,9375 = 5,1789 \text{ kN}$$

Tato hodnota se zavádí do desky. Zatížení je uvažováno zároveň s působením větru na části střechy.

PŘÍDAVNÉ ZATÍŽENÍ OD TŘENÍ, KTERÉ DÁVÁ PŘÍTÍŽENÍ DO DESKY:

Vodorovné účinky v důsledku kluzného tření v ložiskách střechy na hlavicích betonových sloupů.

Součinitel kluzného tření pro styk ocele s ocelí při opracovaném povrchu: 0,15

Předpokládá se malá natočení úložných jehlanů v podepření na betonových sloupech a zohlednění 5 ocelových kyvných sloupů v oblasti šaten č. 25, 26, 27, 28, 29 => 2/3 síly kluzného tření:

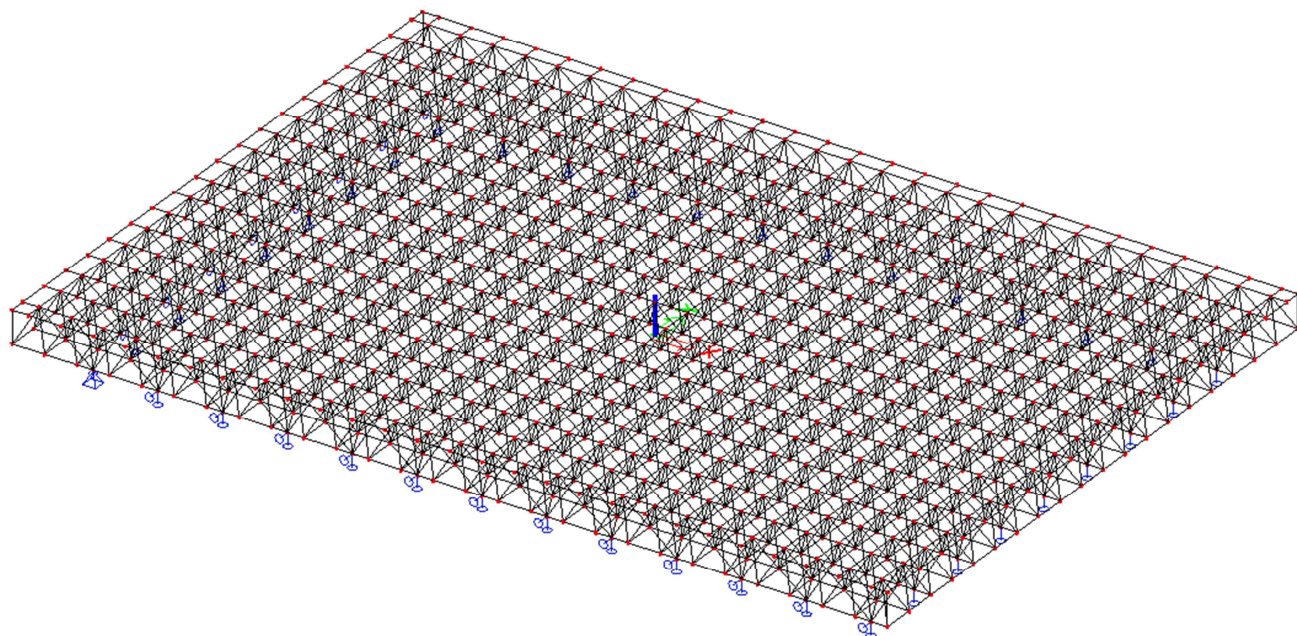
$$T_{x,y} = \pm \frac{2}{3} * 0,15 = 0,1$$

$$A_{i,k} = \pm 0,1 * A_{i,k}$$

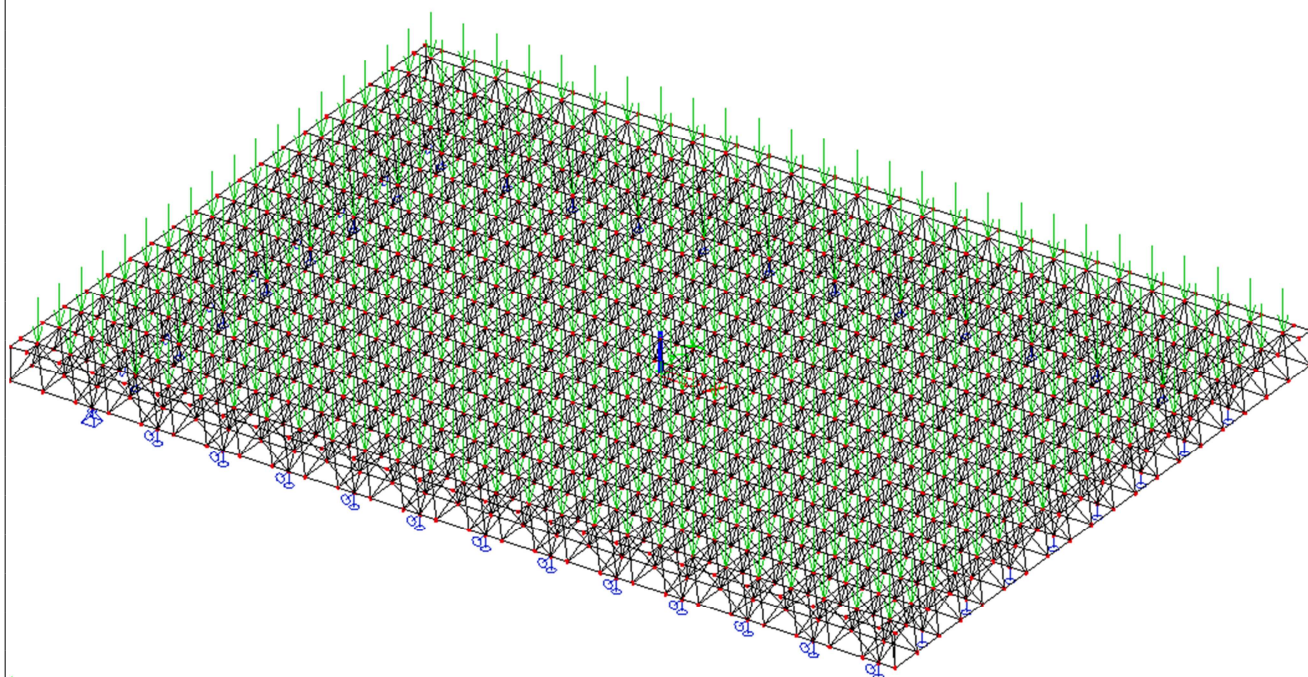
Kde $A_{i,k}$ je reakce od zatížení stálého a sněhu, toto přitížení je zavedeno do desky.

2.3 Zatěžovací stavy

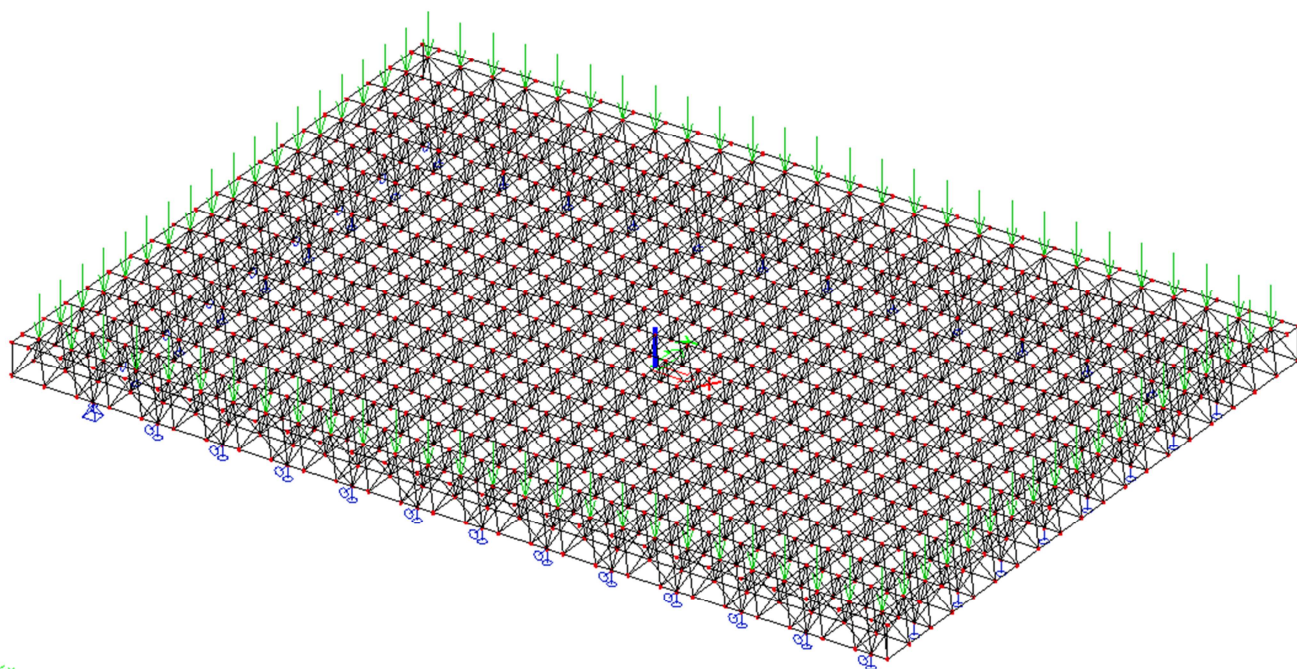
ZS 1: Vlastní tíha konstrukce - program Scia Engineer



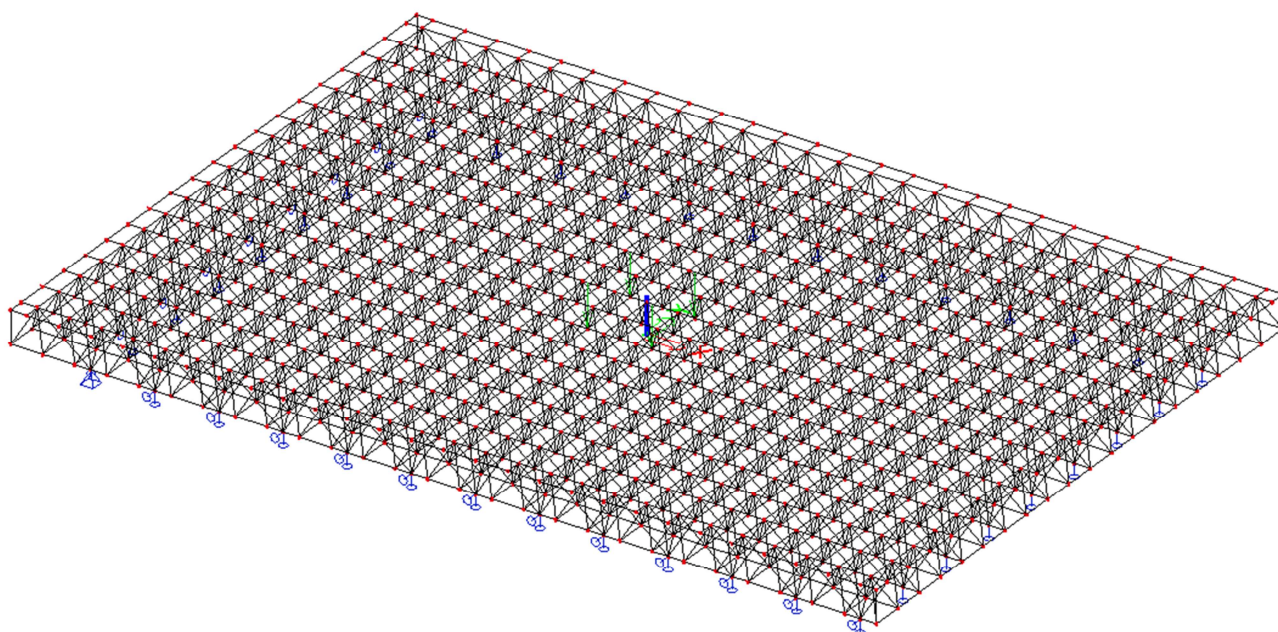
ZS 2: Zatížení na ploše střechy:



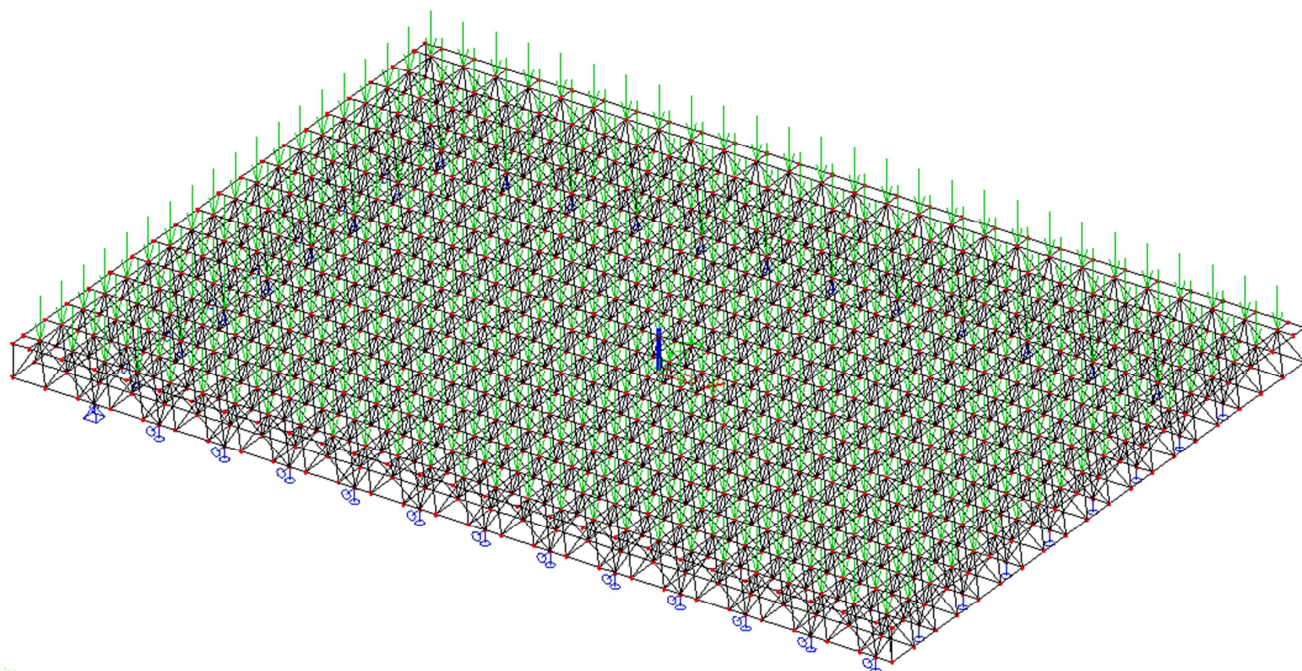
ZS 3: Liniové zatížení po obvodě střechy:



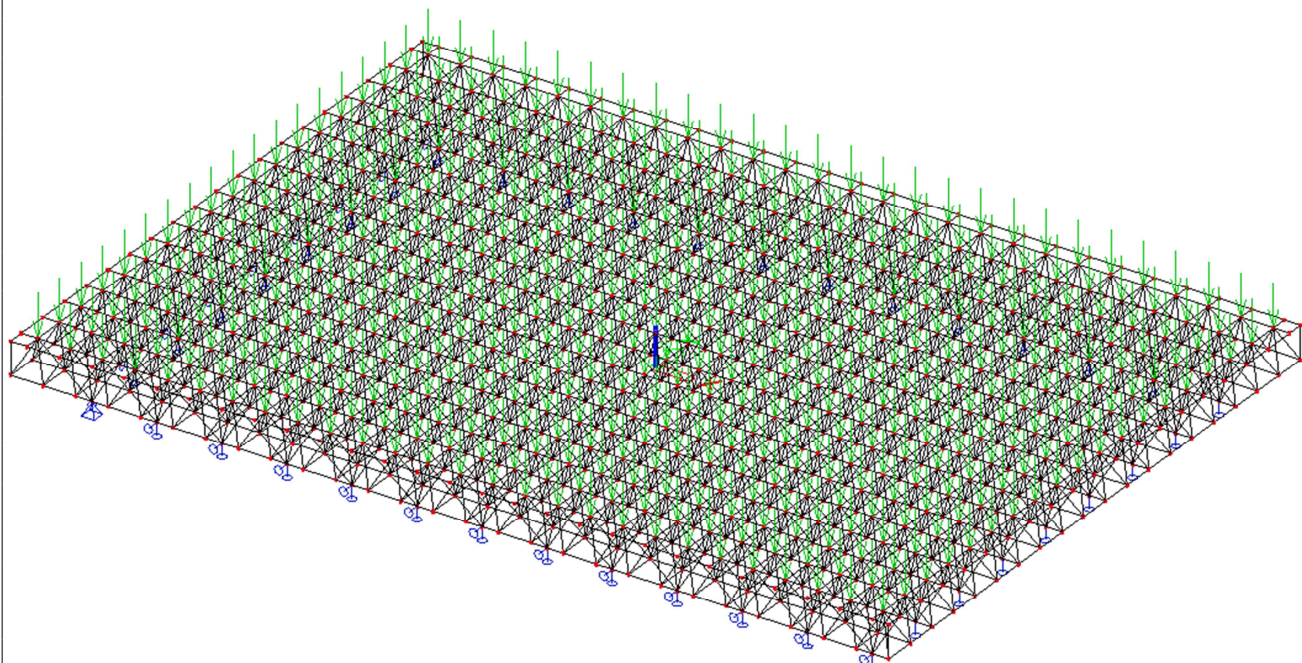
ZS 4: Multimediální kostka:



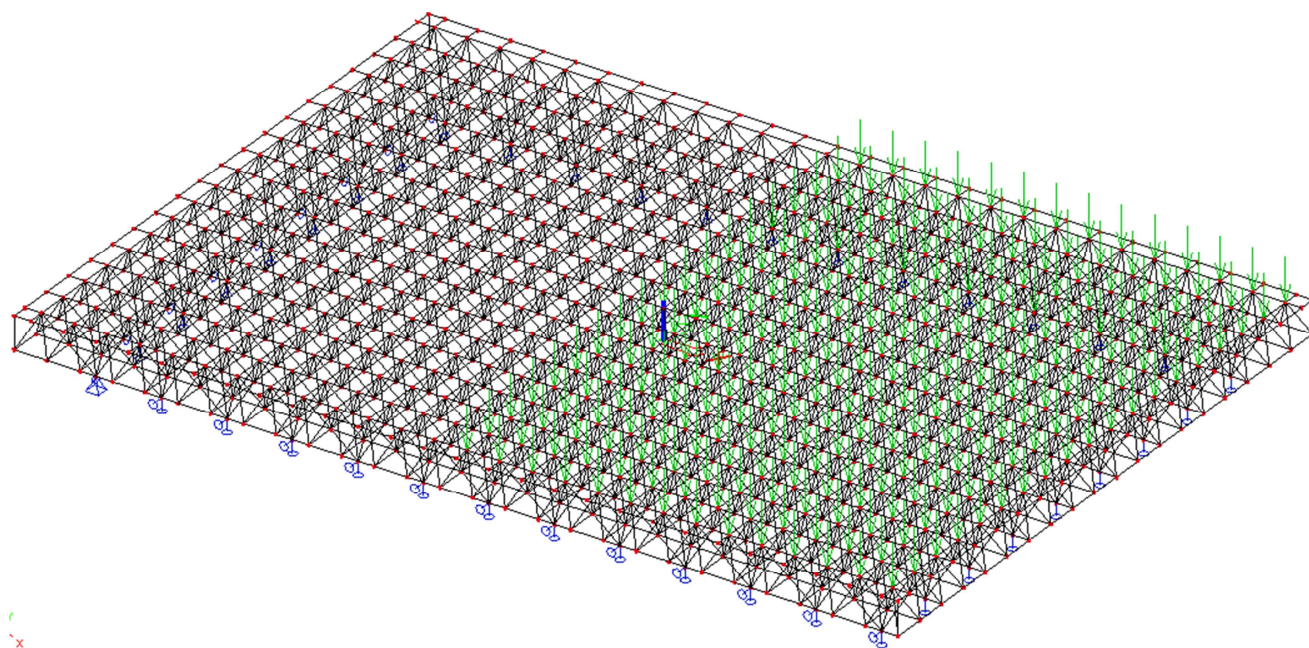
ZS 5.1: Sníh – plný (rovnoměrně rozložený po celé desce)
 $S = 1,2 \text{ kN/m}^2$



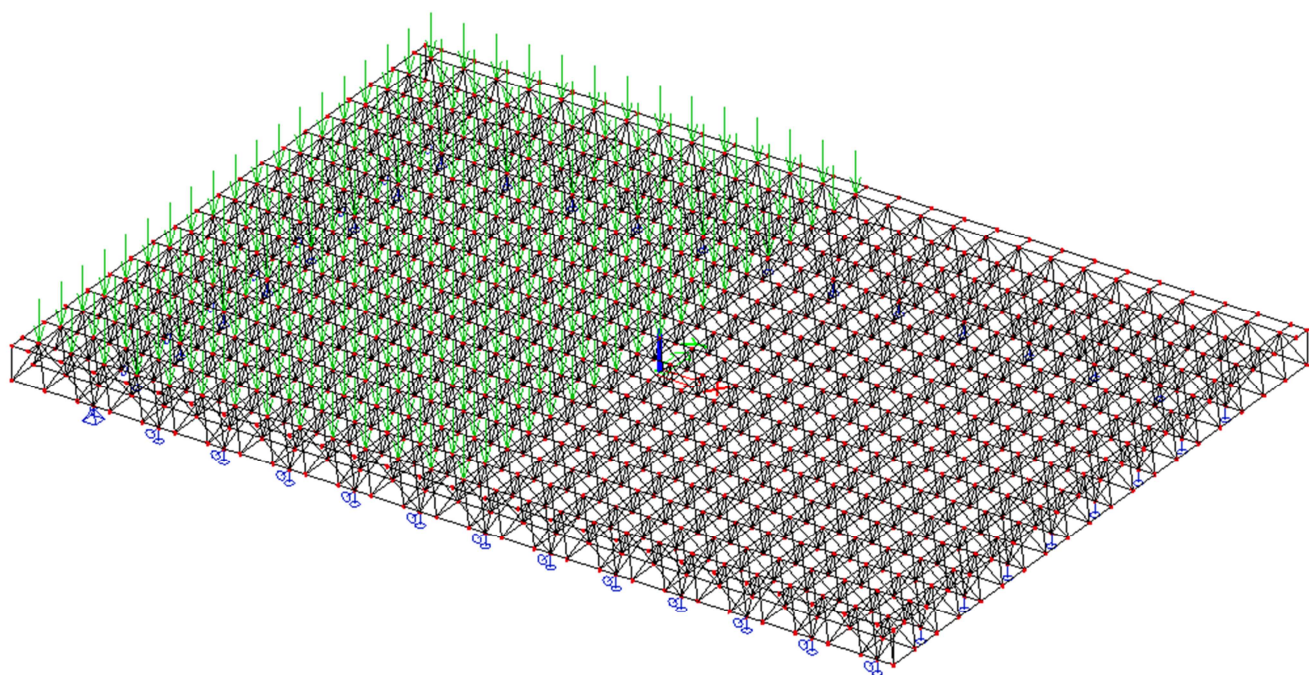
ZS 5.2: Sníh – poloviční (rovnoměrně rozložený po celé desce)
 $S = 0,6 \text{ kN/m}^2$



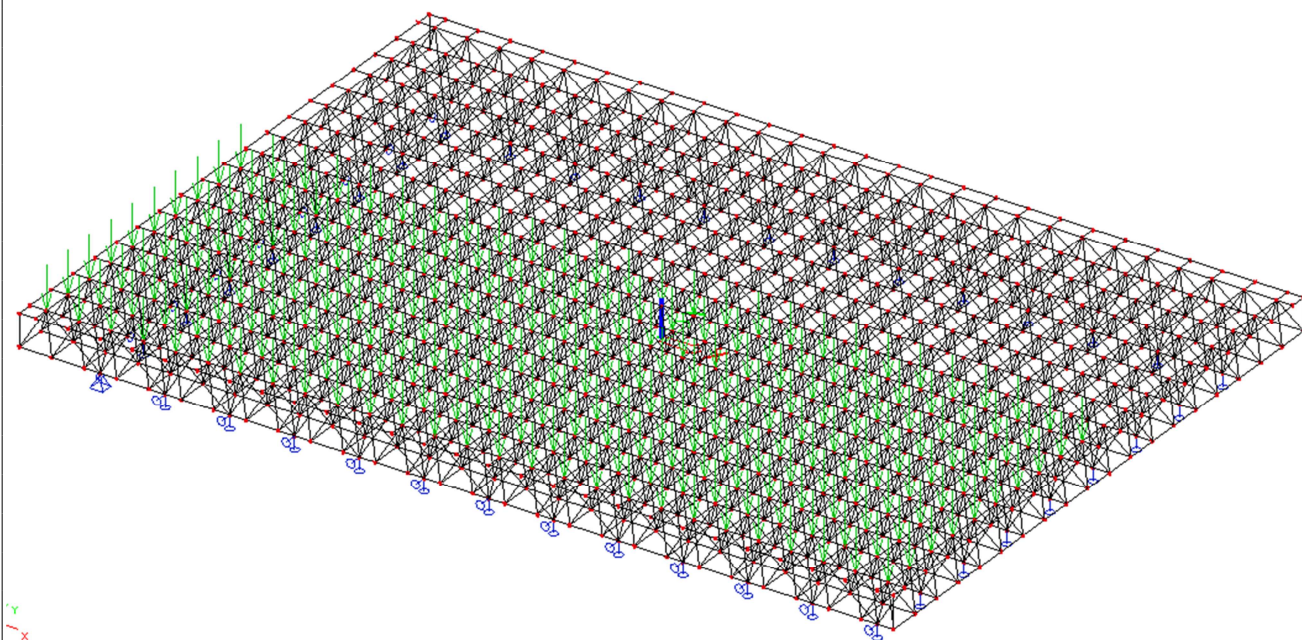
ZS 5.3: Sníh – plný (na polovině střechy v příčném směru)
 $S = 1,2 \text{ kN/m}^2$



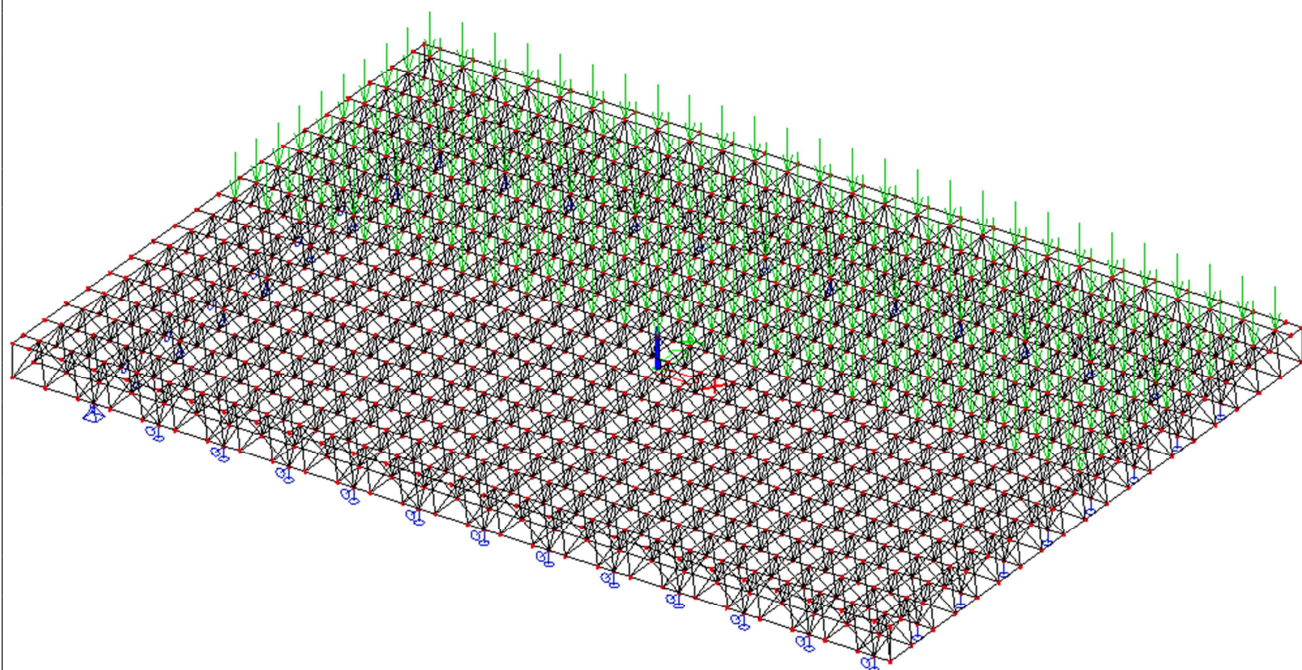
ZS 5.4: Sníh – plný (na polovině střechy v příčném směru)
zrcadlově
 $S = 1,2 \text{ kN/m}^2$



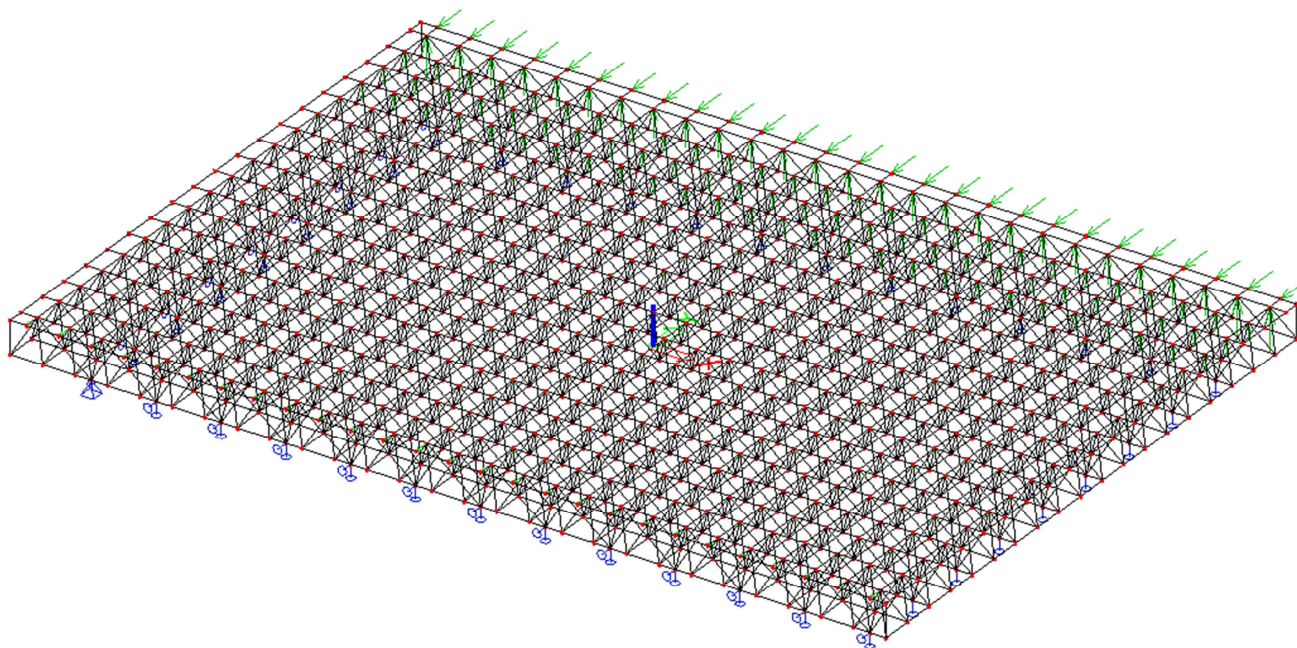
ZS 5.5: Sníh – plný (na polovině střechy v podélném směru)
 $S = 1,2 \text{ kN/m}^2$



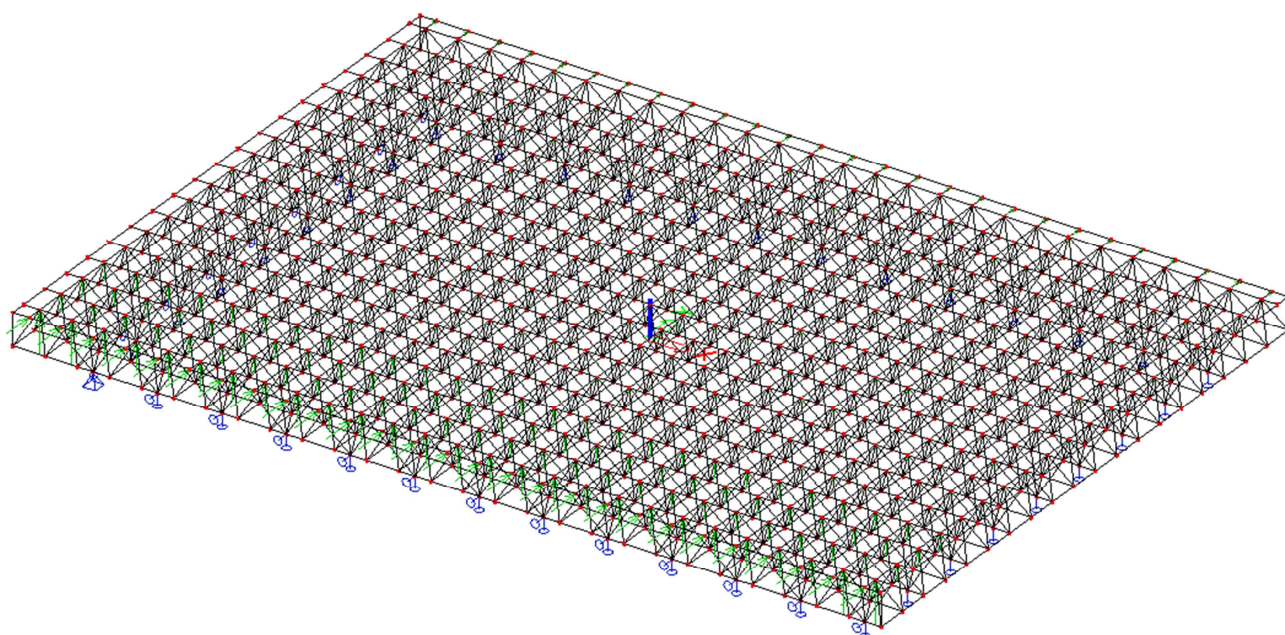
ZS 5.6: Sníh – plný (na polovině střechy v podélném směru)
zrcadlově
 $S = 1,2 \text{ kN/m}^2$



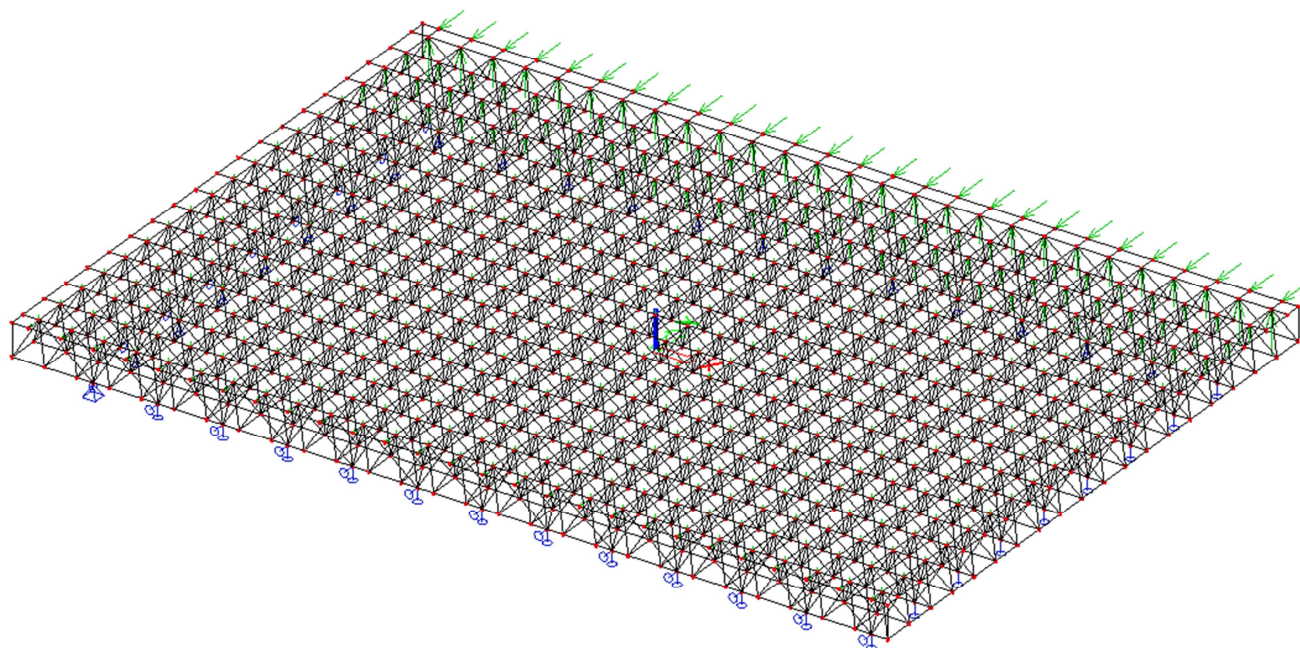
ZS 6.1: Vítr – příčný, pravý, oblast I = -0,2,



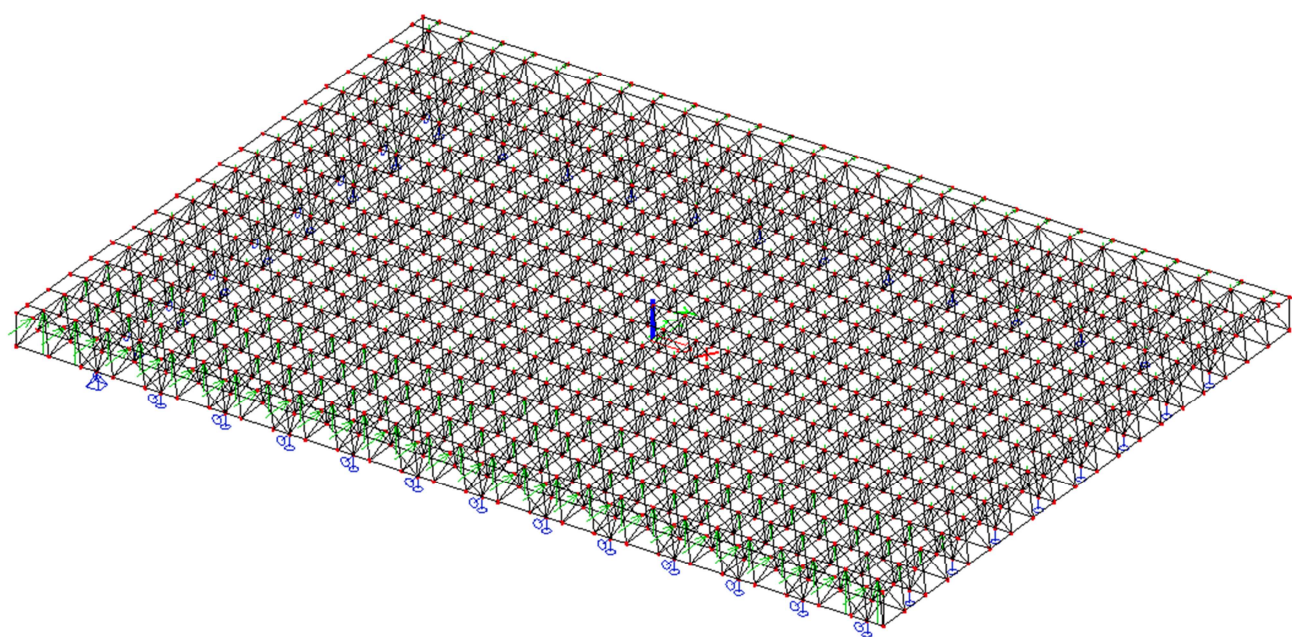
ZS 6.2: Vítr – příčný, levý, oblast I = -0,2,



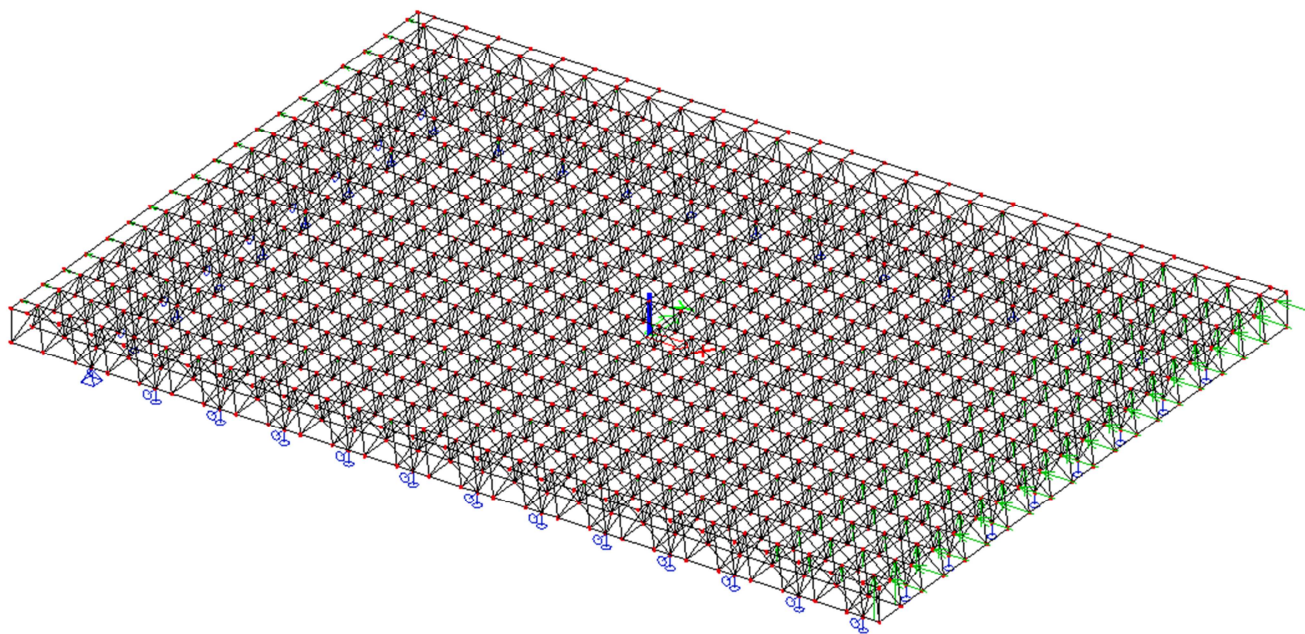
ZS 6.3: Vítr – příčný, pravý, oblast I = +0,2,



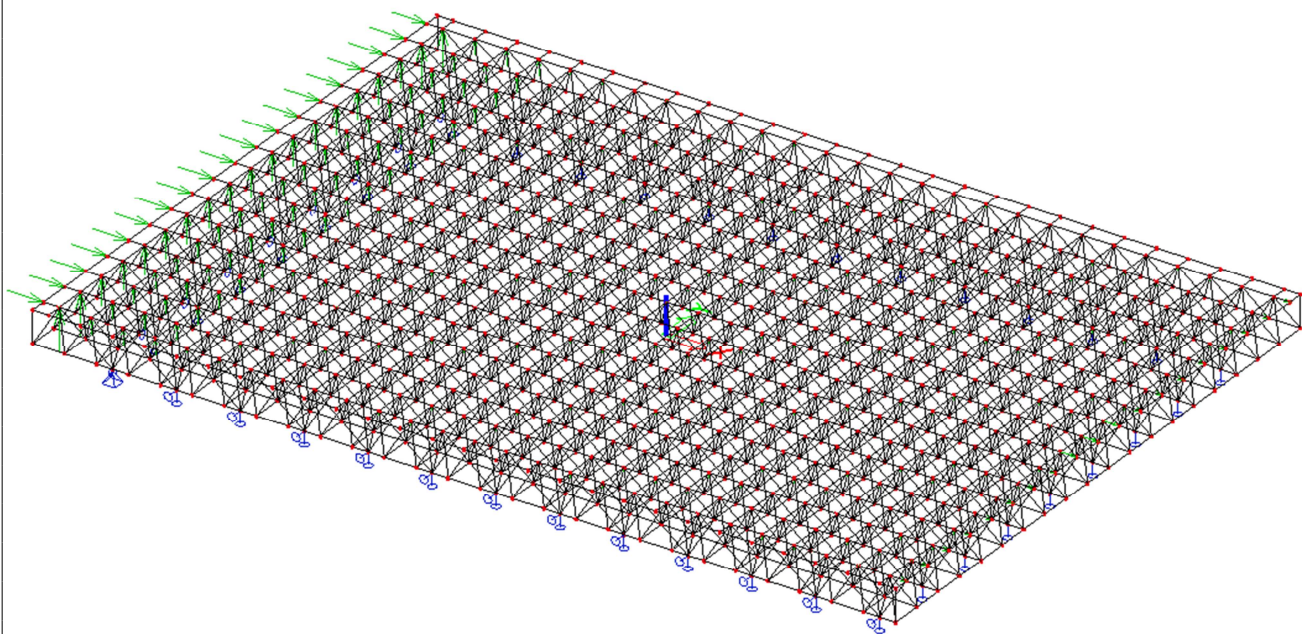
ZS 6.4: Vítr – příčný, levý, oblast I = +0,2,



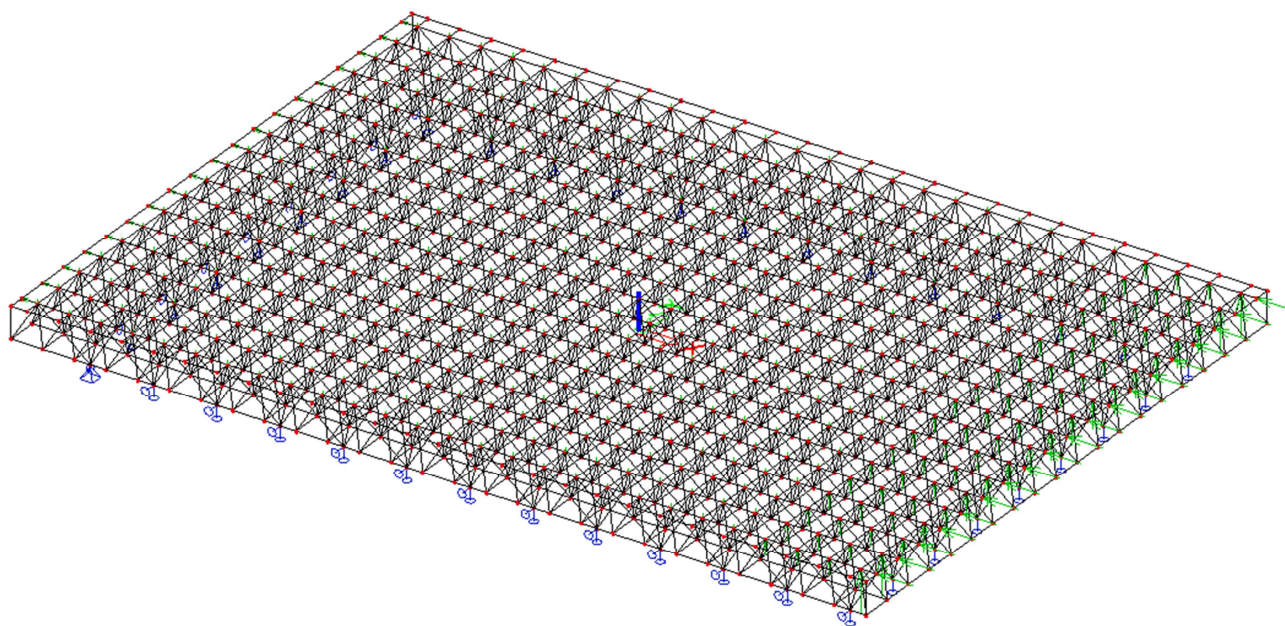
ZS 6.5: Vítr – podélný, pravý, oblast I = -0,2,



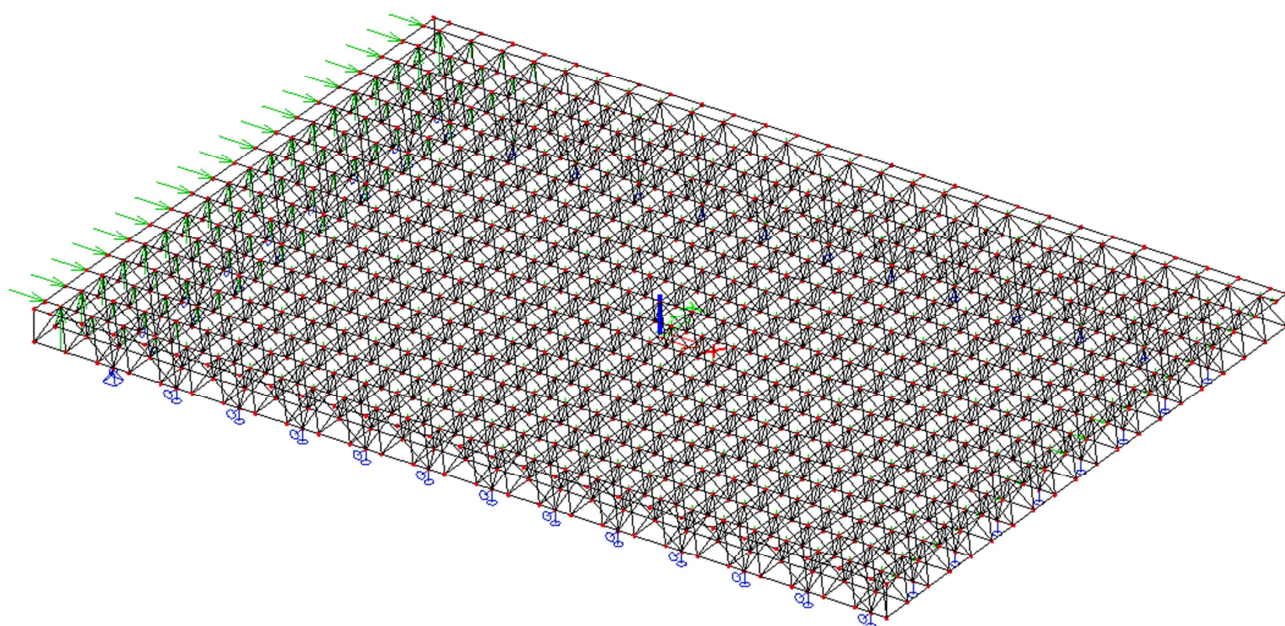
ZS 6.6: Vítr – podélný, levý, oblast I = -0,2,



ZS 6.7: Vítr – podélný, pravý, oblast I = +0,2,



ZS 6.8: Vítr – podélný, levý, oblast I = +0,2,



2.4 Souhrn zatěžovacích stavů

- ZS1: Vlastní tíha konstrukce - program Scia Engineer
 ZS2: Zatížení na ploše střechy - stálé
 ZS3: Liniové zatížení po obvodě střechy
 ZS4: Multimediální kostka
- ZS5.1: Sníh – plný (rovnoměrně rozložený po celé desce)
 ZS5.2: Sníh – poloviční (rovnoměrně rozložený po celé desce)
 ZS5.3: Sníh – plný (na polovině střechy v příčném směru)
 ZS5.4: Sníh – plný (na polovině střechy v příčném směru, zrcadlově)
 ZS5.5: Sníh – plný (na polovině střechy v podélném směru)
 ZS5.6: Sníh – plný (na polovině střechy v podélném směru, zrcadlově)
- ZS6.1: Vítr – příčný, pravý, oblast I = -0,2
 ZS6.2: Vítr – příčný, levý, oblast I = -0,2
 ZS6.3: Vítr – příčný, pravý, oblast I = +0,2
 ZS6.4: Vítr – příčný, levý, oblast I = +0,2
 ZS6.5: Vítr – podélný, pravý, oblast I = -0,2
 ZS6.6: Vítr – podélný, levý, oblast I = -0,2
 ZS6.7: Vítr – podélný, pravý, oblast I = +0,2
 ZS6.8: Vítr – podélný, levý, oblast I = +0,2

3 KOMBINACE

MSÚ

Vzorec 6.10

$$F_d = \Sigma \gamma_{Gi} * G_{kj} + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \Sigma * \gamma_{Qi} * \psi_{oi} * Q_{ki}$$

$\gamma_G = 1,35$ nepříznivý účinek

$\gamma_G = 1,00$ příznivý účinek

$\gamma_Q = 1,50$

$\psi_{o,snih} = 0,50$

$\psi_{o,vitr} = 0,60$

Uvažuje se vždy jedno hlavní proměnné zatížení.

Uvažují se nanejvýš dvě proměnné zatížení.

Malá pravděpodobnost, aby nastaly extrémy od všech zatížení současně.

Nejhorší pro MSÚ: $1,35 * \text{Stálé} + 1,5 * \text{Sníh}$

$1,35 * \text{Stálé} + 1,5 * \text{Vitr}$

Případné nadzvednutí kce:

$1,0 * \text{Stálé} + 1,5 * \text{Vitr}$

MSP

Vzorec 6.14b, charakteristická kombinace

$$F_d = \Sigma G_{kj} + Q_{k1} + \Sigma * \psi_{0,i} * Q_{ki}$$

$$\gamma_G = 1,0$$

$$\gamma_Q = 1,0$$

$$\psi_{0,snh} = 0,50$$

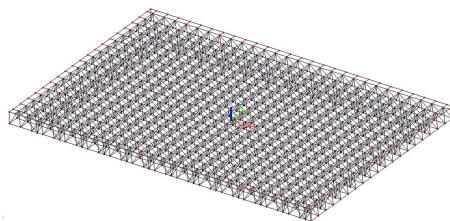
$$\psi_{0,vitr} = 0,60$$

Uvažuje se vždy jedno hlavní proměnné zatížení.

Uvažují se nanejvýš dvě proměnné zatížení.

Malá pravděpodobnost, aby nastaly extrémy od všech zatížení současně.

Výpis všech možných kombinací zde neuvádím, kombinace byly vytvořeny dle výše uvedených pravidel. Rozhodující nebezpečné kombinace jsou uvedeny při posuzování jednotlivých částí.



4 STATICKÝ SYSTÉM

Zastřešení stadionu je realizováno příhradovou deskou o rozměrech 101,25 m x 71,25 m x 3,75 m. Oko příhradové desky je navrženo čtvercové o rozměrech 3,75 m x 3,75 m. Ze statického hlediska představuje deska prostorovou prutovou soustavu s dolním a horním prutovým pásem, kde spolupůsobení zajišťují diagonály. Celou desku vynášejí 40 podporových jehlanů stejných rozměrů jako základní rozměr oka desky.

Podepření je realizováno prostorovým kloubovým systémem: pevné kloubové podepření je u sloupu č.1, sloupy č.2-13 mají umožněný posuv v ose x, sloupy č.33-40 mají umožněný posuv v ose y, sloupy č. 14-32 mají umožněný posuv v obou směrech, viz. schéma konstrukce str.2.

Model konstrukce byl vytvořen a posuzován v programu Scia Engineer.

4.1 Vzpěrné délky

Vzpěrné délky jednotlivých prutů jsou rovny systémové délce v rovině i z roviny:

Pruty horního a dolního pásu: $l = 3750 \text{ mm}$

Diagonály: $l = 4593 \text{ mm}$

Podporové diagonály: $l = 4593 \text{ mm}$

5 MATERIÁL A PROFILY

Profily příhradové desky jsou trubky z oceli S355.

ROZDĚLENÍ PRŮŘEZŮ:

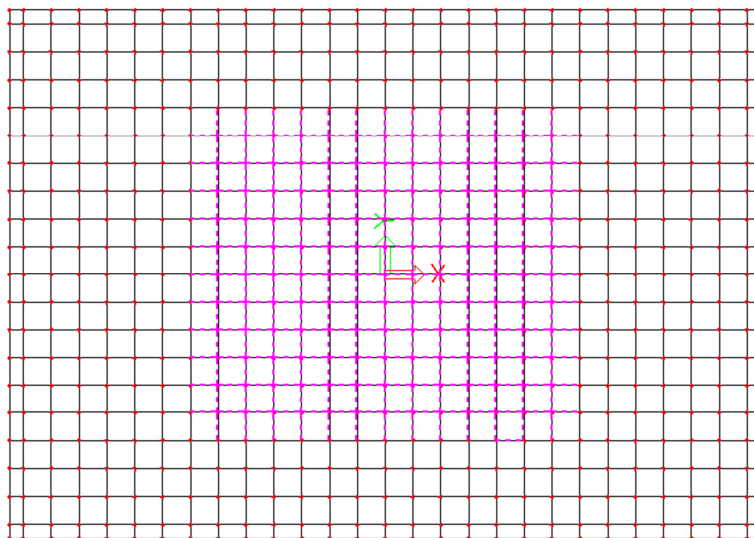
Horní a dolní pásy: TR 219,1/12
TR 168,3/4,5
TR 152,4/4,5

Diagonály: TR 108/4
TR 133/5

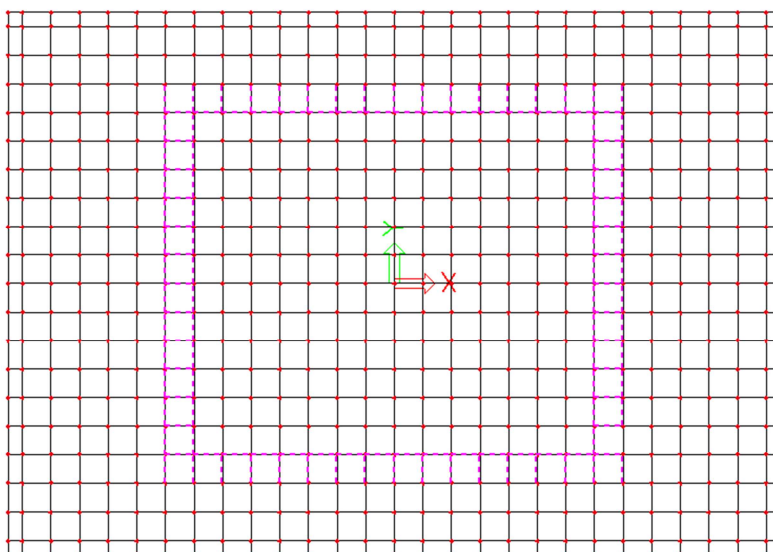
Okrajové svislíce (4x): TR 108/4

Podporové diagonály: TR 152,4/8

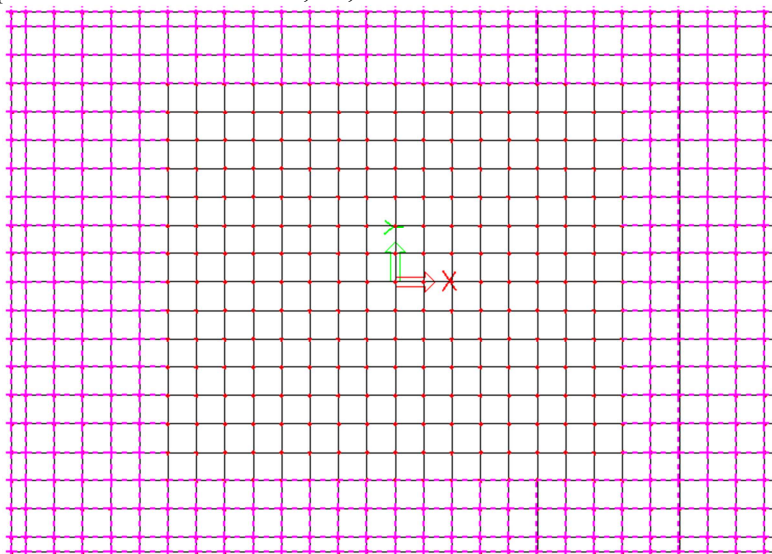
Horní pásy v příčném a podélném směru : TR 219,1/12



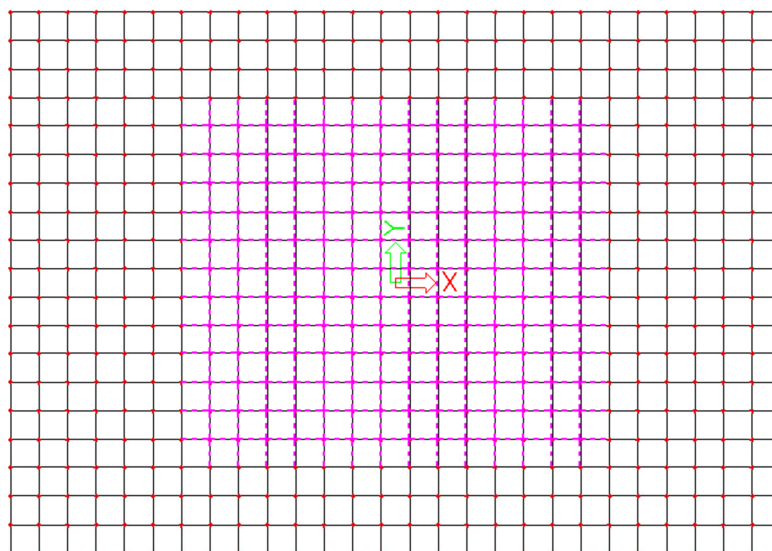
Horní pásy v příčném a podélném směru : TR 168,3/4,5



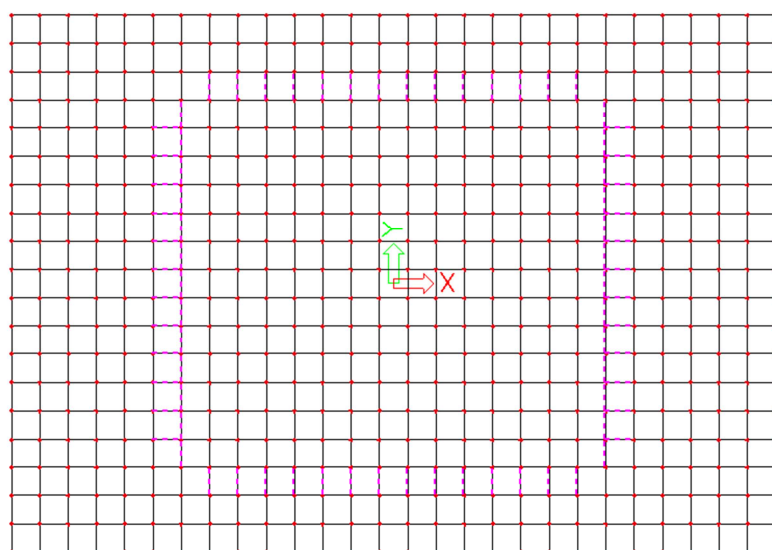
Horní pásy v příčném a podélném směru : TR 152,4/4,5



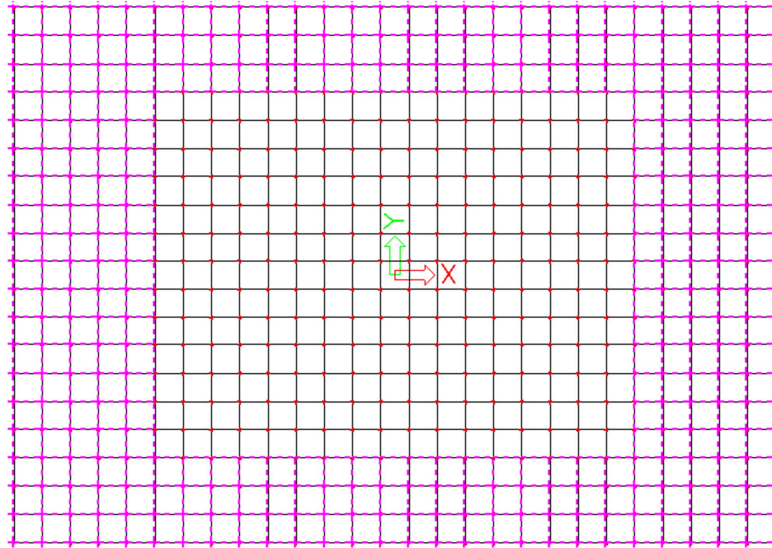
Dolní pásy v příčném a podélném směru : TR 219,1/12



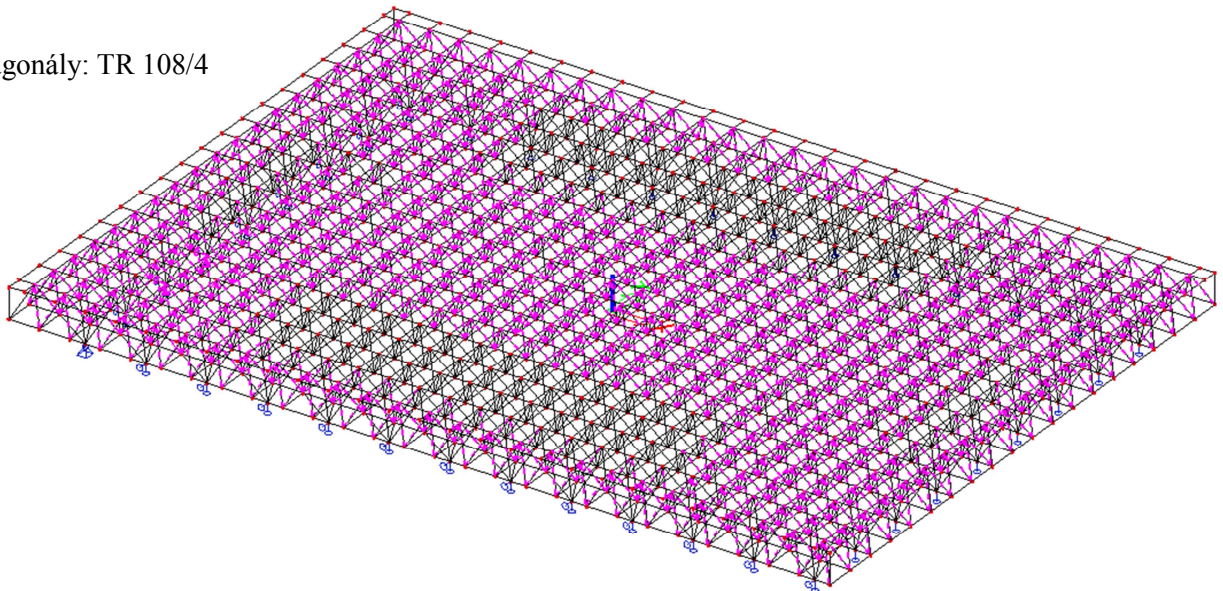
Dolní pásy v příčném a podélném směru : TR 168,3/4,5



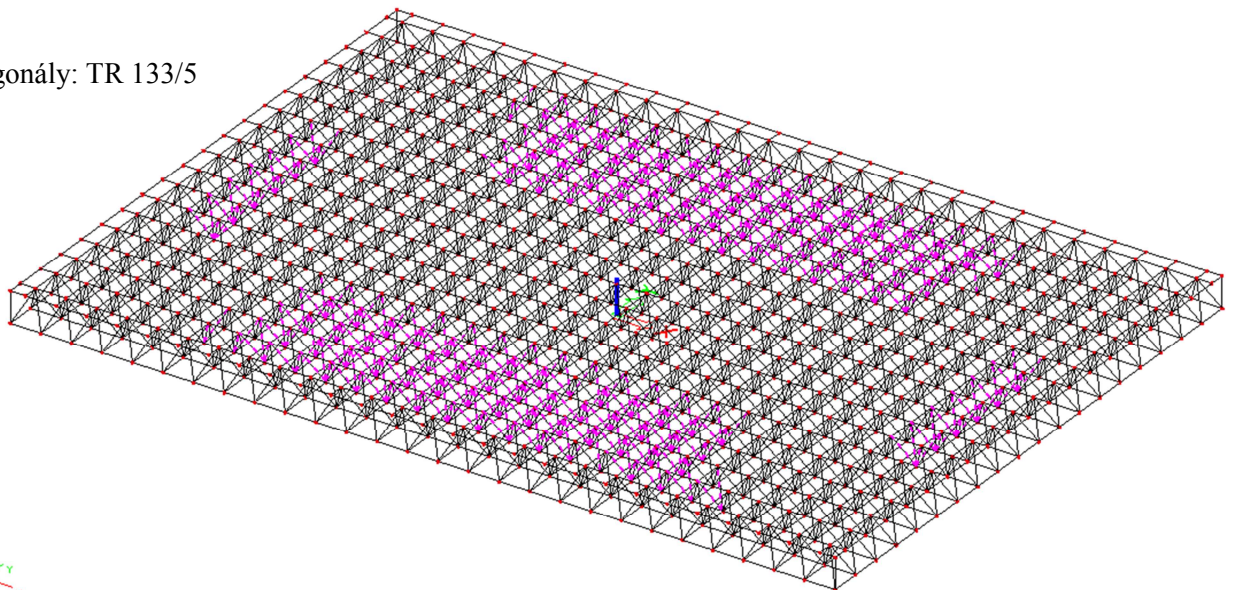
Dolní pásy v příčném a podélném směru : TR 152,4/4,5



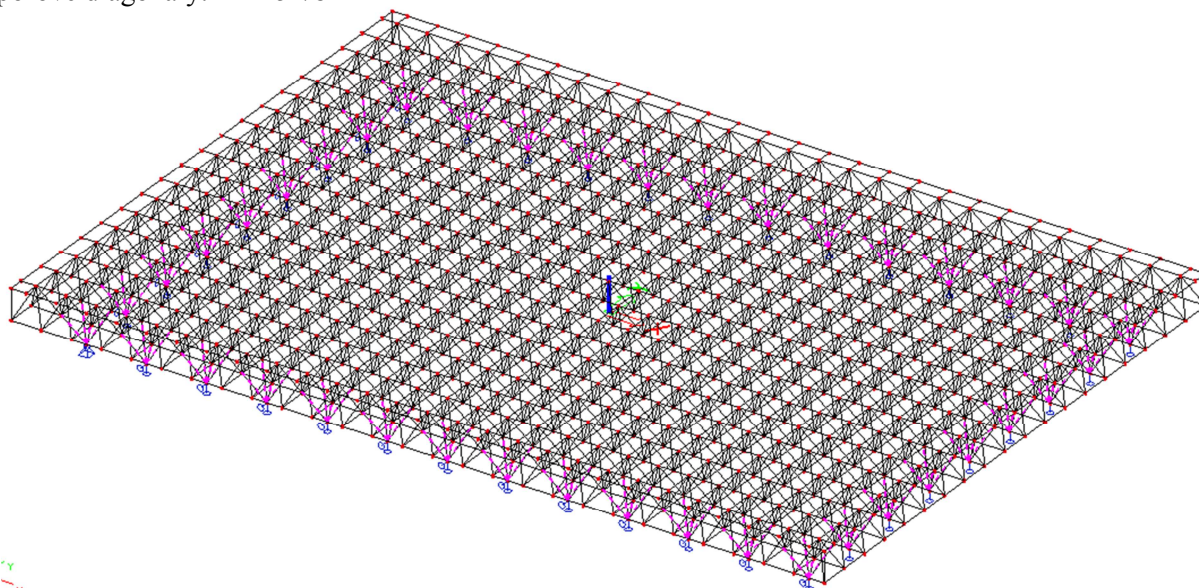
Diagonály: TR 108/4



Diagonály: TR 133/5



Podporové diagonály: TR 152/8



6 POSOUZENÍ MSÚ

Posouzení konstrukce bylo provedeno dle ČSN EN 1993-1-1
v programu Scia Engineer, ne všechny průřezy vyhověly:

	PRUT	PROFIL	POSUDEK	KOMBINACE
Horní pás	B3649	TR 168,3/4,5	1,05	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B3677	TR 168,3/4,5	1,15	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B4107	TR 168,3/4,5	1,00	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B3705	TR 168,3/4,5	1,23	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B4108	TR 168,3/4,5	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B3733	TR 168,3/4,5	1,25	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B4109	TR 168,3/4,5	1,04	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B3761	TR 168,3/4,5	1,23	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B4110	TR 168,3/4,5	1,01	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B3789	TR 168,3/4,5	1,15	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B3817	TR 168,3/4,5	1,04	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B4169	TR 168,3/4,5	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B4187	TR 168,3/4,5	1,08	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B4205	TR 168,3/4,5	1,09	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B4223	TR 168,3/4,5	1,11	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B4241	TR 168,3/4,5	1,10	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B4259	TR 168,3/4,5	1,10	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B4277	TR 168,3/4,5	1,07	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B4295	TR 168,3/4,5	1,05	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B3774	TR 168,3/4,5	1,10	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.4)
Horní pás	B3746	TR 168,3/4,5	1,17	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.4)
Horní pás	B3718	TR 168,3/4,5	1,20	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.4)
Horní pás	B3690	TR 168,3/4,5	1,19	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.4)

	PRUT	PROFIL	POSUDEK	KOMBINACE
Horní pás	B3662	TR 168,3/4,5	1,13	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.4)
Horní pás	B3634	TR 168,3/4,5	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.4)
Horní pás	B3818	TR 152,4/4,5	1,10	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B3790	TR 152,4/4,5	1,22	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B3762	TR 152,4/4,5	1,31	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B3734	TR 152,4/4,5	1,33	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B3706	TR 152,4/4,5	1,31	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B3678	TR 152,4/4,5	1,23	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B3650	TR 152,4/4,5	1,12	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Horní pás	B3773	TR 152,4/4,5	1,09	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.4)
Horní pás	B3745	TR 152,4/4,5	1,16	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.4)
Horní pás	B3717	TR 152,4/4,5	1,18	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.4)
Horní pás	B3689	TR 152,4/4,5	1,18	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B3661	TR 152,4/4,5	1,13	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Horní pás	B3633	TR 152,4/4,5	1,06	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B174	TR 108/4	1,65	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B93	TR 108/4	1,84	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B94	TR 108/4	1,60	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B254	TR 108/4	1,51	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B334	TR 108/4	1,01	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B338	TR 108/4	1,05	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B183	TR 108/4	1,13	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B103	TR 108/4	1,96	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B101	TR 108/4	2,42	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B187	TR 108/4	1,97	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B188	TR 108/4	1,31	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B107	TR 108/4	1,19	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B109	TR 108/4	1,44	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B195	TR 108/4	1,55	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B196	TR 108/4	1,28	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B279	TR 108/4	1,11	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Diagonála	B275	TR 108/4	1,20	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B363	TR 108/4	1,06	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B283	TR 108/4	1,29	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)
Diagonála	B367	TR 108/4	1,12	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B287	TR 108/4	1,31	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B371	TR 108/4	1,18	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B291	TR 108/4	1,37	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B375	TR 108/4	1,25	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B455	TR 108/4	1,04	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B295	TR 108/4	1,46	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B379	TR 108/4	1,23	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B459	TR 108/4	1,06	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B299	TR 108/4	1,33	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B303	TR 108/4	1,49	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B383	TR 108/4	1,35	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)

	PRUT	PROFIL	POSUDEK	KOMBINACE
Diagonála	B463	TR 108/4	1,15	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B467	TR 108/4	1,07	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B387	TR 108/4	1,21	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B307	TR 108/4	1,18	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B471	TR 108/4	1,14	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B551	TR 108/4	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B391	TR 108/4	1,32	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B311	TR 108/4	1,26	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B395	TR 108/4	1,07	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B399	TR 108/4	1,76	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B482	TR 108/4	1,75	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B239	TR 108/4	1,45	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B322	TR 108/4	1,64	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B154	TR 108/4	1,53	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B642	TR 108/4	1,49	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B802	TR 108/4	1,23	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B801	TR 108/4	1,10	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B803	TR 108/4	1,01	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B961	TR 108/4	1,09	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B963	TR 108/4	1,09	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1121	TR 108/4	1,04	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1123	TR 108/4	1,11	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1203	TR 108/4	1,06	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1283	TR 108/4	1,09	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1363	TR 108/4	1,09	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1443	TR 108/4	1,05	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1523	TR 108/4	1,09	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1524	TR 108/4	1,02	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1684	TR 108/4	1,29	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1759	TR 108/4	1,23	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1844	TR 108/4	1,59	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1917	TR 108/4	1,40	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1919	TR 108/4	1,76	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2003	TR 108/4	1,79	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2004	TR 108/4	2,51	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2162	TR 108/4	1,57	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2164	TR 108/4	1,73	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2158	TR 108/4	1,61	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2154	TR 108/4	1,44	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2062	TR 108/4	1,26	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.4)
Diagonála	B2061	TR 108/4	1,18	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1981	TR 108/4	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1977	TR 108/4	1,20	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1974	TR 108/4	1,04	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.4)
Diagonála	B1973	TR 108/4	1,44	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1893	TR 108/4	1,23	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)

	PRUT	PROFIL	POSUDEK	KOMBINACE
Diagonála	B1897	TR 108/4	1,07	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1813	TR 108/4	1,00	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1809	TR 108/4	1,11	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1889	TR 108/4	1,35	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1969	TR 108/4	1,56	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1885	TR 108/4	1,44	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1965	TR 108/4	1,68	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1805	TR 108/4	1,18	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1801	TR 108/4	1,21	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1881	TR 108/4	1,49	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1961	TR 108/4	1,74	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1957	TR 108/4	1,76	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1877	TR 108/4	1,49	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1797	TR 108/4	1,20	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1873	TR 108/4	1,43	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1793	TR 108/4	1,15	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1953	TR 108/4	1,72	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2033	TR 108/4	1,81	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2029	TR 108/4	1,83	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1949	TR 108/4	1,53	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1869	TR 108/4	1,19	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1708	TR 108/4	1,14	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1704	TR 108/4	1,68	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1784	TR 108/4	1,47	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1945	TR 108/4	1,29	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1864	TR 108/4	1,26	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2025	TR 108/4	1,91	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2105	TR 108/4	1,56	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2021	TR 108/4	1,85	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2101	TR 108/4	2,59	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2103	TR 108/4	1,26	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1940	TR 108/4	1,87	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1860	TR 108/4	2,02	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1780	TR 108/4	1,69	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1856	TR 108/4	1,71	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1935	TR 108/4	1,42	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1936	TR 108/4	2,69	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2095	TR 108/4	2,74	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2096	TR 108/4	1,59	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2094	TR 108/4	1,66	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1776	TR 108/4	1,15	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1696	TR 108/4	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1700	TR 108/4	1,82	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B498	TR 108/4	1,50	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B502	TR 108/4	1,36	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B414	TR 108/4	1,01	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)

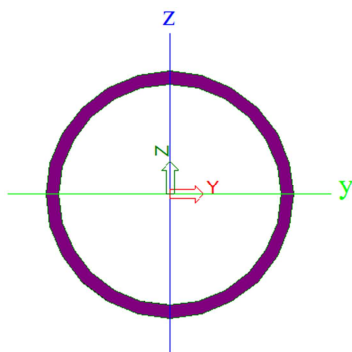
	PRUT	PROFIL	POSUDEK	KOMBINACE
Diagonála	B418	TR 108/4	1,24	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B422	TR 108/4	1,05	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B223	TR 108/4	2,04	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B138	TR 108/4	1,43	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B231	TR 108/4	1,97	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B146	TR 108/4	1,66	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B754	TR 108/4	1,15	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B674	TR 108/4	1,07	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B836	TR 108/4	1,07	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B834	TR 108/4	1,16	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B916	TR 108/4	1,17	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B914	TR 108/4	1,14	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B996	TR 108/4	1,24	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B994	TR 108/4	1,10	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1076	TR 108/4	1,32	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1074	TR 108/4	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1156	TR 108/4	1,38	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1160	TR 108/4	1,05	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1240	TR 108/4	1,09	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1236	TR 108/4	1,43	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1316	TR 108/4	1,45	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1320	TR 108/4	1,12	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1400	TR 108/4	1,12	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1480	TR 108/4	1,07	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1476	TR 108/4	1,39	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1556	TR 108/4	1,27	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B818	TR 133/5	1,15	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B820	TR 133/5	1,08	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B898	TR 133/5	1,18	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B738	TR 133/5	1,21	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B742	TR 133/5	1,05	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B658	TR 133/5	1,09	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B662	TR 133/5	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B822	TR 133/5	1,04	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B902	TR 133/5	1,00	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B978	TR 133/5	1,08	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B900	TR 133/5	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B980	TR 133/5	1,19	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1058	TR 133/5	1,12	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1060	TR 133/5	1,14	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1140	TR 133/5	1,26	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1224	TR 133/5	1,16	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1220	TR 133/5	1,21	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1300	TR 133/5	1,29	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1304	TR 133/5	1,19	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1384	TR 133/5	1,22	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)

	PRUT	PROFIL	POSUDEK	KOMBINACE
Diagonála	B1380	TR 133/5	1,27	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1464	TR 133/5	1,22	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1460	TR 133/5	1,31	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1544	TR 133/5	1,19	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1468	TR 133/5	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1388	TR 133/5	1,05	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1308	TR 133/5	1,04	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1228	TR 133/5	1,02	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1144	TR 133/5	1,12	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1064	TR 133/5	1,07	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B984	TR 133/5	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1540	TR 133/5	1,21	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1620	TR 133/5	1,05	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B2037	TR 133/5	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1597	TR 133/5	1,13	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1437	TR 133/5	1,12	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1439	TR 133/5	1,04	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1199	TR 133/5	1,08	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1119	TR 133/5	1,08	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1279	TR 133/5	1,07	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1277	TR 133/5	1,08	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1035	TR 133/5	1,03	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B955	TR 133/5	1,02	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1039	TR 133/5	1,18	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B959	TR 133/5	1,07	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B875	TR 133/5	1,05	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B1115	TR 133/5	1,00	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B879	TR 133/5	1,25	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B795	TR 133/5	1,00	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B711	TR 133/5	1,02	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B631	TR 133/5	1,09	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B799	TR 133/5	1,01	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B719	TR 133/5	1,29	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B635	TR 133/5	1,09	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Diagonála	B715	TR 133/5	1,04	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Podpor.diag.	B4514	TR 152,4/8	1,06	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Podpor.diag.	B4564	TR 152,4/8	1,63	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)
Podpor.diag.	B4597	TR 152,4/8	1,01	1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)

Pozn:

Průřezy s posudkem 1,6 a výše jsou průřezy diagonál nad podporovými jehlany.

Ostatní pruty konstrukce vyhoví. Příhradová deska má celkem 4456 prutů.



Zde je uvedeno pro kontrolu ruční posouzení 3 vybraných průřezů:

6.1 TR 152,4/8

S355, prut B4514, tlačena diagonála

Kombinace: $1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3 + ZS4) + 1,5 \cdot (ZS5.1)$

$$N_{ed} = -717,65 \text{ kN}$$

Průřezové charakteristiky:

$$A = 3,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 9,49 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_z = 9,49 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{el,y} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 1,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 1,62 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Zatřídění průřezu:

$$d/t = 152,4/8 = 19,05 \leq 50 \cdot \varepsilon^2$$

$$\varepsilon = \sqrt{(235/355)} = 0,8136$$

$$50 \cdot 0,8136^2 = 33,10 \Rightarrow 1. \text{ třída}$$

Kritické délky:

$$k_y = k_z = 1,0$$

$$L_{cr,y} = 4,593 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 4,593 \text{ m}$$

Štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{4593}{51,13} = 89,82$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{4593}{51,13} = 89,82$$

Kritická normálová síla:

$$N_{cr,z} = N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 9,49 \cdot 10^{-6}}{4,593^2} = 932,4 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{3,63 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{932,4 \cdot 10^3}} = 1,176$$

Křivka vzpěrnosti a \Rightarrow součinitel imperfekce $\alpha = 0,21$

$$\Phi_z = \Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2]$$

$$\Phi_z = \Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,176 - 0,2) + 1,176^2] = 1,29$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,29 + \sqrt{1,29^2 - 1,176^2}} = 0,55$$

Posouzení: TLAK

$$N_{Rk} = A * f_y = 3,63 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 1288,65 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \leq 1,0$$

$$\gamma_{m1}$$

$$\frac{717,65}{0,55 * 1288,65} \leq 1,0$$

$$1,01 \leq 1,0$$

\Rightarrow NEVYHOVÍ

Posudek ze scie 1,06 je větší o vliv podružných momentů, který je zanedbatelný.

6.2 TR 152,4/4,5

S355, prut B3818, tlačení prut horního pásu

Kombinace: 1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.3)

$$N_{ed} = -535,65 \text{ kN}$$

Průřezové charakteristiky:

$$A = 2,09 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 5,72 * 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_z = 5,72 * 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{el,y} = 7,51 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 7,51 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 9,80 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 9,80 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Zatřídění průřezu:

$$d/t = 152,4/4,5 = 33,9 \leq 70 * \epsilon^2$$

$$\epsilon = \sqrt{(235/355)} = 0,8136$$

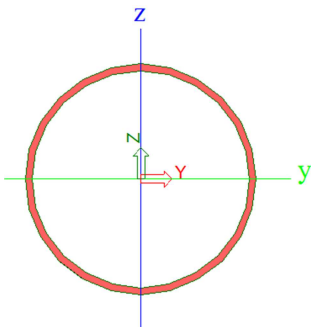
$$70 * 0,8136^2 = 46,64 \Rightarrow 2.\text{třída}$$

Kritické délky:

$$k_y = k_z = 1,0$$

$$L_{cr,y} = 3,750 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 3,750 \text{ m}$$



Štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3750}{52,31} = 71,69$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{3750}{52,31} = 71,69$$

Kritická normálová síla:

$$N_{cr,z} = N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 5,72 * 10^{-6}}{3,750^2} = 843,1 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,09 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{843,1 * 10^3}} = 0,94$$

Křivka vzpěrnosti a \Rightarrow součinitel imperfekce $\alpha = 0,21$

$$\Phi_z = \Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2]$$

$$\Phi_z = \Phi_y = 0,5 * [1 + 0,21 * (0,94 - 0,2) + 0,94^2] = 1,02$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,02 + \sqrt{1,02^2 - 0,94^2}} = 0,71$$

Posouzení: TLAK

$$N_{Rk} = A * f_y = 2,09 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 741,95 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk} * \gamma_{m1}} \leq 1,0$$

$$\frac{535,65}{0,71 * 741,95} \leq 1,0$$

$$1,02 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{NEVYHOVÍ}}$$

Posudek ze scie 1,10 je větší o vliv podružných momentů, který je zanedbatelný.

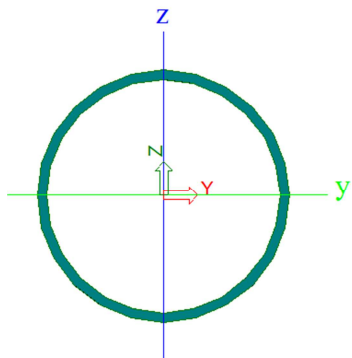
6.3 TR 133/5

S355, prut B1597, tlačena diagonála

Kombinace: 1,35*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,5*(ZS5.1)

$$N_{ed} = -360,45 \text{ kN}$$

Průřezové charakteristiky:



$$A = 2,01 * 10^{-3} m^2$$

$$I_y = 4,12 * 10^{-6} m^4$$

$$I_z = 4,12 * 10^{-6} m^4$$

$$W_{el,y} = 6,20 * 10^{-5} m^3$$

$$W_{el,z} = 6,20 * 10^{-5} m^3$$

$$W_{pl,y} = 8,16 * 10^{-5} m^3$$

$$W_{pl,z} = 8,16 * 10^{-5} m^3$$

Zatřídění průřezu:

$$d/t = 133/5 = 33,9 \leq 50 * \varepsilon^2$$

$$\varepsilon = \sqrt{(235/355)} = 0,8136$$

$$50 * 0,8136^2 = 33,10 \Rightarrow 1. \text{třída}$$

Kritické délky:

$$k_y = k_z = 1,0$$

$$L_{cr,y} = 4,593 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 4,593 \text{ m}$$

Štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{4593}{45,27} = 101,44$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{4593}{45,27} = 101,44$$

Kritická normálová síla:

$$N_{cr,z} = N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 4,12 * 10^{-6}}{4,593^2} = 404,8 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,01 * 10^{-3} * 355 * 10^6}{404,8 * 10^3}} = 1,33$$

Křivka vzpěrnosti a \Rightarrow součinitel imperfekce $\alpha = 0,21$

$$\Phi_z = \Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2]$$

$$\Phi_z = \Phi_y = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,33 - 0,2) + 1,33^2] = 1,50$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,50 + \sqrt{1,50^2 - 1,33^2}} = 0,45$$

Posouzení: TLAK

$$N_{Rk} = A * f_y = 2,01 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 713,55 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z} * N_{Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{360,45}{1,0} \leq 1,0$$

$$\frac{360,45}{0,45 * 713,55} \leq 1,0$$

$$1,12 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{NEVYHOVÍ}}$$

Posudek ze scie 1,13 je větší o vliv podružných momentů, který je zanedbatelný.

7 POSOUZENÍ MSP

$$K: 1,0*(ZS1+ZS2+ZS3+ZS4)+1,0*(ZS5.1)$$

$$\delta_{\max} = \frac{L}{250} = \frac{60000}{250} = 240 \text{ mm}$$

$$\delta = 222,0 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$$

8 HMOTNOST KONSTRUKCE

$$m = 380,272 \text{ t}$$

9 ZÁVĚR

Stávající konstrukce zastřešení dle ČSN EN 1993-1-1 nevyhověla. Avšak vzhledem k rozdílu normového zatížení, kde původní zatížení sněhem bylo 70 kg/m² dle ČSN 730035 a nově dle ČSN EN 1991 je 120 kg/m² se konstrukce nejeví zcela nevyhovující. Vzhledem k těmto rozdílům můžeme průřezy do využití 1,20 brát jako relativně vyhovující.

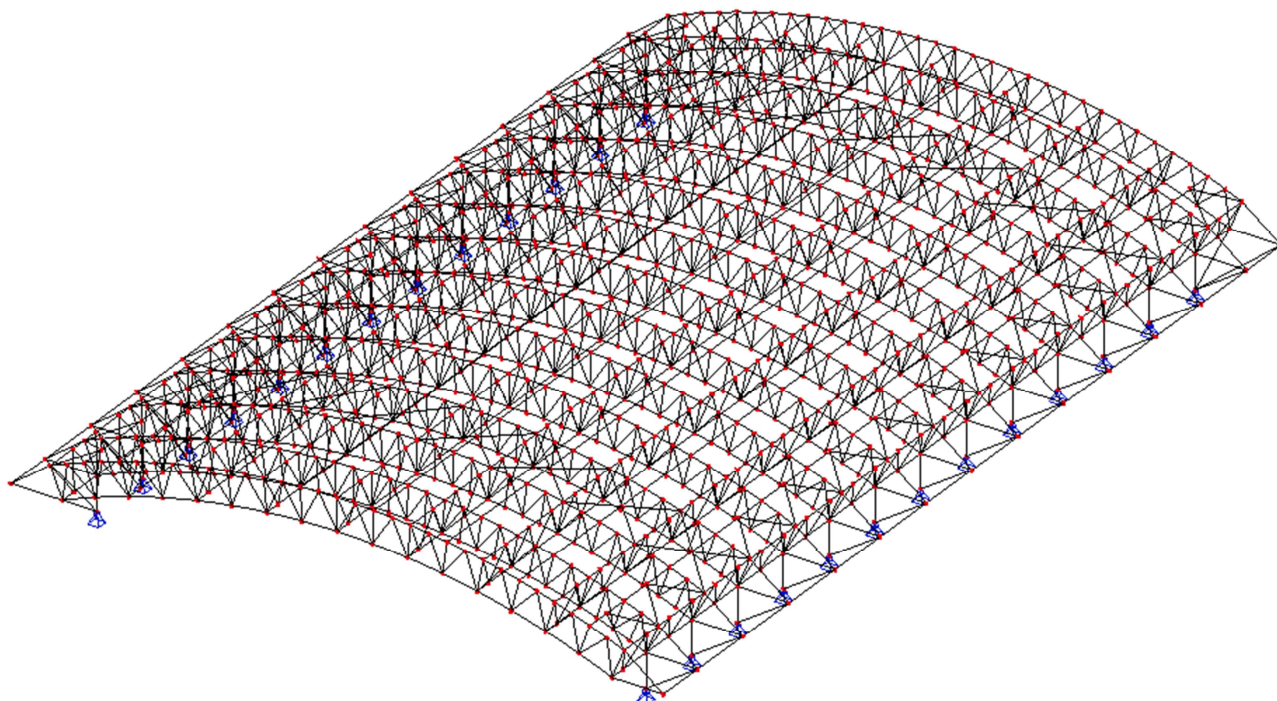
NÁVRH NOVÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ

10 GEOMETRIE

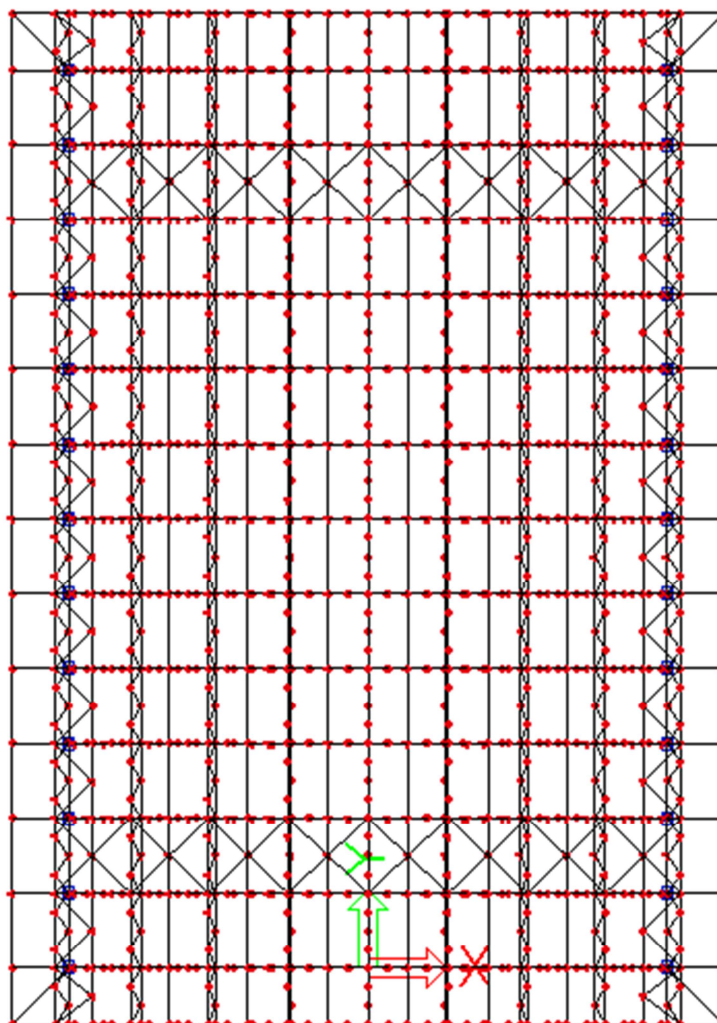
Návrh nové konstrukce zastřešení zimního stadionu je tvořen obloukovými příhradovými vazníky v příčném směru, po vzdálenosti 7,5 m a o rozpětí $L = 60$ m. V podélném směru jsou příhradové rovinné pásy a vaznice na délku jednoho pole 7,5 m. Rozměry konstrukce jsou přizpůsobeny tak, aby odpovídaly stávajícímu rozmístění podporových betonových a ocelových sloupů. Je tedy zachován půdorys o stranách 90 x 60 m, zachována i vnitřní výška konstrukce uvnitř objektu s ohledem na požadavky provozu. Ze statického hlediska se jedná o prostorovou prutovou soustavu o celkových rozměrech 101,25 m x 71,25 m. Klimatické zatížení – Třinec.

Uvádím zde jen stručné schéma konstrukce, všechny rozměry jsou zřejmé z příložených výkresů.

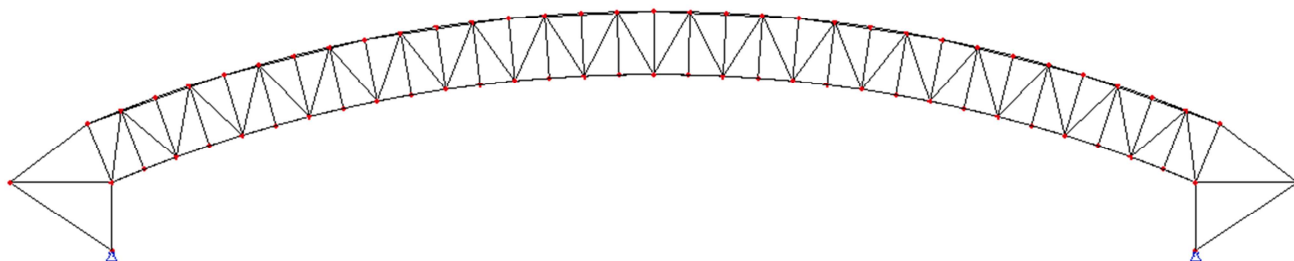
10.1 Schéma konstrukce:



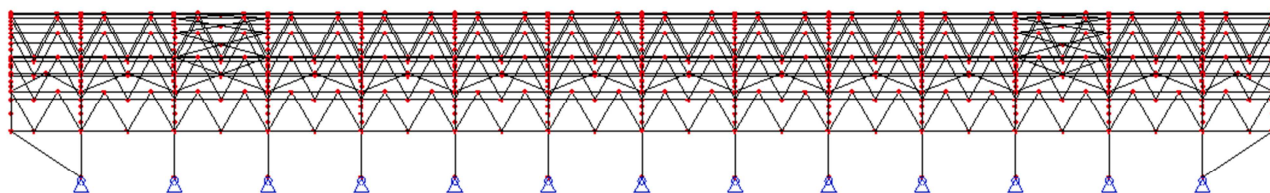
Půdorys:



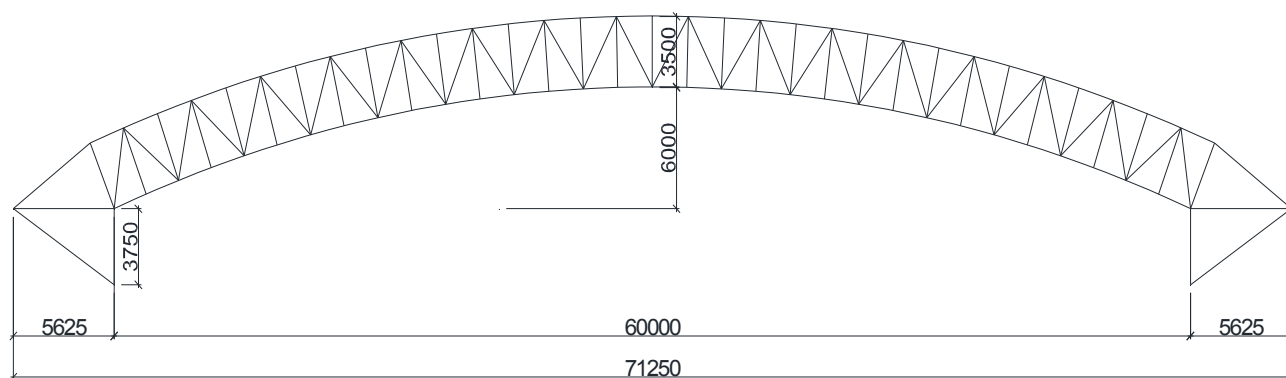
Příčný řez:



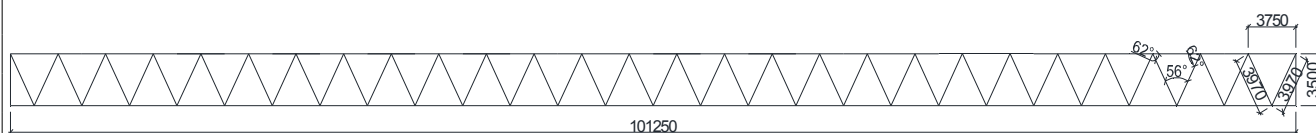
Podélný řez:



Obloukový vazník – příčný směr:



Příhradový pás – podélný směr:



11 ZATÍŽENÍ

Zatížení je vypočteno a dáno do kombinací dle norem ČSN EN 1990 a ČSN EN 1991. Uvedená zatížení jsou charakteristické hodnoty:

11.1 Zatížení stálé

ZS 1: Vlastní tíha konstrukce – program Scia Engineer

ZS 2: Zatížení na ploše střechy:

Střešní plášť:

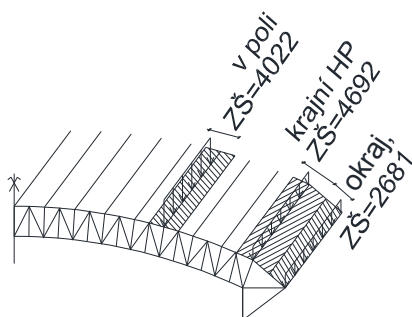
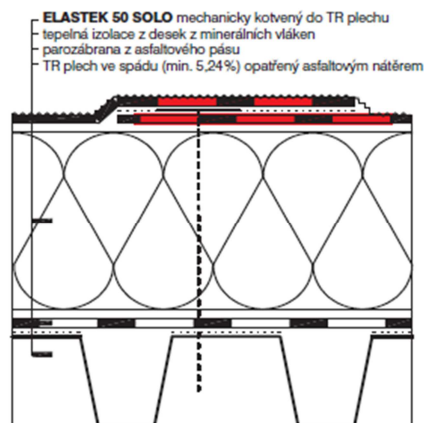
- Hydroizolace z pásu z SBS modifik. asfaltu Elastek 50 Solo 3,82 kg/m²
 - Tepelná izolace z tuhých desek z minerálních vláken tl. 2 x 40 mm 36 kg/m²
 - Parozábrana z pásu z oxidovaného asfaltu Dekglass G200 S40 3,80 kg/m²
 - Trapézový plech TR 107/250 12,87 kg/m²
- $\Sigma = 56,49 \text{ kg/m}^2$

Spojovací a kotvicí prostředky (~15%) 8,5 kg/m²

Vlastní tíha osvětl. + příslušenství 10 + 15 kg/m²

Rezerva 10 kg/m²

$$\Sigma = 99,82 \text{ kg/m}^2 = 0,998 \text{ kN/m}^2$$



Zatěžovací šířka – v poli: $Z\dot{S} = 4,022 \text{ m}$

Zatěžovací šířka – krajní HP: $Z\dot{S} = 4,692 \text{ m}$

Zatěžovací šířka – okraj: $Z\dot{S} = 2,681 \text{ m}$

⇒ Stálé zatížení:

v poli

$$0,998 * 4,022 = 4,014 \text{ kN/m}$$

krajní HP

$$0,998 * 4,692 = 4,683 \text{ kN/m}$$

okraj

$$0,998 * 2,681 = 2,676 \text{ kN/m}$$

Posouzení střešního pláště:

Návrhová vzdálenost podpor: $L = 4,022 \text{ m}$

max. charakteristické zatížení od sněhu: $2,024 \text{ kN/m}^2$ (viz. $\mu_3 = 1,53$)

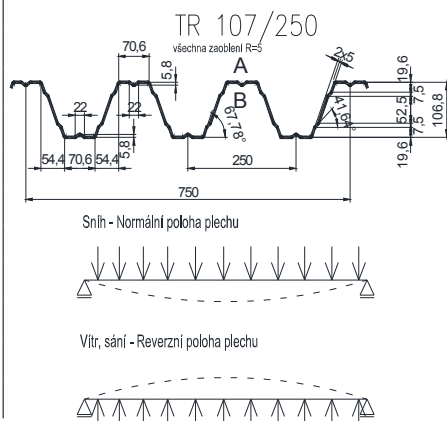
max. charakteristické zatížení od větru: $-0,791 \text{ kN/m}^2$ (oblast F)

MSÚ

Posouzení – tlak: $1,35 * \text{vl. tíha stř.pláště} + 1,5 * \text{sníh}$

$$1,35 * 0,56 + 1,5 * 2,024 = 3,79 \text{ kN/m}^2$$

$$3,79 \text{ kN/m}^2 < q_d = 6,05 \text{ kN/m}^2 \text{ (z tab. pro N)}$$



Ponechaná rezerva v únosnosti na montážní zatížení, kategorie H
střechy: $0,750 \text{ kN/m}^2$

Posouzení – sání: $1,0 * \text{vl. tíha stř.plášť} + 1,5 * \text{vítr}$
 $1,0 * 0,56 - 1,5 * 0,791 = -0,627 \text{ kN/m}^2$
 $0,627 \text{ kN/m}^2 < q_d = 6,05 \text{ kN/m}^2 \text{ (z tab. pro R)}$

MSP

Posouzení – tlak: $1,0 * \text{vl. tíha stř.plášť} + 1,0 * \text{sníh}$
 $1,0 * 0,56 + 1,0 * 2,024 = 2,58 \text{ kN/m}^2$
 $2,58 \text{ kN/m}^2 < q_k = 3,12 \text{ kN/m}^2 \text{ (z tab. pro N)}$

Posouzení – sání: $1,0 * \text{vl. tíha stř.plášť} + 1,0 * \text{vítr}$
 $1,0 * 0,56 - 1,0 * 0,791 = -0,231 \text{ kN/m}^2$
 $0,231 \text{ kN/m}^2 < q_k = 3,12 \text{ kN/m}^2 \text{ (z tab. pro R)}$

Posouzení provedeno dle statických tabulek www.kovprof.cz

ZS : Liniové zatížení po obvodě střechy:

Pozn: Zadáno tehdejším objednavatelem, protože po obvodu měla být na střešní konstrukci zavěšena stěna. Při návrhu nové konstrukce zastřešení není uvažováno, stěna bude řešením sloupů, nebude zavěšena na střešní konstrukci.

ZS 3: Multimediální kostka: $m = 2000 \text{ kg}$
 Kostka je zavěšena nad středem ledové plochy => 4 svislé síly:
 $F = 20 \text{ kN}, F/4 = 5 \text{ kN}$

11.2 Zatížení nahodilé

ZS 4: Sníh

Třinec, oblast III.

$S_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

$C_e = 1,0$ součinitel expozice (normální)

$C_t = 1,0$ teplotní součinitel střechy

$\mu_i = 0,8$

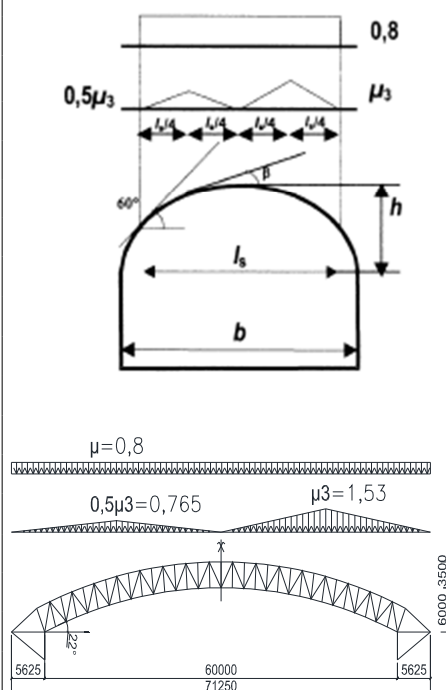
$S = \mu_i * C_e * C_t * S_k$

$S = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$

Sníh I.:

$\mu = 0,8$

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



Zatěžovací šířka – v poli: $Z\check{S} = 4,022 \text{ m}$
 Zatěžovací šířka – krajní HP: $Z\check{S} = 4,692 \text{ m}$
 Zatěžovací šířka – okraj: $Z\check{S} = 2,681 \text{ m}$
 \Rightarrow v poli
 $1,2 * 4,022 = 4,826 \text{ kN/m}$
 krajní HP
 $1,2 * 4,692 = 5,630 \text{ kN/m}$
 okraj
 $1,2 * 2,681 = 3,217 \text{ kN/m}$

Sníh II.:

$$\mu_3 = 0,2 + 10 * h/b = 0,2 + 10 * 9,5/71,250$$

$$\mu_3 = 1,53$$

$$S = \mu_i * C_e * C_t * S_k$$

$$S = 1,53 * 1,0 * 1,0 * 1,5 = 2,295 \text{ kN/m}^2$$

$$0,5\mu_3 = 0,765$$

$$S = 0,765 * 1,0 * 1,0 * 1,5 = 1,148 \text{ kN/m}^2$$

$$S = 1,148 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací šířka – v poli: $Z\check{S} = 4,022 \text{ m}$

Zatěžovací šířka – krajní HP: $Z\check{S} = 4,692 \text{ m}$

Zatěžovací šířka – okraj: $Z\check{S} = 2,681 \text{ m}$

ZS 5: Vítr

Třinec, oblast I.

$$v_{b,0} = 22,5 \text{ m/s}$$

terén kategorie III. předměstské a průmyslové oblasti

základní rychlost větru:

$$v_b = C_{dir} * C_{seas.} * v_{b,0} = 1,0 * 1,0 * 22,5 = 22,5 \text{ m/s}$$

základní dynamický tlak větru:

$$q_b = \frac{1}{2} * \rho * v_b^2 = \frac{1}{2} * 1,25 * 22,5^2 = 316,4 \text{ N/m}^2 = 0,316 \text{ kN/m}^2$$

kategorie terénu III. $\Rightarrow z_{min} = 5 \text{ m}, z_0 = 0,3 \text{ m}$

$$z_e = h + f = 6,9 + (6 + 3,5) = 16,4 \text{ m}$$

$$z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$5 \text{ m} \leq 16,40 \text{ m} \leq 200 \text{ m}$$

$$C_{r(z)} = k_r * \ln \left[\frac{\max(z_e, z_{min})}{z_0} \right] = 0,215 * \ln \left[\frac{\max(16,4; 5)}{0,3} \right] = 0,860$$

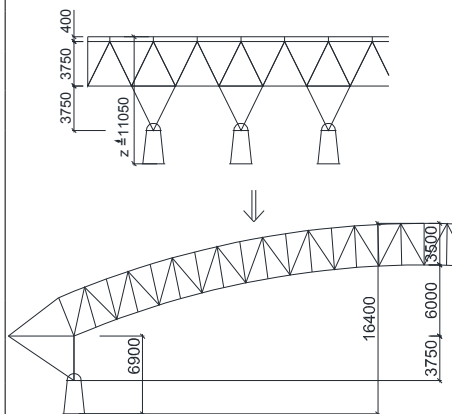
$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{0,05} \right)^{0,07} = 0,19 * \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215$$

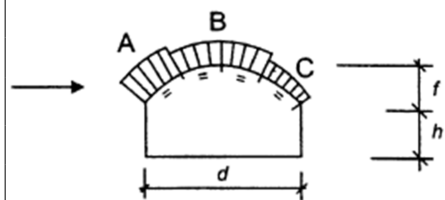
střední rychlost větru:

$$V_{m(z)} = C_{r(z)} * C_{o(z)} * v_b = 0,860 * 1,0 * 22,5 = 19,35 \text{ m/s}$$

součinitel expozice:

$$C_e = C_{r(z)}^2 * C_{o(z)}^2 + 7 * k_r * k_I * C_{r(z)} * C_{o(z)}$$





$$C_e = 0,860^2 * 1,0^2 + 7 * 0,215 * 1,0 * 0,860 * 1,0 = 2,034$$

maximální dynamický tlak:

$$q_p = C_e * q_b = 2,034 * 0,316 = 0,643 \text{ kN/m}^2$$

PŘÍČNÝ VÍTR:

$$z_e = h + f = 6,9 + (6 + 3,5) = 16,4 \text{ m}$$

$$W_e = q_p * C_{pe}$$

části střechy:

Zatěžovací šířka – v poli: ZŠ = 4,022 m

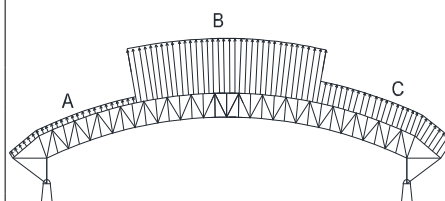
Zatěžovací šířka – krajní HP: ZŠ = 4,692 m

Zatěžovací šířka – okraj: ZŠ = 2,681 m

Působení větru uvažováno zleva, pak následně zprava. => 2 zatěž. stavy

$$h/d = 6,9/71,25 = 0,097$$

$$f/d = (6+3,5)/71,25 = 0,133$$



$$C_{pe,A} = -0,072$$

$$C_{pe,B} = -0,84$$

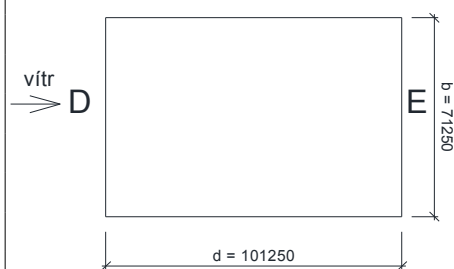
$$C_{pe,C} = -0,40$$

$$W_{e(A)} = 0,643 * (-0,072) = -0,046 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{sání})$$

$$W_{e(B)} = 0,643 * (-0,84) = -0,540 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{sání})$$

$$W_{e(C)} = 0,643 * (-0,40) = -0,257 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{sání})$$

PODÉLNÝ VÍTR:



$$z_e = h + f = 6,9 + (6 + 3,5) = 16,4 \text{ m}$$

$$h \approx 16,4 \text{ m}$$

$$e = \min(b, 2h) = \min(71,25; 32,8) = 32,8 \text{ m}$$

$$h/d = 16,4/101,250 = 0,162$$

$$e \leq d$$

$$32,8 \leq 101,250 \text{ m}$$

$$W_e = q_p * C_{pe}$$

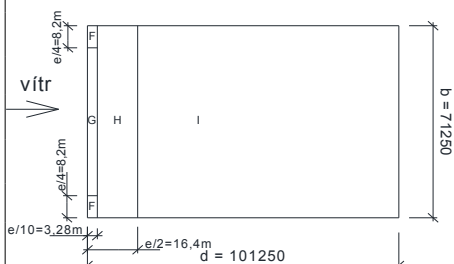
stěny:

$$C_{pe,D} = +0,7$$

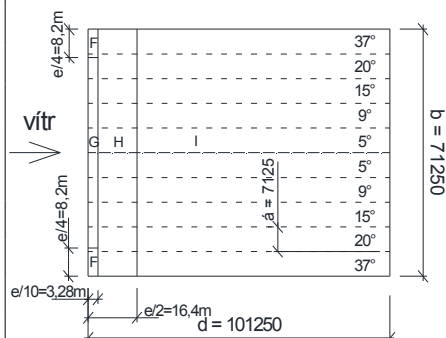
$$C_{pe,E} = -0,3$$

$$W_{e(D)} = 0,643 * (+0,7) = +0,450 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{tlak})$$

$$W_{e(E)} = 0,643 * (-0,3) = -0,193 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{sání})$$

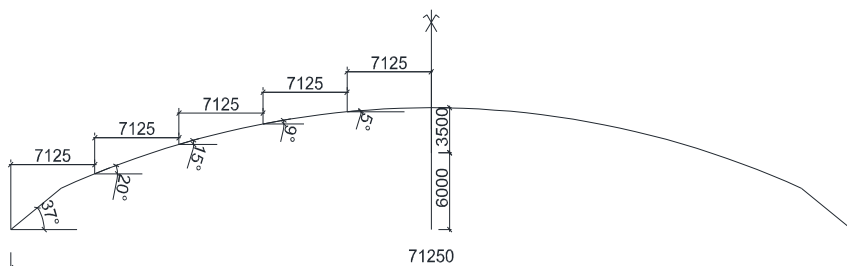


části střechy: (souč. $C_{pe,10}$ uvažován jako pro sedlové střechy)



$C_{pe,10}$	F	G	H	I
37°	-1,1	----	-0,85	-0,5
20°	-1,23	-1,33	-0,66	-0,5
15°	----	-1,3	-0,60	-0,5
9°	----	-1,3	-0,66	-0,56
5°	----	-1,3	-0,7	-0,6

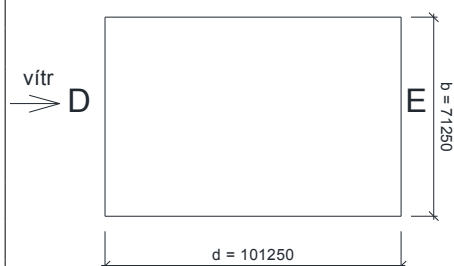
Výpočet podélného větru byl odvozen ze sedlové střechy:



$$W_e = q_p * C_{pe}$$

$W_{e,i}$ (kN/m ²)	F	G	H	I
37°	-0,707	----	-0,547	-0,322
20°	-0,791	-0,855	-0,424	-0,322
15°	----	-0,836	-0,386	-0,322
9°	----	-0,836	-0,424	-0,360
5°	----	-0,836	-0,450	-0,386

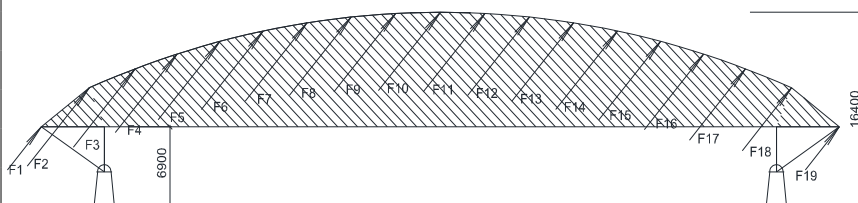
VODOROVNÉ AKCE OD ÚČINKU VĚTRU NA ČELNÍ STĚNY:



Při působení větru na střešní konstrukci – zohlednění vodorovného větru ze stěn D a E, který z části působí i na střešní štítové obloukové vazníky a nejen na stěny, proto je s ním uvažováno do zatížení střešní konstrukce od větru.

Účinky větru:

Rozpočítáno na síly působící do vaznic a horních pásů příhradových průvlaků:



$$F_{w1,D} = W_{e(D)} * A = +0,450 * 1,10 = 0,495 \text{ kN}$$

$$F_{w1,E} = W_{e(E)} * A = - 0,193 * 1,10 = 0,212 \text{ kN}$$

$$F_{w2,D} = W_{e(D)} * A = +0,450 * 8,58 = 3,861 \text{ kN}$$

$$F_{w2,E} = W_{e(E)} * A = - 0,193 * 8,58 = 1,656 \text{ kN}$$

$$F_{w3,D} = W_{e(D)} * A = +0,450 * 11,46 = 5,16 \text{ kN}$$

$$F_{w3,E} = W_{e(E)} * A = - 0,193 * 11,46 = 2,21 \text{ kN}$$

$$F_{w4,D} = W_{e(D)} * A = +0,450 * 14,63 = 6,58 \text{ kN}$$

$$F_{w4,E} = W_{e(E)} * A = - 0,193 * 14,63 = 2,82 \text{ kN}$$

$$F_{w5,D} = W_{e(D)} * A = +0,450 * 17,43 = 7,84 \text{ kN}$$

$$F_{w5,E} = W_{e(E)} * A = - 0,193 * 17,43 = 3,36 \text{ kN}$$

$$F_{w6,D} = W_{e(D)} * A = +0,450 * 19,79 = 8,91 \text{ kN}$$

$$F_{w6,E} = W_{e(E)} * A = - 0,193 * 19,79 = 3,82 \text{ kN}$$

$$F_{w7,D} = W_{e(D)} * A = +0,450 * 21,68 = 9,76 \text{ kN}$$

$$F_{w7,E} = W_{e(E)} * A = - 0,193 * 21,68 = 4,18 \text{ kN}$$

$$F_{w8,D} = W_{e(D)} * A = +0,450 * 23,05 = 10,37 \text{ kN}$$

$$F_{w8,E} = W_{e(E)} * A = - 0,193 * 23,05 = 4,45 \text{ kN}$$

$$F_{w9,D} = W_{e(D)} * A = +0,450 * 23,88 = 10,75 \text{ kN}$$

$$F_{w9,E} = W_{e(E)} * A = - 0,193 * 23,88 = 4,61 \text{ kN}$$

$$F_{w10,D} = W_{e(D)} * A = +0,450 * 24,16 = 10,87 \text{ kN}$$

$$F_{w10,E} = W_{e(E)} * A = - 0,193 * 24,16 = 4,66 \text{ kN}$$

$$F_{w11,D} = W_{e(D)} * A = F_{w9,D} = 10,75 \text{ kN}$$

$$F_{w11,E} = W_{e(E)} * A = F_{w9,E} = 4,61 \text{ kN}$$

$$F_{w12,D} = W_{e(D)} * A = F_{w8,D} = 10,37 \text{ kN}$$

$$F_{w12,E} = W_{e(E)} * A = F_{w8,E} = 4,45 \text{ kN}$$

$$F_{w13,D} = W_{e(D)} * A = F_{w7,D} = 9,76 \text{ kN}$$

$$F_{w13,E} = W_{e(E)} * A = F_{w7,E} = 4,18 \text{ kN}$$

$$F_{w14,D} = W_{e(D)} * A = F_{w6,D} = 8,91 \text{ kN}$$

$$F_{w14,E} = W_{e(E)} * A = F_{w6,E} = 3,82 \text{ kN}$$

$$F_{w15,D} = W_{e(D)} * A = F_{w5,D} = 7,84 \text{ kN}$$

$$F_{w15,E} = W_{e(E)} * A = F_{w5,E} = 3,36 \text{ kN}$$

$$F_{w16,D} = W_{e(D)} * A = F_{w4,D} = 6,58 \text{ kN}$$

$$F_{w16,E} = W_{e(E)} * A = F_{w4,E} = 2,82 \text{ kN}$$

$$F_{w17,D} = W_{e(D)} * A = F_{w3,D} = 5,16 \text{ kN}$$

$$F_{w17,E} = W_{e(E)} * A = F_{w3,E} = 2,21 \text{ kN}$$

$$F_{w18,D} = W_{e(D)} * A = F_{w2,D} = 3,86 \text{ kN}$$

$$F_{w18,E} = W_{e(E)} * A = F_{w2,E} = 1,66 \text{ kN}$$

$$F_{w19,D} = W_{e(D)} * A = F_{w1,D} = 0,495 \text{ kN}$$

$$F_{w19,E} = W_{e(E)} * A = F_{w1,E} = 0,212 \text{ kN}$$

Tyto hodnoty se zavádí do štítových obloukových vazníků. Zatížení je uvažováno zároveň s působením podélného větru na části střechy.

11.3 Stabilitní síly

Z funkce příčného střešního ztužidla coby konstrukce zajišťující stabilitu tlakových prutů horních pásů vazníků vyplývá zatížení tzv. stabilitními silami.

Bezpečné posouzení ztužidla bude na zatížení silami od kombinace stálého zatížení a podélného větru, při uvažování stabilitních sil pouze od stálého zatížení.

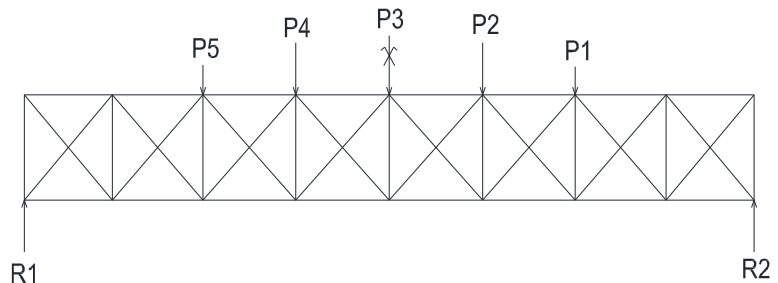
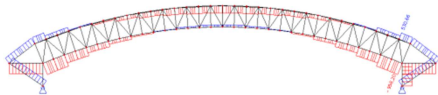
$$P_i = \frac{1}{100} * N_{S,dj} * n$$

$N_{S,dj}$ průměr tlakových sil v sousedních prutech

n počet zabezpečených vazníků

celkem 15 vazníků, 2 příčná ztužidla => $n = 7,5$

průběh N od stálého zatížení:



Síly od stálého zat. v HP
oblouku (kN)

+529,55
+286,17
+51,36
+63,44
-139,45
-295,02
-419,29
-508,91
-566,69
-581,88
-566,79
-509,10
-419,54
-295,32
-139,73
+63,17
+51,10
+285,96
+529,41

Vypočtené stabilitní síly
 P_i (kN)

$P_1 = -21,344$ kN

$P_2 = -37,372$ kN

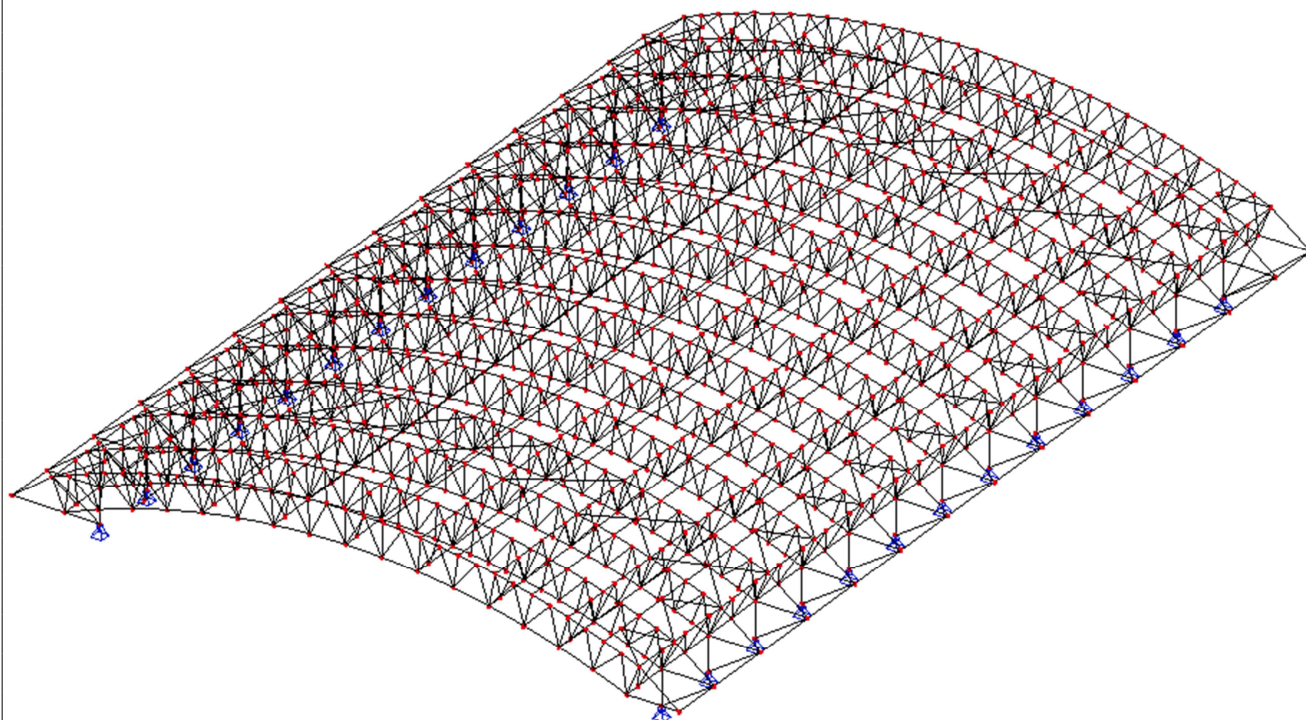
$P_3 = -42,884$ kN

$P_4 = -37,386$ kN

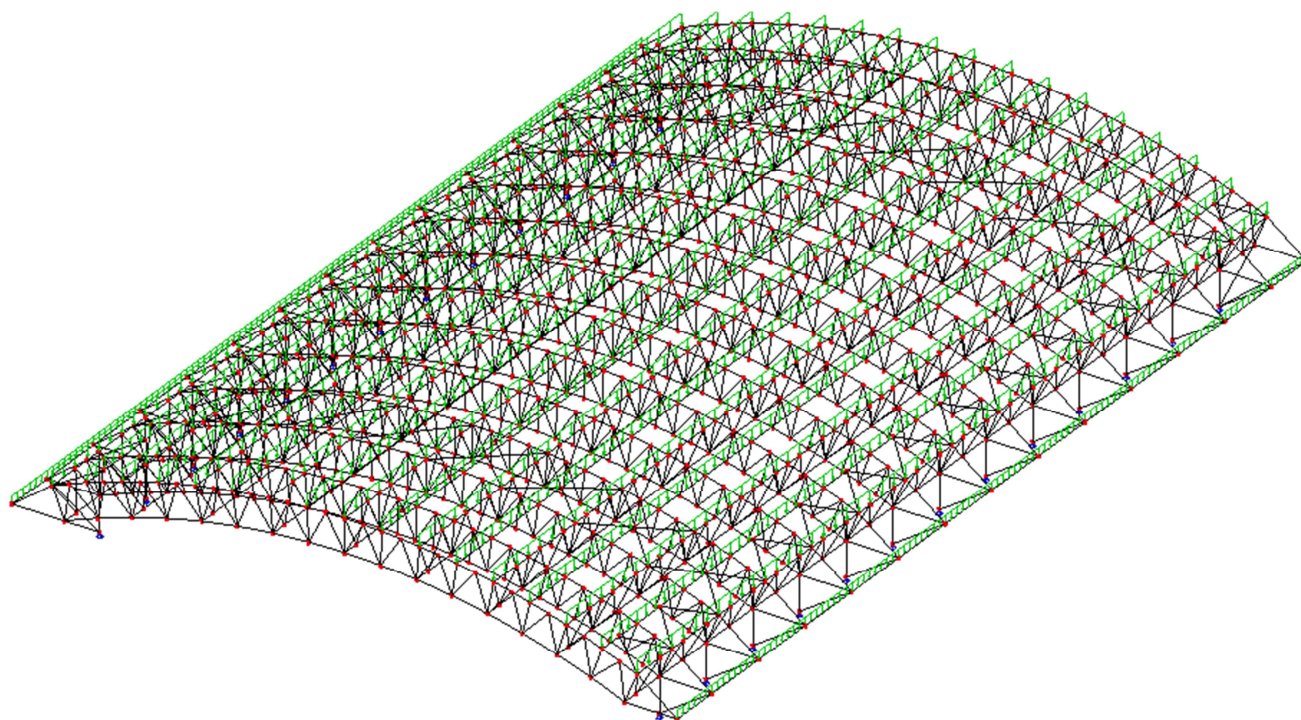
$P_5 = -21,365$ kN

11.4 Zatěžovací stavy

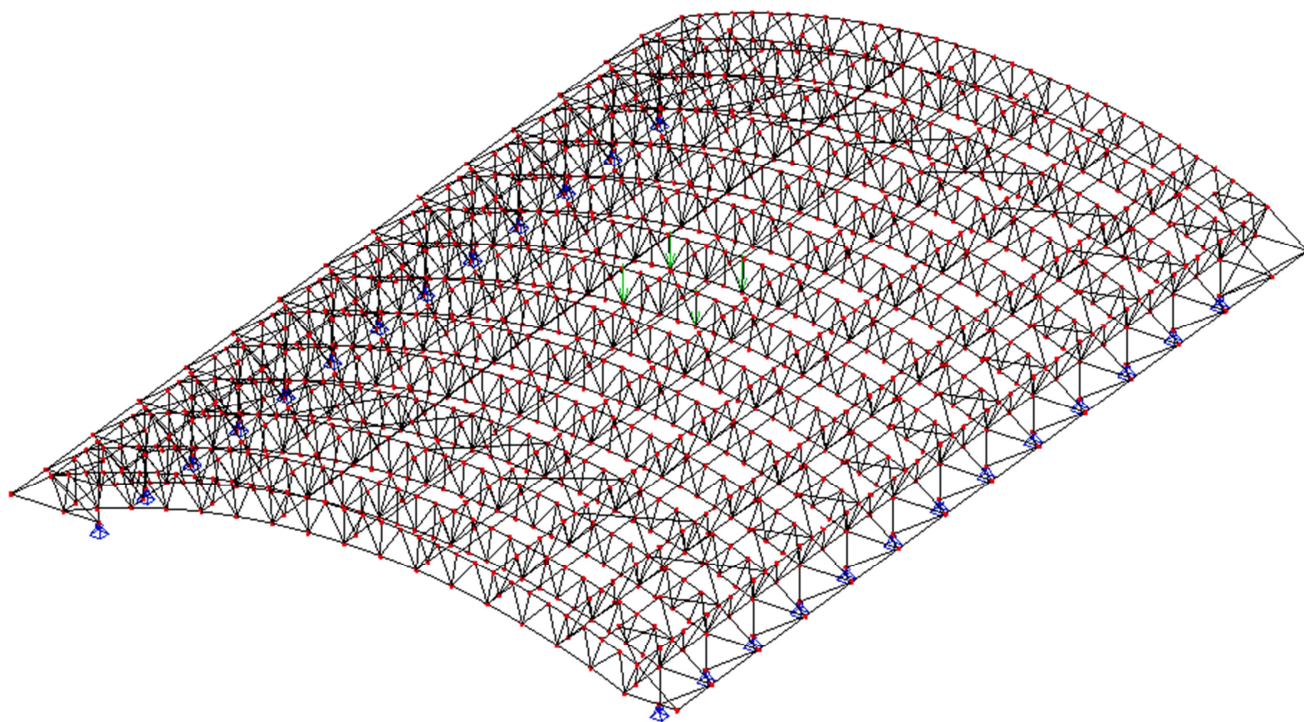
ZS 1: Vlastní tíha konstrukce - program Scia Engineer



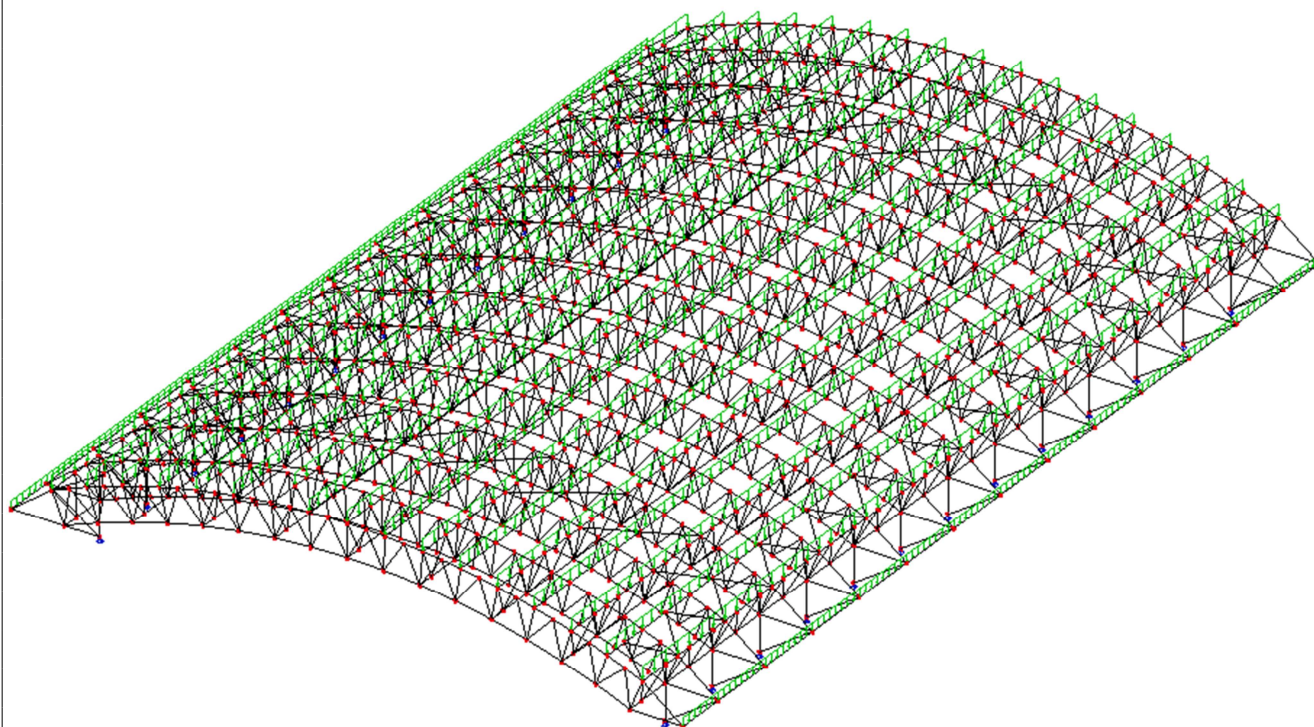
ZS 2: Zatížení na ploše střechy



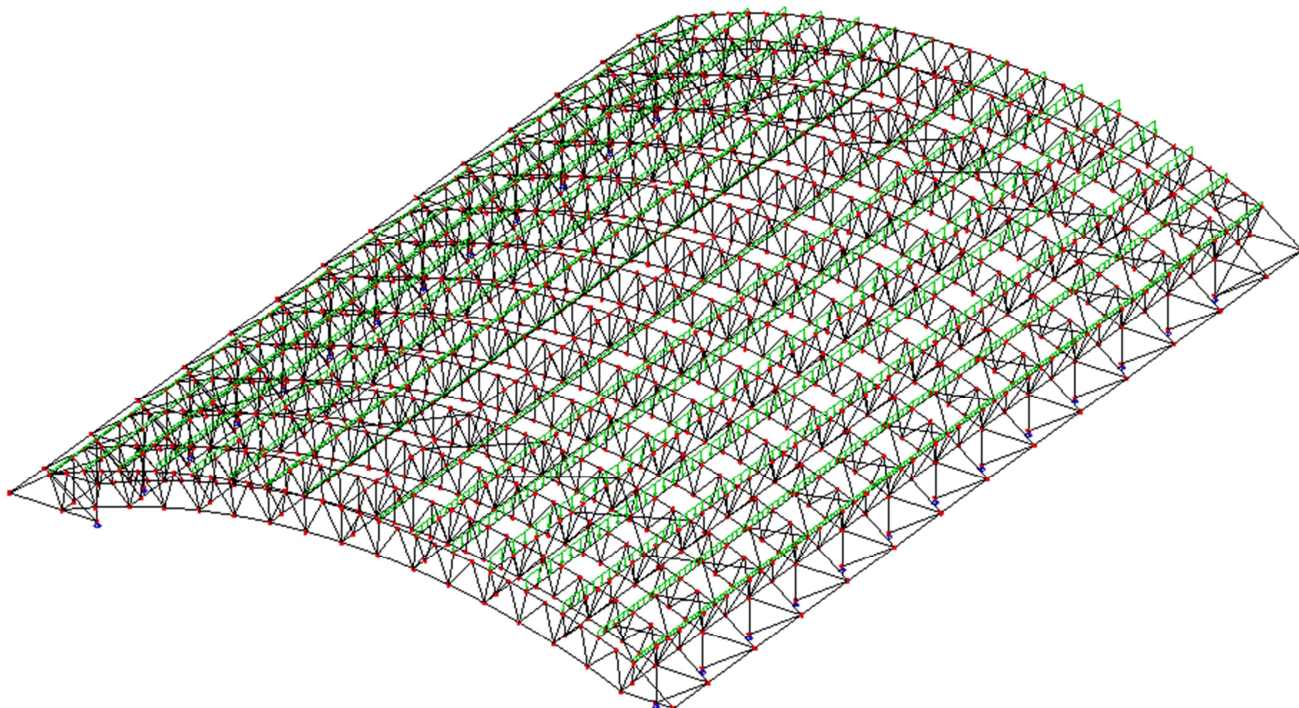
ZS 3: Multimediální kostka



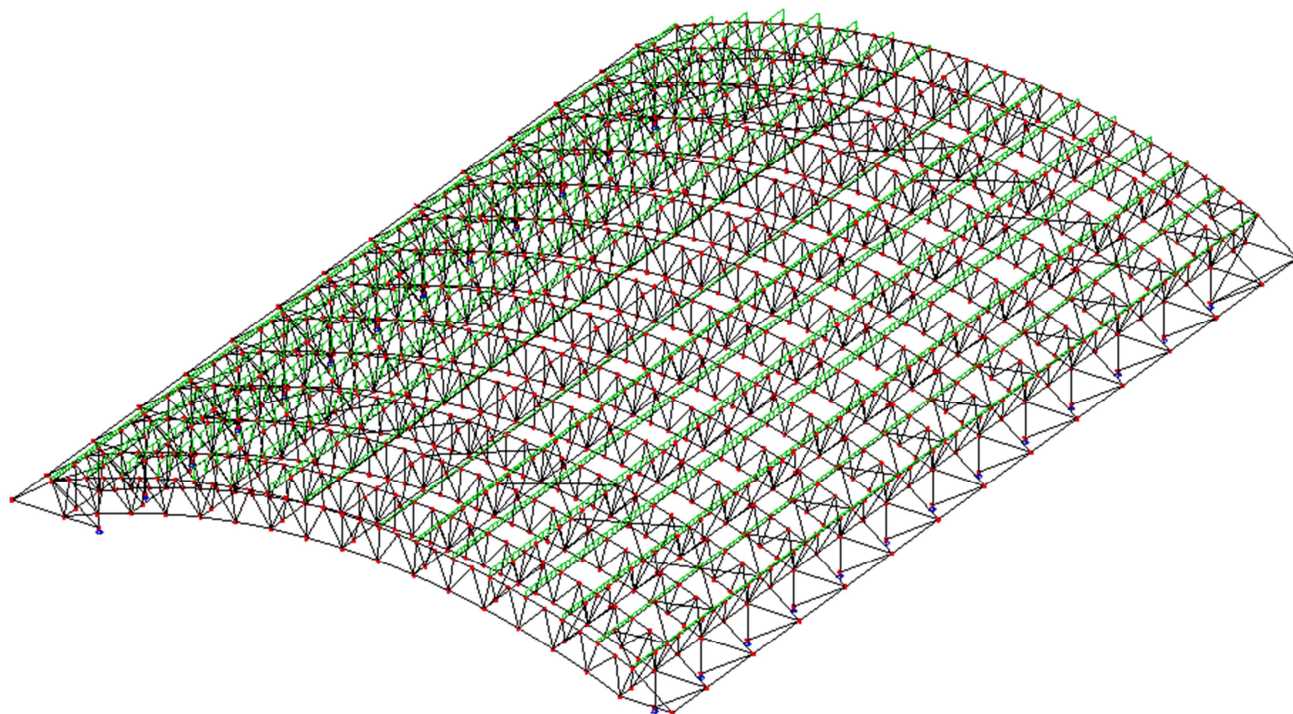
ZS 4.1: Sníh I. – plný (rovnoměrné rozložení)



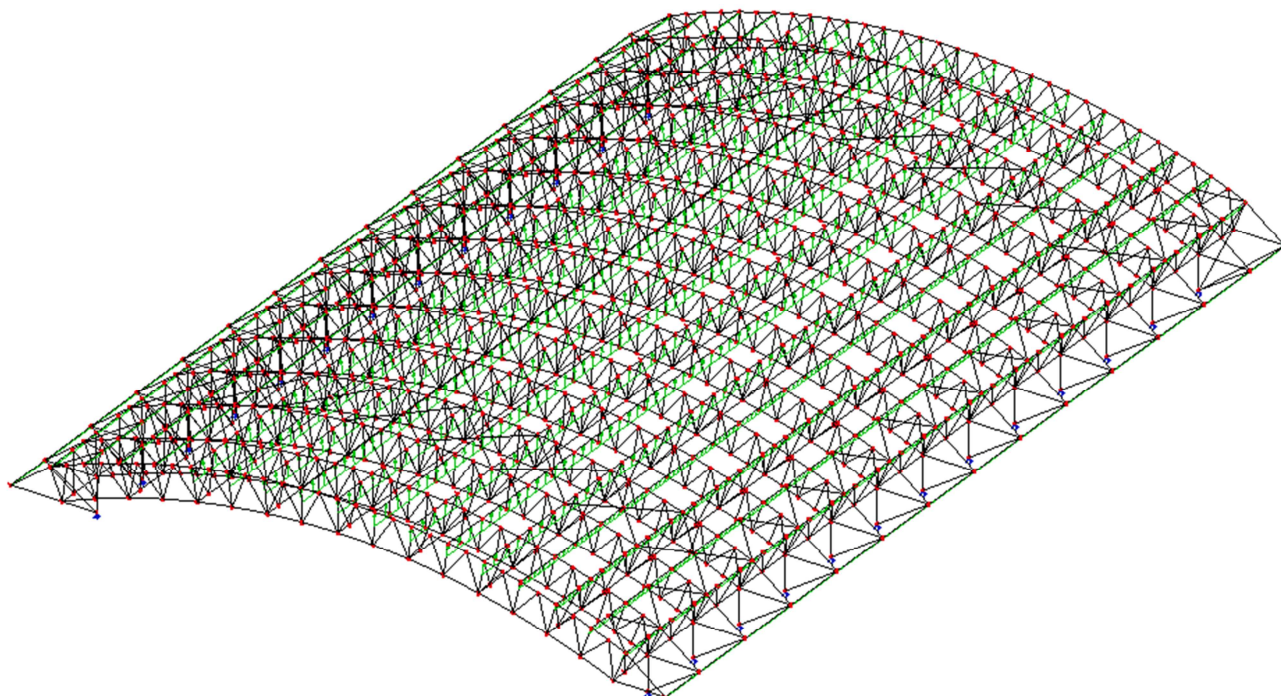
ZS 4.2: Sníh II. – pravý μ_3



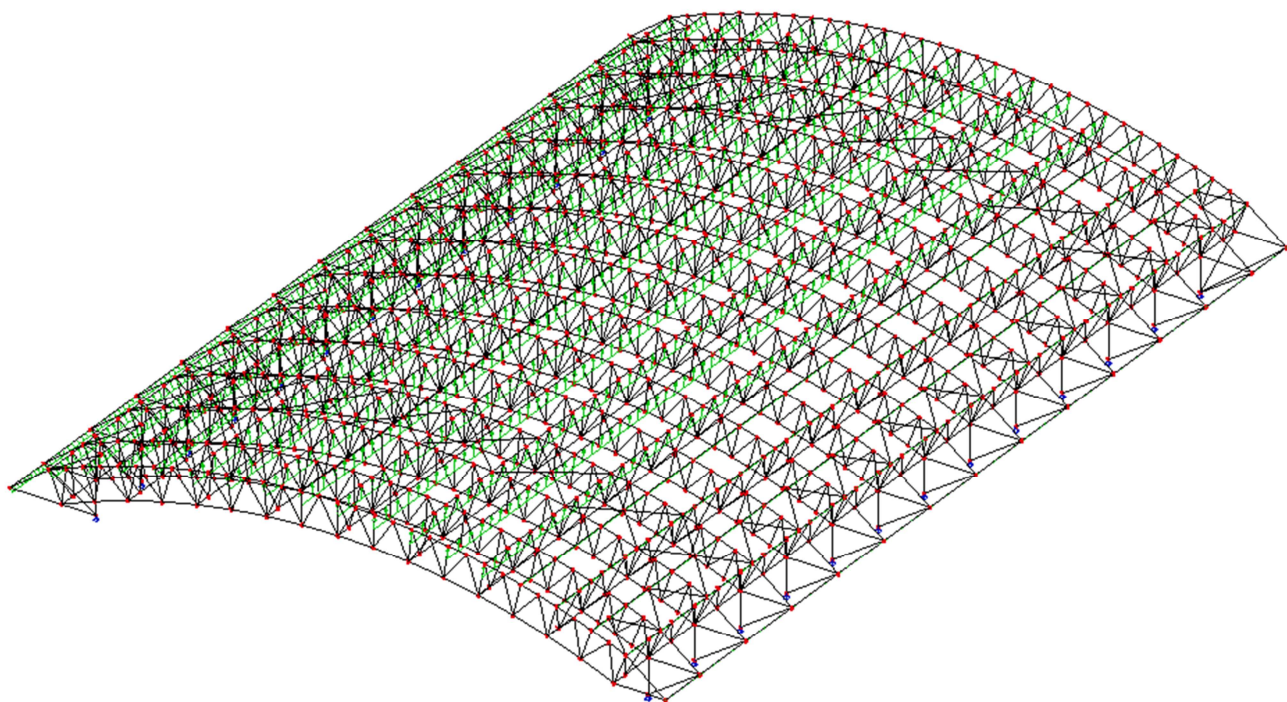
ZS 4.3: Sníh II. – levý μ_3



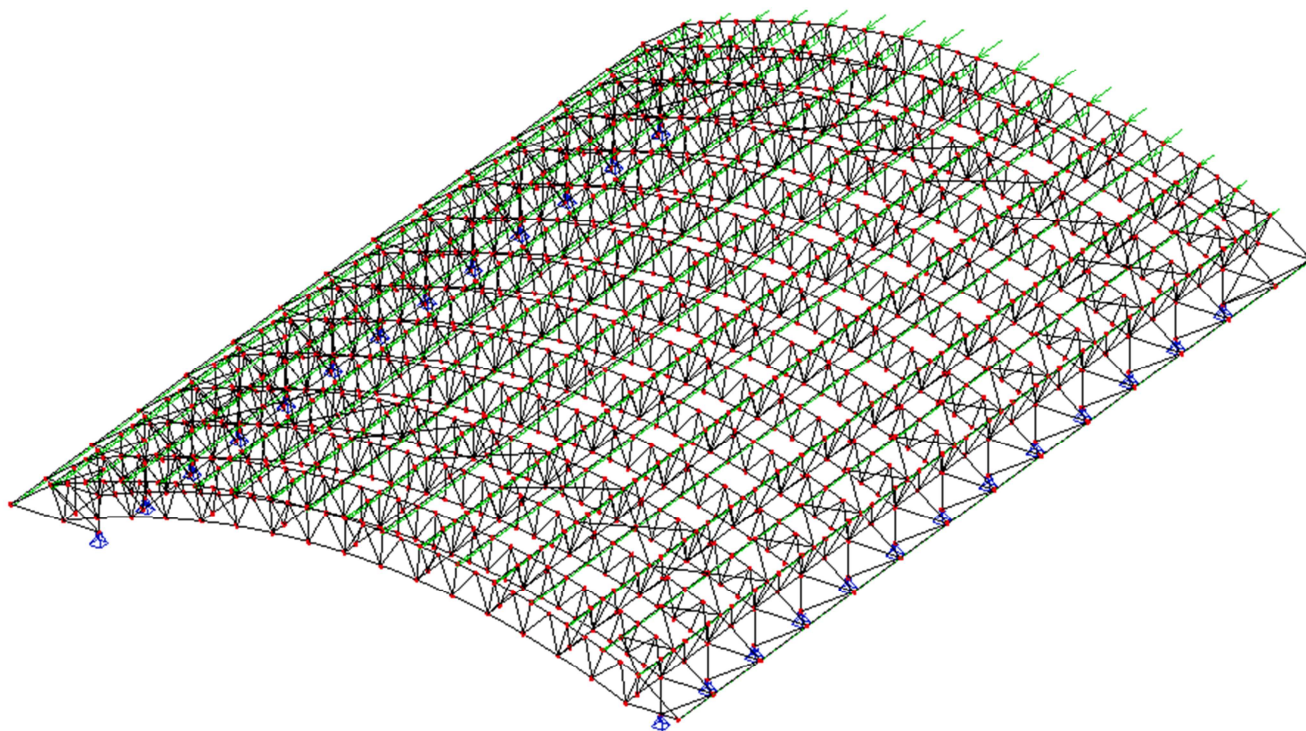
ZS 5.1: Vítr – příčný, pravý (A,B,C)



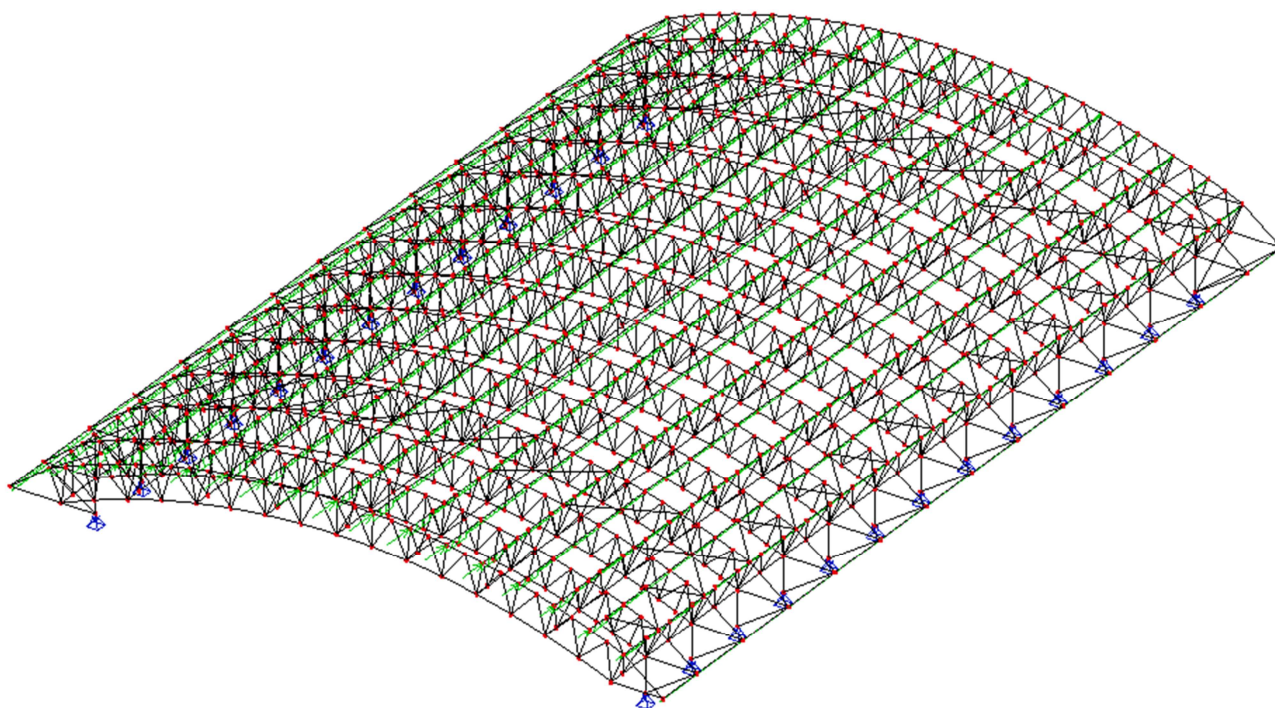
ZS 5.2: Vítr – příčný, levý (C,B,A)



ZS 5.3: Vítr – podélný, pravý, + vodorovné účinky větru, stab.síly



ZS 5.4: Vítr – podélný, levý, + vodorovné účinky větru, stab.síly



11.5 Souhrn zatěžovacích stavů

ZS1: Vlastní tíha konstrukce – program Scia Engineer

ZS2: Zatížení na ploše střechy

ZS3: Multimediální kostka

ZS4.1: Sníh I. – plný (rovnoměrně rozložený)

ZS4.2: Sníh II. – pravý

ZS4.3: Sníh II. – levý

ZS5.1: Vítr – příčný, pravý

ZS5.2: Vítr – příčný, levý

ZS5.3: Vítr – podélný, pravý, + vodorovné účinky větru, stab. síly

ZS5.4: Vítr – podélný, levý, + vodorovné účinky větru, stab. síly

12 KOMBINACE

MSÚ

Vzorec 6.10

$$F_d = \Sigma \gamma_{Gi} * G_{kj} + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \Sigma * \gamma_{Qi} * \psi_{oi} * Q_{ki}$$

$\gamma_G = 1,35$ nepříznivý účinek

$\gamma_G = 1,00$ příznivý účinek

$\gamma_Q = 1,50$

$\psi_{o,snih} = 0,50$

$\psi_{o,vitr} = 0,60$

Uvažuje se vždy jedno hlavní proměnné zatížení.

Uvažují se nanejvýš dvě proměnné zatížení.

Malá pravděpodobnost, aby nastaly extrémy od všech zatížení současně.

Nejhorší pro MSÚ: $1,35 * \text{Stálé} + 1,5 * \text{Sníh}$

$1,35 * \text{Stálé} + 1,5 * \text{Vitr}$

Případné nadzvednutí kce:

$1,0 * \text{Stálé} + 1,5 * \text{Vitr}$

MSP

Vzorec 6.14b, charakteristická kombinace

$$F_d = \Sigma G_{kj} + Q_{k1} + \Sigma * \psi_{o,i} * Q_{ki}$$

$\gamma_G = 1,0$

$$\gamma_Q = 1,0$$

$$\psi_{o,snih} = 0,50$$

$$\psi_{o,vitr} = 0,60$$

Uvažuje se vždy jedno hlavní proměnné zatížení.

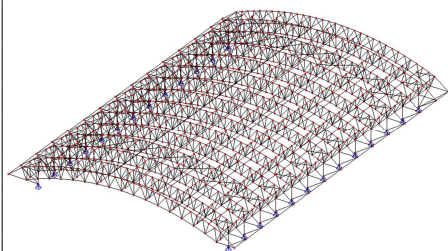
Uvažují se nanejvýš dvě proměnné zatížení.

Malá pravděpodobnost, aby nastaly extrémní od všech zatížení současně.

Výpis všech možných kombinací zde neuvádím, kombinace byly vytvořeny dle výše uvedených pravidel. Tyto kombinace byly pak převedeny na nelineární kombinace.

Rozhodující nebezpečné kombinace jsou uvedeny při posuzování jednotlivých částí konstrukce.

13 STATICKÝ SYSTÉM



Zastřešení zimního stadionu je tvořeno obloukovými vazníky v příčném směru, příhradová rovinná konstrukce, po vzdálenosti 7,5 m a o rozpětí $L = 60$ m. Rozměry konstrukce odpovídají stávajícímu rozmístění podporových sloupů. V podélném směru jsou příhradové rovinné pásy (průvlaky) a vaznice na délku jednoho pole 7,5 m. Celá konstrukce je doplněna dvěma příčnými ztužidly a okapovými ztužidly. Konstrukce svým uspořádáním vytváří prostorovou sestavu rovinných soustav - obloukový rošt.

Podpory příčných obloukových vazníků jsou pevné prostorové klouby. Ztužidla jsou připojena kloubově do zadaných uzlů. Průhyb příčného střešního ztužidla (táhla) od vlastní tíhy se eliminuje vnesením napětí pomocí závitu na samotném táhle. V modelu ztužidlům byla zadána nelinearita typu lano a pomocí osově síly bylo vneseno do táhla napětí. Z tohoto důvodu byl použit nelineární výpočet a původní lineární kombinace byly převedeny na nelineární.

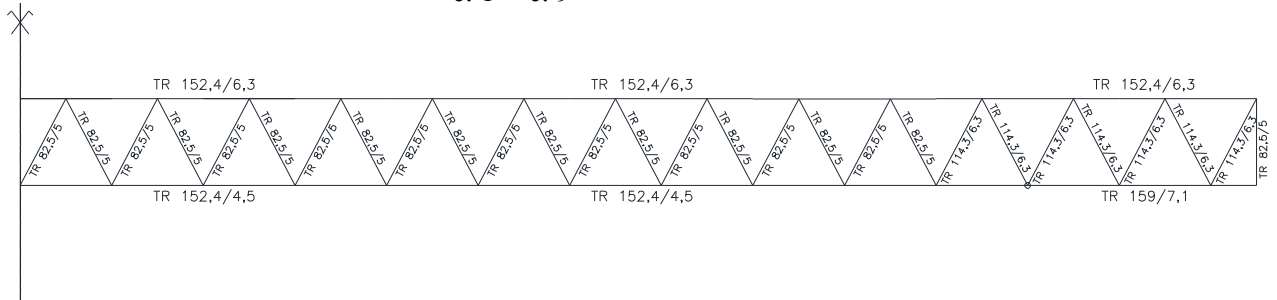
Model konstrukce byl vytvořen a posuzován v programu Scia Engineer.

13.1 Vzpěrné délky

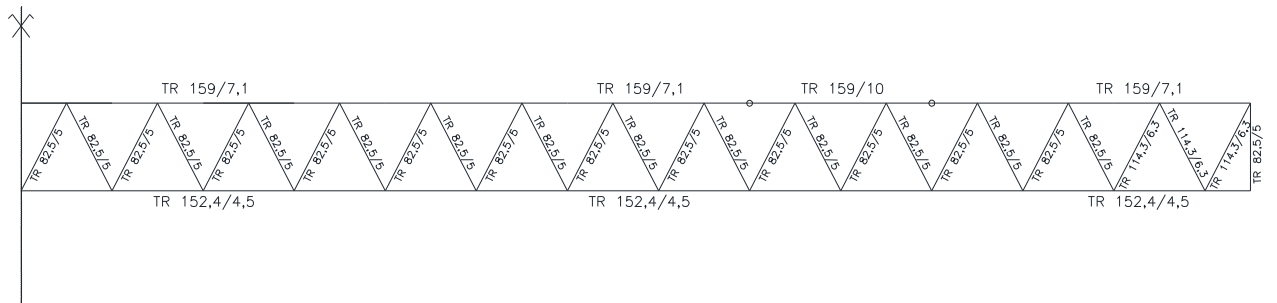
Vzpěrné délky obloukového vazníku jsou rovny délce styčniců v rovině vazníku, z roviny je stabilizace zajištěna vaznicemi a příhradovými pásy, tj. na délce 4,022 m pro horní pás a pro dolní pás na dvojnásobné délce, stabilitu zde zajišťují jen příhradové pásy. Vzpěrné délky příhradového pásu jsou rovny délce styčniců v rovině pásu, z roviny je stabilizace zajištěna příčnými vazbami z obloukových vazníků, tj. na délce 7,5 m. Vzpěrná délka vaznice je v rovině i z roviny rovna systémové délce, tj. 7,5 m. Pro vaznice, na které se připojuje okapové ztužidlo, je pro vybočení z roviny uvažována vzpěrná délka poloviční.

Příhradové pásy:

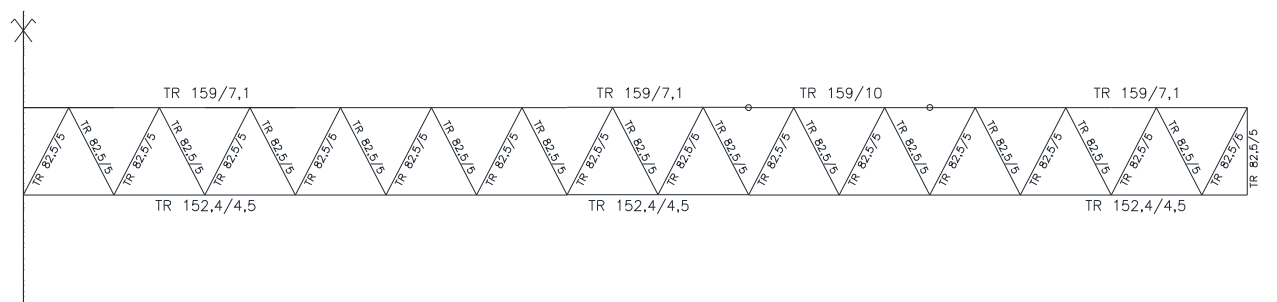
č. 1' = č. 9'



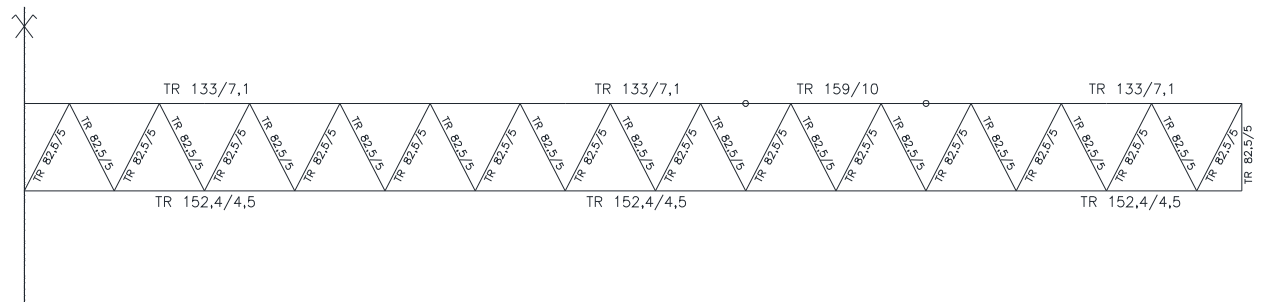
č. 2' = č. 8'



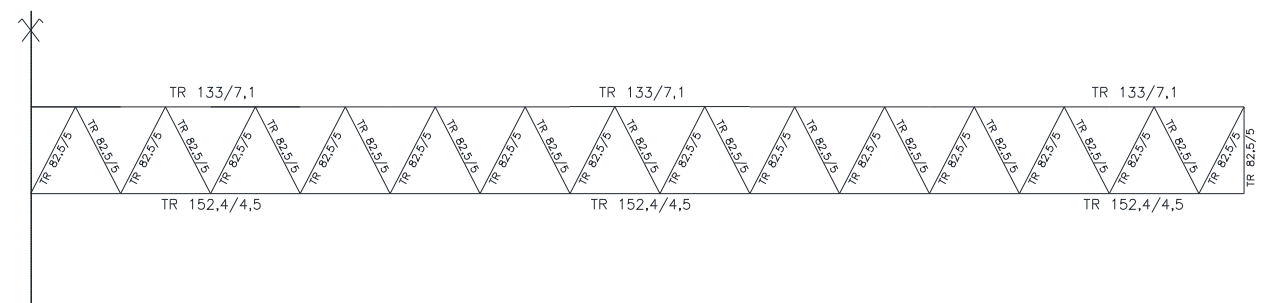
č. 3' = č. 7'

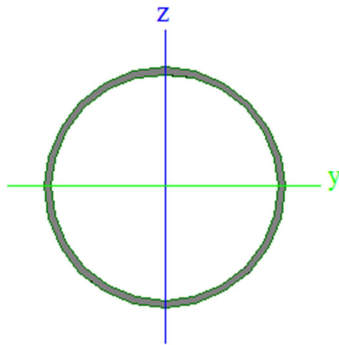


č. 4' = č. 6'



č. 5'





15 POSOUZENÍ MSÚ

Posouzení konstrukce bylo provedeno dle ČSN EN 1993-1-1 v programu Scia Engineer, všechny navržené průřezy vyhověly. Zde je uvedeno pro kontrolu ruční posouzení vybraných průřezů:

PRUTY OBLOUKOVÉHO VAZNÍKU:

15.1 Diagonála

TR 152,4/4,5

S355, prut B1644, tlačena diagonála

Kombinace: $1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1,5 \cdot (ZS4.1)$

$N_{ed} = -348,12 \text{ kN}$

Průřezové charakteristiky:

$$A = 2,09 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 5,72 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_z = 5,72 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$W_{el,y} = 7,51 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 7,51 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 9,80 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 9,80 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Zatřídění průřezu:

$$d/t = 152,4/4,5 = 33,87 \leq 70 \cdot \varepsilon^2$$

$$\varepsilon = \sqrt{(235/355)} = 0,8136$$

$$70 \cdot 0,8136^2 = 46,34 \Rightarrow 2. \text{třída}$$

Kritické délky:

$$k_y = k_z = 1,0$$

$$L_{cr,y} = 4,015 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 4,015 \text{ m}$$

Štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{4015}{52,31} = 76,75$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{4015}{52,31} = 76,75$$

Kritická normálová síla:

$$N_{cr,z} = N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 5,72 \cdot 10^{-6}}{4,015^2} = 735,43 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_z = \bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{2,09 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{735,43 \cdot 10^3}} = 1,0$$

Křivka vzpěrnosti a \Rightarrow součinitel imperfekce $\alpha = 0,21$

$$\Phi_z = \Phi_y = 0,5 \cdot [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2]$$

$$\Phi_z = \Phi_y = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,0 - 0,2) + 1,0^2] = 1,084$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_z = \chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,084 + \sqrt{1,084^2 - 1,0^2}} = 0,66$$

Posouzení: TLAK

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2,09 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 741,95 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} \cdot \gamma_{m1}} \leq 1,0$$

$$\frac{348,12}{\frac{0,66 \cdot 741,95}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,71 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

Posouzení: TAH

TR 152,4/4,5

S355, prut B1634, tažená diagonála

Kombinace: 1,35*(ZS1+ZS2+ZS3) + 1,5*(ZS4.3)

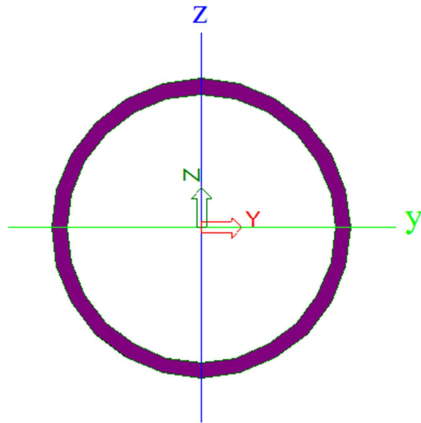
$$N_{ed} = 549,04 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 2,09 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6 = 741,95 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk} \cdot \gamma_{m0}} \leq 1,0$$

$$\frac{549,04}{\frac{741,95}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,74 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$



15.2 Horní pás

TR 193,7/10

S355, prut B2811, tlačný horní pás

Kombinace: $1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1,5 \cdot (ZS4.1)$

$N_{ed} = -974,27 \text{ kN}$

Průřezové charakteristiky:

$$A = 5,77 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 2,442 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 2,442 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{el,y} = 2,52 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 2,52 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 3,329 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 3,329 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Zatřídění průřezu:

$$d/t = 193,7/10 = 19,37 \leq 50 \cdot \varepsilon^2$$

$$\varepsilon = \sqrt{(235/355)} = 0,8136$$

$$50 \cdot 0,8136^2 = 33,10 \Rightarrow 1. \text{třída}$$

Kritické délky:

$$L_{cr,y} = 2,011 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 4,022 \text{ m}$$

Štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2011}{65,05} = 30,91$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{4022}{65,05} = 61,82$$

Kritická normálová síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,442 \cdot 10^{-5}}{2,011^2} = 12515,3 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 2,442 \cdot 10^{-5}}{4,022^2} = 3128,8 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{5,77 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{12515,3 \cdot 10^3}} = 0,40$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{5,77 \cdot 10^{-3} \cdot 355 \cdot 10^6}{3128,8 \cdot 10^3}} = 0,81$$

Křivka vzpěrnosti a \Rightarrow součinitel imperfekce $\alpha = 0,21$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + 0,21 * (0,40 - 0,2) + 0,40^2] = 0,601$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2]$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + 0,21 * (0,81 - 0,2) + 0,81^2] = 0,89$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,601 + \sqrt{0,601^2 - 0,40^2}} = 0,95$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,89 + \sqrt{0,89^2 - 0,81^2}} = 0,79$$

Posouzení: TLAK

$$N_{Rk} = A * f_y = 5,77 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 2048,35 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk} \cdot \gamma_{m1}} \leq 1,0$$

$$\frac{974,27}{\frac{0,79 * 2048,35}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,60 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

Posouzení: TLAK + OHYB

$$N_{Rk} = A * f_y = 5,77 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 2048,35 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = W_{pl,y} * f_y = 3,329 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 118,18 \text{ kNm}$$

$\chi_{LT} = 1,0$ kruhový průřez, není náchylný ke klopení

Interakční součinitel: Interakční metoda 2, příloha B, ČSN EN 1993-1-1

$$k_{yy} = C_{my} * \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} \cdot \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,90 * \left(1 + (0,40 - 0,2) * \frac{974,57 * 10^3}{\frac{0,95 * 2048,35 * 10^3}{1}} \right) = 0,99$$

$$k_{zy} = 0,6 * k_{yy} = 0,6 * 0,99 = 0,59$$

$$k_{zz} = C_{mz} * \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk} \cdot \gamma_{m1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,801 * \left(1 + (0,81 - 0,2) * \frac{974,57 * 10^3}{\frac{0,79 * 2048,35 * 10^3}{1}} \right) = 1,09$$

Posouzení: TLAK + OHYB (rce 6.62)

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_{z} * N_{Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} * M_{y,Rk}}{\gamma_{m1}}} + k_{zz} * \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{m1}}} \leq 1,0$$

$$\frac{974,27}{\frac{0,79 * 2048,4}{1,0}} + 0,59 * \frac{8,12}{\frac{1,0 * 118,18}{1,0}} + 1,09 * \frac{18,95}{\frac{118,18}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,60 + 0,04 + 0,17 = 0,81 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{HORNÍ PÁS VYHOVÍ}}$$

Posouzení: TAH

TR 193,7/10

S355, prut B2776, tažený horní pás (na krajích vazníku)

Kombinace: 1,35*(ZS1+ZS2+ZS3) + 1,5*(ZS4.1)

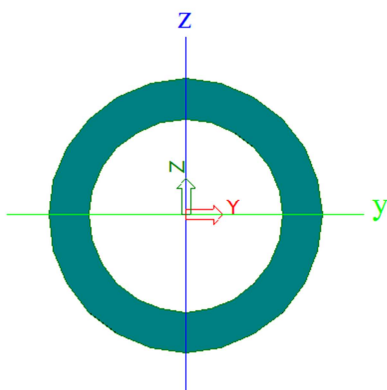
$$N_{Ed} = 1069,98 \text{ kN}$$

$$N_{Rk} = A * f_y = 5,77 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 2048,35 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{m0}}} \leq 1,0$$

$$\frac{1069,98}{\frac{2048,35}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,52 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$



15.3 Dolní pás

TR 219,1/32

S355, prut B2796, tlačенý dolní pás

Kombinace: 1,35*(ZS1+ZS2+ZS3) + 1,5*(ZS4.1)

$$N_{Ed} = -1908,64 \text{ kN}$$

Průřezové charakteristiky:

$$A = 1,88 * 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$I_y = 8,471 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 8,471 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{el,y} = 7,73 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 7,73 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 1,1147 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 1,1147 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

Zatřídění průřezu:

$$d/t = 219,1/32 = 6,85 \leq 50 * \varepsilon^2$$

$$\varepsilon = \sqrt{(235/355)} = 0,8136$$

$$50 * 0,8136^2 = 33,10 \Rightarrow 1. \text{třída}$$

Kritické délky:

$$L_{cr,y} = 1,924 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 7,698 \text{ m}$$

Štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{1924}{67,13} = 28,67$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{7698}{67,13} = 114,67$$

Kritická normálová síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 * E * I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 8,471 * 10^{-5}}{1,924^2} = 47429 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 * E * I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 * 210 * 10^9 * 8,471 * 10^{-5}}{7,698^2} = 2962,8 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,88 * 10^{-2} * 355 * 10^6}{47429 * 10^3}} = 0,38$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,88 * 10^{-2} * 355 * 10^6}{2962,8 * 10^3}} = 1,50$$

Křivka vzpěrnosti a \Rightarrow součinitel imperfekce $\alpha = 0,21$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + 0,21 * (0,38 - 0,2) + 0,38^2] = 0,59$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2]$$

$$\Phi_z = 0,5 * [1 + 0,21 * (1,50 - 0,2) + 1,50^2] = 1,76$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,59 + \sqrt{0,59^2 - 0,38^2}} = 0,96$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{1,76 + \sqrt{1,76^2 - 1,50^2}} = 0,37$$

Posouzení: TLAK

$$N_{Rk} = A * f_y = 1,88 * 10^{-2} * 355 * 10^6 = 6674 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{1908,64}{0,37 * 6674} \leq 1,0$$

$$0,77 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

Posouzení: TLAK + OHYB

$$N_{Rk} = A * f_y = 1,88 * 10^{-2} * 355 * 10^6 = 6674 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = W_{pl,y} * f_y = 1,1147 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 395,72 \text{ kNm}$$

$\chi_{LT} = 1,0$ kruhový průřez, není náchylný ke klopení

Interakční součinitel: Interakční metoda 2, příloha B, ČSN EN 1993-1-1

$$k_{yy} = C_{my} * \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,90 * \left(1 + (0,38 - 0,2) * \frac{1908,64 * 10^3}{0,96 * 6674 * 10^3} \right) = 0,95$$

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

$$k_{zz} = C_{mz} * \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right)$$

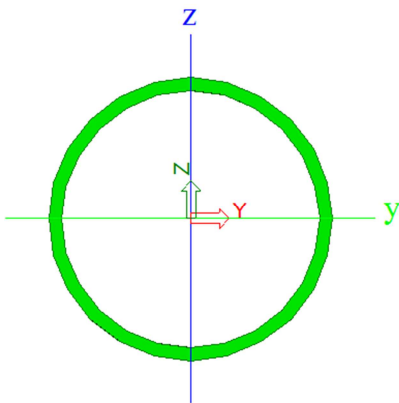
$$k_{zz} = 0,995 * \left(1 + (1,50 - 0,2) * \frac{1908,64 * 10^3}{0,37 * 6674 * 10^3} \right) = 1,99$$

Posouzení: TLAK + OHYB (rce 6.62)

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

$$\frac{1908,64}{0,37 * 6674} + 0,57 * \frac{89,26}{1,0 * 395,72} + 1,99 * \frac{6,54}{395,72} \leq 1,0$$

$$0,77 + 0,14 + 0,04 = 0,95 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{DOLNÍ PÁS VYHOVÍ}}$$



15.4 Dolní pás

TR 273/12,5

S355, prut B1853, tlačení prut, který je součástí dolního pásu, vytváří podporový prut pro obloukový vazník

Kombinace: $1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1,5 \cdot (ZS4.1)$

$N_{ed} = -1691,86 \text{ kN}$

Průřezové charakteristiky:

$$A = 1,02 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$I_y = 8,697 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 8,697 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{el,y} = 6,37 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 6,37 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 8,44 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 8,44 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Zatřídění průřezu:

$$d/t = 273/12,5 = 21,84 \leq 50 \cdot \varepsilon^2$$

$$\varepsilon = \sqrt{(235/355)} = 0,8136$$

$$50 \cdot 0,8136^2 = 33,10 \Rightarrow 1. \text{třída}$$

Kritické délky:

$$L_{cr,y} = 3,750 \text{ m}$$

$$L_{cr,z} = 3,750 \text{ m}$$

Štíhlost:

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{3750}{92,34} = 40,61$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{3750}{92,34} = 40,61$$

Kritická normálová síla:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr,y}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 8,697 \cdot 10^{-5}}{3,750^2} = 12818 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 8,697 \cdot 10^{-5}}{3,750^2} = 12818 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{1,02 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{12818 \cdot 10^3}} = 0,53$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{1,02 \cdot 10^{-2} \cdot 355 \cdot 10^6}{12818 \cdot 10^3}} = 0,53$$

Křivka vzpěrnosti a \Rightarrow součinitel imperfekce $\alpha = 0,21$

$$\Phi_y = \Phi_z = 0,5 * [1 + \alpha(\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2]$$

$$\Phi_y = 0,5 * [1 + 0,21 * (0,53 - 0,2) + 0,53^2] = 0,68$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi_y = \chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,68 + \sqrt{0,68^2 - 0,53^2}} = 0,90$$

Posouzení: TLAK

$$N_{Rk} = A * f_y = 1,02 * 10^{-2} * 355 * 10^6 = 3621 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \leq 1,0$$

$$\frac{1691,86}{0,90 * 3621} \leq 1,0$$

$$0,52 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{VYHOVÍ}}$$

Posouzení: TLAK + OHYB

$$N_{Rk} = A * f_y = 1,02 * 10^{-2} * 355 * 10^6 = 3621 \text{ kN}$$

$$M_{Rk} = W_{pl,y} * f_y = 8,44 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 299,62 \text{ kNm}$$

$\chi_{LT} = 1,0$ kruhový průřez, není náchylný ke klopení

Interakční součinitel: Interakční metoda 2, příloha B, ČSN EN 1993-1-1

$$k_{yy} = C_{my} * \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,90 * \left(1 + (0,53 - 0,2) * \frac{1691,86 * 10^3}{0,90 * 3621 * 10^3} \right) = 1,05$$

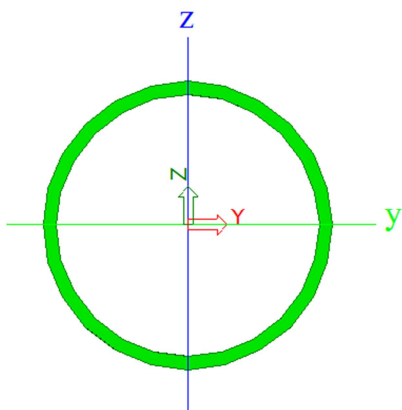
$$k_{zz} = C_{mz} * \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,909 * \left(1 + (0,53 - 0,2) * \frac{1691,86 * 10^3}{0,90 * 3621 * 10^3} \right) = 1,06$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = 0,6 * 1,06 = 0,636$$

Posouzení: TLAK + OHYB (rce 6.61)

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



$$\frac{1691,86}{0,90 * 3621} + 1,02 * \frac{81,16}{1,0 * 299,62} + 0,636 * \frac{5,02}{299,62} \leq 1,0$$

$$0,52 + 0,28 + 0,01 = 0,82 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{DOLNÍ PÁS VYHOVÍ}}$$

15.5 Vaznice

TR 193,7/12,5

S355, prut B1860, Kombinace: 1,35*(ZS1+ZS2+ZS3) + 1,5*(ZS4.3)

Nejvíce zatížená vaznice je mezi druhým a třetím příhradovým pásem od sněhu II. ($\mu_3 = 1,5$)

$$N_{ed} = 56,72 \text{ kN}$$

$$M_{y,ed} = 122,48 \text{ kNm}$$

Průřezové charakteristiky:

$$A = 7,12 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_y = 2,934 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_z = 2,934 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_{el,y} = 3,03 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 3,03 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,y} = 4,05 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$W_{pl,z} = 4,05 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

Zatřídění průřezu:

$$d/t = 193,7/12,5 = 15,50 \leq 50 * \epsilon^2$$

$$\epsilon = \sqrt{(235/355)} = 0,8136$$

$$50 * 0,8136^2 = 33,10 \Rightarrow 1.\text{třída}$$

Posouzení: TAH

$$N_{Rk} = A * f_y = 7,12 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 2528 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} \leq 1,0$$

$$Y_{m0}$$

$$\frac{56,72}{2528} \leq 1,0$$

$$1,0$$

$$0,02 \leq 1,0$$

Posouzení: OHYB

$$M_{Rk} = W_{pl,y} * f_y = 4,05 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 143,8 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{m0}}} \leq 1,0$$

$$\frac{122,48}{\frac{143,8}{1,0}} \leq 1,0$$

$$0,85 \leq 1,0 \quad \Rightarrow \quad \underline{\text{VAZNICE VYHOVÍ}}$$

15.6 Příčné ztužidlo

Táhla Macalloy M36, $\phi 34$, S460

Průhyb táhla od vlastní tíhy se eliminuje vnesením napětí pomocí závitů na samotném táhle. Výsledná max. síla N v táhle nepřekračuje hodnotu danou výrobcem, viz. vlastnosti táhel Macalloy 460, M36.

V modelu ztužidlům byla zadána nelinearita typu lano, pomocí osově síly 70 kN bylo vneseno do táhla napětí.

Bezpečné posouzení ztužidla bude na zatížení silami od kombinace stálého zatížení a podélného větru, při uvažování stabilitních sil od stálého zatížení.

POSOUZENÍ:

Kombinace: $1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1,5 \cdot (ZS5.4)$

RD 34

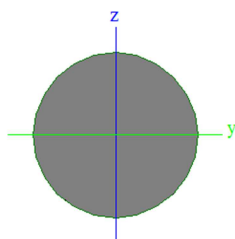
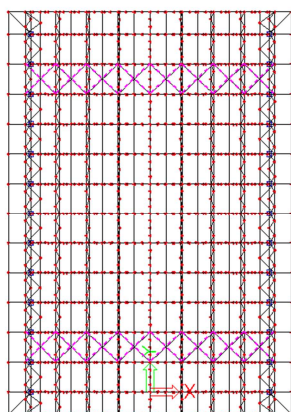
$$A = 9,0746 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

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

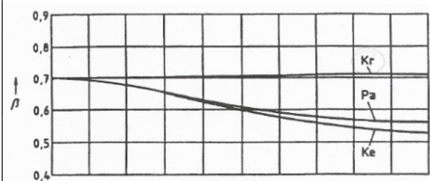
$$N = 258,49 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{ed}}{N_{Rd}} = \frac{N_{ed}}{A \cdot f_y} = \frac{258,49 \cdot 10^3}{9,0746 \cdot 10^{-4} \cdot 460 \cdot 10^6} = 0,62 \leq 1,0$$

→ vyhoví



15.7 Stabilita – vybočení oblouku jako celku



$$L_{cr} = \beta * s = 0,7 * 31,467 = 22,027 \text{ m}$$

Součinitel β byl odvozen dle ČSN P ENV 1993-2:1998

TR 193,7/10

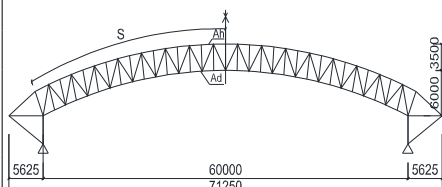
$$I_y = 2,442 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$A = 5,77 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

TR 168,3/10

$$I_y = 1,564 * 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$A = 4,97 * 10^{-3} \text{ m}^2$$



$$I_y = \Sigma (I_y + A * h^2) =$$

$$= 2,442 * 10^{-5} + 5,77 * 10^{-3} * 1,750^2 +$$

$$+ 1,564 * 10^{-5} + 4,97 * 10^{-3} * 1,750^2 = 32,891 * 10^{-3} \text{ m}^4$$

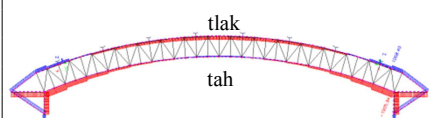
$$N_{cr} = \pi^2 \frac{E * I_y}{L_{cr}^2} = \pi^2 * \frac{210 * 10^9 * 32,891 * 10^{-3}}{22,027^2} = 140503 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{(A_d + A_h) * f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{(5,77 * 10^{-3} + 4,97 * 10^{-3}) * 355 * 10^6}{140503 * 10^3}}$$

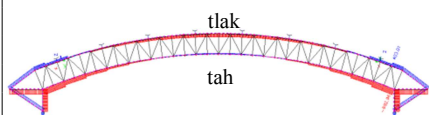
$$\bar{\lambda} = 0,165$$

Konstrukce se svým chováním přibližuje nosníku.

průběh N stálé + sních



průběh N stálé + vítr



16 POSOUZENÍ MSP

Obloukový vazník č.7:

Kombinace: $1,0*(ZS1+ZS2+ZS3) + 1,0*(ZS4.1)$

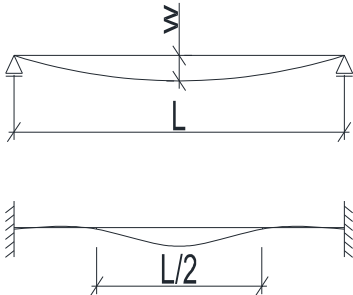
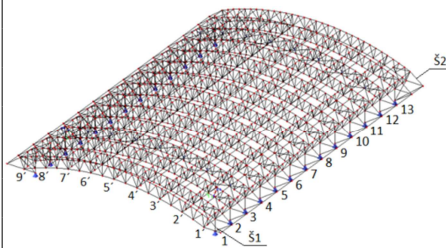
$$\delta_{\max} = \frac{L}{250} = \frac{60000}{250} = 240 \text{ mm}$$

$$\delta = 87,7 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$$

Vaznice: $L = 7500 \text{ mm}$

K: $1,0*(ZS1+ZS2+ZS3) + 1,0*(ZS4.1)$

$$\delta_{\max} = \frac{L}{200} = \frac{7500}{200} = 37,5 \text{ mm}$$



Průhyb vaznice jako prostého nosníku:

Nejvíce zatížená vaznice je mezi druhým a třetím příhradovým pásem od sněhu II. ($\mu_3 = 1,5$), charakteristické zatížení vypočteno pro zatěžovací šířku vaznice 4,022 m:

$$q_k = q_{vl.třha} + q_{stálé} + q_{snřh \text{ II.}} = 0,559 + 4,014 + 8,14 = 12,7 \text{ kN/m}$$

$$w = \frac{5}{384} * \frac{q_k * l^4}{E * I} = \frac{5}{384} * \frac{12,7 * 7,5^4}{210 * 10^9 * 2,934 * 10^{-5}} = 85 \text{ mm}$$

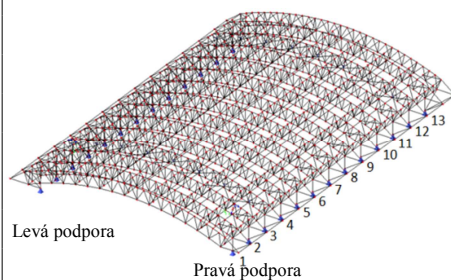
Vzhledem ke způsobu uložení vaznice tj. vaznice bude přivařena k hornímu pásu obloukového vazníku, se vaznice nebude chovat jako typický prostý nosník, jak byla uvažována, ale bude částečně vetknutá. Průhyb vetknutého nosníku je stanoven jako:

$$w = \frac{1}{384} * \frac{q_k * l^4}{E * I} = \frac{1}{384} * \frac{12,7 * 7,5^4}{210 * 10^9 * 2,934 * 10^{-5}} = 17 \text{ mm}$$

Skutečný průhyb vaznice se bude pohybovat kolem poloviny vaznice jako prostého nosníku, což je přibližně 40 mm, dovoluji si říct tedy, že vaznice na MSP vyhoví.

17 HMOTNOST KONSTRUKCE

$$m = 320,532 \text{ t}$$



18 KOTVENÍ

Návrh kotvení je pro uložení na betonových sloupech, tzn. 5 původních ocelových sloupů v oblasti šaten musí být nahrazeno betonovými sloupy. Uložení na betonové sloupy vyžaduje návrh nových betonových sloupů, které musí přenést reakce nové konstrukce zastřešení.

Obloukové vnitřní vazníky č. 2 -12

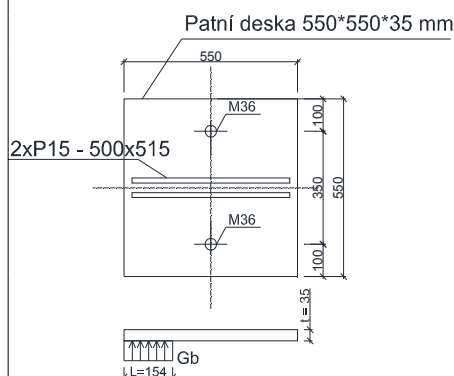
Obloukové vnější vazníky č. 1 a 13, které vynášejí štítové vazníky.

Obloukové vazníky jsou symetrické.

Výpis nejvíce namáhaných vazníků od nebezpečných rozhodujících kombinací:

OBLOUK č. 2-12	Reakce (kN)	Levá podpora	Pravá podpora	Kombinace	
č.11	max Rz	1032,83	1032,62	1,35*stálé+1,5*sneh4.1+0,9* vítr5.3	snih+vítr
	Ry	1,80	1,80		
	Rx	793,47	-793,21		
č.12	max Rz	1058,24	1059,49	1,35*stálé+1,5*sneh4.1	snih
	Ry	2,07	2,07		
	Rx	823,42	-823,59		
č.11	min Rz	153,42	153,29	1,0*stálé+1,5*vítr5.4	vítr (nadzvednutí kce)
	Ry	-4,71	-4,70		
	Rx	170,71	-170,59		
č.12	Rz	991,44	992,64	1,35*stálé+1,5*sneh4.1+0,9* vítr5.4	snih+vítr
	Ry	1,24	1,25		
	max Rx	796,56	-796,69		
č.7	Rz	1042,37	1042,28	1,35*stálé+1,5*sneh4.1	snih
	Ry	0,14	0,13		
	max Rx	844,57	-844,71		
č.2	Rz	199,86	200,38	1,0*stálé+1,5*vítr5.4	vítr (nadzvednutí kce)
	Ry	-3,98	-3,96		
	min Rx	119,43	-119,39		
č.2	Rz	937,69	938,88	1,35*stálé+1,5*sneh4.1+ 0,9*vítr5.3	snih+vítr
	max Ry	2,08	2,09		
	Rx	704,88	-705,03		
č.12	Rz	1058,24	1059,49	1,35*stálé+1,5*sneh4.1	snih
	max Ry	2,07	2,07		
	Rx	823,42	-823,59		
č.12	Rz	291,22	291,57	1,0*stálé+1,5*vítr5.4	vítr (nadzvednutí kce)
	min Ry	-3,89	-3,88		
	Rx	264,42	-264,44		

OBLOUK č. 1 a 13	Reakce (kN)	Levá podpora	Pravá podpora	Kombinace	
č.13	max Rz	1279,08	1277,71	1,35*stálé+1,5*sneh4.1+0,9* vítr5.4	snih+vítr
	Ry	44,87	46,80		
	Rx	934,26	-934,03		
č.13	max Rz	1298,92	1297,65	1,35*stálé+1,5*sneh4.1	snih
	Ry	179,07	181,04		
	Rx	1010,61	-1010,64		
č.1	min Rz	105,59	109,92	1,0*stálé+1,5*vítr5.4	vítr (nadzvednutí kce)
	Ry	-206,65	-207,19		
	Rx	163,99	-164,55		
č.13	Rz	1279,08	1277,71	1,35*stálé+1,5*sneh4.1+0,9* vítr5.4	snih+vítr
	Ry	44,87	46,80		
	max Rx	934,26	-934,03		
č.13	Rz	1298,92	1297,65	1,35*stálé+1,5*sneh4.1	snih
	Ry	179,07	181,04		
	max Rx	1010,61	-1010,64		
č.1	Rz	105,59	109,92	1,0*stálé+1,5*vítr5.4	vítr (nadzvednutí kce)
	Ry	-206,65	-207,19		
	min Rx	163,99	-164,55		
č.1	Rz	575,87	585,64	1,35*stálé+0,75*sneh4.1+ 1,5*vítr5.4	snih+vítr
	max Ry	-280,93	-282,04		
	Rx	534,08	-535,29		
č.1	Rz	1270,97	1284,69	1,35*stálé+1,5*sneh4.1	snih
	max Ry	-180,90	-182,30		
	Rx	983,13	-984,84		
č.13	Rz	463,01	462,47	1,0*stálé+1,5*vítr5.4	vítr (nadzvednutí kce)
	min Ry	-135,08	-134,54		
	Rx	260,66	-260,25		



18.1 Posouzení únosnosti betonu

Navržen beton C25/30, v případě použití jiné třídy nutno znovu posoudit.

Beton C25/30

Patní deska 550 x 550 mm

$$\sigma_b = \frac{R_z}{a \cdot b} \leq \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 4,294 \text{ MPa} \leq 16,67 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

$$\sigma_b = \frac{1298,92 \cdot 10^3}{0,550 \cdot 0,550} = 4,294 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ MPa}$$

18.2 Posouzení průřezu patní desky

$f_y = 355 \text{ MPa}$

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq \frac{f_y}{\gamma_o} = 249,4 \text{ MPa} \leq 355 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{0,0509 \cdot 10^6}{204,17} = 249,4 \text{ MPa}$$

$$W = \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot t^2 = \frac{1}{6} \cdot 1 \cdot 35^2 = 204,17 \text{ mm}^3$$

$$g = \sigma_b \cdot b = 4,294 \cdot 1 = 4,294 \text{ kN/m}$$

$$M = \frac{1}{2} \cdot g \cdot l^2 = \frac{1}{2} \cdot 4,294 \cdot 0,154^2 = 0,0509 \text{ KNm}$$

18.3 Návrh a posouzení kotevní zarážky

Ohyb:

Svařovaný profil, dl. 250 mm

$f_y = 355 \text{ MPa}$

$l = 250 \text{ mm}$

$$W_{el,y} = 1,0425 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W_{el,z} = 5,7221 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$M_y = R_x \cdot 0,5 \cdot l = 1010,61 \cdot 0,5 \cdot 0,250 = 126,33 \text{ kNm}$$

$$M_z = R_y \cdot 0,5 \cdot l = 179,07 \cdot 0,5 \cdot 0,250 = 22,38 \text{ kNm}$$

$$\sigma = \frac{M_y}{W_y} + \frac{M_z}{W_z} = \frac{126,33 \cdot 10^3}{1,0425 \cdot 10^{-3}} + \frac{22,38 \cdot 10^3}{5,7221 \cdot 10^{-4}} = 160,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma \leq \frac{f_y}{\gamma_{m1}} \quad \rightarrow \quad 160,29 \leq 355 \text{ MPa}$$

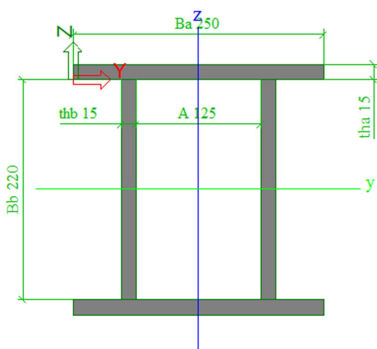
\rightarrow vyhoví

Smyk:

$$V_{ed} = R_x = 1010,61 \text{ kN}$$

$$A_w = 2 \cdot (15 \cdot 220) = 6600 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_w \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{mo}} = \frac{6600 \cdot 10^{-6} \cdot (355 \cdot 10^6 / \sqrt{3})}{1,0} = 1352,7 \text{ kN}$$



$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{1010,61}{1352,7} = 0,75 \leq 1,0$$

→ vyhoví

Posouzení betonu v místě kotevní zarážky:

$$b = 250 \text{ mm}$$

$$\sigma_b = \frac{1010,61 \cdot 10^3}{0,250 \cdot 0,250} = 16,17 \text{ MPa}$$

$$\sigma_b = \frac{R_x}{l \cdot b} \leq \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 16,17 \text{ MPa} \leq 16,67 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

Svary kotevní zarážky:

$$l = 250 \text{ mm}$$

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

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{1010,61^2 + 179,07^2} = 1026,4$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{A} = \frac{R}{A} = \frac{1026,4 \cdot 10^3}{0,250 \cdot 0,006 \cdot 8} = 85,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = \frac{R_z}{A} = \frac{1298,92 \cdot 10^3}{0,250 \cdot 0,006 \cdot 8} = 108,2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{85,5^2 + 3 \cdot (85,5^2 + 108,2^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} \text{ MPa}$$

$$253,7 \leq 453,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 85,5 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 \cdot 510}{1,25} = 367,20 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

18.4 Návrh a posouzení kotevních šroubů

Navrženy konstrukčně 2 kotevní šrouby M36x2, S355
(Od žádné kombinace zatížení nenastala reakce R_z taková, co by vyžadovala návrh kotevních šroubů na tah, viz. str.56)

$$f_{yb} = 355 \text{ MPa}$$

$$A_s = 865 \text{ mm}^2$$

$$d = 36 \text{ mm}$$

$$L_{\min} = 530 \text{ mm}$$

18.5 Návrh a posouzení čepu

Návrh styčnickového plechu:

$$t = 30 \text{ mm}$$

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

$$\text{čep } \phi 85 \text{ mm}$$

$$d_o = 88 \text{ mm}$$

$$d = 85 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_{ed} * \gamma_{mo}}{2 * t * f_y} + \frac{2 * d_o}{3} = \frac{1298,92 * 10^3}{2 * 0,030 * 355 * 10^6} + \frac{2 * 0,088}{3}$$

$$a \geq 119,65 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{ed} * \gamma_{mo}}{2 * t * f_y} + \frac{d_o}{3} = \frac{1298,92 * 10^3}{2 * 0,030 * 355 * 10^6} + \frac{0,088}{3}$$

$$c \geq 90,32 \text{ mm}$$

Únosnost čepu ve stříhu:

$$\text{čep } \phi 85 \text{ mm}$$

$$f_{up} = 510 \text{ MPa}$$

$$d_o = 88 \text{ mm}$$

$$d = 85 \text{ mm}$$

$$A = 5674,50 \text{ mm}^2$$

$$n = 2, \quad 2 \text{ stříhové roviny}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * A * f_{up}}{\gamma_{m2}} = \frac{0,6 * 2 * 5674,50 * 510}{1,25} = 2778,2 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \frac{1298,92}{2778,2} = 0,47 \leq 1,0$$

→ vyhoví

Únosnost čepu v otažení:

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

$$F_{b,Rd} = \frac{1,5 * t * d * f_y}{\gamma_{mo}} = \frac{1,5 * 0,030 * 0,085 * 355 * 10^6}{1,0} =$$

$$= 1357,9 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{1298,92}{1357,9} = 0,96 \leq 1,0$$

→ vyhoví

Únosnost čepu v ohybu:

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

$$W_{et} = 5,9028 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$M_{Rd} = \frac{1,5 * W_{et} * f_y}{\gamma_{mo}} = \frac{1,5 * 5,90 * 10^{-5} * 355 * 10^6}{1,0} = 31,43 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} * (b + 4c + 2a) =$$

$$= \frac{1298,92 * 10^3}{8} * (0,030 + 4 * 0,005 * 2 * 0,015) = 12,99 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{12,99}{31,42} = 0,41 \leq 1,0$$

→ vyhoví

Únosnost čepu kombinace stříhu a ohybu:

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 = (0,41)^2 + (0,47)^2 = 0,39 \leq 1,0$$

→ vyhoví

18.6 Připojení čelní kruhové desky k oblouku

kruhová deska tl. 30 mm, $\phi 310$ mm

přivařena po obvodě trubky svarem $a = 8$ mm

délka svaru: $L_d = \pi * d = \pi * 273 = 857,65$ mm

$A = L_d * a = 857,65 * 8 = 6861,2$ mm²

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{R_z}{\sqrt{2} * A} = \frac{1298,92 * 10^3}{\sqrt{2} * 6861,2 * 10^{-6}} = 133,87 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = \frac{R_x}{A} = \frac{1010,61 * 10^3}{6861,2 * 10^{-6}} = 147,29 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{133,87^2 + 3 * (133,87^2 + 147,29^2)} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25} \text{ MPa}$$

369,82 ≤ 453,33 MPa

$$\sigma_{\perp} = 133,87 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 * 510}{1,25} = 367,20 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

18.7 Připojení styčnickového plechu ke kruhové čelní desce

plech tl. 30 mm

délka svaru $l = 290$ mm

$a = 10$ mm

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{R_z}{\sqrt{2} * a * l * 2} = \frac{1298,92 * 10^3}{\sqrt{2} * 0,010 * 0,290 * 2} = 158,36 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = \frac{R_x}{a * l * 2} = \frac{1010,61 * 10^3}{0,010 * 0,290 * 2} = 174,24 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{158,36^2 + 3 \cdot (158,36^2 + 174,24^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} \text{ MPa}$$

$$437,48 \leq 453,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 158,36 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 \cdot 510}{1,25} = 367,20 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

Posouzení styčnickového plechu na tlak:

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{(0,290 - 0,088) \cdot 0,030 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 2151,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{1298,92}{2151,3} = 0,60 \leq 1,0$$

→ vyhoví

Posouzení styčnickového plechu na smyk:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{m0}} = \frac{(0,290 - 0,088) \cdot 0,030 \cdot \left(355 \cdot \frac{10^6}{\sqrt{3}}\right)}{1,0} = 1242,05 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{1010,61}{1242,05} = 0,81 \leq 1,0$$

→ vyhoví

18.8 Připojení styčnickového plechu k patní desce

Styčnickový plech je k patní desce přivařen oboustranným koutovým svarem.

plech tl. 2x15 mm

délka svaru l = 500 mm

a = 10 mm

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{R_z}{\sqrt{2} \cdot A} = \frac{1298,92 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 0,500 \cdot 0,010 \cdot 4} = 45,92 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = \frac{R_x}{A} = \frac{1010,61 \cdot 10^3}{0,500 \cdot 0,010 \cdot 4} = 50,53 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{45,92^2 + 3 \cdot (45,92^2 + 50,53^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} \text{ MPa}$$

$$126,86 \leq 453,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 45,92 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 * 510}{1,25} = 367,20 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

Posouzení styčnickového plechu na tlak:

$$N_{c,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{mo}} =$$

$$= \frac{0,500 * 2 * 0,015 * 355 * 10^6}{1,0} = 5325 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{1298,92}{5325} = 0,24 \leq 1,0$$

→ vyhoví

Posouzení styčnickového plechu na smyk:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\gamma_{mo}} = \frac{0,500 * 2 * 0,015 * \left(355 * \frac{10^6}{\sqrt{3}}\right)}{1,0} =$$

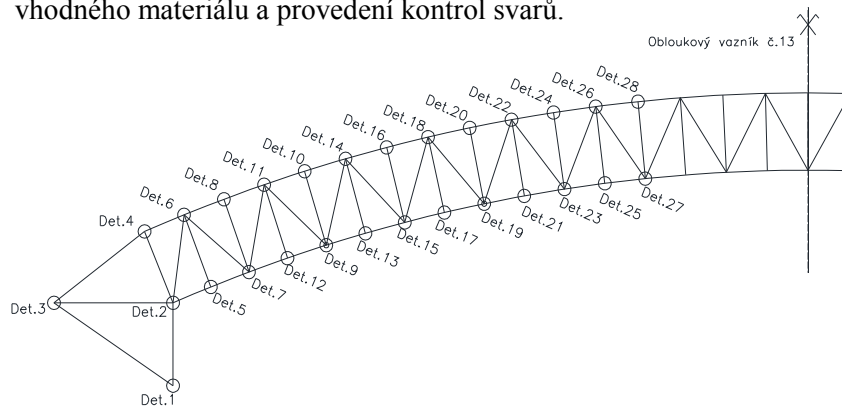
$$= 3074,39 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{1010,61}{3074,39} = 0,33 \leq 1,0$$

→ vyhoví

19 DETAILS

Návrh detailů bude proveden pro vybrané styčníky dle ČSN EN 1993-1-8. Všechny styčníky obloukových vazníků a příhradových pásů budou svařované. Montážní svary a napojení prutů jsou navrženy jako tupé svary s plným provařením. Únosnost těchto svarů je stejná jako menší z únosností připojovaných prvků. Předpokládá se tedy použití vhodného materiálu a provedení kontrol svarů.



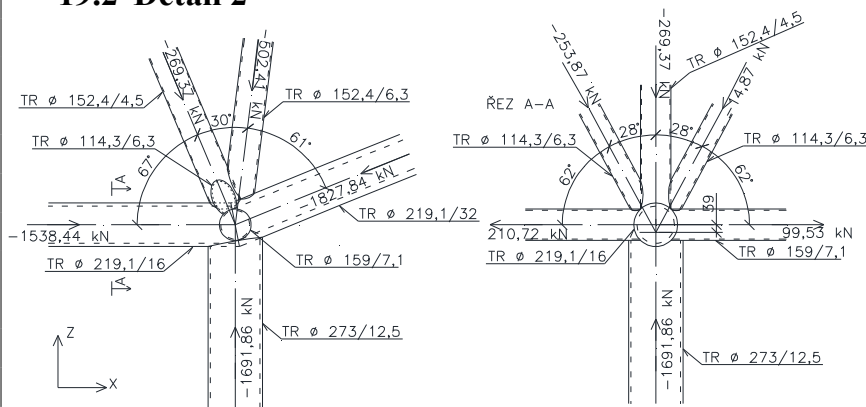
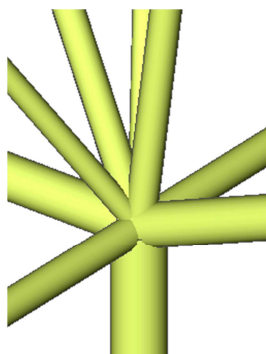
Obloukový vazník č. 13:

19.1 Detail 1

Detail kotvení viz. str. 57

19.2 Detail 2

Det. 2



Kombinace: $1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1,5 \cdot (ZS4.1)$

Pro ostatní kombinace ověřeno, že návrh styčníku vyhoví.

Zjednodušená metoda pro návrhovou únosnost koutového svaru:

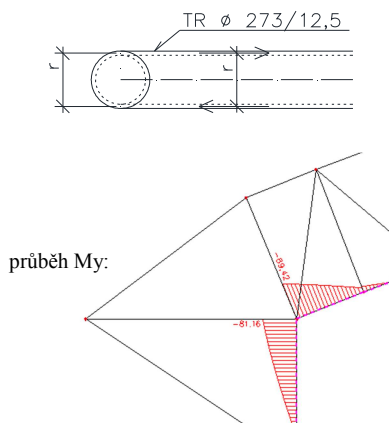
TR 273/12,5

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi \cdot d = \pi \cdot 273 = 857,65 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$



$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{1691,86 + 297,3}{0,010 * 0,858} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$231,8 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

Nahrazení momentu \Leftrightarrow dvojice sil:

$$M = N_M * r \Rightarrow N_M = \frac{M}{r} = \frac{81,16}{0,273} = 297,3 \text{ kN}$$

TR 152,4/4,5

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 152,4 = 478,8 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{269,37}{0,006 * 0,479} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$93,7 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

TR 152,4/6,3

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 152,4 = 478,8 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{502,41}{0,006 * 0,479} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$174,8 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

TR 159/7,1

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 159 = 499,5 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{210,72}{0,006 * 0,4995} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$70,3 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

TR 114,3/6,3

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 114,3 = 359,08 \text{ mm}$$

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

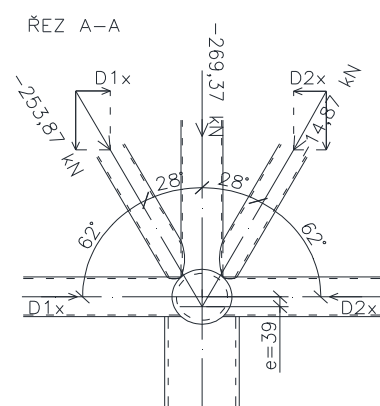
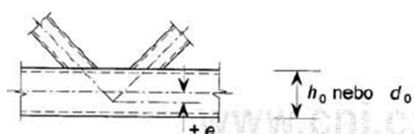
$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{253,87}{0,006 * 0,359} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$117,9 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

Pro druhou diagonálu menší síla, svar vyhoví.



Vliv excentricity: dle ČSN EN 1993-1-8, 5.1.5(5)

Jestliže jsou excentricity v následujících hranicích:

$$-0,55 * d_0 \leq e \leq 0,25 * d_0$$

Pro kladnou excentricitu platí: $0,25 * 159 = 39,75 \text{ mm}$

Excentricita ve styčnicku: $e = 39 \text{ mm}$

$$D_{1,x} = D_{1,x} * \cos 62^\circ = 253,87 * \cos 62^\circ = 119,18 \text{ kN}$$

$$D_{2,x} = D_{2,x} * \cos 62^\circ = 14,87 * \cos 62^\circ = 6,98 \text{ kN}$$

$$D_x = 119,18 - 6,98 = 112,2 \text{ kN}$$

$$M = D_x * e = 112,2 * 0,039 = 4,38 \text{ kNm}$$

Při návrhu tažených pásů lze momenty od excentricity zanedbat při dodržení omezujících hranic, což je splněno. Při návrhu tlačných pásů a dodržení omezujících hranic se momenty mají uvažovat, rozdělí se mezi tlačené pruty pásu na každou stranu styčnicku, jejich vliv je však zanedbatelný:

Pro TR 159/7,1

$$M_{Rk} = W_{pl,y} * f_y = 1,632 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 57,9 \text{ kNm}$$

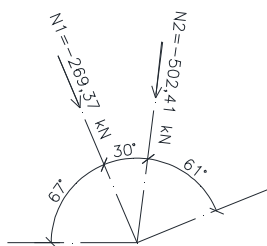
$$\frac{M}{M_{Rk}} = \frac{4,38/2}{57,09} = 0,04$$

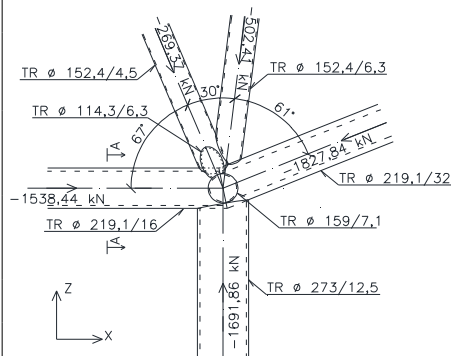
Posouzení styčnicku v rovině XZ:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_g * k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin \theta_1} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{d_1}{d_0} \right) / \gamma_{m5}$$

$$k_g = \gamma^{0,2} * \left(1 + \frac{0,024 * \gamma^{1,2}}{1 + \exp * (0,5 * g / t_0 - 1,33)} \right)$$





$$k_g = 6,85^{0,2} * \left(1 + \frac{0,024 * 6,85^{1,2}}{1 + \exp * (0,5 * 68,3/16 - 1,33)} \right) = 1,58$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 * t_0} = \frac{219,1}{2 * 16} = 6,85$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,58 * 1,0 * 355 * 16^2}{\sin 67^\circ} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{152,4}{219,1} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 1387 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 1387 \text{ kN} \geq 269,37 \text{ kN}$$

Pro druhou diagonálu se úhel θ_2 uvažuje jako by byl pás přímý prut, na stranu bezpečnou.

$$N_{2,Rd} = \frac{k_g * k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin \theta_2} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{d_2}{d_0} \right) / \gamma_{m5}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{1,58 * 1,0 * 355 * 16^2}{\sin 83^\circ} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{152,4}{219,1} \right) / 1,0$$

$$N_{2,Rd} = 1287 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} \geq N_{2,Ed} \quad \dots \quad 1287 \text{ kN} \geq 502,41 \text{ kN}$$

Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$152,4 \leq 219,1 - 2 * 16$$

$152,4 \leq 187,1 \quad \dots \dots$ musíme posuzovat

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} * t_0 * \pi * d_1 * \frac{1 + \sin \theta_1}{2 * \sin^2 \theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} * 16 * \pi * 152,4 * \frac{1 + \sin 67}{2 * \sin^2 67} / 1,0 = 1779 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$1779 \text{ kN} \geq 269,37 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} * t_0 * \pi * d_2 * \frac{1 + \sin \theta_2}{2 * \sin^2 \theta_2} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} * 16 * \pi * 152,4 * \frac{1 + \sin 83}{2 * \sin^2 83} / 1,0 = 1588 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} \geq N_{2,Ed}$$

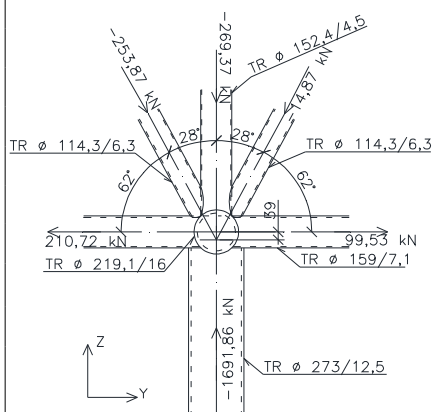
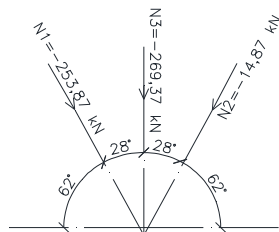
$$1588 \text{ kN} \geq 502,41 \text{ kN}$$

Vzhledem ke způsobu uspořádání ve styčnicku bylo ověřeno posouzení na porušení povrchu diagonály D1 od působení diagonály D2:

$$N_{D2,Rd} = \frac{k_g * k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin \theta_1} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{d_1}{d_0} \right) / \gamma_{m5}$$

$$k_g = 2,95 \quad (\text{ČSN EN 1993-1-8, obr. 7.6})$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 * t_0} = \frac{152,4}{2 * 4,5} = 16,93$$



$$N_{D2,Rd} = \frac{2,95 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 4,5^2}{\sin 30^\circ} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{152,4}{152,4}\right) / 1,0$$

$$N_{D2,Rd} = 509 \text{ kN}$$

$$N_{D2,Rd} \geq N_{2,Ed} \quad \dots \quad 509 \text{ kN} \geq 502,41 \text{ kN}$$

Posouzení styčnicku v rovině YZ:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{d_1}{d_0}\right) / \gamma_{m5}$$

$$k_g = 2,4 \quad (\text{ČSN EN 1993-1-8, obr. 7.6})$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{159}{2 \cdot 7,1} = 11,2$$

$$N_{1,Rd} = \frac{2,4 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 7,1^2}{\sin 62^\circ} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{114,3}{159}\right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 444,2 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 444,2 \text{ kN} \geq 253,87 \text{ kN}$$

Diagonály jsou symetrické, druhá diagonála N_2 tedy vyhoví.

Svislice N_3 je posouzena v rovině XZ.

Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$114,3 \leq 159 - 2 \cdot 7,1$$

$$114,3 \leq 144,8 \quad \dots \quad \text{musíme posuzovat}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \cdot \sin^2 \theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 7,1 \cdot \pi \cdot 114,3 \cdot \frac{1 + \sin 62^\circ}{2 \cdot \sin^2 62^\circ} / 1,0 = 631 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$631 \text{ kN} \geq 253,87 \text{ kN}$$

Diagonály jsou symetrické, druhá diagonála tedy vyhoví.

Vzhledem ke způsobu uspořádání ve styčnicku byla na porušení povrchu posuzována i svislice TR 152,4/4,5. Styčnick byl posuzován jako K styčnick.

Při ostatních kombinacích diagonály vyhoví, pro všechny platí

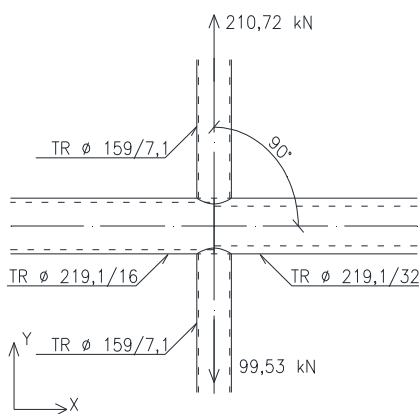
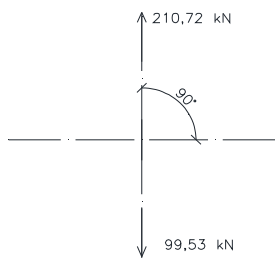
$$N_{1,Rd} \geq N_{Ed}$$

Porušení povrchu svislice:

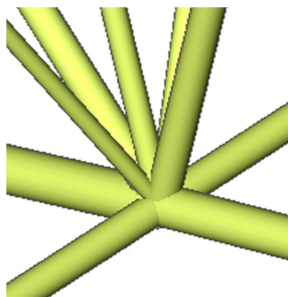
$$N_{Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{d_1}{d_0}\right) / \gamma_{m5}$$

$$k_g = 2,95 \quad (\text{ČSN EN 1993-1-8, obr. 7.6})$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{152,4}{2 \cdot 4,5} = 16,93$$



Det. 9



$$N_{Rd} = \frac{2,95 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 4,5^2}{\sin 28^\circ} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{114,3}{152,4} \right) / 1,0$$

$$N_{Rd} = 426,9 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 426,9 \text{ kN} \geq 253,87 \text{ kN}$$

Posouzení styčnicku v rovině XY:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \cdot \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 \cdot \frac{d_1}{d_0})} \right) / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 16^2}{\sin 90^\circ} \cdot \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 \cdot \frac{159}{219,1})} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 1146,5 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 1146,5 \text{ kN} \geq 210,72 \text{ kN}$$

Při všech ostatních kombinacích vyhoví.

Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$159 \leq 219,1 - 2 \cdot 16$$

$$159 \leq 187,1 \quad \dots \quad \text{musíme posuzovat}$$

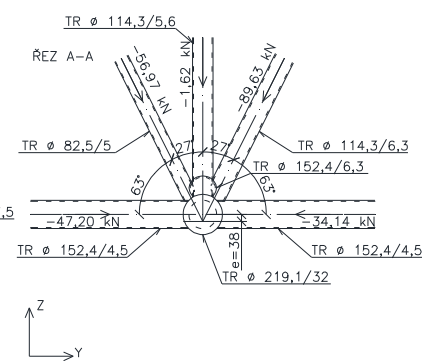
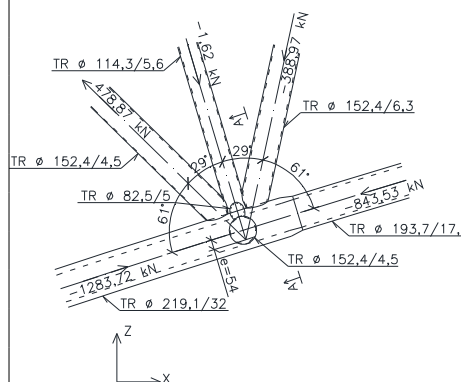
$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \cdot \sin^2 \theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 16 \cdot \pi \cdot 159 \cdot \frac{1 + \sin 90}{2 \cdot \sin^2 90} / 1,0 = 1638 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$1638 \text{ kN} \geq 210,72 \text{ kN}$$

19.3 Detail 9,(19,27)



Kombinace: $1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1,5 \cdot (ZS4.1)$

Pro ostatní kombinace ověřeno, že návrh styčnicku vyhoví.

Nejvíce namáhaný je detail 9, detail 19 a 27 návrhu vyhoví.

Zjednodušená metoda pro návrhovou únosnost koutového svaru:

TR 152,4/4,5

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi \cdot d = \pi \cdot 152,4 = 478,78 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a \cdot l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\frac{478,87}{0,004 \cdot 0,478} \leq \frac{510 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$250,5 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

TR 114,3/5,6

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi \cdot d = \pi \cdot 114,3 = 359,08 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a \cdot l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\frac{1,62}{0,004 \cdot 0,359} \leq \frac{510 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$1,13 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

TR 152,4/6,3

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi \cdot d = \pi \cdot 152,4 = 478,78 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a \cdot l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\frac{388,97}{0,004 \cdot 0,478} \leq \frac{510 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$203,1 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

TR 82,5/5

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi \cdot d = \pi \cdot 82,5 = 259,18 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{56,97}{0,004 * 0,259} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$54,9 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

TR 114,3/6,3

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 114,3 = 359,08 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{89,63}{0,004 * 0,359} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$62,4 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

TR 152,4/4,5

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 152,4 = 478,78 \text{ mm}$$

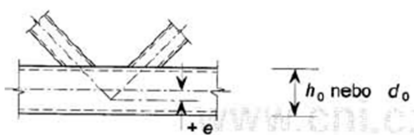
$$a = 4 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{47,20}{0,004 * 0,478} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$24,6 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$



Vliv excentricity: dle ČSN EN 1993-1-8, 5.1.5(5)

V rovině XZ:

Jestliže jsou excentricity v následujících hranicích:

$$-0,55 * d_0 \leq e \leq 0,25 * d_0$$

Pro kladnou excentricitu platí: $0,25 * 219,1 = 54,78 \text{ mm}$

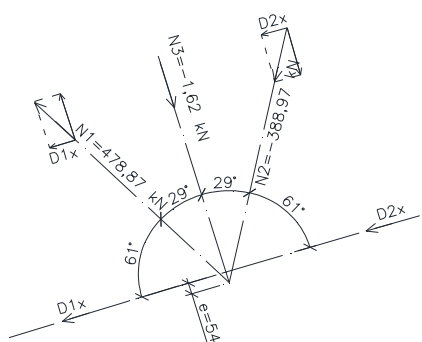
Excentricita ve styčnicku: $e = 54 \text{ mm}$

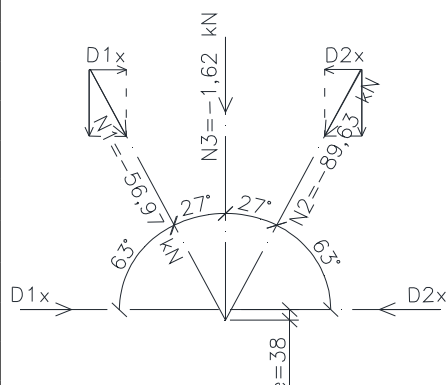
$$D_{1,x} = D_{1,x} * \cos 61^\circ = 478,87 * \cos 61^\circ = 232,2 \text{ kN}$$

$$D_{2,x} = D_{2,x} * \cos 61^\circ = 388,97 * \cos 61^\circ = 188,6 \text{ kN}$$

$$D_x = -232,2 - 188,6 = -420,8 \text{ kN}$$

$$M = D_x * e = -420,8 * 0,054 = -22,7 \text{ kNm}$$





Při návrhu tažených pásů lze momenty od excentricity zanedbat při dodržení omezujících hranic, což je splněno. Při návrhu tlačенých pásů a dodržení omezujících hranic se momenty mají uvažovat, rozdělí se mezi tlačенé pruty pásu na každou stranu styčnicku, jejich vliv je však zanedbatelný:

Pro TR 193,7/17,5

$$M_{Rk} = W_{pl,y} * f_y = 5,37 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 190,6 \text{ kNm}$$

$$\frac{M}{M_{Rk}} = \frac{22,7/2}{190,6} = 0,06$$

V rovině YZ:

Jestliže jsou excentricity v následujících hranicích:

$$-0,55 * d_o \leq e \leq 0,25 * d_o$$

$$\text{Pro kladnou excentricitu platí: } 0,25 * 152,4 = 38,1 \text{ mm}$$

Excentricita ve styčnicku: $e = 38 \text{ mm}$

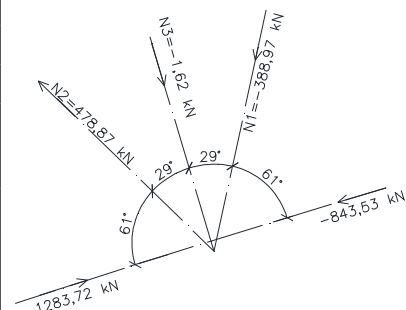
$$D_{1,x} = D_{1,x} * \cos 61^\circ = 56,97 * \cos 63^\circ = 34,29 \text{ kN}$$

$$D_{2,x} = D_{2,x} * \cos 61^\circ = 89,63 * \cos 63^\circ = 40,69 \text{ kN}$$

$$D_x = 34,29 - 40,69 = -6,4 \text{ kN}$$

$$M = D_x * e = -6,4 * 0,038 = -0,24 \text{ kNm}$$

Vliv excentricity je zanedbatelný.



Posouzení styčnicku v rovině XZ:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_g * k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin \theta_1} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3 * d_0} \right) / \gamma_{m5}$$

$$k_g = 1,0 \quad (\text{ČSN EN 1993-1-8, obr. 7.6})$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 * t_0} = \frac{219,1}{2 * 32} = 3,42$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 * 1,0 * 355 * 32^2}{\sin 61^\circ} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{152,4 + 114,3 + 152,4}{3 * 219,1} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 3451 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} * \sin \theta_1 + N_{3,Ed} * \sin \theta_3 \leq N_{1,Rd} * \sin \theta_1$$

$$388,97 * \sin 61 + 1,62 * \sin(61 + 29) \leq 3451 * \sin 61$$

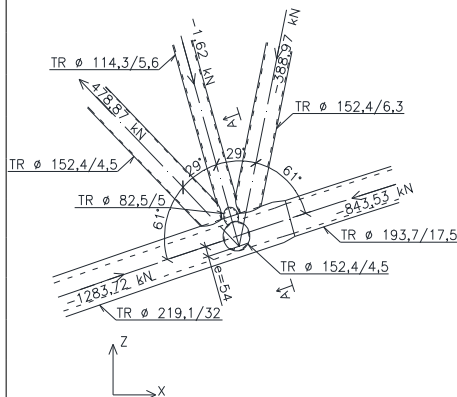
$$341,8 \text{ kN} \leq 3018,3 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} * \sin \theta_2 \leq N_{1,Rd} * \sin \theta_1$$

$$478,87 * \sin 61 \leq 3451 * \sin 61$$

$$418,8 \text{ kN} \leq 3018,3 \text{ kN}$$

Porušení prolomení smykem:



$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$152,4 \leq 219,1 - 2 \cdot 32$$

152,4 ≤ 155,1 musíme posuzovat

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \cdot \sin^2 \theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 32 \cdot \pi \cdot 152,4 \cdot \frac{1 + \sin 61}{2 \cdot \sin^2 61} / 1,0 = 1779 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$3147,2 \text{ kN} \geq 388,97 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} \geq N_{2,Ed}$$

$$3147,2 \text{ kN} \geq 478,87 \text{ kN}$$

$$N_{3,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \frac{1 + \sin \theta_3}{2 \cdot \sin^2 \theta_3} / \gamma_{m5}$$

$$N_{3,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 32 \cdot \pi \cdot 114,3 \cdot \frac{1 + \sin 90}{2 \cdot \sin^2 90} / 1,0 = 2355 \text{ kN}$$

$$2355 \text{ kN} \geq 1,62 \text{ kN}$$

Posouzení styčnicku v rovině YZ:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{d_1}{d_0} \right) / \gamma_{m5}$$

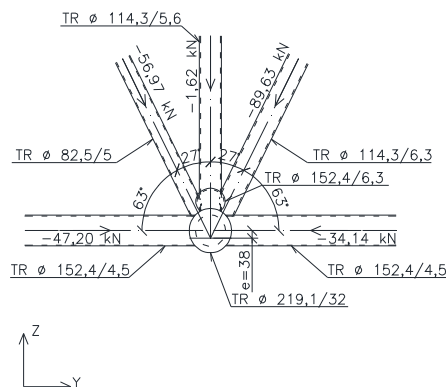
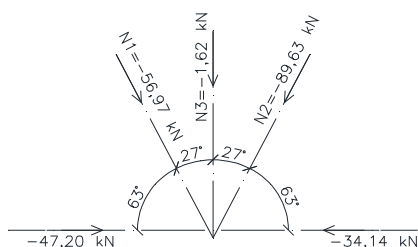
$$k_g = 2,95 \text{ (ČSN EN 1993-1-8, obr. 7.6)}$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{152}{2 \cdot 4,5} = 16,88$$

$$N_{1,Rd} = \frac{2,95 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 4,5^2}{\sin 63^\circ} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{82,5}{152,4} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 174,3 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \text{ } 174,3 \text{ kN} \geq 56,97 \text{ kN}$$



$$N_{2,Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_2} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{d_2}{d_0} \right) / \gamma_{m5}$$

$$k_g = 2,95 \text{ (ČSN EN 1993-1-8, obr. 7.6)}$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{152}{2 \cdot 4,5} = 16,88$$

$$N_{2,Rd} = \frac{2,95 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 4,5^2}{\sin 63^\circ} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{114,3}{152,4} \right) / 1,0$$

$$N_{2,Rd} = 224,9 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} \geq N_{1,Ed} \text{ } 224,9 \text{ kN} \geq 89,63 \text{ kN}$$

Svislice N_3 je posouzena v rovině XZ.

Porušení prolomení smykem:

$$d_1 \leq d_0 - 2t_0$$

$$82,5 \leq 152,4 - 2 \cdot 4,5$$

$82,5 \leq 143,4$ musíme posuzovat

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin\theta_1}{2 \cdot \sin^2\theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 4,5 \cdot \pi \cdot 82,5 \cdot \frac{1 + \sin 63}{2 \cdot \sin^2 63} / 1,0 = 284,7 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$284,7 \text{ kN} \geq 56,97 \text{ kN}$$

$$d_2 \leq d_0 - 2t_0$$

$$114,3 \leq 152,4 - 2 \cdot 4,5$$

$114,3 \leq 143,4$ musíme posuzovat

$$N_{2,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \frac{1 + \sin\theta_1}{2 \cdot \sin^2\theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 4,5 \cdot \pi \cdot 114,3 \cdot \frac{1 + \sin 63}{2 \cdot \sin^2 63} / 1,0 = 394,4 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} \geq N_{2,Ed}$$

$$394,4 \text{ kN} \geq 89,63 \text{ kN}$$

Posouzení styčnicku v rovině XY:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin\theta_1} \cdot \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 \cdot \frac{d_1}{d_0})} \right) / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 32^2}{\sin 90^\circ} \cdot \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 \cdot \frac{152,4}{219,1})} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 4329,6 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 4329,6 \text{ kN} \geq 47,20 \text{ kN}$$

Při všech ostatních kombinacích vyhoví.

Porušení prolomení smykem:

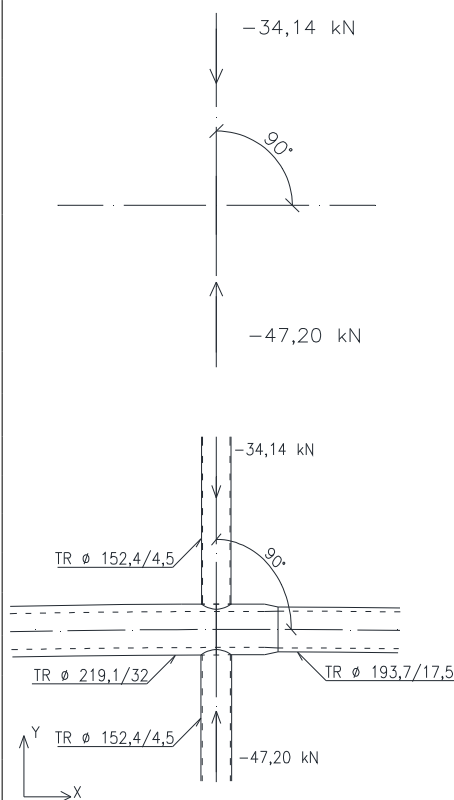
$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$152,4 \leq 219,1 - 2 \cdot 32$$

$152,4 \leq 155,1$ musíme posuzovat

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin\theta_1}{2 \cdot \sin^2\theta_1} / \gamma_{m5}$$

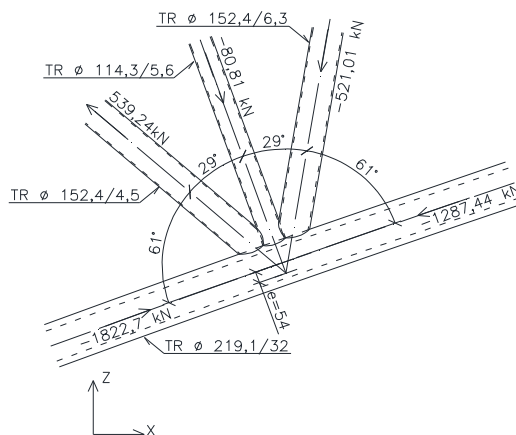
$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 32 \cdot \pi \cdot 152,4 \cdot \frac{1 + \sin 90}{2 \cdot \sin^2 90} / 1,0 = 3140 \text{ kN}$$



$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$3140 \text{ kN} \geq 47,20 \text{ kN}$$

19.4 Detail 7,(15,23)



Kombinace: 1,35*(ZS1+ZS2+ZS3) + 1,5*(ZS4.1)

Pro ostatní kombinace ověřeno, že návrh styčnicku vyhoví.

Nejvíce namáhaný je detail 7, detail 15 a 23 návrhu vyhoví.

Zjednodušená metoda pro návrhovou únosnost koutového svaru:

TR 152,4/4,5

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 152,4 = 478,78 \text{ mm}$$

a = 6 mm

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{539,24}{0,006 * 0,478} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$188 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

TR 114,3/5,6

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 114,3 = 359,08 \text{ mm}$$

a = 6 mm

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{80,81}{0,006 * 0,359} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$37,5 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

TR 152,4/6,3

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 152,4 = 478,78 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{521,01}{0,006 * 0,478} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$181,7 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

Vliv excentricity: dle ČSN EN 1993-1-8, 5.1.5(5)

V rovině XZ:

Jestliže jsou excentricity v následujících hranicích:

$$-0,55 * d_o \leq e \leq 0,25 * d_o$$

Pro kladnou excentricitu platí: $0,25 * 219,1 = 54,78 \text{ mm}$

Excentricita ve styčnicku: $e = 54 \text{ mm}$

$$D_{1,x} = D_{1,x} * \cos 61^\circ = 539,24 * \cos 61^\circ = 261,4 \text{ kN}$$

$$D_{2,x} = D_{2,x} * \cos 61^\circ = 521,01 * \cos 61^\circ = 252,6 \text{ kN}$$

$$D_x = -261,4 - 252,6 = -514 \text{ kN}$$

$$M = D_x * e = -514 * 0,054 = -27,8 \text{ kNm}$$

Pro TR 219,1/32

$$M_{Rk} = W_{pl,y} * f_y = 1,115 * 10^{-3} * 355 * 10^6 = 395,8 \text{ kNm}$$

$$\frac{M}{M_{Rk}} = \frac{27,8/2}{395,8} = 0,04$$

Při návrhu tažených pásů lze momenty od excentricity zanedbat při dodržení omezujících hranic, což je splněno. Při návrhu tlačných pásů a dodržení omezujících hranic se momenty mají uvažovat, rozdělí se mezi tlačené pruty pásu na každou stranu styčnicku, jejich vliv je však zanedbatelný.

Posouzení styčnicku v rovině XZ:

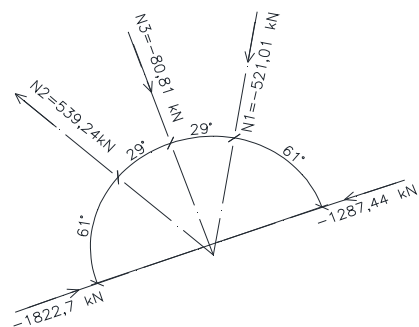
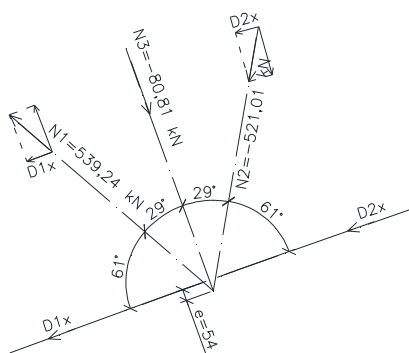
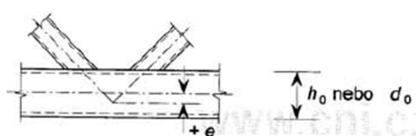
Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_g * k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin \theta_1} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3 * d_0} \right) / \gamma_{m5}$$

$$k_g = 1,0 \quad (\text{ČSN EN 1993-1-8, obr. 7.6})$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 * t_0} = \frac{219,1}{2 * 32} = 3,42$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 * 1,0 * 355 * 32^2}{\sin 61^\circ} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{152,4 + 114,3 + 152,4}{3 * 219,1} \right) / 1,0$$



$$N_{1,Rd} = 3451 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} \cdot \sin\theta_1 + N_{3,Ed} \cdot \sin\theta_3 \leq N_{1,Rd} \cdot \sin\theta_1$$

$$521,01 \cdot \sin 61 + 80,81 \cdot \sin(61+29) \leq 3451 \cdot \sin 61$$

$$536,5 \text{ kN} \leq 3018,3 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} \cdot \sin\theta_2 \leq N_{1,Rd} \cdot \sin\theta_1$$

$$539,24 \cdot \sin 61 \leq 3451 \cdot \sin 61$$

$$471,6 \text{ kN} \leq 3018,3 \text{ kN}$$

Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$152,4 \leq 219,1 - 2 \cdot 32$$

$$152,4 \leq 155,1 \dots\dots \text{musíme posuzovat}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin\theta_1}{2 \cdot \sin^2\theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 32 \cdot \pi \cdot 152,4 \cdot \frac{1 + \sin 61}{2 \cdot \sin^2 61} / 1,0 = 1779 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$3147,2 \text{ kN} \geq 521,01 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} \geq N_{2,Ed}$$

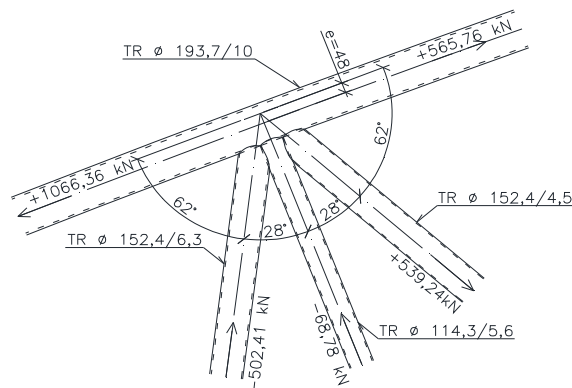
$$3147,2 \text{ kN} \geq 539,24 \text{ kN}$$

$$N_{3,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_3 \cdot \frac{1 + \sin\theta_3}{2 \cdot \sin^2\theta_3} / \gamma_{m5}$$

$$N_{3,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 32 \cdot \pi \cdot 114,3 \cdot \frac{1 + \sin 90}{2 \cdot \sin^2 90} / 1,0 = 2355 \text{ kN}$$

$$2355 \text{ kN} \geq 80,81 \text{ kN}$$

19.5 Detail 6,(11,14,18,22,26)



Kombinace: $1,35 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3) + 1,5 \cdot (ZS4.1)$
 Pro ostatní kombinace ověřeno, že návrh styčnicku vyhoví.
 Nejvíce namáhaný je detail 6, detaily 11,14,18,22,26 návrhu vyhoví.
 Zjednodušená metoda pro návrhovou únosnost koutového svaru:

TR 152,4/6,3

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi \cdot d = \pi \cdot 152,4 = 478,78 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a \cdot l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\frac{502,41}{0,006 \cdot 0,478} \leq \frac{510 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$175 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

TR 114,3/5,6

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi \cdot d = \pi \cdot 114,3 = 359,08 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a \cdot l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\frac{68,78}{0,006 \cdot 0,359} \leq \frac{510 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$31,9 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

TR 152,4/4,5

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi \cdot d = \pi \cdot 152,4 = 478,78 \text{ mm}$$

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

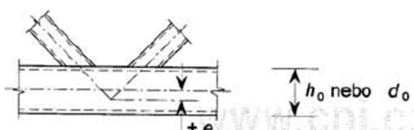
$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a \cdot l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\frac{539,24}{0,006 \cdot 0,478} \leq \frac{510 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$188 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

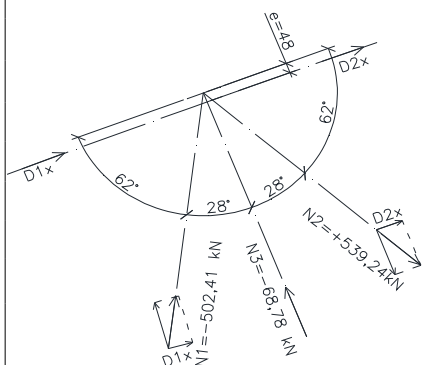
→ vyhoví



Vliv excentricity: dle ČSN EN 1993-1-8, 5.1.5(5)

V rovině XZ:

Jestliže jsou excentricity v následujících hranicích:



$$-0,55 * d_0 \leq e \leq 0,25 * d_0$$

Pro kladnou excentricitu platí: $0,25 * 193,7 = 48,4 \text{ mm}$

Excentricita ve styčnicku: $e = 48 \text{ mm}$

$$D_{1,x} = D_{1,x} * \cos 61^\circ = 502,41 * \cos 62^\circ = 235,9 \text{ kN}$$

$$D_{2,x} = D_{2,x} * \cos 61^\circ = 539,24 * \cos 62^\circ = 253,2 \text{ kN}$$

$$D_x = 235,9 + 253,2 = 489,1 \text{ kN}$$

$$M = D_x * e = 489,1 * 0,048 = 23,5 \text{ kNm}$$

Pro TR 193,7/10

$$M_{Rk} = W_{pl,y} * f_y = 3,329 * 10^{-4} * 355 * 10^6 = 118,2 \text{ kNm}$$

$$\frac{M}{M_{Rk}} = \frac{23,5/2}{118,2} = 0,09$$

Při návrhu tažených pásů lze momenty od excentricity zanedbat při dodržení omezujících hranic, což je splněno. Při návrhu tlačných pásů a dodržení omezujících hranic se momenty mají uvažovat, rozdělí se mezi tlačené pruty pásu na každou stranu styčnicku, jejich vliv je však zanedbatelný.

Posouzení styčnicku v rovině XZ:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_g * k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin \theta_1} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3 * d_0} \right) / \gamma_{m5}$$

$$k_g = 2,25 \quad (\text{ČSN EN 1993-1-8, obr. 7.6})$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 * t_0} = \frac{193,7}{2 * 10} = 9,69$$

$$N_{1,Rd} = \frac{2,25 * 1,0 * 355 * 10^2}{\sin 62^\circ} * \left(1,8 + 10,2 * \frac{152,4 + 114,3 + 152,4}{3 * 193,7} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 828,3 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} * \sin \theta_1 + N_{3,Ed} * \sin \theta_3 \leq N_{1,Rd} * \sin \theta_1$$

$$502,41 * \sin 62 + 68,78 * \sin(62+28) \leq 828,3 * \sin 62$$

$$508,2 \text{ kN} \leq 731,3 \text{ kN}$$

$$N_{2,Ed} * \sin \theta_2 \leq N_{1,Rd} * \sin \theta_1$$

$$539,24 * \sin 62 \leq 828,3 * \sin 62$$

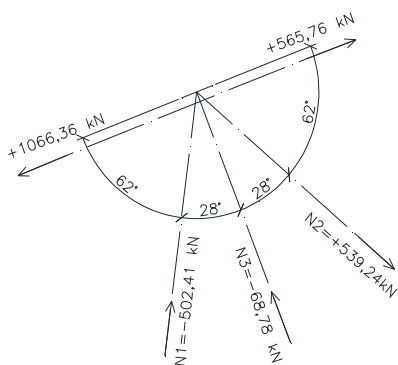
$$476,1 \text{ kN} \leq 731,3 \text{ kN}$$

Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$152,4 \leq 193,7 - 2 * 10$$

$$152,4 \leq 173,7 \dots\dots \text{musíme posuzovat}$$



$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} * t_0 * \pi * d_1 * \frac{1 + \sin \theta_1}{2 * \sin^2 \theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} * 10 * \pi * 152,4 * \frac{1 + \sin 62}{2 * \sin^2 62} / 1,0 = 983,5 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$983,5 \text{ kN} \geq 502,41 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} \geq N_{2,Ed}$$

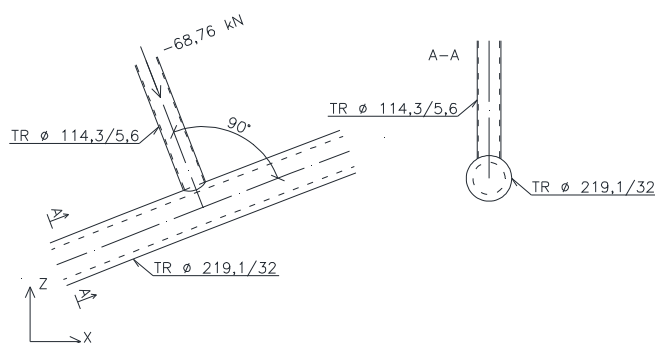
$$983,5 \text{ kN} \geq 539,24 \text{ kN}$$

$$N_{3,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} * t_0 * \pi * d_3 * \frac{1 + \sin \theta_3}{2 * \sin^2 \theta_3} / \gamma_{m5}$$

$$N_{3,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} * 10 * \pi * 114,3 * \frac{1 + \sin 90}{2 * \sin^2 90} / 1,0 = 735,9 \text{ kN}$$

$$735,9 \text{ kN} \geq 68,78 \text{ kN}$$

19.6 Detail 5, (12,13,17,21,25)



Kombinace: 1,35*(ZS1+ZS2+ZS3) + 1,5*(ZS4.1)

Pro ostatní kombinace ověřeno, že návrh styčnicku vyhoví.

Nejvíce namáhaný je detail 5, detaily 12,13,17,21,25 návrhu vyhoví.

Zjednodušená metoda pro návrhovou únosnost koutového svaru:

TR 114,3/5,6

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 114,3 = 359,08 \text{ mm}$$

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

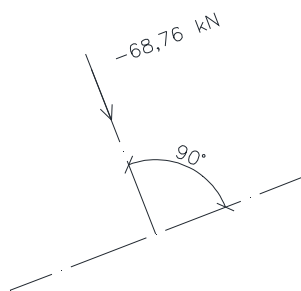
$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{Ed}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{68,78}{0,006 * 0,359} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$31,9 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví



Posouzení styčnicku v rovině XZ:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{\gamma^{0,2} * k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin\theta_1} * \left(2,8 + 14,2 * \left(\frac{d_1}{d_0} \right)^2 \right) / \gamma_{m5}$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 * t_0} = \frac{219,1}{2 * 32} = 3,42$$

$$N_{1,Rd} = \frac{3,42^{0,2} * 1,0 * 355 * 32^2}{\sin 90^\circ} * \left(2,8 + 14,2 * \left(\frac{114,3}{219,1} \right)^2 \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 3098 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 3098 \text{ kN} \geq 68,76 \text{ kN}$$

Při všech ostatních kombinacích vyhoví.

Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2 * t_0$$

$$114,3 \leq 219,1 - 2 * 32$$

$$114,3 \leq 155,1 \quad \dots \quad \text{musíme posuzovat}$$

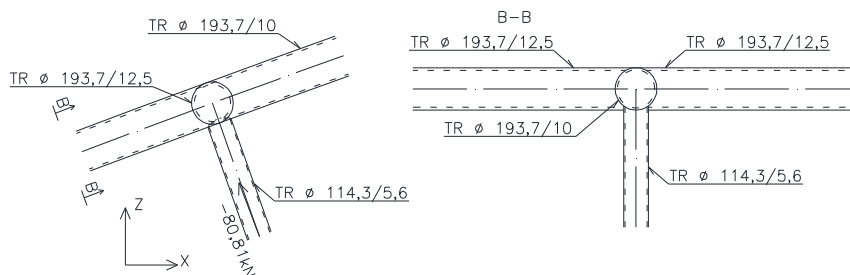
$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} * t_0 * \pi * d_1 * \frac{1 + \sin\theta_1}{2 * \sin^2\theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} * 32 * \pi * 114,3 * \frac{1 + \sin 90}{2 * \sin^2 90} / 1,0 = 2355 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$2355 \text{ kN} \geq 68,76 \text{ kN}$$

19.7 Detail 8 (16,24)



Kombinace: 1,35*(ZS1+ZS2+ZS3) + 1,5*(ZS4.1)

Pro ostatní kombinace ověřeno, že návrh styčnicku vyhoví.

Nejvíce namáhaný je detail 8, detaily 16,24 návrhu vyhoví.

Zjednodušená metoda pro návrhovou únosnost koutového svaru:

TR 114,3/5,6

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 114,3 = 359,08 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{80,81}{0,006 * 0,359} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$37,5 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

TR 193,7/12,5

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 193,7 = 608,5 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{197,21}{0,006 * 0,6085} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$54,01 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

Posouzení styčnicku v rovině XZ:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{\gamma^{0,2} * k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin \theta_1} * \left(2,8 + 14,2 * \left(\frac{d_1}{d_0} \right)^2 \right) / \gamma_{m5}$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 * t_0} = \frac{193,7}{2 * 10} = 9,69$$

$$N_{1,Rd} = \frac{9,69^{0,2} * 1,0 * 355 * 10^2}{\sin 90^\circ} * \left(2,8 + 14,2 * \left(\frac{114,3}{193,7} \right)^2 \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 432,9 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 432,9 \text{ kN} \geq 80,81 \text{ kN}$$

Při všech ostatních kombinacích vyhoví.

Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$114,3 \leq 193,7 - 2 * 10$$

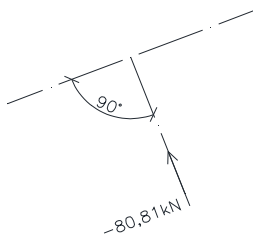
$$114,3 \leq 173,7 \quad \dots \quad \text{musíme posuzovat}$$

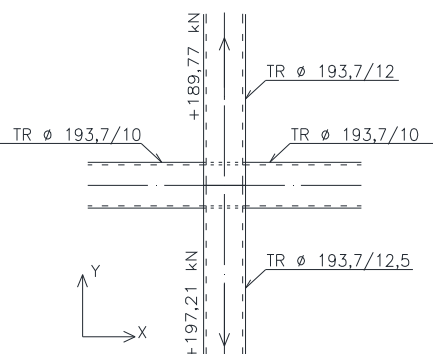
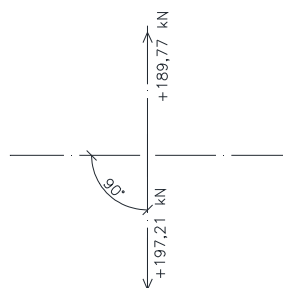
$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} * t_0 * \pi * d_1 * \frac{1 + \sin \theta_1}{2 * \sin^2 \theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} * 10 * \pi * 114,3 * \frac{1 + \sin 90}{2 * \sin^2 90} / 1,0 = 2355 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$735,9 \text{ kN} \geq 80,81 \text{ kN}$$





Posouzení styčnicku v rovině XY:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin \theta_1} * \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 * \frac{d_1}{d_0})} \right) / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 * 355 * 10^2}{\sin 90^\circ} * \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 * \frac{193,7}{193,7})} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 971,6 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 971,6 \text{ kN} \geq 197,21 \text{ kN}$$

Při všech ostatních kombinacích vyhoví.

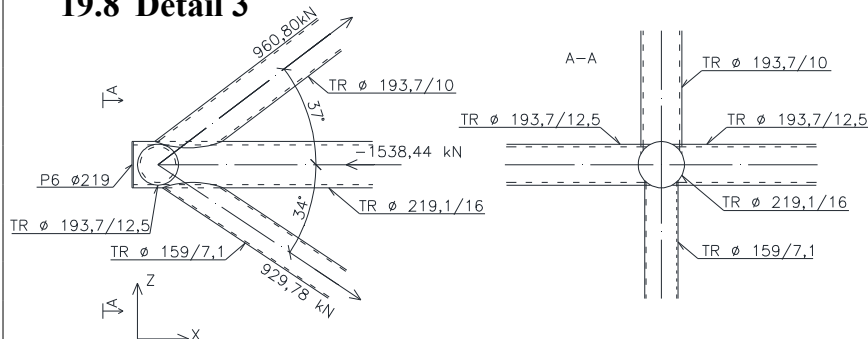
Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$193,7 \leq 193,7 - 2 * 10$$

$$193,7 \geq 173,7 \quad \dots \quad \text{nemusíme posuzovat}$$

19.8 Detail 3



Kombinace: 1,35*(ZS1+ZS2+ZS3) + 1,5*(ZS4.1)

Pro ostatní kombinace ověřeno, že návrh styčnicku vyhoví.

Zjednodušená metoda pro návrhovou únosnost koutového svaru:

TR 193,7/10

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 193,7 = 608,5 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{960,80}{0,008 * 0,6085} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$197,3 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

TR 193,7/12,5

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 193,7 = 608,5 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{215,6}{0,006 * 0,6085} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$59,1 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

Posouzení styčnicku v rovině XZ:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin \theta_1} * \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 * \frac{d_1}{d_0})} \right) / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 * 355 * 16^2}{\sin 37^\circ} * \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 * \frac{193,7}{219,1})} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 2766 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 2766 \text{ kN} \geq 960,80 \text{ kN}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin \theta_2} * \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 * \frac{d_1}{d_0})} \right) / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 * 355 * 16^2}{\sin 34^\circ} * \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 * \frac{193,7}{219,1})} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 2977 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 2977 \text{ kN} \geq 929,78 \text{ kN}$$

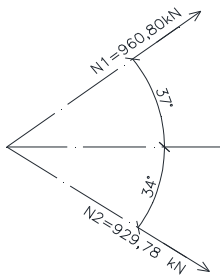
Při všech ostatních kombinacích vyhoví.

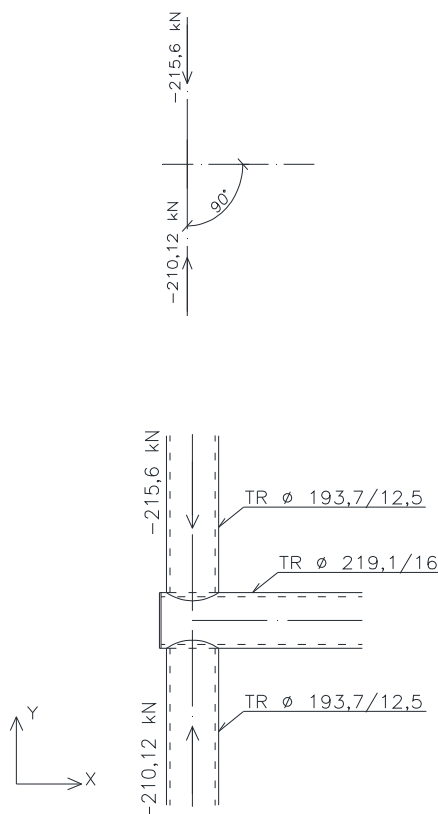
Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$193,7 \leq 219,1 - 2 * 16$$

$$193,7 \geq 187,1 \quad \dots \quad \text{nemusíme posuzovat}$$





Posouzení styčnicku v rovině XY:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin\theta_1} * \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 * \frac{d_1}{d_0})} \right) / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 * 355 * 16^2}{\sin 90^\circ} * \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 * \frac{193,7}{219,1})} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 1664,5 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 1664,5 \text{ kN} \geq 215,6 \text{ kN}$$

Při všech ostatních kombinacích vyhoví.

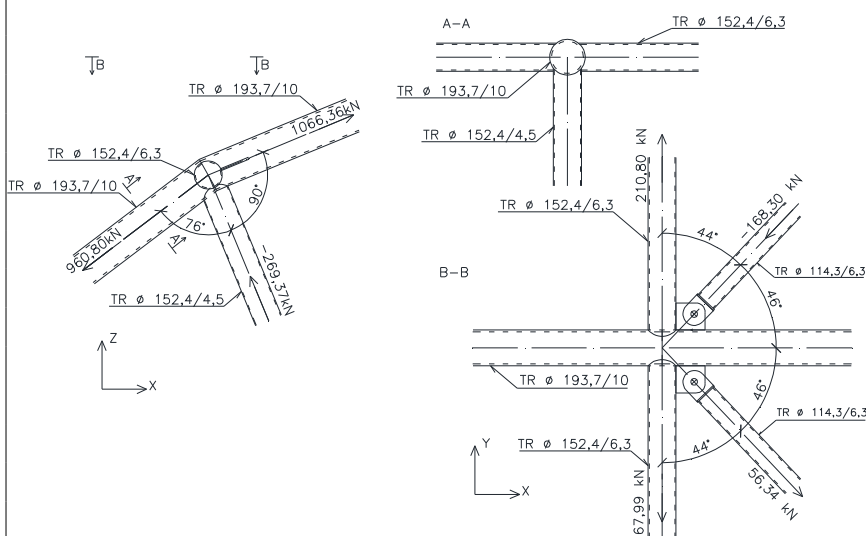
Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$193,7 \leq 219,1 - 2 * 16$$

$$193,7 \geq 187,1 \quad \dots \quad \text{nemusíme posuzovat}$$

19.9 Detail 4 (10,20,28)



Kombinace: $1,35 * (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1,5 * (ZS4.1)$

Pro ostatní kombinace ověřeno, že návrh styčnicku vyhoví.

Posouzený je detail 4, detaily 10,20,28 návrhu vyhoví. Okapové ztužidlo je součástí pouze detailu 4.

Zjednodušená metoda pro návrhovou únosnost koutového svaru:

TR 152,4/4,5

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 152,4 = 478,8 \text{ mm}$$

a = 6 mm

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{Ed}}{a \cdot l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\frac{269,37}{0,006 \cdot 0,4788} \leq \frac{510 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$93,8 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

TR 152,4/6,3

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi \cdot d = \pi \cdot 152,4 = 478,8 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{Ed}}{a \cdot l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\frac{210,80}{0,006 \cdot 0,4788} \leq \frac{510 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$73,4 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa} \quad \rightarrow \text{vyhoví}$$

Posouzení styčnicku v rovině XZ:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{\gamma^{0,2} \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \cdot \left(2,8 + 14,2 \cdot \left(\frac{d_1}{d_0} \right)^2 \right) / \gamma_{m5}$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{193,7}{2 \cdot 10} = 9,69$$

$$N_{1,Rd} = \frac{9,69^{0,2} \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 10^2}{\sin 90^\circ} \cdot \left(2,8 + 14,2 \cdot \left(\frac{152,4}{193,7} \right)^2 \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 648 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 648 \text{ kN} \geq 269,37 \text{ kN}$$

Při všech ostatních kombinacích vyhoví.

Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$152,4 \leq 193,7 - 2 \cdot 10$$

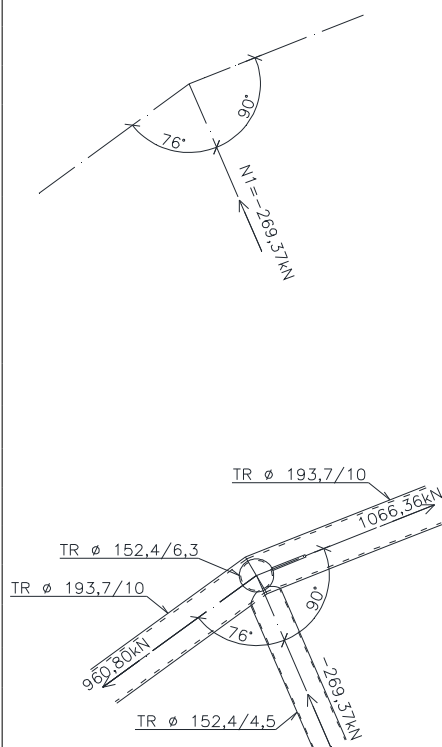
$$152,4 \leq 173,7 \quad \dots \quad \text{musíme posuzovat}$$

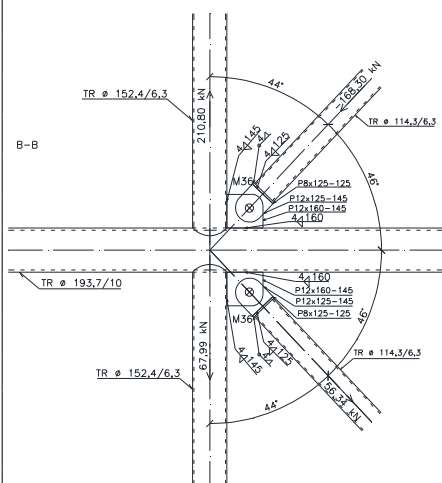
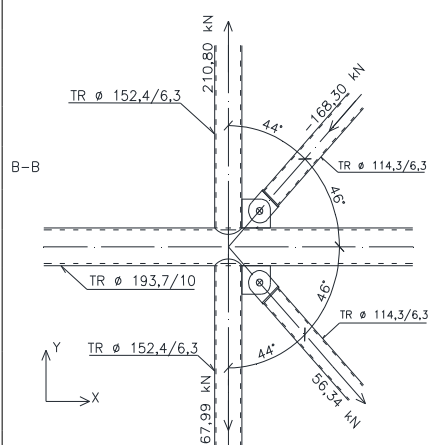
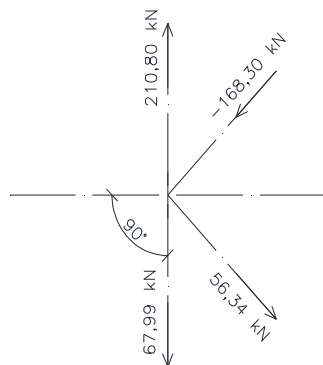
$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \cdot \sin^2 \theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 10 \cdot \pi \cdot 152,4 \cdot \frac{1 + \sin 90}{2 \cdot \sin^2 90} / 1,0 = 981,3 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$981,3 \text{ kN} \geq 269,37 \text{ kN}$$





Posouzení styčnicku v rovině XY:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin\theta_1} * \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 * \frac{d_1}{d_0})} \right) / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 * 355 * 10^2}{\sin 90^\circ} * \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 * \frac{152,4}{193,7})} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 509 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 509 \text{ kN} \geq 210,8 \text{ kN}$$

Při všech ostatních kombinacích vyhoví.

Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$152,4 \leq 193,7 - 2 * 10$$

$$152,4 \leq 173,7 \quad \dots \quad \text{musíme posuzovat}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} * t_0 * \pi * d_1 * \frac{1 + \sin\theta_1}{2 * \sin^2\theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} * 10 * \pi * 152,4 * \frac{1 + \sin 90}{2 * \sin^2 90} / 1,0 = 981,3 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$981,3 \text{ kN} \geq 210,80 \text{ kN}$$

Posouzení připojení okapového ztužidla:

$$N_{Ed} = -168,30 \text{ kN}$$

$$\text{TR } 114,3/6,3$$

Návrh šroubu:

M36-5.6

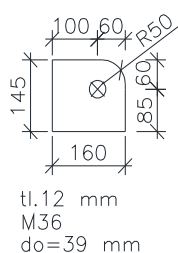
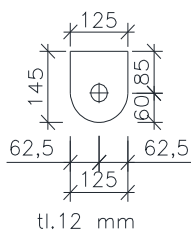
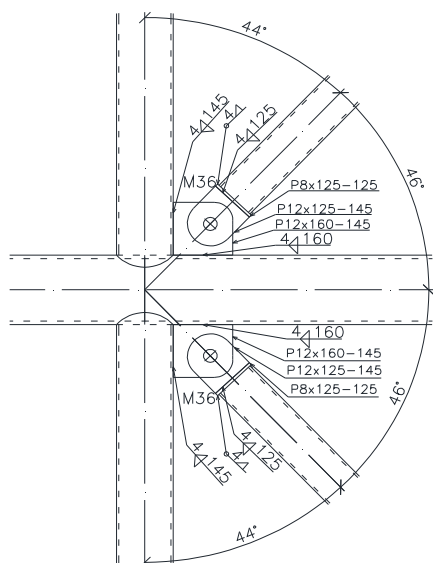
$$f_{ub} = 500 \text{ MPa}, f_{yb} = 300 \text{ MPa}$$

$$d_0 = d + 3 \text{ mm} = 39 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost ve stříhu:

$$F_{V,Rd} = \frac{0,6 * A * f_{up}}{\gamma_{m2}} = \frac{0,6 * 1017,9 * 500}{1,25} = 244,3 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{V,Rd}} = \frac{168,3}{244,3} = 0,69 \leq 1,0$$



Návrhová únosnost v otláčení:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * t * d * f_u}{\gamma_{m2}}$$

$$e_1 = e_2 = 1,2 * d_o = 46,8 \text{ mm}$$

$$\text{návrh } e_1 = e_2 = 60 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \frac{e_1}{3 * d_o} = \frac{60}{3 * 39} = 0,513$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{500}{510} = 0,98$$

$$k_1 = \min\left(2,8 * \frac{e_2}{d_o} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 * \frac{e_2}{d_o} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * t * d * f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 * 0,513 * 0,012 * 0,036 * 500 * 10^6}{1,25}$$

$$F_{b,Rd} = 221,6 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \frac{168,3}{221,6} = 0,76 \leq 1,0$$

Připojení styčnickového plechu:

P12x160-145, S355

$$N_{Ed,x} = N_{Ed} * \cos 46^\circ = 168,3 * \cos 46^\circ = 116,91 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,y} = N_{Ed} * \sin 46^\circ = 168,3 * \sin 46^\circ = 121,1 \text{ kN}$$

Délka svaru: $l = 160 \text{ mm}$

$a = 4 \text{ mm}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{N_{Ed,x(y)}}{\sqrt{2} * A} = \frac{121,1 * 10^3}{\sqrt{2} * 0,160 * 0,004 * 2} = 66,9 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = \frac{N_{Ed,x(y)}}{A} = \frac{116,91 * 10^3}{0,160 * 0,004 * 2} = 91,3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{66,9^2 + 3 * (66,9^2 + 91,3^2)} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25} \text{ MPa}$$

$$207,2 \leq 453,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 66,9 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 * 510}{1,25} = 367,20 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

Délka svaru: $l = 145 \text{ mm}$

$a = 4 \text{ mm}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{N_{Ed,x(y)}}{\sqrt{2} \cdot A} = \frac{116,91 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 0,145 \cdot 0,004 \cdot 2} = 71,3 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = \frac{N_{Ed,x(y)}}{A} = \frac{121,1 \cdot 10^3}{0,145 \cdot 0,004 \cdot 2} = 104,4 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{71,3^2 + 3 \cdot (71,3^2 + 104,4^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} \text{ MPa}$$

$$230,3 \leq 453,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 71,3 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 \cdot 510}{1,25} = 367,20 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

Připojení kruhové desky ke trubce (ztužidlu):

tl. 8 mm, $\phi 125 \text{ mm}$

přivařena po obvodě trubky svařem $a = 4 \text{ mm}$

délka svaru: $L_d = \pi \cdot d = \pi \cdot 114,3 = 359,1 \text{ mm}$

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{Ed}}{a \cdot l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\frac{168,3}{0,004 \cdot 0,3591} \leq \frac{510 \cdot 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 \cdot 1,25}$$

$$117,2 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

Připojení styčnickového plechu ke kruhové čelní desce:

P12x125-145, S355

plech tl. 12 mm

délka svaru $d = 125 \text{ mm}$

$a = 4 \text{ mm}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot A} = \frac{168,3 \cdot 10^3}{\sqrt{2} \cdot 0,125 \cdot 0,004 \cdot 2} = 119 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{119^2 + 3 \cdot (119^2)} \leq \frac{510}{0,9 \cdot 1,25} \text{ MPa}$$

$$238 \leq 453,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 119 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 \cdot f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 \cdot 510}{1,25} = 367,20 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

Posouzení styčnickového plechu oslabeného otvorem:

$$N_{Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} =$$

$$= \frac{(0,125 - 0,039) \cdot 0,012 \cdot 355 \cdot 10^6}{1,0} = 366,4 \text{ kN}$$

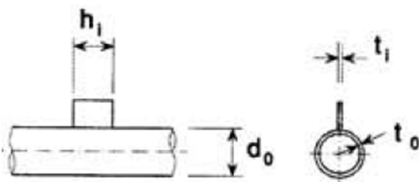
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} = \frac{168,30}{366,4} = 0,46 \leq 1,0$$

→ vyhoví

Posouzení povrchu trubky v oblasti připojení plechu P12x160-145:

Pro TR 152,4/6,3

P12x160-145



$$N_{1,Rd} = \frac{5 \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot \eta)}{\gamma_{m5}}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{5 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 6,3^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot \frac{145}{152,4})}{1,0}$$

$$N_{1,Rd} = 87,2 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 87,2 \text{ kN} \leq 210,8 \text{ kN}$$

→ nevyhoví

Nutno u detailu 4 zvětšit tloušťku trubky z 6,3 na 10 mm:

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

$$N_{1,Rd} = 219,7 \text{ kN} \quad \dots \quad 219,7 \text{ kN} \leq 210,8 \text{ kN}$$

→ vyhoví

Pro TR 193,7/10

$$N_{1,Rd} = \frac{5 \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot \eta)}{\gamma_{m5}}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{5 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 10^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot \frac{160}{193,7})}{1,0}$$

$$N_{1,Rd} = 214,2 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 214,2 \text{ kN} \leq 1066,36 \text{ kN}$$

→ nevyhoví

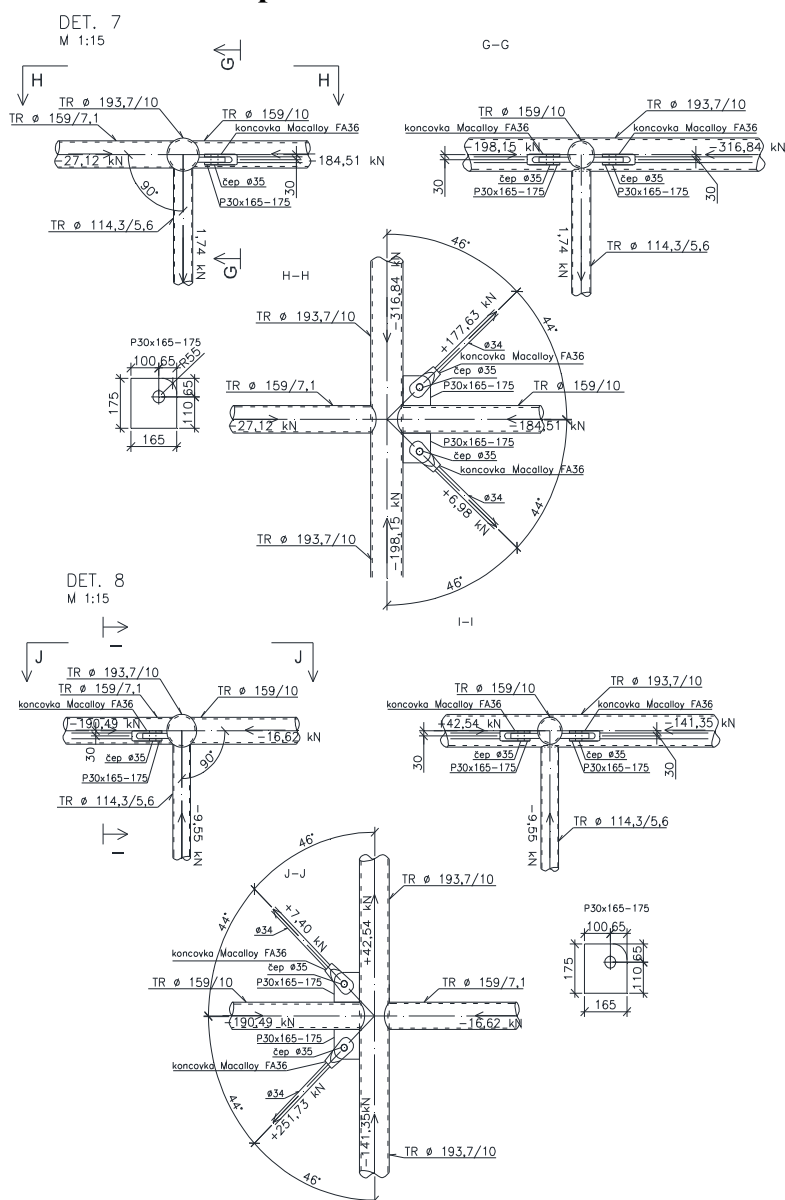
Nutno u detailu 4 zvětšit tloušťku trubky z 10 na 25 mm:
 $t = 25 \text{ mm}$

$$N_{I,Rd} = 1338,5 \text{ kN} \dots 1338,5 \text{ kN} \geq 1066,36 \text{ kN}$$

→ vyhoví

TR 193,7/10 tvoří horní pás obloukového vazníku, zesílení se provedena na délce 8,044 m, tj. mezi prvním a druhým příhradovým pásem (viz. výkres č.4).

19.10 Detail – připojení příčného ztužidla k hornímu pásu oblouku



Jde o detail 7 a 8 ve výkrese č.5 – výrobní výkres příhradového pásu.

Kombinace: $1,0 \cdot (ZS1+ZS2+ZS3) + 1,5 \cdot (ZS5.4)$

Pro ostatní kombinace ověřeno, že návrh styčnicku vyhoví.

Zjednodušená metoda pro návrhovou únosnost koutového svaru:

TR 114,3/5,6

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 114,3 = 359,1 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{9,55}{0,006 * 0,359} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$4,43 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

TR 159/7,1

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 159 = 499,5 \text{ mm}$$

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

$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{190,49}{0,006 * 0,4995} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$63,6 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

TR 159/10

délka svaru – uvažováno pro zjednodušení jako obvod trubky:

$$L_d = \pi * d = \pi * 159 = 499,5 \text{ mm}$$

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

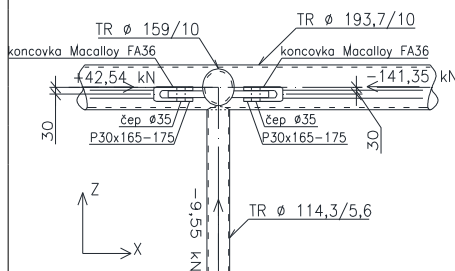
$$N_{Ed} \leq F_{w,Rd}$$

$$\frac{N_{E,d}}{a * l} \leq \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\frac{184,51}{0,006 * 0,4995} \leq \frac{510 * 10^6 / \sqrt{3}}{0,9 * 1,25}$$

$$61,6 \text{ MPa} \leq 261,73 \text{ MPa}$$

→ vyhoví



Posouzení styčníku v rovině XZ:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{\gamma^{0,2} * k_p * f_{y0} * t_0^2}{\sin \theta_1} * \left(2,8 + 14,2 * \left(\frac{d_1}{d_0} \right)^2 \right) / \gamma_{m5}$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{193,7}{2 \cdot 10} = 9,69$$

$$N_{1,Rd} = \frac{9,69^{0,2} \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 10^2}{\sin 90^\circ} \cdot \left(2,8 + 14,2 \cdot \left(\frac{114,3}{193,7} \right)^2 \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 432,9 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 432,9 \text{ kN} \geq 9,55 \text{ kN}$$

Při všech ostatních kombinacích vyhoví.

Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

$$114,3 \leq 193,7 - 2 \cdot 10$$

$$114,3 \leq 173,7 \quad \dots \quad \text{musíme posuzovat}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \cdot \sin^2 \theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 10 \cdot \pi \cdot 114,3 \cdot \frac{1 + \sin 90}{2 \cdot \sin^2 90} / 1,0 = 735,9 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$

$$735,9 \text{ kN} \geq 9,55 \text{ kN}$$

Posouzení styčnicku v rovině XY:

Porušení povrchu pásu:

$$N_{1,Rd} = \frac{k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \cdot \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 \cdot \frac{d_1}{d_0})} \right) / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{1,0 \cdot 355 \cdot 10^2}{\sin 90^\circ} \cdot \left(\frac{5,2}{(1 - 0,81 \cdot \frac{159}{193,7})} \right) / 1,0$$

$$N_{1,Rd} = 551 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 551 \text{ kN} \geq 190,49 \text{ kN}$$

Při všech ostatních kombinacích vyhoví.

Porušení prolomení smykem:

$$d_i \leq d_0 - 2t_0$$

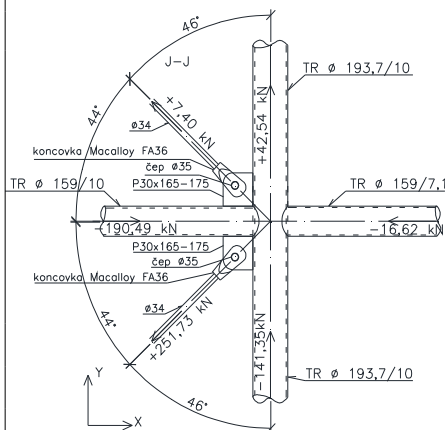
$$159 \leq 193,7 - 2 \cdot 10$$

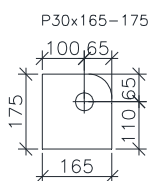
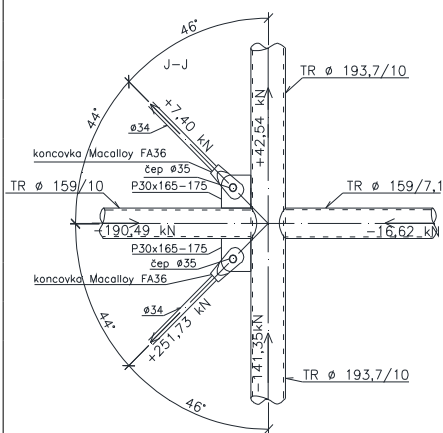
$$159 \leq 173,7 \quad \dots \quad \text{musíme posuzovat}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot \frac{1 + \sin \theta_1}{2 \cdot \sin^2 \theta_1} / \gamma_{m5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{355}{\sqrt{3}} \cdot 10 \cdot \pi \cdot 159 \cdot \frac{1 + \sin 90}{2 \cdot \sin^2 90} / 1,0 = 1023,8 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed}$$





$$1023,8 \text{ kN} \geq 190,49 \text{ kN}$$

Připojení styčnickového plechu:

P30x165-175, S355

$$N_{Ed,x} = N_{Ed} * \sin 46^\circ = 251,73 * \sin 46^\circ = 181,1 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,y} = N_{Ed} * \cos 46^\circ = 251,73 * \cos 46^\circ = 174,9 \text{ kN}$$

Délka svaru: $l = 165 \text{ mm}$

$a = 4 \text{ mm}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{N_{Ed,x(y)}}{\sqrt{2} * A} = \frac{174,9 * 10^3}{\sqrt{2} * 0,165 * 0,004 * 2} = 93,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = \frac{N_{Ed,x(y)}}{A} = \frac{181,1 * 10^3}{0,165 * 0,004 * 2} = 137,2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{93,7^2 + 3 * (93,7^2 + 137,2^2)} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25} \text{ MPa}$$

$$302,6 \leq 453,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 93,7 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 * 510}{1,25} = 367,20 \text{ MPa}$$

→ vyhoví

Délka svaru: $l = 175 \text{ mm}$

$a = 4 \text{ mm}$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} = \frac{N_{Ed,x(y)}}{\sqrt{2} * A} = \frac{181,1 * 10^3}{\sqrt{2} * 0,175 * 0,004 * 2} = 91,5 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = \frac{N_{Ed,x(y)}}{A} = \frac{174,9 * 10^3}{0,175 * 0,004 * 2} = 124,9 \text{ MPa}$$

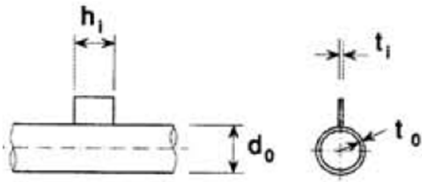
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{m2}}$$

$$\sqrt{91,5^2 + 3 * (91,5^2 + 124,9^2)} \leq \frac{510}{0,9 * 1,25} \text{ MPa}$$

$$283,4 \leq 453,33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 91,5 \text{ MPa} \leq \frac{0,9 * f_u}{\gamma_{m2}} = \frac{0,9 * 510}{1,25} = 367,20 \text{ MPa}$$

→ vyhoví



Pozn: Únosnost čepu $\phi 35$ a styčnickového plechu tl. 30 mm garantuje výrobce (viz. Macalloy).

Posouzení povrchu trubky v oblasti připojení plechu P30x165-175:

Pro TR 159/10

P30x165-175, S355

$$N_{1,Rd} = \frac{5 \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot \eta)}{\gamma_{m5}}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{5 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 10^2 \cdot \left(1 + 0,25 \cdot \frac{165}{159}\right)}{1,0}$$

$$N_{1,Rd} = 223,5 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 223,5 \text{ kN} \geq 190,49 \text{ kN}$$

→ vyhoví

Pro TR 193,7/10

$$N_{1,Rd} = \frac{5 \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (1 + 0,25 \cdot \eta)}{\gamma_{m5}}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{5 \cdot 1,0 \cdot 355 \cdot 10^2 \cdot \left(1 + 0,25 \cdot \frac{175}{193,7}\right)}{1,0}$$

$$N_{1,Rd} = 217,6 \text{ kN}$$

$$N_{1,Rd} \geq N_{1,Ed} \quad \dots \quad 217,6 \text{ kN} \leq 540 \text{ kN}$$

→ nevyhoví

$N_{E,d} = 540 \text{ kN}$ je max. síla v horním páse od kombinace

$1,35 \cdot (ZS1 + ZS2 + ZS3) + 1,5 \cdot (ZS4.1)$ tzn. Nutno zvětšit tloušťku trubky na 17,5 mm:

$$t = 17,5 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = 666,4 \text{ kN} \quad \dots \quad 666,4 \text{ kN} \geq 540 \text{ kN}$$

→ vyhoví

DOPLŇJÍCÍ VARIANTA OCELOVÉ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ

Doplňující varianta vychází z návrhu nové varianty, vše zůstává stejné, liší se ve statickém systému a to tak, že levé podpory obloukových vazníků zůstávají pevné kloubové a pravé jsou posuvné v příčném směru. Obloukové vazníky jsou staženy táhlem.

Táhlo je v modelu konstrukce realizováno jako předepnuté lano $\phi 60$, tím se eliminuje průhyb od vlastní tíhy a stálého zatížení. Hodnota předpínací síly je 1200 kN, kterou bylo vneseno do lana napětí. Tahová síla v laně je 788,52 kN, tato síla nepřekračuje hodnotu danou výrobcem, viz. vlastnosti táhel Macalloy 460, M64.

V důsledku změny statického systému je nutné upravit původní profily:

U dolních pásů obloukových vazníků, kde teď vzniká tlak po celé délce pásu je nutné průřezy uprostřed pásu zesílit.

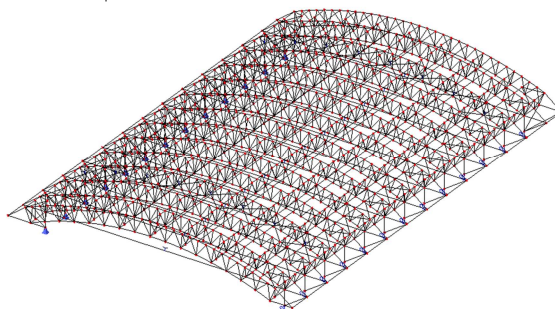
V krajích dolních pásů lze naopak zmenšit původní profil TR 219,1/32, využití je nyní o 20% menší, taktéž u podporových prutů TR 273/12,5 by se průřez zmenšil.

Profily příhradových pásů vychází využity více, ale stále vyhoví.

U horních prutů příhradových krajních pásů je nutno profily zesílit.

Ostatní profily konstrukce vyhoví.

Tato varianta je uvedena pouze orientačně jako jedna z dalších možností nové konstrukce, při jejím užití je potřeba ji podrobně doposoudit.



Obloukový vazník – příčný směr:

