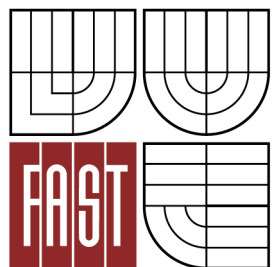




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

A - PRŮVODNÍ DOKUMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB ŠAŠINKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

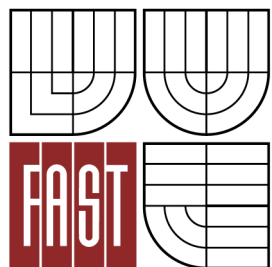
BRNO 2013

Obsah

001	Titulní list
002	Zadání VŠKP
003	Popisný soubor
004	Bibliografická citace
005	Prohlášení o původnosti VŠKP
006	Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP
007	Poděkování
008	Obsah práce
009	Seznam použité literatury
010	Seznam použitých zkratk a symbolů



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

OCELOVÁ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ TENISOVÉ HALY

THE STEEL ROOF STRUCTURE OF A TENNIS HALL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB ŠAŠINKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jakub Šašinka
Název	Ocelová konstrukce zastřešení tenisové haly
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Michal Štrba, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání bakalářské práce	24. 5. 2013
V Brně dne 30. 11. 2012	

.....
doc. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Použity budou platné normy pro stanovení zatížení a navrhování ocelových konstrukcí, zejména:

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [2] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [4] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [5] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků

Zásady pro vypracování

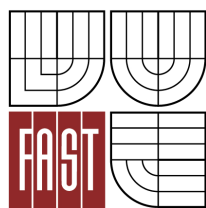
V rámci této práce bude navržena a posouzena ocelová konstrukce zastřešení sportovní haly. Konkrétní konstrukce bude vybrána na základě optimalizace řešených geometrických, resp. konstrukčních variant. Požadované půdorysné rozměry jsou 20,0 x 40,0 m. Výška objektu bude cca 12,0 m. Z hlediska klimatického zatížení spadá konstrukce do lokality Brno.

V rámci práce bude vypracován statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce včetně spojů a některých detailů (dle specifikace vedoucího), technická zpráva se zahrnutím postupu montáže a výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím práce.

Předepsané přílohy

.....

Ing. Michal Štrba, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Michal Štrba, Ph.D.
Autor práce Jakub Šašinka

Škola Vysoké učení technické v Brně
Fakulta Stavební
Ústav Ústav kovových a dřevěných konstrukcí
Studijní obor 3608R001 Pozemní stavby
Studijní program B3607 Stavební inženýrství

Název práce Ocelová konstrukce zastřešení tenisové haly
Název práce v anglickém jazyce The steel roof structure of a tennis hall
Typ práce Bakalářská práce
Přidělovaný titul Bc.
Jazyk práce Čeština
Datový formát elektronické verze *.pdf

Anotace práce Bakalářská práce se zabývá návrhem a posouzením ocelové konstrukce zastřešení sportovní haly. Rozpětí nosné konstrukce haly je 20,00 m, délka 39,80 m, výška 11,99 m. Hlavní konstrukční materiál je ocel S235. Byly zpracovány 3 přibližné varianty z toho jedna podrobně. Je vypracován statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce včetně spojů a detailů. Nosnou konstrukci haly tvoří v příčném směru prostorová zakřivená příhradová konstrukce z ocelových kruhových trubek.

Anotace práce v anglickém jazyce This bachelor thesis describes the design and assessment of steel structure of the roofing of the sports hall. The supporting structure of hall is 20.00 meters span, 39.80 m length and 11.99 m height. Main construction material is steel, grade S235. There were done 3 possible variants of the hall, from which one of them was calculated in detail. It is prepared by static analysis of the main load-bearing parts of the structure, including joints and details. The supporting structure of hall consists in the transverse direction from the curved spatial lattice structure made of steel circular

tubes.

Klíčová slova ocelová konstrukce, tenisová hala, obloukové zastřešení, prostorový nosník, příčná vazba, vaznice, ztužidlo, svařovaný spoj, čepový spoj, kotvení

Klíčová slova v anglickém jazyce steel structure, tennis hall, arched roof, spatial beam crosslinking, purlins, bracing, welded connection, pin joint, anchoring

Bibliografická citace VŠKP

ŠAŠINKA, Jakub. *Ocelová konstrukce zastřešení tenisové haly*. Brno, 2013. 96 s., 73 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Michal Štrba, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17.5.2013

.....
podpis autora
Jakub Šašinka

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 17.5.2013

.....
podpis autora
Jakub Šašinka

Poděkování:

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Michalu Štrbovi, Ph.D. za odborné vedení a poskytnuté rady, které mi pomohly při tvorbě bakalářské práce a za čas, který mi věnoval.

Jakub Šašinka

Obsah práce

A - Průvodní dokument

001	Titulní list
002	Zadání VŠKP
003	Popisný soubor
004	Bibliografická citace
005	Prohlášení o původnosti VŠKP
006	Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP
007	Poděkování
008	Obsah práce
009	Seznam použité literatury
010	Seznam použitých zkratk a symbolů

B - Technická zpráva

C - Statický výpočet

D - Programové řešení

E - Výkresová dokumentace

001	Dispozice
002	Kotevní plán
003	Příčný řez
004	Podélný řez

F - Přílohy

001	Posouzení varianty A
002	Posouzení varianty B
003	Posouzení varianty C
004	Skladba opláštění
005	Trapézový plech
006	Posouzení kotvení

Seznam použité literatury

1. MACHÁČEK, Josef. *Navrhování ocelových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8 ; Navrhování hliníkových konstrukcí : příručka k ČSN EN 1999-1*. 1. vyd. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2009, 180 s. Technická knižnice. ISBN 978-80-87093-86-3.
2. SOKOL, Zdeněk a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. 2., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, 81 s. ISBN 978-80-01-04655-5.
3. ČSN ISO 12 944. *Nátěrové hmoty*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
4. ČSN EN 1993-1-2. *Navrhování ocelových konstrukcí: Obecná pravidla-Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
5. ČSN EN 1993-1-1. *Navrhování ocelových konstrukcí: Obecná pravidla pro navrhování konstrukcí pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
6. ČSN EN 1993-1-8. *Navrhování ocelových konstrukcí: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
7. ČSN EN 1090-2. *Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí: Technické požadavky na ocelové konstrukce*. Praha: Český normalizační institut, 2009.
8. ČSN EN 10027-1. *Systémy označování ocelí: Stavba značek ocelí*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
9. ČSN EN 1990. *Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
10. ČSN EN 1991-1-4. *Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení-Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
11. ČSN EN 1991-1-3. *Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení-Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
12. ČSN EN 1991-1-1. *Zatížení konstrukcí: Obecná zatížení-Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
13. *Arcelor Mittal* [online]. 2013 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.arcelormittal.com/corp/>
14. *Hilti* [online]. 2013 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.hilti.cz/holcz/>
15. *Kalzip* [online]. 2013 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.kalzip.cz/>

Seznam použitých zkratk a symbolů

Velká písmena

A	plná průřezová plocha šroubu
A	průřezová plocha
A_{ch}	průřezová plocha pásu členěného prutu
A_s	plocha šroubu účinná v tahu
A_w	průřezová plocha stojiny
$B_{P,Rd}$	návrhová smyková únosnost při protlačení hlavy nebo matice šroubu
C_{dir}	součinitel směru
C_e	součinitel expozice
C_{mLT}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
C_{my}	součinitel ekvivalentního konstantního momentu
$C_0(z)$	součinitel orografie
$C_{pe,10}$	součinitel tlaku
$C_r(z)$	součinitel drsnosti
C_{season}	součinitel ročního období
C_t	tepelný součinitel
$F_{b,Rd}$	návrhová únosnost šroubu v otláčení
F_{Ed}	návrhová působící síla
$F_{t,Rd}$	návrhová únosnost šroub v tahu
$F_{V,Ed}$	návrhová smyková síla ve šroubu v mezním stavu únosnosti
$F_{V,Rd}$	návrhová únosnost šroubu ve střihu
E	modul pružnosti v tahu, tlaku
G	modul pružnosti ve smyku
I_t	moment setrvačnosti v kroucení
$I_V(z)$	intenzita turbulence
I_w	výsečový moment setrvačnosti
I_y	moment setrvačnosti průřezu k ose y
I_z	moment setrvačnosti průřezu k ose z
L	délka svaru
$L_{cr,T}$	vzpěrná délka při vybočení zkroucením
$L_{cr,y}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose y
$L_{cr,z}$	kritická vzpěrná délka kolmo k ose z
L_{min}	minimální délka svaru
$M_{c,Rd}$	vrhová únosnost v ohybu
M_{Ed}	návrhový ohybový moment
$M_{el,Rd}$	návrhová elastická momentová únosnost
M_{Rk}	charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu v ohybu
$N_{b,Rd}$	vzpěrná únosnost
N_{cr}	kritická síla
$N_{cr,y}$	pružná kritická síla při rovinném vzpěru k ose y
$N_{cr,z}$	pružná kritická síla při rovinném vzpěru k ose z
N_{Ed}	návrhová hodnota osově síly
$N_{pl,Rd}$	návrhová únosnost neoslabeného průřezu
N_R	počet cyklů do porušení
N_{Rk}	charakteristická únosnost rozhodujícího průřezu při působení osově síly
$N_{t,Rd}$	návrhová únosnost v tahu
$N_{u,Rd}$	návrhová únosnost oslabeného průřezu
R	výslednice sil

$V_{E,d}$	návrhová smyková síla
$V_{pl,Rd}$	plastická smyková únosnost
$W_{el,y}$	elastický modul průřezu k ose z
$W_{el,z}$	elastický průřezový modul k ose z
$W_{pl,y}$	plastický modul průřezu k ose y
$W_{pl,z}$	plastický průřezový modul k ose z

Malá písmena

a	účinná výška svaru
b	šířka průřezu
d	hloubka konstrukce (délka povrchu rovnoběžného se směrem větru)
d	výška rovné části stojiny
d	jmenovitý průměr šroubu
d_0	průměr otvoru pro šroub
e	excentricita normálové síly
e	vzdálenost šroubu od okraje
f_{cd}	výpočtová hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_{ck}	charakteristická hodnota válcové pevnosti betonu v tlaku
f_y	mez kluzu
f_u	mez pevnosti
f_{ub}	mez pevnosti materiálu šroubu
h	výška průřezu
h	výška konstrukce
i_0	polární poloměr setrvačnosti
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y
i_z	poloměr setrvačnosti k ose z
k_r	součinitel terénu
k_w	součinitel vzpěrné délky
k_{yy}	součinitel interakce
k_{yz}	součinitel interakce
k_z	součinitel vzpěrné délky
k_{zy}	součinitel interakce
k_{zz}	součinitel interakce
k_r	součinitel napětí
l_{eff}	efektivní délka
n	počet stříhových rovin
$q_p(z)$	maximální hodnota dynamického tlaku větru
s	charakteristická hodnota zatížení sněhem (rovnoměrné spojitě zatížení)
s_k	základní tíha sněhu
t	tloušťka
u	průhyb
u_{max}	maximální hodnota průhybu
$v_{b,0}$	výchozí hodnota základní rychlosti větru
v_m	střední rychlost větru
w	tlak větru (rovnoměrné spojitě zatížení)
z_0	parametr drsnosti terénu
$z_{0,II}$	parametr drsnosti terénu
z	výška nad zemí
z_{min}	minimální výška

Velká řecká písmena

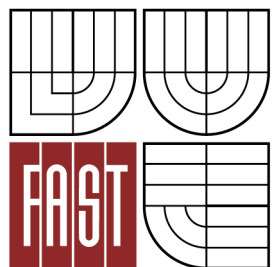
Φ	hodnota pro výpočet součinitele vzpěrnosti
Φ_{LT}	hodnota pro výpočet součinitele klopení

Malá řecká písmena

α	součinitel
α_1	součinitel imperfekce
α_{LT}	součinitel imperfekce pro klopení
β	součinitel vzpěrné délky
β_w	korelační součinitel pro svary závislý na druhu oceli
γ_{M1}	dílčí součinitel spolehlivosti materiálu
γ_{M2}	dílčí součinitel spolehlivosti pro spoje
ε	součinitel závisející na f_y
K_{wt}	bezrozměrný parametr kroucení
λ	štíhlost
λ_y	štíhlost k ose y
λ_z	štíhlost k ose z
L_T	
λ_T	poměrná štíhlost při klopení
λ	poměrná štíhlost při vybočení zkroucením
λ_w	poměrná štíhlost stěny
λ_y	poměrná štíhlost k ose y
λ_z	poměrná štíhlost k ose z
μ_{cr}	bezrozměrný kritický moment
μ_i	tvárový součinitel zatížení sněhem
π	Ludolfovo číslo
ρ	měrná hmotnost vzduchu
τ	smykové napětí
χ_{LT}	součinitel klopení
χ_T	součinitel vzpěrnosti při prostorovém vzpěru
χ_y	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose y
χ_z	součinitel vzpěrnosti při rovinném vzpěru k ose z



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

B - TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

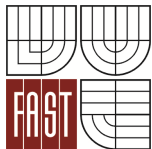
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB ŠAŠINKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

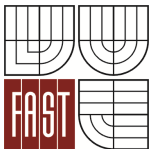
BRNO 2013



Projekt: Zastřešení tenisové haly
Popis: Bakalářská práce
Autor: Jakub Šašinka
Část: Technická zpráva

Obsah

Technická zpráva	1
1. Úvod	1
2. Použité normativní dokumenty	1
3. Zatížení	1
3.1. Stálé zatížení	1
3.2. Klimatické zatížení	1
4. Varianty řešení	2
4.1. Konstrukční řešení	2
4.2. Varianty řešení	2
4.2.1. Varianta A	2
4.2.2. Varianta B	2
4.2.3. Varianta C	2
4.3. Výběr varianty	3
5. Popis konstrukce	3
5.1. Střešní plášť	3
5.2. Trapézový plech	3
5.3. Vaznice	3
5.4. Příčná vazba	3
5.5. Příčné ztužidlo	4
5.6. Spodní stavba	4
6. Materiál	4
7. Povrchová úprava ocelové konstrukce	4
7.1. Ochrana proti korozi	4
7.2. Povrchy ve styku s betonem	4
7.3. Povrchy svarů	5
8. Ochrana proti požáru	5
9. Výroba a montáž	5
10. Údržba ocelových konstrukcí	5
11. Výkaz materiálu	6
12. Ekonomické hledisko	6



Projekt: Zastřešení tenisové haly
Popis: Bakalářská práce
Autor: Jakub Šašinka
Část: Technická zpráva

Technická zpráva

1. Úvod

Jedná se o statickou analýzu prostorového modelu vyšetřované konstrukce, která byla provedena v programu Scia Engineer 2012. Posouzení konstrukce na účinky zatížení bylo stanoveno dle "ČSN EN 1991-1". Návrh a posouzení nosných prvků konstrukce bylo provedeno ručně dle "ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí - Obecná pravidla pro pozemní stavby".

Náplní bakalářské práce je návrh a posouzení ocelové konstrukce zastřešení sportovní haly. Rozpětí nosné konstrukce haly je 20,00 m, délka 39,80 m, výška 11,99 m. Hlavní konstrukční materiál je ocel S235. Byly zpracovány 3 přibližné varianty z toho jedna podrobně. Je vypracován statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce včetně spojů a detailů. Nosnou konstrukci haly tvoří v příčném směru prostorová zakřivená příhradová konstrukce z ocelových kruhových trubek.

2. Použité normativní dokumenty

ČSN EN 10027-1	Systémy označování ocelí - Část 1: Stavba značek ocelí
ČSN ISO 12 944	Nátěrové hmoty
ČSN EN 1090-2	Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí - Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce
ČSN EN 1990	Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991-1-1	Zatížení konstrukcí-Část 1-1: Obecná zatížení-Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
ČSN EN 1991-1-3	Zatížení konstrukcí-Část 1-3: Obecná zatížení-Zatížení sněhem
ČSN EN 1991-1-4	Zatížení konstrukcí-Část 1-4: Obecná zatížení-Zatížení větrem
ČSN EN 1993-1-1	Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro navrhování konstrukcí pozemních staveb
ČSN EN 1993-1-2	Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla-Navrhování konstrukcí na účinky požáru
ČSN EN 1993-1-8	Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků

3. Zatížení

Zatížení pro výpočet ocelové konstrukce stanoveno dle ČSN EN 1991-1-1. Podrobná specifikace zatížení je obsažena ve statickém výpočtu.

3.1. Stálé zatížení

Vlastní tíha konstrukce:

Automaticky generována programem Scia Engineer 2012.

Střešní plášť:

$g_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$	-vaznicový systém
$g_k = 0,36 \text{ kN/m}^2$	-bezvaznicový systém

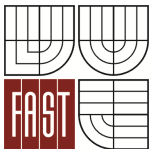
3.2. Klimatické zatížení

Zatížení sněhem:

Sněhová oblast: I.
 $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$

Zatížení větrem:

Větrná oblast: II.
Kategorie terénu: III.
 $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$



Projekt: Zastřešení tenisové haly
Popis: Bakalářská práce
Autor: Jakub Šašinka
Část: Technická zpráva

4. Varianty řešení

4.1. Konstrukční řešení

Ocelová konstrukce zastřešení tenisové haly je tvořena systémem příčných vazeb v podobě prostorově zakřivené příhradové konstrukce z ocelových kruhových trubek. Na tyto příčné vazby jsou ve variantách **A a B** kloubově připojeny vaznice, tvořící prosté nosníky pomocí kterých je uskutečněn roznos zatížení prostřednictvím obvodového pláště. Ve variantě **C** jsou vaznice taktéž obsaženy, avšak plní pouze funkci prostorové stability, neslouží k roznosu zatížení z obvodového pláště. Ten je uskutečněn ve variantě **C** pomocí trapézového plechu uloženého kolmo k vazníkům a přenáší zatížení na horní pás vazníku. Příčné vazby jsou uloženy na pevných kloubových podporách. V krajních polích je provedeno zavětrování.

Optimalizace konstrukce byla zaměřena na posouzení tří variant. Jednotlivé varianty se liší ve vzdálenostech příčných vazeb a v přenosu zatížení na vazník při použití vaznicového a bezvaznicového systému. Ve všech variantách byla ponechána shodná geometrie vazníku. Tyto varianty byly dále posouzeny z hlediska statické výhodnosti a materiálové úspory.

Jednotlivé varianty byly navrženy pomocí programu Scia Engineer 2012 a byly zatíženy vlastní tíhou nosné konstrukce generované programem Scia Engineer 2012, tíhou obvodového pláště a plným rovnoměrným zatížením sněhem.

4.2. Varianty řešení

V příloze jsou přiloženy výstupy z programu Scia Engineer 2012 **variant A, B a C**.

4.2.1. Varianta A

U varianty **A** bylo zvoleno 7 příčných vazeb po vzdálenosti 6500 mm.

Roznos zatížení: obvodový plášť → trapézový plech uložen kolmo k
vaznicím → vaznice → horní pás zatížen ve styčnicích

Při tomto řešení za pomoci programu Scia Engineer 2012 bylo docíleno hmotnosti nosné části konstrukce **45049 kg**, hmotnost trapézového plechu činí **7142 kg**. Celková hmotnost **52191 kg**.

4.2.2. Varianta B

U varianty **B** bylo zvoleno 8 příčných vazeb po vzdálenosti 5600 mm.

Roznos zatížení: obvodový plášť → trapézový plech uložen kolmo k
vaznicím → vaznice → horní pás zatížen ve styčnicích

Při tomto řešení za pomoci programu Scia Engineer 2012 bylo docíleno hmotnosti nosné části konstrukce **33347 kg**, hmotnost trapézového plechu činí **7142 kg**. Celková hmotnost **40489 kg**.

4.2.3. Varianta C

U varianty **C** bylo zvoleno 8 příčných vazeb po vzdálenosti 5600 mm.

Roznos zatížení: obvodový plášť → trapézový plech uložen kolmo k
vazníkům → horní pás zatížen liniově

Při tomto řešení za pomoci programu Scia Engineer 2012 bylo docíleno hmotnosti nosné části konstrukce **19987 kg**, hmotnost trapézového s montážní pásovinou činí **16763 kg**. Celková hmotnost **36750 kg**.

4.3. Výběr varianty

Varianta	Prvek	Průřez	kg/m	Posudek	Celková hmotnost [kg]
A	Horní pás	TR 114,3x6,3	16,7	0,84	52191
	Dolní pás	TR 168,3x10,0	39	0,91	
	Diagonály	TR 48,3x5,0	5,3	0,86	
	Rozpěra	TR 21,3x3,0	1,3	0,75	
	Vaznice	2xUPE 100	19,6	0,71	
B	Horní pás	TR 114,3x5,0	13,4	0,85	40489
	Dolní pás	TR 139,7x10,0	32,1	0,87	
	Diagonály	TR 48,3x4,0	4,4	0,84	
	Rozpěra	TR 21,3x3,0	1,3	0,6	
	Vaznice	HRTR 100x100x4,0	11,9	0,66	
C	Horní pás	TR 101,6x5,0	12	0,79	36750
	Dolní pás	TR 139,7x8,0	26	0,88	
	Diagonály	TR 48,3x3,0	3,2	0,9	
	Rozpěra	TR 21,3x3,0	1,3	0,48	
	Vaznice	TR 60,3x3,0	4,1	0,48	

Z porovnání variant **A**, **B** a **C** vychází staticky příznivěji a úsporněji varianta **C**.

Pro další výpočet volím variantu **C**.

5. Popis konstrukce

5.1. Střešní plášť

Na trapézovém plechu je umístěna skladba střešního pláště:

- parotěsná zábrana
- 200 mm minerální tepelné izolace
- hliníkové opláštění systémem Kalzip

5.2. Trapézový plech

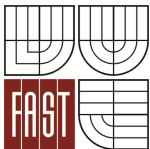
Trapézový plech je uložen kolmo na příčnou vazbu. Roznáší zatížení od klimatického zatížení a vlastní tíhy střešního pláště na horní pás příčné vazby. Montáž trapézového plechu k kruhovému průřezu horního pásu provedena pomocí pásoviny tl. 4 mm a šířky 60 mm, které je přivařena k hornímu pásu. Trapézový plech byl posuzován jako spojitý nosník o dvou polích. Navržena dimenze **T126/310/0,88**.

5.3. Vaznice

Vaznice zajišťují prostorovou tuhost celé konstrukce a přenáší zatížení v podélném směru do příčného ztužidla. Vaznice je kloubově připojena k hornímu pásu příčné vazby pomocí čepového spoje. Byl zvolen profil kruhové trubky **TR 60,3x3,0**.

5.4. Příčná vazba

Příčná vazba je tvořena prostorovým příhradovým vazníkem o rozpětí 20000 mm. Vazník je tvořen složením 2 kružnic, kde vrcholová kružnice horního pásu má poloměr 7080 mm, druhá kružnice má poloměr 15660 mm. Kružnice spodního pásu mají poloměr o 600 mm menší než pásu horního. Horní pás je tvořen 2 profily kruhových trubek o osové vzdálenosti 600 mm opatřenými kloubově připojenou rozpěrou. Dolní pás je tvořen jednou trubkou s kruhovým profilem. Horní pásy a dolní pás jsou propojeny pomocí kloubově připojených diagonál. Příčná vazba má pevné kloubové podpory.



Projekt: Zastřešení tenisové haly
Popis: Bakalářská práce
Autor: Jakub Šašinka
Část: Technická zpráva

Dimenze jednotlivých prvků:

Horní pás	TR 139,7x8,0
Dolní pás	TR 139,7x8,0
Rozpěra horního pás	TR 33,7x3,0
Diagonály	TR 48,3x3,0

Příčná vazba je rozdělena na 3 montážní celky. Montážní spoj bude proveden na staveništi **tupým svarem (1/2 V)**.

5.5. Příčné ztužidlo

Příčné ztužidlo je navrženo v krajních polích haly. Zajišťuje prostorovou tuhost celé konstrukce, přenáší zatížení, které působí na celou konstrukci v podélném směru do podpor. Ztužidlo je kloubově připojeno k hornímu pásu pomocí čepového spoje. Ztužidlo je navrženo jako táhlo z **tyče kruhového průřezu $\varnothing 20$ opatřené napínákem se závitem M20**.

5.6. Spodní stavba

Zatížení z příčné vazby do spodní stavby je zajištěno přes čepové spoje do patní desky tl. 10 mm. Patní deska je ukotvena pomocí kotevních šroubů **2xM20 8.8** vlepených do předem vyvrtaných otvorů lepidlem **HILTI HIT-HY 150 MAX**. Alternativně možnou použít kotvení **HILTI HIT-HY 150 MAX + HIT-V (5.8) M20**. Samotný základ je tvořen základovým pasem z betonu C20/25 o výšce 1000 mm a šířce 1000 mm.

6. Materiál

Jako základní materiál pro nosnou ocelovou konstrukci a čepy bude konstrukční ocel **S235JR**. Použité trubkové profily jsou za studena tvarované. Pro kotvení budou použity závitové tyče o jakosti **8.8**, není-li uvedeno jinak.

7. Povrchová úprava ocelové konstrukce

7.1. Ochrana proti korozi

Ochrana ocelové konstrukce nátěrovými hmotami bude stanovena na základě dohody investora a dodavatele. Všechny provedené nátěry a veškerá ochrana proti korozi musí být provedeny dle platných norem. Nátěrový systém bude stanoven podle ČSN ISO 12 944.

Ošetření konstrukce:

1. Základní nátěr nanesený na podklad
2. Podkladový nátěr
3. Konečný nátěr chránící spodní nátěry s konečnou pigmentací dle požadavků investora

Všechny nátěry nanесeny v jedné vrstvě. Nutno dodržet tloušťku nátěrů dle předpisu výrobce nátěrových hmot.

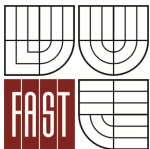
Doporučené charakteristiky ochrany:

Stupeň korozní agresivity atmosféry	C2 (NÍZKÁ)
Životnost nátěrového systému	H (VYSOKÁ, >15LET)
Stupeň přípravy povrchu	Sa 2.5

Po kompletaci konstrukce je nutné zkontrolovat poškození nátěru. Případné poškození musí být opraveno.

7.2. Povrchy ve styku s betonem

Povrchy ocelové konstrukce, které jsou ve styku s betonem musí být bez povrchové úpravy. Kotevní šrouby bez povrchové ochrany.



Projekt: Zastřešení tenisové haly
Popis: Bakalářská práce
Autor: Jakub Šašinka
Část: Technická zpráva

7.3. Povrchy svarů

Svařované dílce musí mít povrch do vzdálenosti 150mm od svaru chráněn materiálem, který nezhorší kvalitu svaru.

8. Ochrana proti požáru

Požární odolnost ocelové konstrukce bez nutnosti ochrany před požárem je dle ČSN EN 1993-1-2 **R15 D1**. Nosná ocelová konstrukce s požadavkem požární odolnosti vyšším než R15 bude opatřena **protipožární zpěnitelnou nátěrovou hmotou nebo protipožárním obkladem**. Nátěr nanesen a obnovován dle pokynů výrobce. Přesná specifikace protipožárního nátěru či obkladu upřesněna projektem stavební části dle požadavků požární zprávy.

9. Výroba a montáž

Ocelové konstrukce budou provedeny podle ČSN EN 1090-2. Třída provádění **EXC2**.

Veškeré dílenské spoje jsou svařované a budou provedeny ve výrobě. Ostatní spoje jsou navrženy jako čepové. Svary prováděné na stavbě budou pouze předem určené montážní spoje, u kterých bude provedena kontrola kvality svaru.

Prvky musí být z výroby dodány tvarově neporušené a bez poškození základního nátěru. Rozhodující dílce z hlediska přepravy jsou dílce příčné vazby o délce nepřekračující 13,5 m.

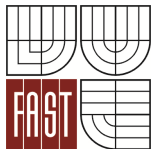
Montáž ocelové konstrukce začne montáží krajních příčných vazeb číslo 1 a 2. Možno začít s montáží z obou konců vazbami 1 a 2, 7 a 8. Montáž provedena na předem připravený betonový základ s požadovanou výškovou a rozměrovou přesností. Následuje montáž vaznic a příčného zavětrování. Další montáž bude pokračovat následující příčnou vazbou. Po montáži všech příčných vazeb, zavětrování a vaznic se provede montáž trapézového plechu. Po této kompletaci bude provedeno opláštění.

V rámci tohoto řešení není zpracována nosná konstrukce štitových stěn.

10. Údržba ocelových konstrukcí

Celkový stav konstrukce je třeba zjišťovat pravidelnými prohlídkami odborně způsobilou osobou. Frekvence prohlídek bude minimálně jedenkrát za 5 let.

V zimním období je nutná kontrola zatížení střešní konstrukce sněhovou pokrývkou. Výška sněhové pokrývky nesmí překročit návrhovou hodnotu. V případě překročení povolené výšky sněhové pokrývky je nutné zajistit odklizení sněhu ze střešní roviny.



Projekt: Zastřešení tenisové haly
Popis: Bakalářská práce
Autor: Jakub Šašinka
Část: Technická zpráva

11. Výkaz materiálu

Čís.	Prvek	Průřez	Materiál	Jednotková hmotnost [kg/m]	Délka [m]	Hmotnost [kg]	Povrch [m ²]
1	Horní pás	TR 139,7x8,0	S235	26,0	594,0	15444,2	260,68
2	Dolní pás	TR 139,7x8,0	S235	26,0	270,4	7029,7	118,66
3	Diagonály	TR 48,3x3,0	S235	3,4	880,4	2993,3	133,58
4	Rozpěra horního pásu	TR 33,7x3,0	S235	2,3	153,6	353,3	16,26
5	Vaznice	TR 60,3x3,0	S235	4,2	353,1	1482,9	99,45
6	Zavětrování	ø20	S235	2,5	525,0	1312,5	17,75
7	Trapézový plech	T126/310/0,88	S235	-	-	16204,0	-
8	Pásovina k ukotvení	4x60	S235	-	-	561,0	4,76
					Σ	2776,4	45380,9
							651,14

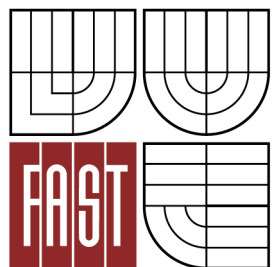
Přípoje	5%	2269,047
Rezerva	5%	2269,047
		Σ
		49919,0

12. Ekonomické hledisko

Celková hmotnost konstrukce je **49919 kg**. Zastavěná plocha 800 m² s obestavěným prostorem 8099 m³. Nátěrová plocha je 651 m². Průměrná hmotnost **62,40 kg/m²** a **6,16 kg/m³**.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

C - STATICKÝ VÝPOČET

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB ŠAŠINKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

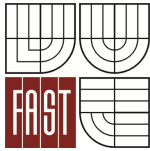
Ing. MICHAL ŠTRBA, Ph.D.

BRNO 2013

Obsah

Statický výpočet	1
1. Geometrie	1
1.1. Schématický půdorys	1
1.2. Schématický příčný řez	2
1.3. Axonometrie	2
2. Výpočtový model	2
3. Zatížení konstrukce	3
3.1. LC1 - Vlastní tíha konstrukce	3
3.2. LC2 - Ostatní stálé zatížení	3
3.3. Zatížení sněhem	3
3.3.1. LC3 - Sníh plné rovnoměrné	3
3.3.2. LC4 - Sníh navátý a)	4
3.3.3. LC5 - Sníh navátý b)	4
3.3.4. LC6 - Sníh sněžníky a)	5
3.3.5. LC7 - Sníh sněžníky b)	5
3.4. Zatížení větrem	6
3.4.1. LC8 - Vítr příčný X ⁺	7
3.4.2. LC9 - Vítr příčný X ⁻	8
3.4.3. LC10 - Vítr podélný Y ⁺	8
3.4.4. LC11 - Vítr podélný Y ⁻	10
3.5. Zatížení střechy užité	11
4. Kombinace zatížení a vnitřní síly	12
4.1. Kombinace pro mezní stav únosnosti	12
4.1.1. Klíč kombinací	12
4.2. Kombinace pro mezní stav použitelnosti	12
4.2.1. Klíč kombinací	12
4.3. Vnitřní síly	12
5. Posouzení střešního pláště	12
5.1. Posouzení trapézového plechu	12
5.1.1. Zatížení	12
5.1.2. Posouzení mezního stavu únosnosti	13
5.1.3. Posouzení mezního stavu použitelnosti	13
6. Posouzení vaznice	13
6.1. Poloha vaznic v konstrukci	13
6.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu	13
6.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	14
6.5. Posouzení mezního stavu použitelnosti	17
7. Posouzení příčné vazby	18
7.1. Poloha příčné vazby	18
7.2. Posouzení horního pásu	18
7.2.1. Poloha horního pásu v konstrukci	18
7.2.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu	18
7.2.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	18
7.2.5. Posouzení mezního stavu použitelnosti	20
7.3. Posouzení dolního pásu	21
7.3.1. Poloha dolního pásu v konstrukci	21
7.3.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu	21
7.3.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	21

7.3.5. Posouzení mezního stavu použitelnosti	25
7.4. Posouzení diagonály	26
7.4.1. Poloha diagonály v konstrukci	26
7.4.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu.....	26
7.4.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	26
7.4.5. Posouzení mezního stavu použitelnosti	28
7.5. Posouzení rozpěry horního pásu.....	28
7.5.1. Poloha rozpěry horního pásu v konstrukci.....	28
7.5.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu.....	28
7.5.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	28
7.5.5. Posouzení mezního stavu použitelnosti	29
7.6. Posouzení globální stability příčné vazby.....	29
7.6.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu.....	29
7.6.2. Průřezové a materiálové charakteristiky	30
7.6.4. Posouzení mezního stavu použitelnosti	31
8. Posouzení příčného ztužidla	32
8.1. Poloha příčného ztužidla	32
8.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu.....	32
8.3. Průřezové a materiálové charakteristiky	33
9. Posouzení spojů	34
9.1. Detail 1 - Připojení vaznice na horní pás	34
9.1.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém spoji	34
9.1.2. Průřezové a materiálové charakteristiky	34
9.1.3. Návrh a posouzení čepu.....	35
9.1.4. Návrh a posouzení svarů.....	36
9.1.5. Posouzení styčnickového plechu na tah	37
9.1.6. Návrhová únosnost svařovaných styčníků	37
9.2. Detail 2 - Připojení rozpěry k hornímu pásu	38
9.2.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém spoji	38
9.2.2. Průřezové a materiálové charakteristiky	38
9.2.3. Návrh a posouzení svaru.....	39
9.2.4. Návrhová únosnost svařovaných styčníků	39
9.3. Detail 3 - Připojení diagonál k hornímu pásu	40
9.3.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém spoji	41
9.3.2. Průřezové a materiálové charakteristiky	41
9.3.3. Návrh a posouzení svaru.....	42
9.3.4. Návrhová únosnost svařovaných styčníků	43
9.4. Detail 4 - Připojení diagonál k dolnímu pásu	44
9.4.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém spoji	45
9.4.2. Průřezové a materiálové charakteristiky	45
9.4.3. Návrh a posouzení svaru.....	46
9.4.4. Návrhová únosnost svařovaných styčníků	47
9.5. Detail 5 - Připojení příčného ztužidla k hornímu pásu	49
9.5.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém spoji	49
9.5.2. Průřezové a materiálové charakteristiky	49
9.5.3. Návrh a posouzení čepu.....	50
9.5.4. Návrh a posouzení svarů.....	51
9.5.5. Posouzení styčnickového plechu na tah	52
9.5.6. Návrhová únosnost svařovaných styčníků	52
10. Montážní spoje	53



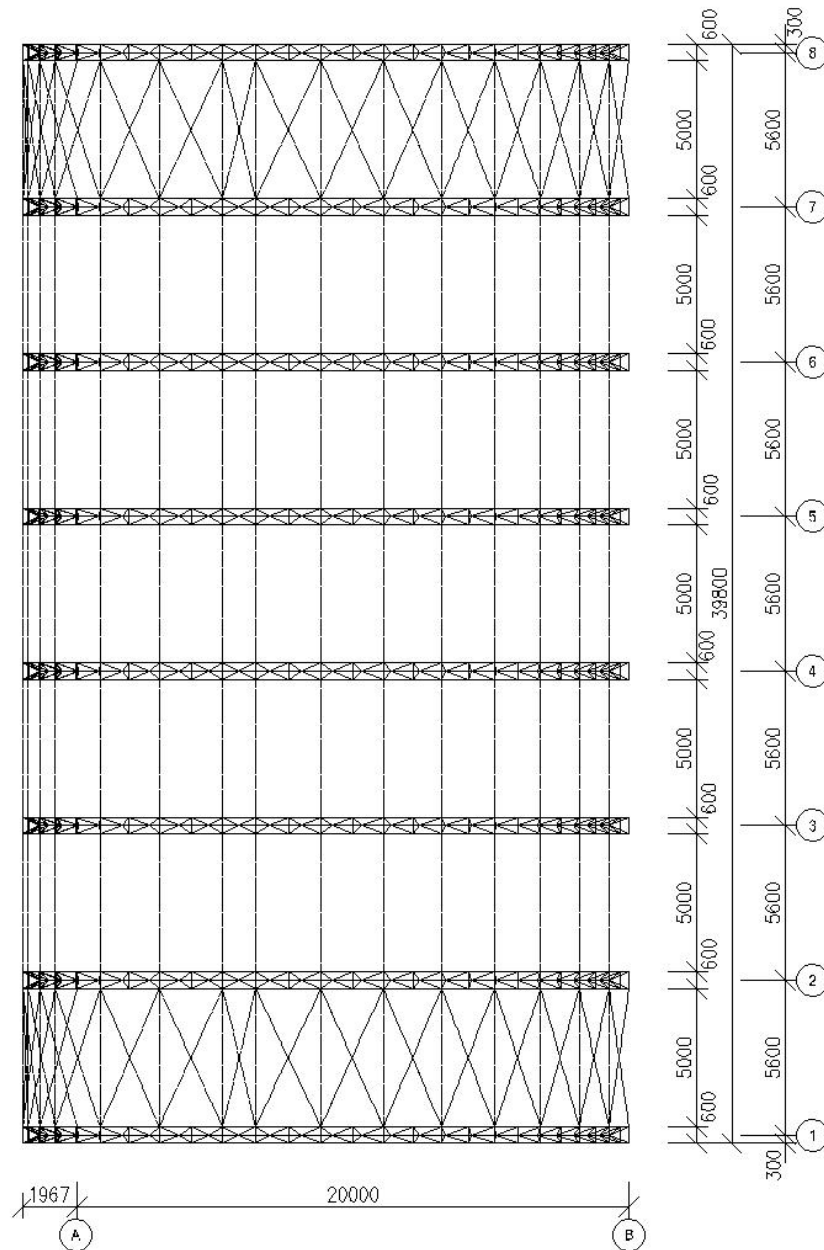
Projekt: Zastřešení tenisové haly
Popis: Bakalářská práce
Autor: Jakub Šašík
Část: Statický výpočet

10.1. Varianta A.....	53
10.2. Varianta B.....	54
11. Posouzení kotvení	54
11.1. Návrhové hodnoty reakcí.....	54
11.2. Průřezové a materiálové charakteristiky	55
11.3. Levá strana - Kotvení K1	56
11.3.1. Návrh a posouzení čepu.....	56
11.3.2. Návrh a posouzení svarů.....	57
11.3.3. Posouzení styčnickového plechu na tah	59
11.3.4. Posouzení styčnickového plechu na prostý tlak	60
11.4. Pravá strana - Kotvení K2	60
11.4.1. Návrh a posouzení čepu.....	60
11.4.2. Návrh a posouzení svarů.....	62
11.4.3. Posouzení styčnickového plechu na tah	64
11.4.4. Posouzení styčnickového plechu na prostý tlak	64
11.5. Posouzení kotev	64
11.5.1. Návrhové hodnoty reakcí.....	64
11.5.2. Průřezové a materiálové charakteristiky	65
11.5.3. Posouzení kotevních šroubů	65
11.6. Posouzení únosnosti betonu v tlaku	67

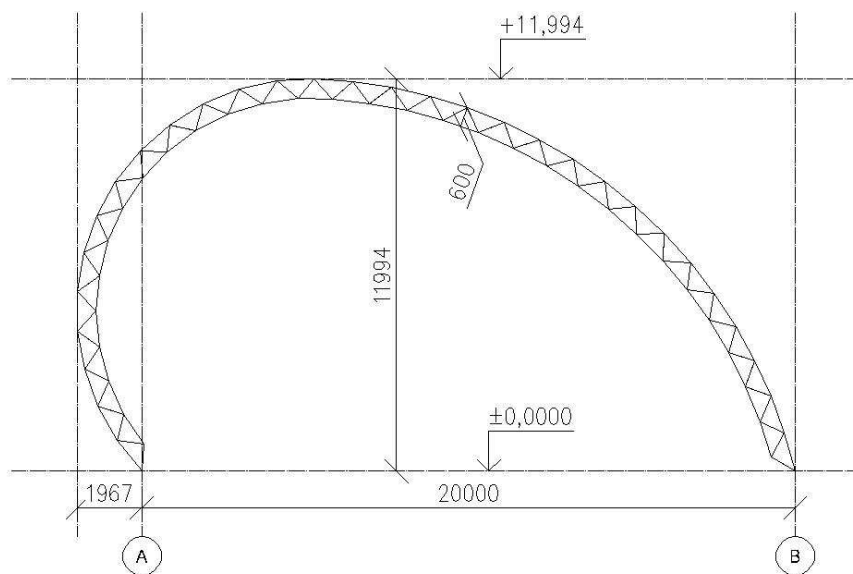
Statický výpočet

1. Geometrie

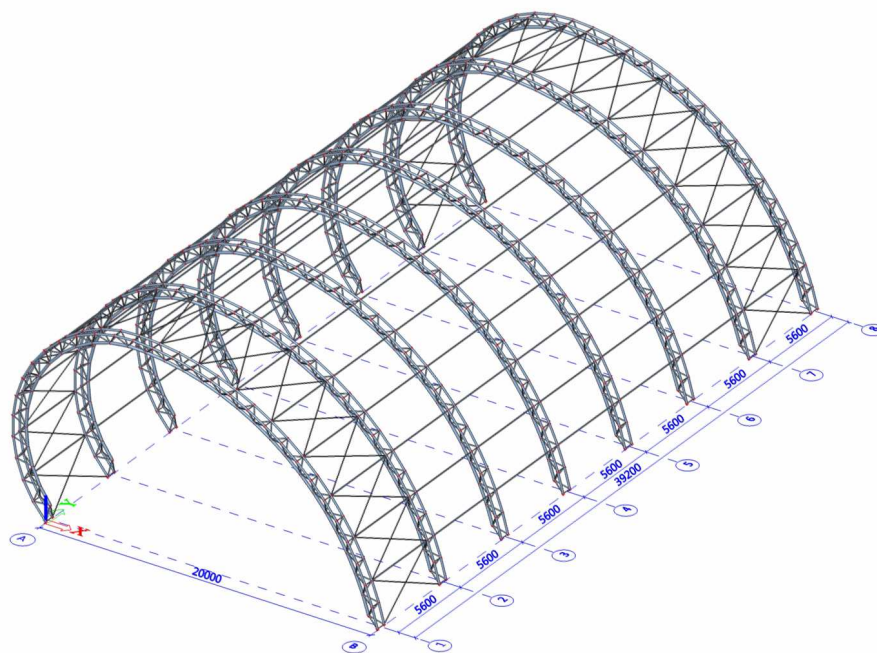
1.1. Schématický půdorys



1.2. Schématický příčný řez



1.3. Axonometrie



2. Výpočtový model

Ocelová konstrukce zastřešení tenisové haly je řešena jako prostorová konstrukce pomocí programu na bázi konečných prvků Scia Engineer 2012.

Podpory: Podpory jsou řešeny jako kloubové neposuvné uložení.

Klouby: Následující prvky jsou kloubově připojeny: Vaznice, diagonály vazníku, rozpěra horního pásu, ztužidla.

Vzpěr: Veškeré součinitele vzpěrných délek byly zadány ručně.

3. Zatížení konstrukce

3.1. LC1 - Vlastní tíha konstrukce

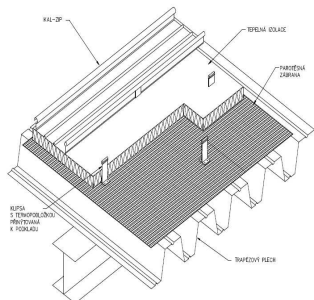
Vlastní tíha konstrukce byla automaticky generována programem Scia Engineer 2012.

3.2. LC2 - Ostatní stálé zatížení

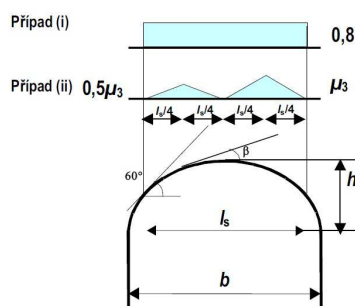
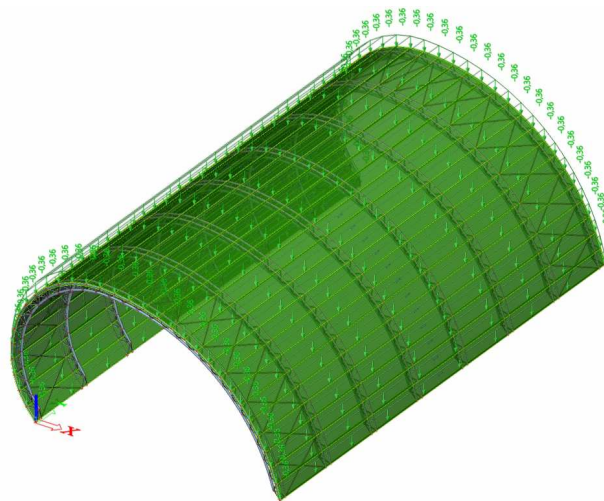
Tvořeno vlastní tíhou střešního pláště.

Skladby střech Kalzip®

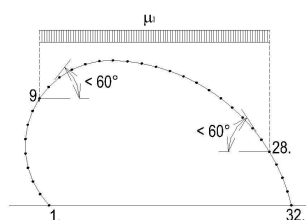
Trapézový plech kladený kolmo na spád střechy



Název	g_k [kN/m ²]	γ_f [-]	g_d [kN/m ²]
Trapézový plech T126/310/0,88	0,11	1,35	0,15
Parozábrana	-	1,35	-
Tepelná izolace tl. 200 mm	0,2	1,35	0,27
Hliníkový systém opláštění Kalzip	0,05	1,35	0,07
Σ	0,36		0,49



LC3 - Sníh plně rovnoměrné



3.3. Zatížení sněhem

Sněhová oblast: I. $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$
Součinitel okolního prostředí: $C_e = 1,0$
Tepelný součinitel: $C_t = 1,0$

Zatížení sněhem na střeše:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

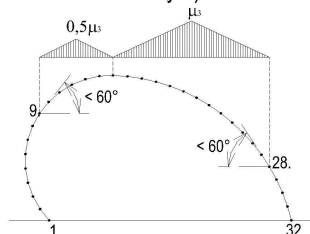
3.3.1. LC3 - Sníh plně rovnoměrné

Případ (i):

Tvarový součinitel: $\mu_1 = 0,8$

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,56 \text{ kN/m}^2$$

LC4 - Sníh navátý a)

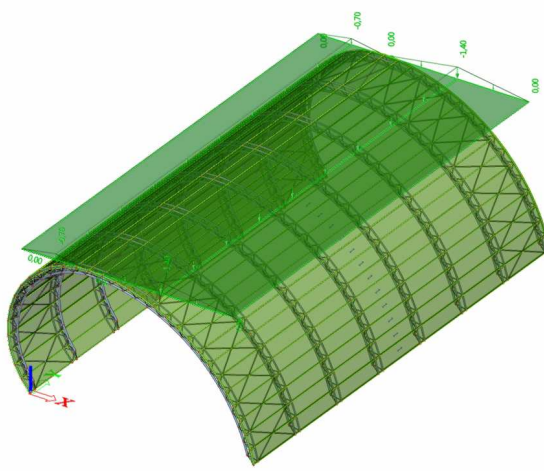


3.3.2. LC4 - Sníh navátý a)

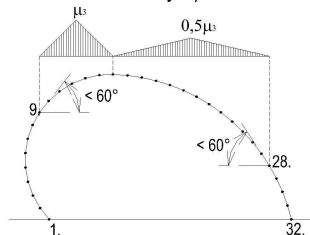
Případ (ii):

Tvarový součinitel: $\text{pro } \beta > 60^\circ \quad \mu_3 = 0$
 $\text{pro } \beta > 60^\circ \quad \mu_3 = 0,2 + 10 \cdot h/b = 0,2 + 10 \cdot 12,40/24,80 = 5,2$
 Horní hodnota μ_3 je 2,0

$$s = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,40 \text{ kN/m}^2$$



LC5 - Sníh navátý b)

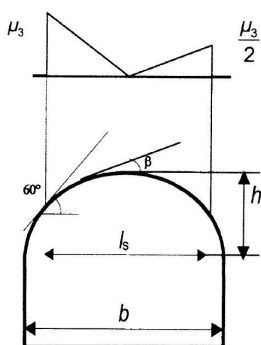
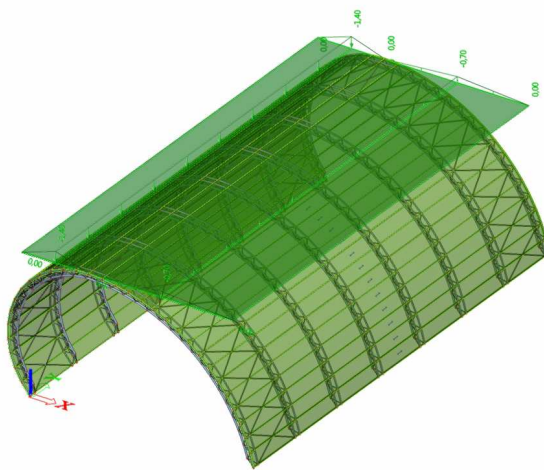


3.3.3. LC5 - Sníh navátý b)

Případ (ii):

Tvarový součinitel: $\text{pro } \beta > 60^\circ \quad \mu_3 = 0$
 $\text{pro } \beta > 60^\circ \quad \mu_3 = 0,2 + 10 \cdot h/b = 0,2 + 10 \cdot 12,40/24,80 = 5,2$
 Horní hodnota μ_3 je 2,0

$$s = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,40 \text{ kN/m}^2$$



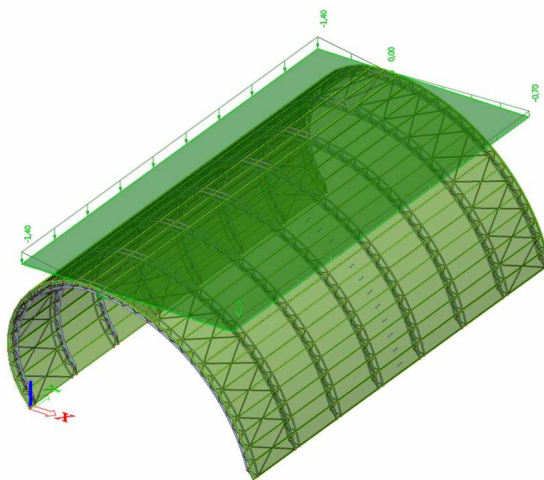
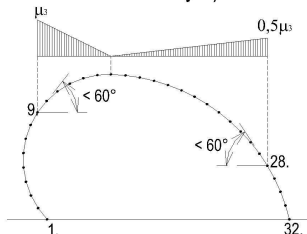
3.3.4. LC6 - Sníh sněžníky a)

Případ uvažování vlivu sněžníků:

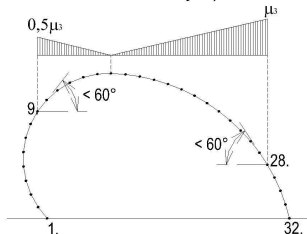
Tvarový součinitel: $\text{pro } \beta > 60^\circ$ $\mu_3 = 0$
 $\text{pro } \beta > 60^\circ$ $\mu_3 \text{ pro } h/b = 12,40/24,80 = 0,5 \geq 1/5 \rightarrow$
 $\rightarrow \mu_3 = 2,0$

$$s = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,40 \text{ kN/m}^2$$

LC6 - Sníh sněžníky a)



LC7 - Sníh sněžníky b)

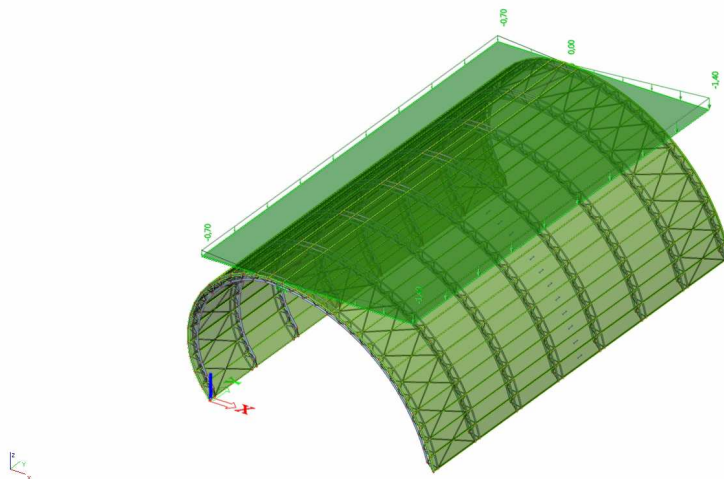


3.3.5. LC7 - Sníh sněžníky b)

Případ uvažování vlivu sněžníků:

Tvarový součinitel: $\text{pro } \beta > 60^\circ$ $\mu_3 = 0$
 $\text{pro } \beta > 60^\circ$ $\mu_3 \text{ pro } h/b = 12,40/24,80 = 0,5 \geq 1/5 \rightarrow$
 $\rightarrow \mu_3 = 2,0$

$$s = \mu_3 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 1,40 \text{ kN/m}^2$$



3.4. Zatížení větrem

Větrná oblast:	II.	$v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$
Kategorie terénu:	III.	$z_0 = 0,3 \text{ m} ; z_{min} = 5 \text{ m}$
Součinitel směru větru:		$C_{dir} = 1,0$
Součinitel ročního období:		$C_{season} = 1,0$

Základní rychlost větru:

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

Střední rychlost větru:

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 0,800 \cdot 1,0 \cdot 25 = 20,00 \text{ m/s}$$

kde: $c_r(z)$ je součinitel drsnosti terénu

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{pro} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$5,00 \leq 12,40 \leq 200 \text{ m}$$

kde: k_r je součinitel terénu

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

$$z_0 = 0,3 \text{ m}$$

$$z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = 0,215 \cdot \ln\left(\frac{12,40}{0,3}\right) = 0,800$$

$$c_o(z) = 1,0$$

Intenzita turbulence větru:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{pro} \quad z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$5,00 \leq 12,40 \leq 200 \text{ m}$$

kde: $k_I = 1,0$ - součinitel turbulence

$$c_o(z) = 1,0$$

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_o)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln(12,40/0,3)} = 0,269$$

Maximální dynamický tlak:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

$$\text{kde: } \rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$$

$$I_v(z) = 0,269$$

$$v_m(z) = 20,00 \text{ m/s}$$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot 0,269] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 20,00^2 = 720,75 \text{ Pa} = \underline{0,721 \text{ kN/m}^2}$$

Tlak větru na povrchy:

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

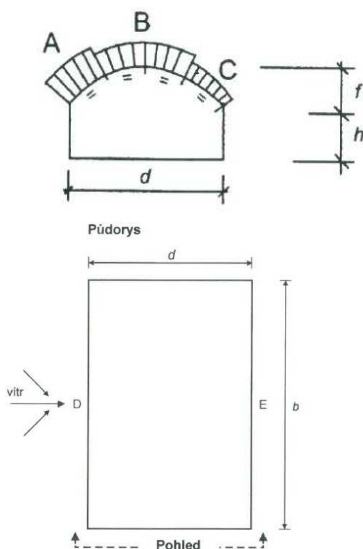
kde: $q_p(z_e)$ je maximální dynamický tlak

z_e je referenční výška

$$h = 12,40 \text{ m} \leq b = 24,80 \text{ m} \rightarrow z_e = h = 12,40 \text{ m}$$

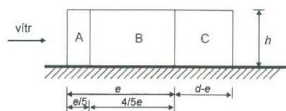
c_{pe} je součinitel vnějšího tlaku

$$\text{jelikož } A > 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe,10}$$

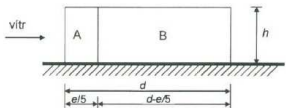


e je menší z hodnot b nebo 2h
b je rozměr kolmý na směr větru

Pohled pro $e < d$



Pohled pro $e \geq d$



3.4.1. LC8 - Vitr příčný X+

Součinitel tlaku C_{pe} pro příčný vítr X+,X-

Tlak větru na povrchy:

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

Střešní plášť

-řešeno jako klenba, $h = 0$ a $f/d = 12,4/22,8 = 0,54 \rightarrow$ hodnoty C_{pe} odečteny z grafu

	A	B	C
$C_{pe,10}$	0,8	-1,2	-0,4
$w_e [\text{kN/m}^2]$	0,58	-0,87	-0,29

Stěna

$$e = \min(b; 2h) = \min(24,8; 2 \cdot 12,4) = 24,8 \text{ m}$$

$$e = 24,8 \text{ m} \geq d = 22,8 \text{ m} \rightarrow \text{oblasti A,B}$$

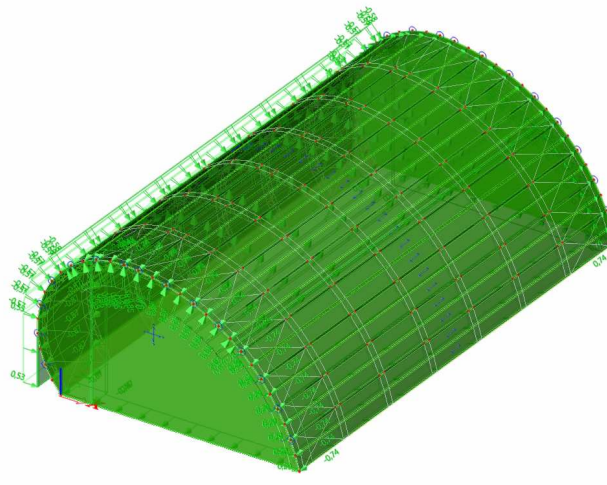
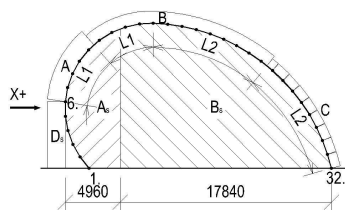
$$e = 24,8 \quad d = 22,8$$

$$h/d = 12,4/22,8 = 0,54$$

	As	Bs	Ds	Es
$C_{pe,10}$	-1,2	-1,03	0,74	-0,38
$w_e [\text{kN/m}^2]$	-0,87	-0,74	0,53	-0,27
	e/5	d-e/5		
Délka úseku [m]	4,96	17,84		

-mezilehlé hodnoty C_{pe} určeny lineární interpolací

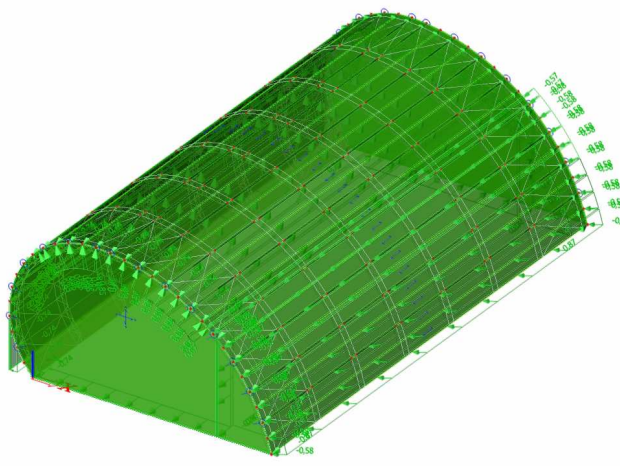
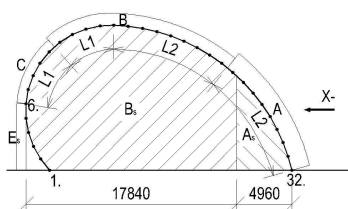
LC8 - Vítr příčný X+



3.4.2. LC9 - Vítr příčný X-

Hodnoty stejné jako u zatěžovacího stavu LC8.

LC9 - Vítr příčný X-



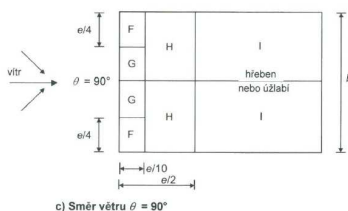
3.4.3. LC10 - Vítr podélný Y+

Součinitel tlaku C_{pe} pro podélný vítr Y+, Y-

$$e = \min(b; 2h) = \min(22,8; 2 \cdot 12,4) = 22,8 \text{ m}$$

$$e = 22,8 \quad d = 40$$

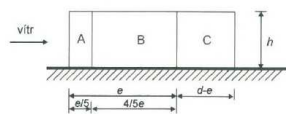
Střešní plášť



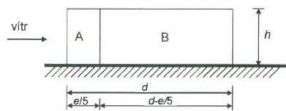
Bod	Úhel α_i [°]	$C_{pe,10}(F)$	$C_{pe,10}(G)$	$C_{pe,10}(H)$	$C_{pe,10}(I)$	Řešeno jako	$w_{e,i}(F)$ [kN/m²]	$w_{e,i}(G)$ [kN/m²]	$w_{e,i}(H)$ [kN/m²]	$w_{e,i}(I)$ [kN/m²]	Délka úseku F [m]
6	81	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5	Sedlová střecha	-0,79	-	-0,58	-0,36	3,85
7	71	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5		-0,79	-	-0,58	-0,36	
8	61	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5		-0,79	-	-0,58	-0,36	
9	51	-1,1	-1,32	-0,86	-0,5		-0,79	-	-0,62	-0,36	
10	42	-1,1	-1,4	-0,88	-0,5		-0,79	-	-0,63	-0,36	
11	32	-1,1	-1,4	-0,81	-0,5		-	-1,01	-0,58	-0,36	
12	22	-	-1,35	-0,69	-0,5		-	-0,97	-0,50	-0,36	

13	12	-	-1,3	-0,63	-0,53	Plochá	-	-0,94	-0,45	-0,38
14	3	-	-1,2	-0,7	-0,2		-	-0,87	-0,50	-0,14
15										
17	8	-	-1,3	-0,67	-0,57	Sedlová střecha	-	-0,94	-0,48	-0,41
18	13	-	-1,3	-0,62	-0,52		-	-0,94	-0,45	-0,37
19	17	-	-1,31	-0,63	-0,5		-	-0,94	-0,45	-0,36
20	22	-	-1,35	-0,69	-0,5		-	-0,97	-0,50	-0,36
21	26	-	-1,37	-0,75	-0,5		-	-0,99	-0,54	-0,36
22	30	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5		-	-1,01	-0,58	-0,36
23	35	-1,1	-1,4	-0,83	-0,5		-0,79	-	-0,60	-0,36
24	39	-1,1	-1,4	-0,86	-0,5		-0,79	-	-0,62	-0,36
25	44	-1,1	-1,4	-0,89	-0,5		-0,79	-	-0,64	-0,36
26	48	-1,1	-1,36	-0,88	-0,5		-0,79	-	-0,63	-0,36
27	52	-1,1	-1,31	-0,85	-0,5		-0,79	-	-0,61	-0,36
28	57	-1,1	-1,24	-0,82	-0,5		-0,79	-	-0,59	-0,36
29	61	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5		-0,79	-	-0,58	-0,36
30	66	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5		-0,79	-	-0,58	-0,36
31	70	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5		-0,79	-	-0,58	-0,36
32	74	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5		-0,79	-	-0,58	-0,36
-mezilehlé hodnoty C _{pe} určeny lineární interpolací							e/10	e/2- e/10	d-e/2	
							Délka úseku [m]	2,28	9,12	28,6

Pohled pro $e < d$



Pohled pro $e \geq d$



Stěna

$$e = \min(b; 2h) = \min(22,8; 2 \cdot 12,4) = 22,8 \text{ m}$$

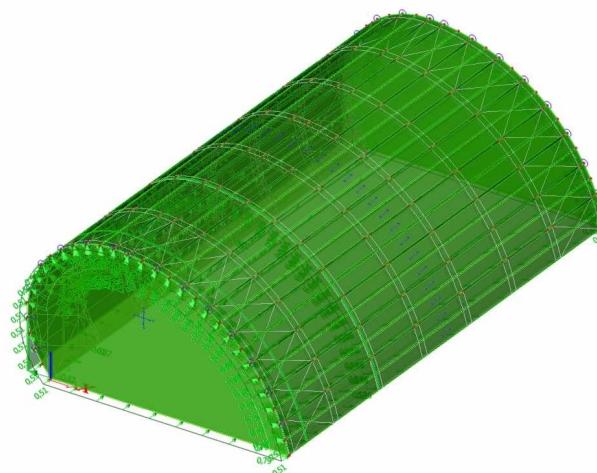
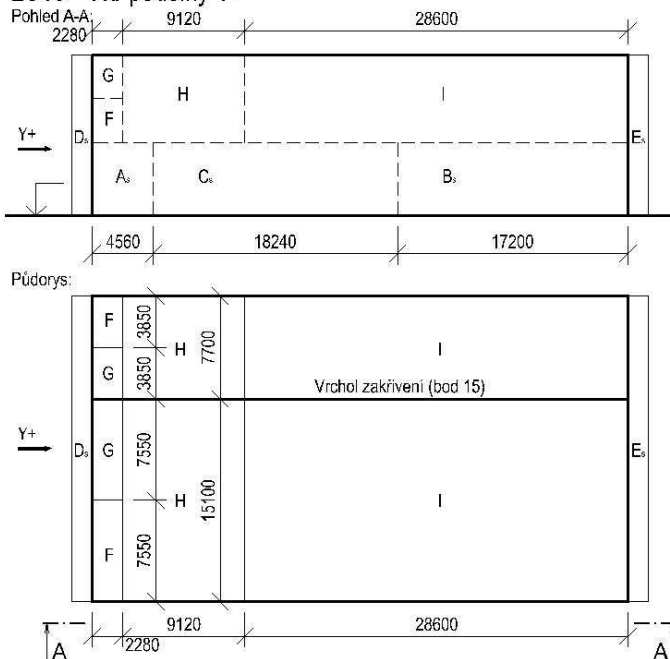
$$e = 22,8 \quad d = 40$$

$$h/d = 12,4/40,0 = 0,31$$

	As	Bs	Cs	Ds	Es
$C_{pe,10}$	-1,2	-0,85	-0,5	0,71	-0,32
w_e [kN/m ²]	-0,87	-0,61	-0,36	0,51	-0,23
	e/5	4/5e	d-e		
Délka úseku [m]	4,56	18,24	17,20		

-mezilehlé hodnoty C_{pe} určeny lineární interpolací

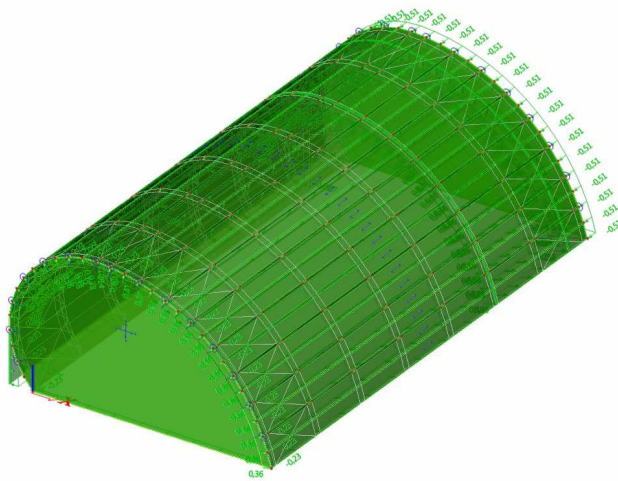
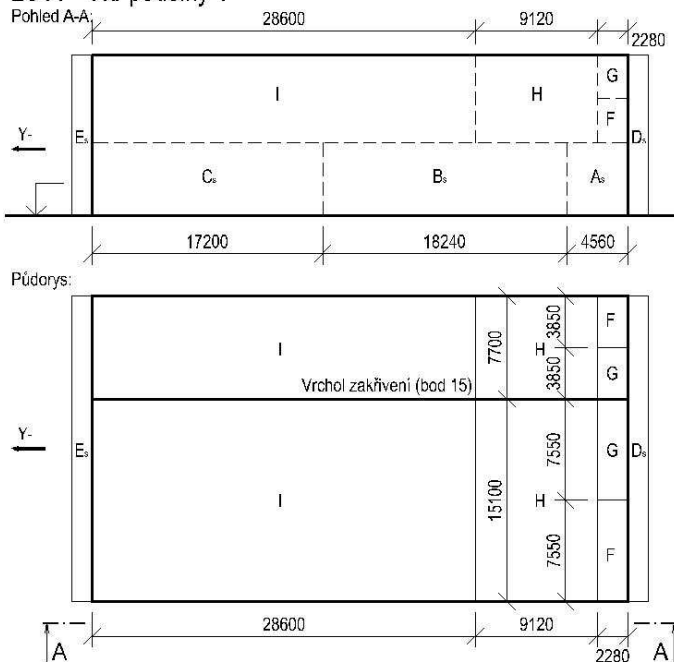
LC10 - Vitr podélný Y+



3.4.4. LC11 - Vitr podélný Y-

Hodnoty stejné jako u zatěžovacího stavu LC10.

LC11 - Vitr podélný Y-



3.5. Zatížení střechy užité

Kategorie zatěžovaných ploch:

H - střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav

Dle poznámky v normě "ČSN EN 1991-1-1" se nemá uvažovat současné působení užitných zatížení a zatížení sněhem a větrem.

Jelikož se nejvíce namáhaná vaznice vyskytuje v oblasti, kde působí zatížení sněhem o větších hodnotách než požadované užité zatížení, tak z tohoto důvodu nebude toto užité zatížení rozhodující - neuvažují ve výpočtu.

4. Kombinace zatížení a vnitřní síly

4.1. Kombinace pro mezní stav únosnosti

C01 - MSÚ - kombinace provedena dle výrazu 6.10.

4.1.1. Klíč kombinací

Přiložen v příloze.

4.2. Kombinace pro mezní stav použitelnosti

C02 - MSP - provedena charakteristická kombinace 6.14b.

4.2.1. Klíč kombinací

Přiložen v příloze.

4.3. Vnitřní síly

Přehled vnitřních sil v prvcích přiložen v příloze.

5. Posouzení střešního pláště

5.1. Posouzení trapézového plechu

Kritická oblast pro posouzení trapézového plechu je ve styčnicku č. 21, kde je sklon 26° při působení zatěžovací kombinace "LC4 - Sníh navátý a)".

Plech je navržen jako spojitý nosník o dvou polích ($L = 5,0$ m) s přesahem větším jak 1,5 násobek výšky trapézového plechu.

Trapézový plech T126/310/0,88

5.1.1. Zatížení

Stálé:

LC1 - Stálé

Název	g_k [kN/m ²]	γ_f [-]	g_d [kN/m ²]
Trapézový plech T126/310/0,88	0,11	1,35	0,15
Parozábrana	-	1,35	-
Tepelná izolace tl. 200 mm	0,2	1,35	0,27
Hliníkový systém opláštění Kalzip	0,05	1,35	0,07
Σ	0,36		0,49

Nahodilé:

LC2 - Sníh:	$s_k = 1,40$ kN/m ²	$s_d = 2,10$ kN/m ²
LC3 - Vítr:	$w_k = -0,99$ kN/m ²	$w_d = -1,49$ kN/m ²

Kombinace zatížení:

$$\begin{aligned} \text{CO1: } LC1 + LC2 &= 0,49 + 2,10 = 2,59 \text{ kN/m}^2 \\ \text{CO2: } LC1 + LC3 &= 0,36 + (-1,49) = -1,13 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

5.1.2. Posouzení mezního stavu únosnosti

Přepočet zatížení působící ve sklonu 26°

$$q_{Ed} = CO1 \cdot \cos^2 \beta = 2,59 \cdot \cos^2 26^\circ = \mathbf{2,09 \text{ kN/m}^2}$$

Dle statických tabulek trapézových plechů výrobce ArcelorMittal je pro vzdálenost podpor 5,0 m u nosníku o dvou polích přípustné rovnoměrné zatížení $q_{Ed,max} = 2,62 \text{ kN/m}^2$.

$$\frac{q_{Ed}}{q_{Ed,max}} \leq 1,00$$

$$\frac{2,09}{2,62} \leq 1,00$$

$$\mathbf{0,80 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

5.1.3. Posouzení mezního stavu použitelnosti

Dle statických tabulek trapézových plechů výrobce ArcelorMittal je pro vzdálenost podpor 5,0 m u nosníku o dvou polích přípustné rovnoměrné zatížení pro průhyb $L/200$ $q_{Ek,max} = 4,06 \text{ kN/m}^2$.

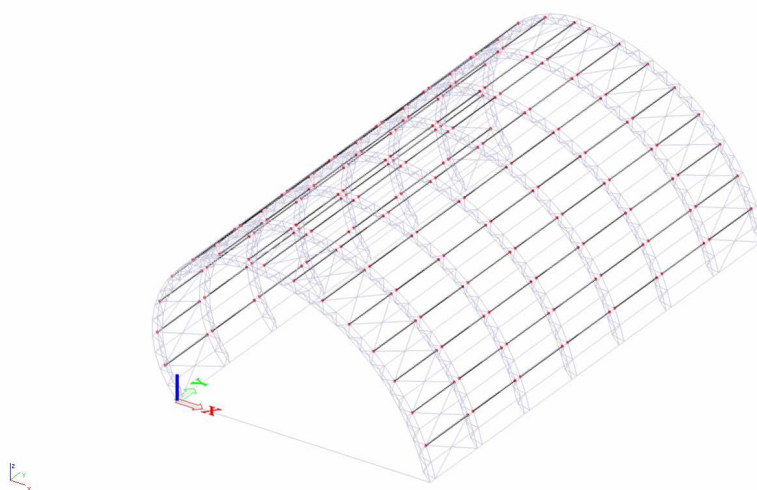
Jelikož závislost průhybu na zatížení je lineární, dopočteme hodnotu $q_{Ek,max}$ pro průhyb $L/300 \rightarrow q_{Ek,max} = 2,71 \text{ kN/m}^2$.

$$q_{Ek} = (q_k + s_k) \cdot \cos^2 \beta = (0,36 + 1,40) \cdot \cos^2 26^\circ = \mathbf{1,42 \text{ kN/m}^2}$$

$$q_{Ek} = 1,42 \text{ kN/m}^2 < q_{Ek,max} = 2,71 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \mathbf{\text{VYHOVUJE}}$$

6. Posouzení vaznice

6.1. Poloha vaznic v konstrukci



6.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu

Kritický průřez v prvku B948 v kombinaci C01/3.

$$N_{Ed} = -9,32 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -0,09 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = -0,15 \text{ kNm}$$

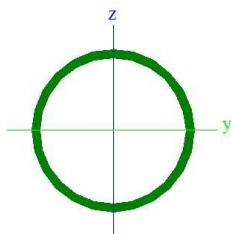
$$V_{y,Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 0,01 \text{ kNm}$$

6.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typ průřezu: TR 60,3x3,0
Materiál: S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,
 $E = 210 \text{ GPa}$
Výroba: válcovaný
Křivka vzpěrné pevnosti y-y; z-z: a; a



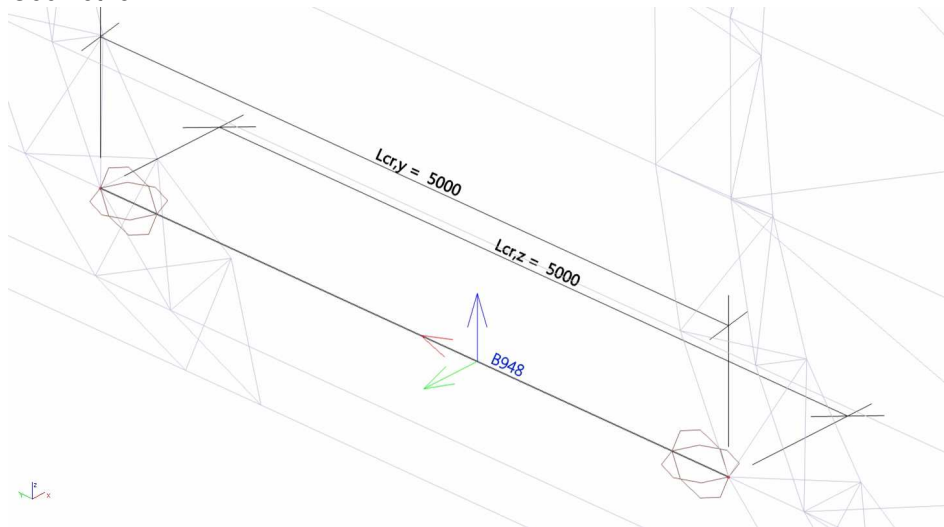
A [mm ²]	540		
I _y [mm ⁴]	22,22·10 ⁴	W _{el,y} [mm ³]	7,37·10 ³
I _z [mm ⁴]	22,22·10 ⁴	W _{el,z} [mm ³]	7,37·10 ³
I _w [mm ⁴]	0	W _{pl,y} [mm ³]	9,86·10 ³
I _t [mm ⁴]	44,33·10 ⁴	W _{pl,z} [mm ³]	9,86·10 ³
i _y [mm]	20,29	i _z [mm]	20,29

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{60,3}{3} = 20,100 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 1^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

Geometrie:



6.4. Posouzení mezního stavu únosnosti

Posudek: Prut stálého průřezu; tlak + ohyb

Tlak

Vzpěrné délky:

$$L = 5000 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L_{cr} = \beta \cdot L = 1,00 \cdot 5000 = 5000 \text{ mm}$$

Kritická normálová síla:

$$N_{cr,y} = N_{cr,z} = N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 22,22 \cdot 10^4}{5000^2} =$$

$$= 18421 \text{ N} = 18,42 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{540 \cdot 235}{18421}} = 2,625$$

Součinitel imperfekce:

$$\alpha = 0,21$$

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (2,625 - 0,2) + 2,625^2 \right] = 4,200$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{4,200 + \sqrt{4,200^2 - 2,625^2}} = 0,134 \leq 1,00$$

Návrhová vzpěrná únosnost pro průřez třídy 1, 2 a 3:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,134 \cdot 540 \cdot 235}{1,00} = 16968N = 16,97kN$$

Vzpěrná únosnost:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{9,32}{16,97} \leq 1,00$$

$$0,55 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

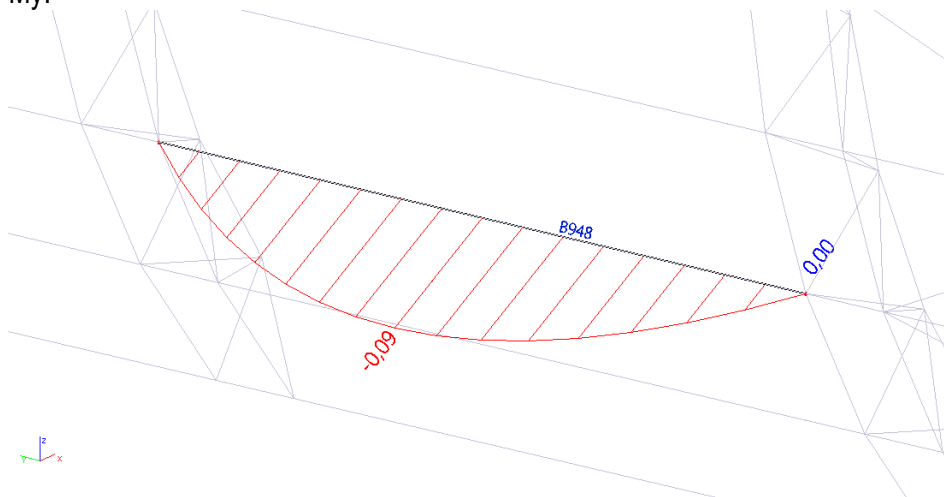
Klopení

Průřez je kruhové trubky, který není náchylný na klopení $\rightarrow \chi_{LT} = 1,00$

Ohyb a osový tlak

Interakční součinitel dle přílohy B v "ČSN EN 1993-1":

My:



$$M_s = -0,09 \text{ kNm}$$

$$\psi = 1,0$$

$$\alpha_h = 0$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_s = 0,95 + 0,05 \cdot 0 = 0,950$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) =$$

$$= 0,950 \cdot \left(1 + (2,625 - 0,2) \cdot \frac{9,32}{0,134 \cdot 126,90 / 1,0} \right) = 2,213$$

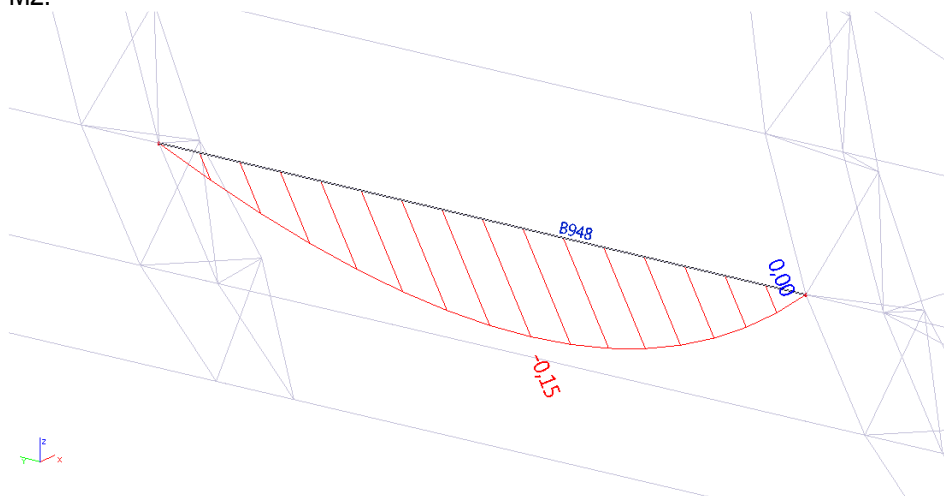
$$k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) =$$

$$= 0,950 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{9,32}{0,134 \cdot 126,90 / 1,0} \right) = 1,367$$

$$k_{yy} = 2,213 \leq \underline{1,367}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,367 = \underline{0,820}$$

Mz:



$$M_s = -0,15 \text{ kNm}$$

$$\psi = 1,0$$

$$\alpha_h = 0$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_s = 0,95 + 0,05 \cdot 0 = \underline{0,950}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) =$$

$$= 0,950 \cdot \left(1 + (2,625 - 0,2) \cdot \frac{9,32}{0,134 \cdot 126,90 / 1,0} \right) = 2,213$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) =$$

$$= 0,950 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{9,32}{0,134 \cdot 126,90 / 1,0} \right) = 1,367$$

$$k_{zz} = 2,213 \leq \underline{1,367}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,367 = \underline{0,820}$$

Návrhová hodnota tlakové síly:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 540 \cdot 235 = 126900 \text{ N} = 126,90 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota momentů:

$$M_{y,Rk} = M_{z,Rk} = W_{pl} \cdot f_y = 9,86 \cdot 10^3 \cdot 235 = 2317100 \text{ Nmm} = 2,32 \text{ kNm}$$

Kombinace ohybu a osového tlaku:

$$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,00$$

$$\frac{Y_{M1}}{9,32} + 1,367 \cdot \frac{Y_{M1}}{0,09+0} + 0,820 \cdot \frac{Y_{M1}}{0,15+0} \leq 1,00$$

$$\frac{0,134 \cdot 126,90}{1,0} + 1,367 \cdot \frac{0,09+0}{1,0 \cdot 2,32} + 0,820 \cdot \frac{0,15+0}{2,32} \leq 1,00$$

$$0,548 + 0,053 + 0,053 \leq 1,00$$

0,65 ≤ 1,00 → VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,00$$

$$\frac{Y_{M1}}{9,32} + 0,820 \cdot \frac{Y_{M1}}{0,09+0} + 1,367 \cdot \frac{Y_{M1}}{0,15+0} \leq 1,00$$

$$\frac{0,134 \cdot 126,90}{1,0} + 0,820 \cdot \frac{0,09+0}{1,0 \cdot 2,32} + 1,367 \cdot \frac{0,15+0}{2,32} \leq 1,00$$

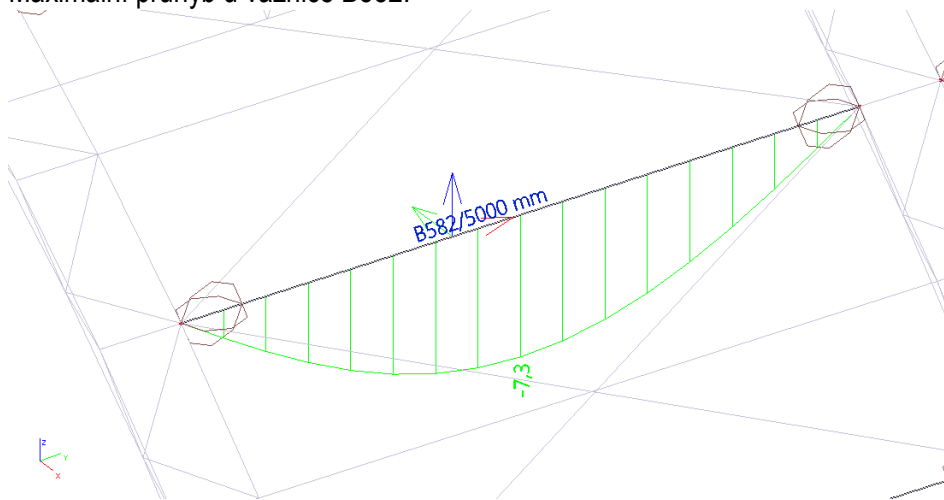
$$0,548 + 0,032 + 0,088 \leq 1,00$$

0,67 ≤ 1,00 → VYHOVUJE

6.5. Posouzení mezního stavu použitelnosti

Relativní deformace u_z :

Dle programového řešení v programu Scia Engineer 2012 v kombinaci C02/39. Maximální průhyb u vaznice B582.



Délka vaznice:

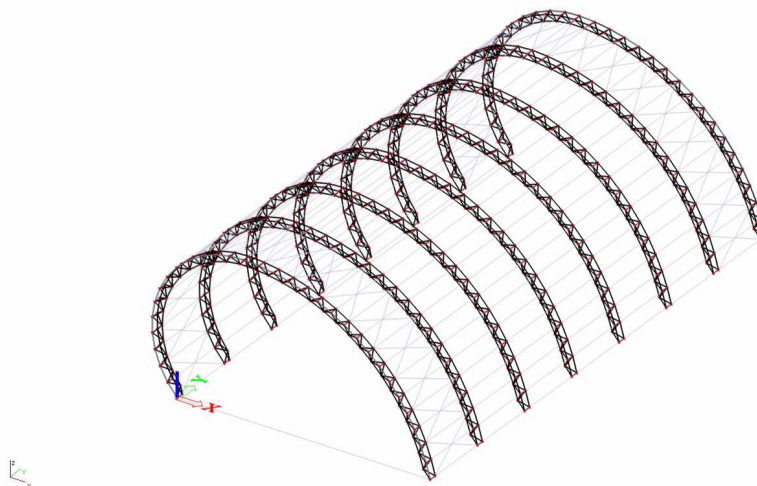
$$L = 5000 \text{ mm}$$

Největší přípustný průhyb vaznice:

$$u_{z,max} = L/300 = 5000/300 = \underline{\underline{16,67 \text{ mm} \geq \delta = 7,3 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

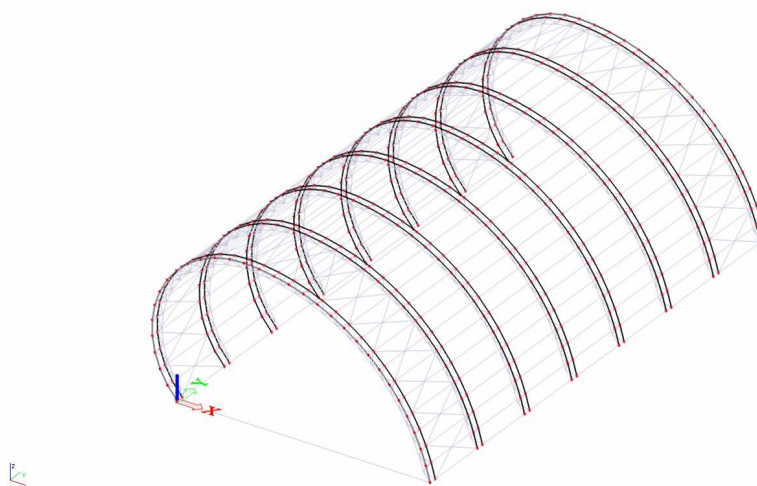
7. Posouzení příčné vazby

7.1. Poloha příčné vazby



7.2. Posouzení horního pásu

7.2.1. Poloha horního pásu v konstrukci



7.2.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu

Kritický průřez v prvku B672 v kombinaci C01/1, který se nachází v příčné vazbě 3.

$$N_{Ed} = 282,70 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -3,75 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 0,02 \text{ kNm}$$

$$V_{y,Ed} = 0,28 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = -0,22 \text{ kN}$$

$$T_{Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

7.2.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typ průřezu:

TR 139,7x8,0

Materiál:

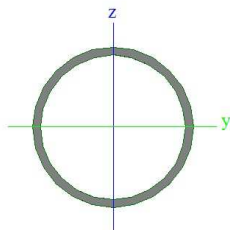
S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,
 $E = 210 \text{ GPa}$

Výroba:

válcovaný

Křivka vzpěrné pevnosti y-y; z-z:

a; a



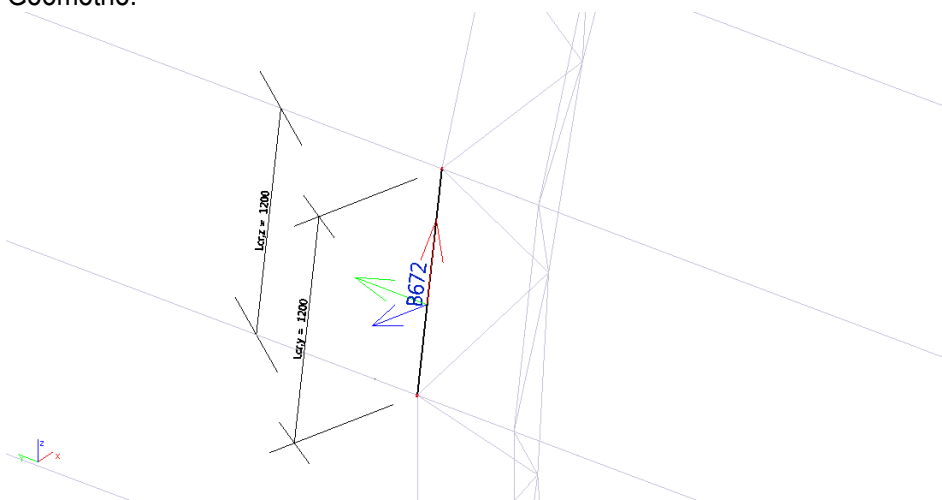
A [mm ²]	3310		
I _y [mm ⁴]	720,00·10 ⁴	W _{el,y} [mm ³]	103,00·10 ³
I _z [mm ⁴]	720,00·10 ⁴	W _{el,z} [mm ³]	103,00·10 ³
I _w [mm ⁴]	0	W _{pl,y} [mm ³]	136,74·10 ³
I _t [mm ⁴]	1435,30·10 ⁴	W _{pl,z} [mm ³]	136,74·10 ³
i _y [mm]	46,64	i _z [mm]	46,64

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{101,6}{5} = 20,320 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 1^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

Geometrie:



7.2.4. Posouzení mezního stavu únosnosti

Posudek: Prut stálého průřezu; tah + ohybový moment + smyk

Smyk

Smyková plocha:

$$A_v = 2A/\pi = 2 \cdot 3310/\pi = 2107,21 \text{ mm}^2$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{2107,21 \cdot (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 285901 \text{ N} = 285,90 \text{ kNm}$$

$$V_{y,Ed} = 0,28 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 285,90 = 142,95 \text{ kN}$$

$$V_{z,Ed} = 0,22 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 285,90 = 142,95 \text{ kN} \rightarrow \text{Účinek}$$

smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osové síly LZE ZANEDBAT

Tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3310 \cdot 235}{1,00} = 777850 \text{ N} = 777,85 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{282,70}{777,85} \leq 1,00$$

$$\underline{0,36 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

Šikmý ohyb při namáhání tahem

Návrhová únosnost v ohybu:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{136,74 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,00} = 32133900 \text{ Nmm} = 32,13 \text{ kNm}$$

Návrhový plastický moment únosnosti - redukovaný:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \left[1 - (N_{Ed} / N_{pl,Rd})^2 \right]$$

$$M_{N,Rd} = 32,13 \cdot \left[1 - (282,70 / 777,85)^2 \right] = 27,89 \text{ kNm}$$

Konstanty pro kruhové duté průřezy:

$$\alpha = 2; \beta = 2$$

Šikmý ohyb:

$$\left[\frac{M_{y,Rd}}{M_{N,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Rd}}{M_{N,Rd}} \right]^\beta \leq 1,00$$

$$\left[\frac{3,75}{27,89} \right]^2 + \left[\frac{0,02}{27,89} \right]^2 \leq 1,00$$

$$0,018 + 0 \leq 1,00$$

$$\underline{0,018 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

Jednotkový posudek na kombinaci tahu a ohybového momentu

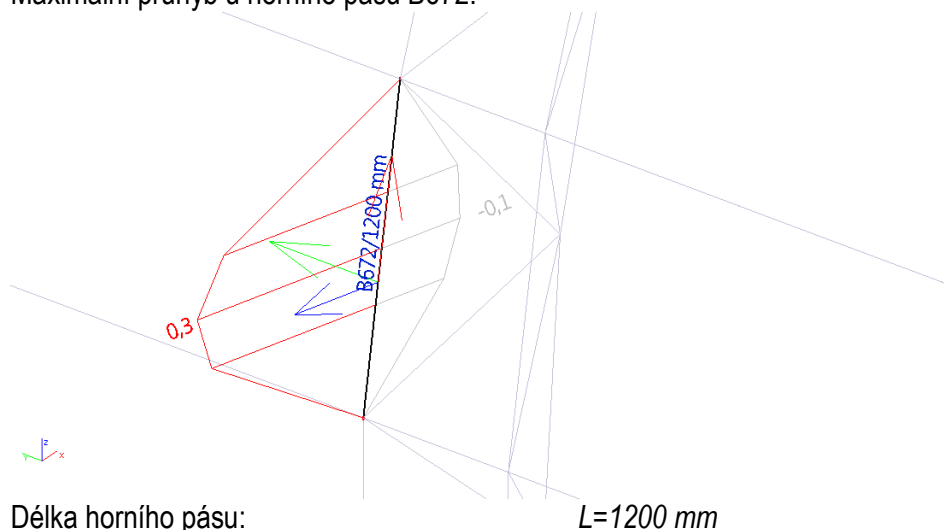
$$0,363 + 0,018 \leq 1,00$$

$$\underline{0,38 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

7.2.5. Posouzení mezního stavu použitelnosti

Relativní deformace u_z :

Dle programového řešení v programu Scia Engineer 2012 v kombinaci C02/29. Maximální průhyb u horního pásu B672.



Délka horního pásu:

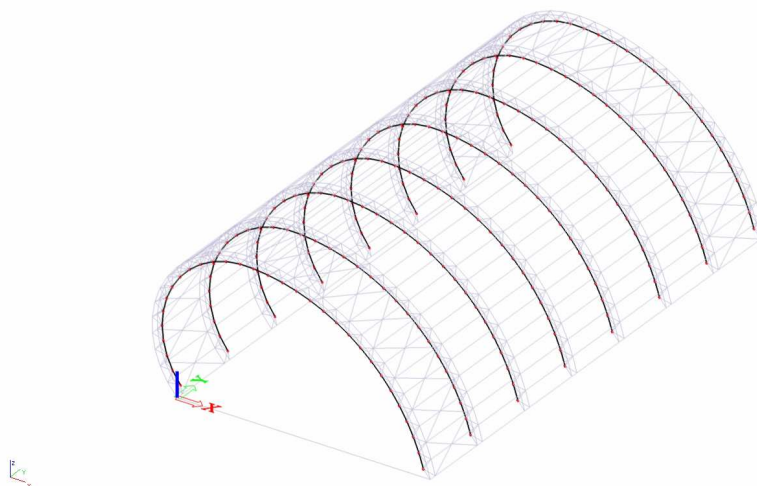
$L=1200 \text{ mm}$

Největší přípustný průhyb horního pásu:

$$\delta_{max} = L/300 = 1200/300 = \underline{4,00 \text{ mm} \geq \delta = 0,3 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

7.3. Posouzení dolního pásu

7.3.1. Poloha dolního pásu v konstrukci



7.3.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu

Kritický průřez v prvku B718 v kombinaci C01/1, který se nachází v příčné vazbě 3.

$$N_{Ed} = -631,61 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = -4,13 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 0,10 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,01 \text{ kNm}$$

$$T_{Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

7.3.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typ průřezu:

TR 139,7x8,0

Materiál:

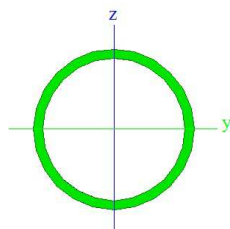
S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,
 $E = 210 \text{ GPa}$

Výroba:

válcovaný

Křivka vzpěrné pevnosti y-y; z-z:

a; a



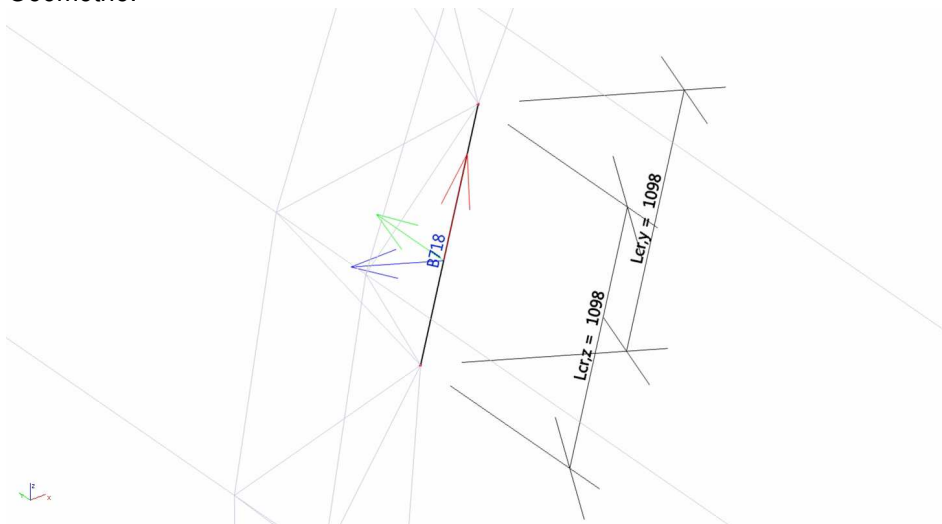
A [mm ²]	3310		
I _y [mm ⁴]	720,00·10 ⁴	W _{el,y} [mm ³]	103,00·10 ³
I _z [mm ⁴]	720,00·10 ⁴	W _{el,z} [mm ³]	103,00·10 ³
I _w [mm ⁴]	0	W _{pl,y} [mm ³]	136,74·10 ³
I _t [mm ⁴]	1435,30·10 ⁴	W _{pl,z} [mm ³]	136,74·10 ³
i _y [mm]	46,64	i _z [mm]	46,64

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{139,7}{8} = 17,463 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 1^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

Geometrie:



7.3.4. Posouzení mezního stavu únosnosti

Posudek: Prut stálého průřezu; tlak + ohybový moment + smyk

Smyk

Smyková plocha:

$$A_v = 2A/\pi = 2 \cdot 3310/\pi = 2107,21 \text{ mm}^2$$

Návrhová plastická únosnost ve smyku:

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{V_{M0}} = \frac{2107,21 \cdot (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 285901 \text{ N} = 285,90 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 0,10 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 285,90 = 142,95 \text{ kN} \rightarrow \text{Účinek}$$

smykové síly na únosnost průřezu při působení momentu a osové síly LZE ZANEDBAT

Tlak

Vzpěrné délky:

$$L = 1098 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L_{cr} = \beta \cdot L = 1,00 \cdot 1098 = 1098 \text{ mm}$$

Kritická normálová síla:

$$N_{cr,y} = N_{cr,z} = N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 720,00 \cdot 10^4}{1098^2} = 12377897 \text{ N} = 12377,90 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{3310 \cdot 235}{12377898}} = 0,251$$

Součinitel imperfekce:

$$\alpha = 0,21$$

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (0,251 - 0,2) + 0,251^2 \right] = 0,537$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$X = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,537 + \sqrt{0,537^2 - 0,251^2}} = 0,988 \leq 1,00$$

Návrhová vzpěrná únosnost pro průřez třídy 1, 2 a 3:

$$N_{b,Rd} = \frac{X \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,988 \cdot 3310 \cdot 235}{1,00} = 768832 \text{ N} = 768,83 \text{ kN}$$

Vzpěrná únosnost:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{631,61}{768,83} \leq 1,00$$

$$0,82 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

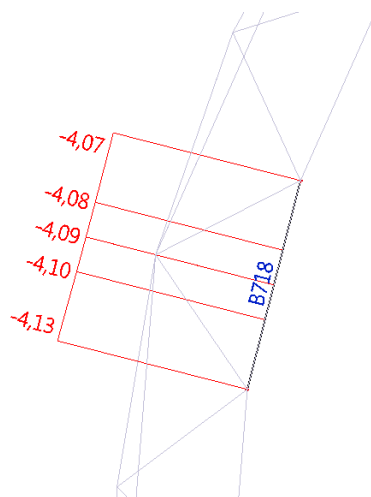
Klopení

Průřez je kruhové trubky, který není náchylný na klopení $\rightarrow \chi_{LT} = 1,00$

Ohyb a osový tlak

Interakční součinitel dle přílohy B v "ČSN EN 1993-1":

My:



$$M = -4,13 \text{ kNm}$$

$$\psi \cdot M = -4,07 \text{ kNm}$$

$$\psi = \frac{-4,07}{-4,13} = 0,985$$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 0,985 = 0,994 \geq 0,4$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) =$$

$$= 0,994 \cdot \left(1 + (0,251 - 0,2) \cdot \frac{631,61}{0,988 \cdot 777,85 / 1,0} \right) = 1,036$$

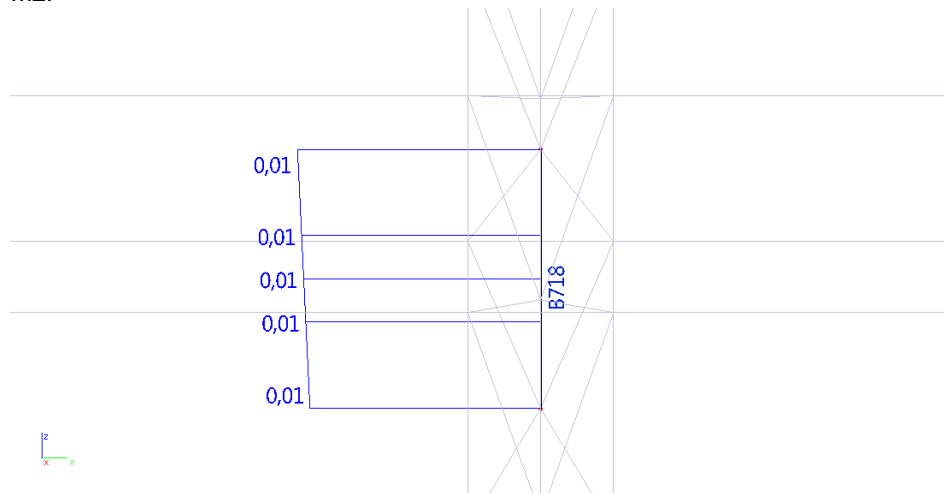
$$k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) =$$

$$= 0,994 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{631,61}{0,988 \cdot 777,85 / 1,0} \right) = 1,648$$

$$k_{yy} = \mathbf{1,036} \leq 1,648 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$k_{zy} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 1,036 = \mathbf{0,622}$$

Mz:



$$M = 0,01 \text{ kNm}$$

$$\psi \cdot M = 0,01 \text{ kNm}$$

$$\psi = \frac{0,01}{0,01} = 1,00$$

$$C_{mz} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi = 0,6 + 0,4 \cdot 1,0 = \mathbf{1,000} \geq 0,4$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) =$$

$$= 1,000 \cdot \left(1 + (0,251 - 0,2) \cdot \frac{631,61}{0,988 \cdot 777,85 / 1,0} \right) = 1,042$$

$$k_{zz} \leq C_{mz} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) =$$

$$= 1,000 \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{631,61}{0,988 \cdot 777,85 / 1,0} \right) = 1,657$$

$$k_{zz} = \mathbf{1,042} \leq 1,657 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 1,042 = \mathbf{0,625}$$

Návrhová hodnota tlakové síly:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 3310 \cdot 235 = 777850 \text{ N} = 777,85 \text{ kN}$$

Návrhová hodnota momentů:

$$M_{y,Rk} = M_{z,Rk} = W_{pl} \cdot f_y = 136,74 \cdot 10^3 \cdot 235 = 32133900 \text{ Nmm} = 32,13 \text{ kNm}$$

Kombinace ohybu a osového tlaku:

$$\frac{N_{Ed}}{X_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,00$$

$$\frac{631,61}{0,988 \cdot 777,85} + 1,036 \cdot \frac{4,13 + 0}{1,0 \cdot 32,13} + 0,625 \cdot \frac{0,01 + 0}{32,13} \leq 1,00$$

$$0,822 + 0,133 + 0,000 \leq 1,00$$

0,96 ≤ 1,00 → VYHOVUJE

$$\frac{N_{Ed}}{X_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{X_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1,00$$

$$\frac{Y_{M1}}{0,988 \cdot 777,85} + 0,622 \cdot \frac{4,13 + 0}{1,0 \cdot 32,13} + 1,042 \cdot \frac{0,01 + 0}{32,13} \leq 1,00$$

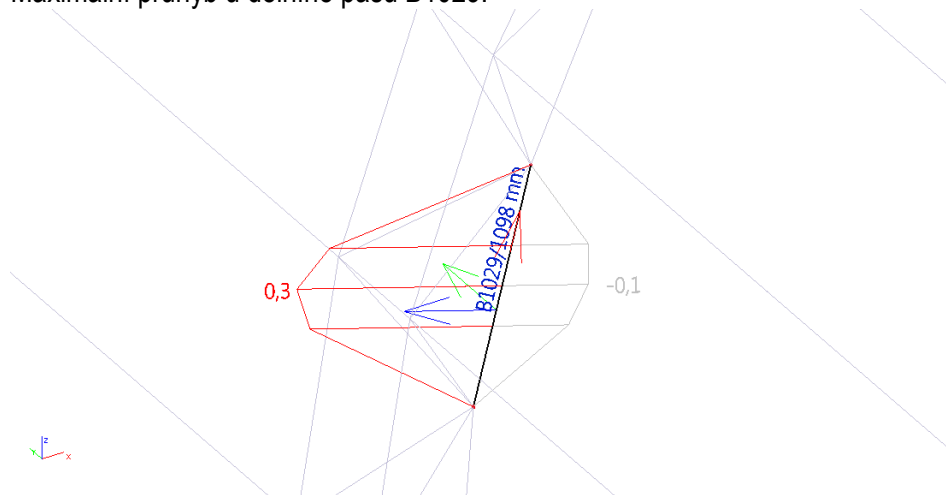
$$0,822 + 0,080 + 0,000 \leq 1,00$$

0,90 ≤ 1,00 → VYHOVUJE

7.3.5. Posouzení mezního stavu použitelnosti

Relativní deformace u_z :

Dle programového řešení v programu Scia Engineer 2012 v kombinaci C02/29. Maximální průhyb u dolního pásu B1029.



Délka dolního pásu:

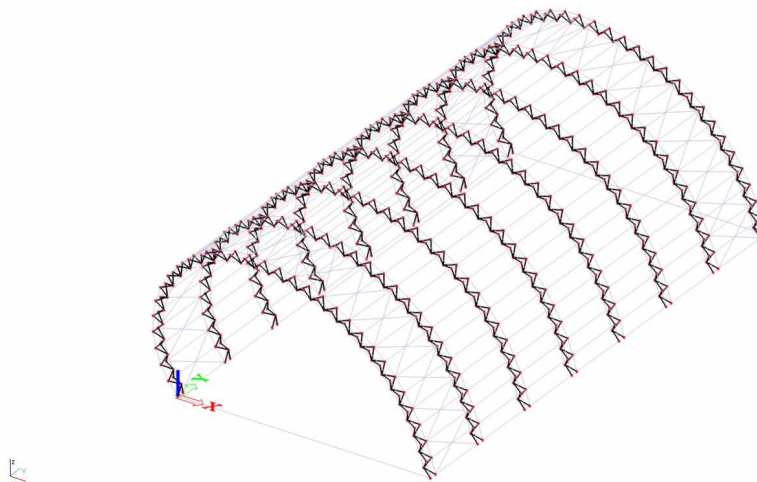
$L = 1098 \text{ mm}$

Největší přípustný průhyb dolního pásu:

$$\delta_{max} = L/300 = 1098/300 = \underline{\underline{3,66 \text{ mm} \geq \delta = 0,3 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

7.4. Posouzení diagonály

7.4.1. Poloha diagonály v konstrukci



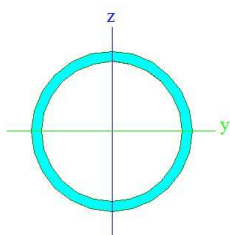
7.4.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu

Kritický průřez v prvku B1379 v kombinaci C01/2, který se nachází v příčné vazbě 5.

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= -83,74 \text{ kN} & V_{y,Ed} &= 0,00 \text{ kN} \\ M_{y,Ed} &= 0,00 \text{ kNm} & V_{z,Ed} &= 0,01 \text{ kN} \\ M_{z,Ed} &= 0,00 \text{ kNm} & T_{Ed} &= -0,01 \text{ kNm} \end{aligned}$$

7.4.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typ průřezu: TR 48,3x3,0
 Materiál: S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,
 $E = 210 \text{ GPa}$
 Výroba: válcovaný
 Křivka vzpěrné pevnosti y-y; z-z: a; a



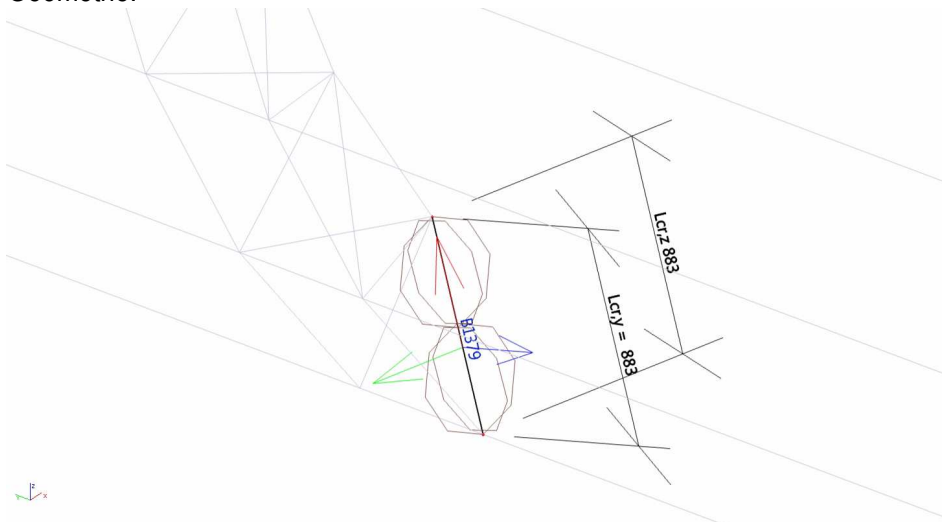
A [mm ²]	427		
I _y [mm ⁴]	11,00·10 ⁴	W _{el,y} [mm ³]	4,55·10 ³
I _z [mm ⁴]	11,00·10 ⁴	W _{el,z} [mm ³]	4,55·10 ³
I _w [mm ⁴]	0	W _{pl,y} [mm ³]	6,17·10 ³
I _t [mm ⁴]	21,90·10 ⁴	W _{pl,z} [mm ³]	6,17·10 ³
i _y [mm]	16,05	i _z [mm]	16,05

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{48,3}{3} = 16,100 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 1^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

Geometrie:



7.4.4. Posouzení mezního stavu únosnosti

Posudek: Prut stálého průřezu; tlak + smyk + kroucení

Smyk + kroucení

Vzhledem k malé hodnotě smyku V_{Ed} a kroucení T_{Ed} tyto síly zanedbávám a neuvažuji dále v posudku.

Tlak

Vzpěrné délky:

$$L = 883 \text{ mm}$$

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L_{cr} = \beta \cdot L = 1,00 \cdot 883 = 883 \text{ mm}$$

Kritická normálová síla:

$$N_{cr,y} = N_{cr,z} = N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 11,00 \cdot 10^4}{883^2} =$$

$$= 292409 \text{ N} = 292,41 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{427 \cdot 235}{292409}} = 0,586$$

Součinitel imperfekce:

$$\alpha = 0,21$$

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (0,586 - 0,2) + 0,586^2 \right] = 0,712$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,712 + \sqrt{0,712^2 - 0,586^2}} = 0,896 \leq 1,00$$

Návrhová vzpěrná únosnost pro průřez třídy 1, 2 a 3:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,896 \cdot 427 \cdot 235}{1,00} = 89909 \text{ N} = 89,91 \text{ kN}$$

Vzpěrná únosnost:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{83,74}{89,91} \leq 1,00$$

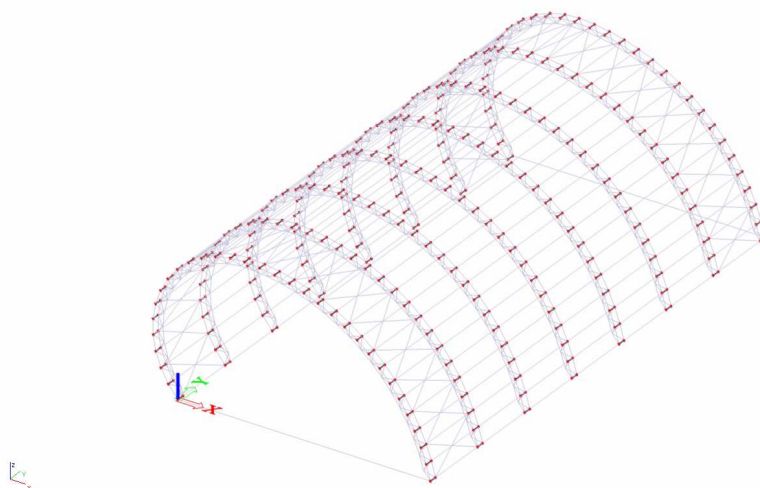
$$\underline{0,93 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

7.4.5. Posouzení mezního stavu použitelnosti

Dle programového řešení v programu Scia Engineer 2012 diagonála nevykazuje žádnou deformaci.

7.5. Posouzení rozpěry horního pásu

7.5.1. Poloha rozpěry horního pásu v konstrukci



7.5.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu

Kritický průřez v prvku B884 v kombinaci C01/4, který se nachází v příčné vazbě 3.

$$N_{Ed} = 26,64 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 0,01 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$T_{Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

7.5.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typ průřezu:

TR 33,7x3,0

Materiál:

S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,

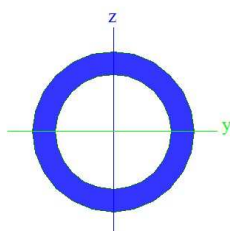
$E = 210 \text{ GPa}$

Výroba:

válcovaný

Křivka vzpěrné pevnosti y-y; z-z:

a; a



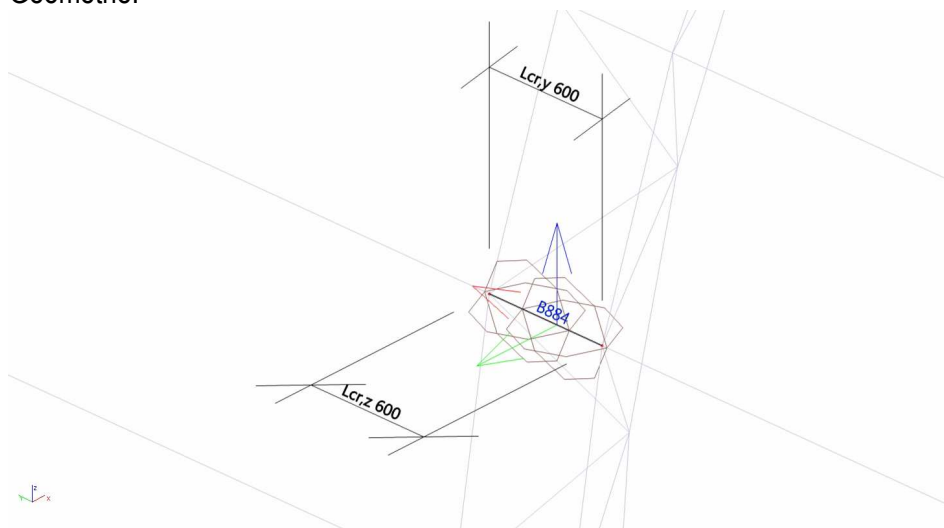
A [mm ²]	289		
I _y [mm ⁴]	3,44·10 ⁴	W _{el,y} [mm ³]	2,04·10 ³
I _z [mm ⁴]	3,44·10 ⁴	W _{el,z} [mm ³]	2,04·10 ³
I _w [mm ⁴]	0	W _{pl,y} [mm ³]	2,84·10 ³
I _t [mm ⁴]	6,82·10 ⁴	W _{pl,z} [mm ³]	2,84·10 ³
i _y [mm]	10,91	i _z [mm]	10,91

Klasifikace průřezu:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1,00$$

$$\frac{d}{t} = \frac{33,7}{3} = 11,233 \leq 50\varepsilon^2 = 50 \cdot 1^2 = 50 \rightarrow \text{třída průřezu 1}$$

Geometrie:



7.5.4. Posouzení mezního stavu únosnosti

Posudek: Prut stálého průřezu; tah

Tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{289 \cdot 235}{1,00} = 67915 N = 67,92 kN$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{26,64}{67,92} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,39 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

7.5.5. Posouzení mezního stavu použitelnosti

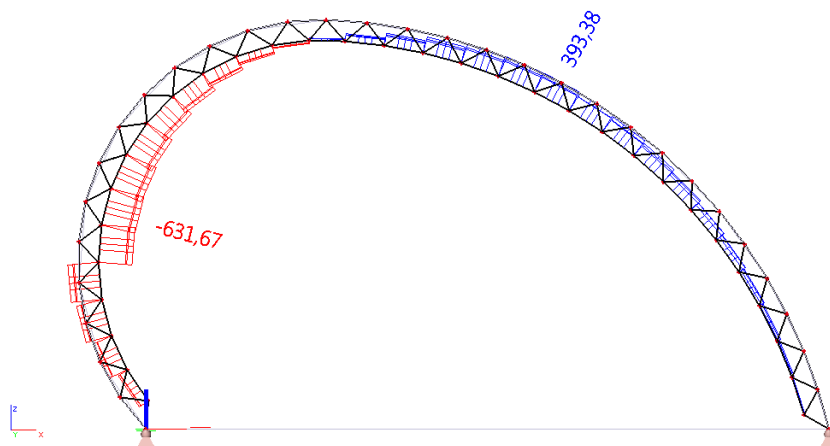
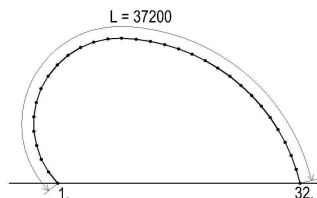
Dle programového řešení v programu Scia Engineer 2012 rozpěra horního pásu nevykazuje žádnou deformaci.

7.6. Posouzení globální stability příčné vazby

7.6.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu

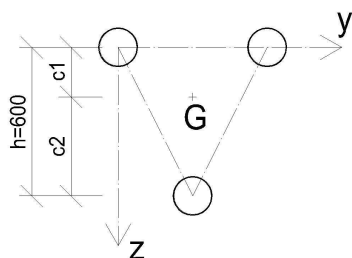
$$N_{Ed} = -631,67 kN$$

Geometrie oblouku



7.6.2. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typ průřezu: -Horní pás: 2x TR 139,7x8,0
-Dolní pás: TR 139,7x8,0
Materiál: S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,
 $E = 210 \text{ GPa}$
Výroba: válcovaný
Křivka vzpěrné pevnosti y-y; z-z: a; a



Horní pás TR 139,7x8,0:

A [mm ²]	3310		
I _y [mm ⁴]	720,00·10 ⁴	W _{el,y} [mm ³]	103,00·10 ³
I _z [mm ⁴]	720,00·10 ⁴	W _{el,z} [mm ³]	103,00·10 ³
I _w [mm ⁴]	0	W _{pl,y} [mm ³]	136,74·10 ³
I _t [mm ⁴]	1435,30·10 ⁴	W _{pl,z} [mm ³]	136,74·10 ³
i _y [mm]	46,64	i _z [mm]	46,64

Dolní pás TR 139,7x8,0:

A [mm ²]	3310		
I _y [mm ⁴]	720,00·10 ⁴	W _{el,y} [mm ³]	103,00·10 ³
I _z [mm ⁴]	720,00·10 ⁴	W _{el,z} [mm ³]	103,00·10 ³
I _w [mm ⁴]	0	W _{pl,y} [mm ³]	136,74·10 ³
I _t [mm ⁴]	1435,30·10 ⁴	W _{pl,z} [mm ³]	136,74·10 ³
i _y [mm]	46,64	i _z [mm]	46,64

$$A = A_{dp} + A_{hp} = 3310 + 2 \cdot 3310 = 9930 \text{ mm}^2$$

$$c_1 = \frac{\sum S_y}{A} = \frac{3310 \cdot 600}{9930} = 200,00 \text{ mm}$$

$$c_2 = h - c_1 = 600 - 200 = 400,00 \text{ mm}$$

$$I_y = 2 \cdot (I_{hp} + A_{hp} \cdot c_1^2) + I_{dp} + A_{dp} \cdot c_2^2 = 2 \cdot (720,00 \cdot 10^4 + 3310 \cdot 200,00^2) + 720,00 \cdot 10^4 + 3310 \cdot 400,00^2 = 81600 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

7.6.3. Posouzení mezního stavu únosnosti

Posudek: Prut stálého průřezu; tlak

Tlak

Vzpěrné délky:

$$L = 37200 \text{ mm}$$

$\beta = 0,625$... pro globální stabilitu kloubově podepřeného oblouku

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = L_{cr} = \beta \cdot L = 0,625 \cdot 37200 = 23250 \text{ mm}$$

Kritická normálová síla:

$$N_{cr,y} = N_{cr,z} = N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{cr}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \cdot 81600 \cdot 10^4}{23250^2} =$$

$$= 3128695 \text{ N} = 3128,70 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{9930 \cdot 235}{3128695}} = 0,864$$

Součinitel imperfekce:

$$\alpha = 0,21$$

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\phi = 0,5 \cdot \left[1 + 0,21 \cdot (0,864 - 0,2) + 0,864^2 \right] = 0,943$$

Součinitel vzpěrnosti:

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,943 + \sqrt{0,943^2 - 0,864^2}} = 0,757 \leq 1,00$$

Návrhová vzpěrná únosnost pro průřez třídy 1, 2 a 3:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,757 \cdot 9930 \cdot 235}{1,00} = 1766497 \text{ N} = 1766,50 \text{ kN}$$

Vzpěrná únosnost:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,00$$

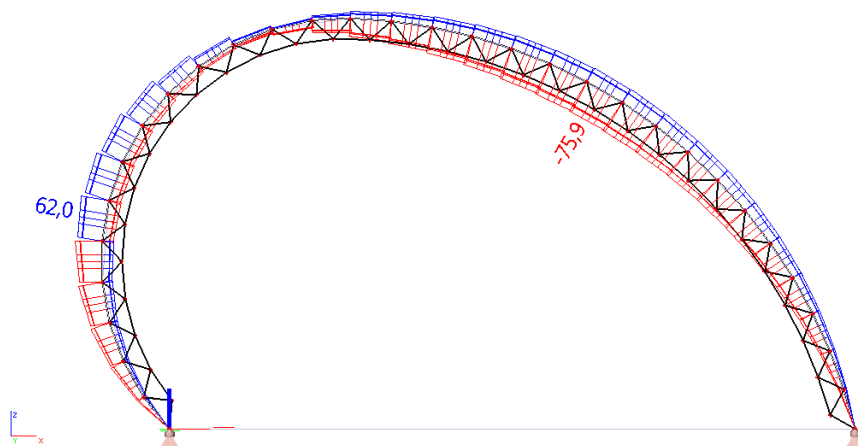
$$\frac{631,67}{1766,50} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,36 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

7.6.4. Posouzení mezního stavu použitelnosti

Dle programového řešení v programu Scia Engineer 2012 - deformace prutu pro C02 - MSP.

Deformace prutu u_z :



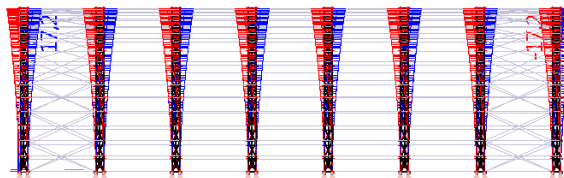
Vzdálenost podpor:

$$L = 20000 \text{ mm}$$

Největší přípustný průhyb příčné vazby:

$$u_{z,max} = L/250 = 20000/250 = \underline{80,0 \text{ mm}} \geq u_z = 75,9 \text{ mm} \rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

Deformace prutu u_y :



Celková výška budovy:

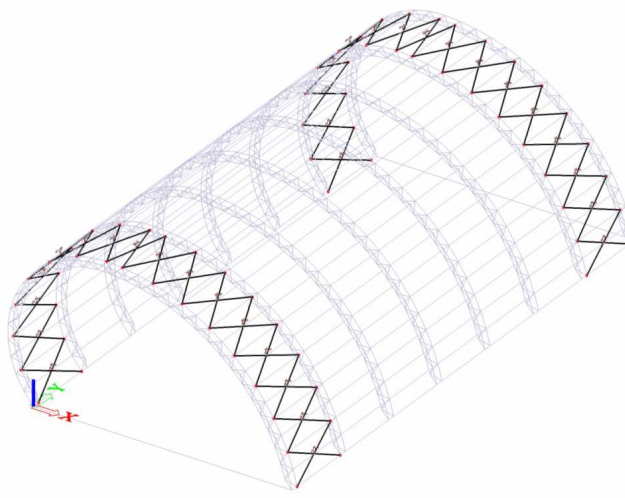
$$h_0 = 12400 \text{ mm}$$

Největší přípustný průhyb příčné vazby:

$$u_{y,max} = h/300 = 12400/300 = \underline{41,3 \text{ mm}} \geq u_y = 17,2 \text{ mm} \rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

8. Posouzení příčného ztužidla

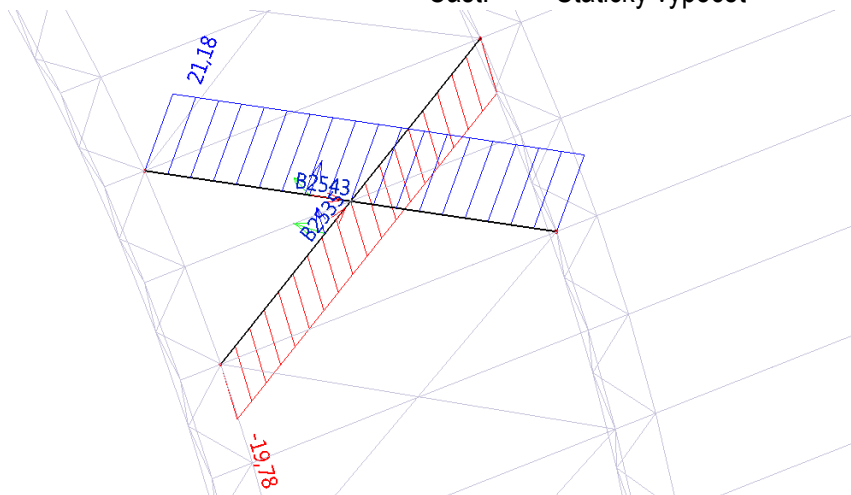
8.1. Poloha příčného ztužidla



8.2. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém průřezu

Kritický průřez v prvku B2543 v kombinaci CO117.

$$CO117 = 1,00 \cdot LC1 + 1,00 \cdot LC2 + 0,75 \cdot LC5 + 1,15 \cdot LC11$$



$$N_{Ed} = |N_{1,Ed}| + |N_{2,Ed}| = 21,18 + 19,78 = 40,96 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 N_{Ed} &= 40,96 \text{ kN} \\
 M_{y,Ed} &= 0,00 \text{ kNm} \\
 M_{z,Ed} &= 0,00 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{y,Ed} &= 0,00 \text{ kN} \\
 V_{z,Ed} &= 0,00 \text{ kN} \\
 T_{Ed} &= 0,00 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

8.3. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typ průřezu:

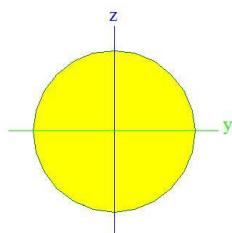
RD 20

Materiál:

S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,
 $E = 210 \text{ GPa}$

Výroba:

válcovaný



d [mm]	20
A [mm ²]	314

8.4. Posouzení mezního stavu únosnosti

Posudek: Prut stálého průřezu; tah

Tah

Návrhová plastická únosnost neoslabeného průřezu:

$$N_{t,Rd} = N_{pl,Rd} = \frac{A_s \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245 \cdot 235}{1,00} = 57575 \text{ N} = 57,58 \text{ kN}$$

$$A_s = 245 \text{ mm}^2 \text{ - pro M20}$$

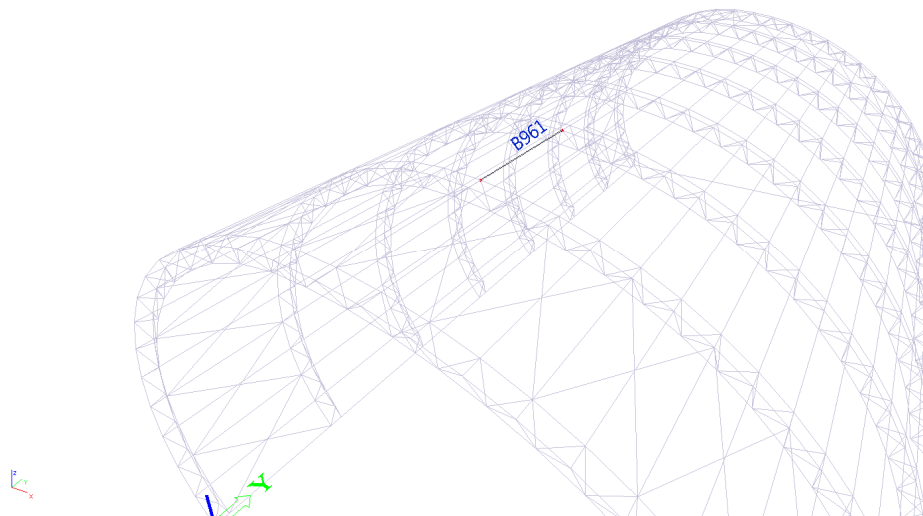
$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{40,96}{57,58} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,71 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

9. Posouzení spojů

9.1. Detail 1 - Připojení vaznice na horní pás



9.1.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém spoji

$$N_{Ed} = 17,56 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,01 \text{ kN}$$

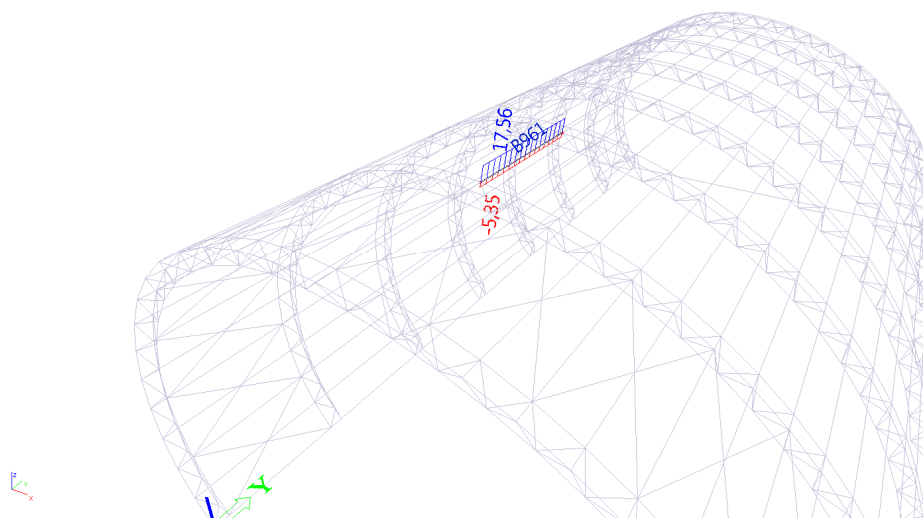
$$M_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 0,10 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$T_{Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

Vzhledem k dostatečné rezervě v únosnosti spoje a malé velikosti smykových sil tyto síly v posouzení spoje zanedbávám.



9.1.2. Průřezové a materiálové charakteristiky

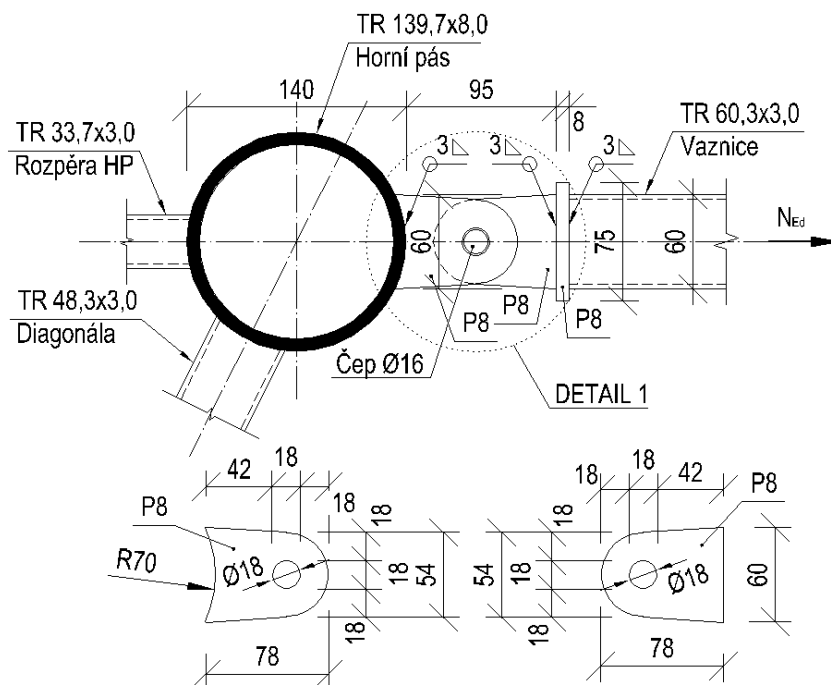
Typy prvků:	Horní pás:	TR 139,7x8,0	S235
	Vaznice:	TR 60,3x3,0	S235
	Plech:	P8	S235
	Čep:	d = 16 mm	S235
Materiál:	S235 → $f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,		
	$E = 210 \text{ GPa}$		
Svary:	$a = 3 \text{ mm}$		
	$a_{\min} = 3 \text{ mm} \leq a = 3 \text{ mm}$	VYHOVUJE	
	$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 3 = 3,3 \text{ mm} \geq a = 3 \text{ mm}$		

Rozsah platnosti pro svařované styčníky:

$$10 \leq d_0/t_0 = 139,7/8,0 = 17,46 \leq 50 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\beta = b_i / d_0 = 60 / 139,7 = 0,429 \geq 0,4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Detail spoje:



9.1.3. Návrh a posouzení čepu

Geometrie:

$$d_0 = d + 2 \text{ mm} = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{17950 \cdot 1,0}{2 \cdot 8 \cdot 235} + \frac{2 \cdot 18}{3} = 16,77 \text{ mm} \rightarrow a = 18 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{17950 \cdot 1,0}{2 \cdot 8 \cdot 235} + \frac{18}{3} = 10,77 \text{ mm} \rightarrow c = 18 \text{ mm}$$

Únosnost čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 201 \cdot 360 / 1,25 = 54270 \text{ N} = 54,27 \text{ kN}$$

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

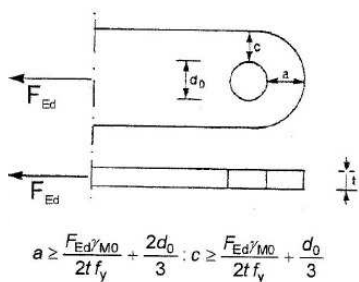
$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 16^2}{4} = 201 \text{ mm}^2$$

$$f_{up} = 360 \text{ MPa}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{17,56}{54,27} \leq 1,00$$

$$0,32 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



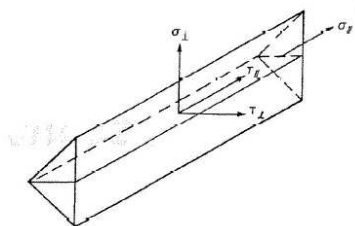
Únosnost plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1,5 \cdot 8 \cdot 16 \cdot 235 / 1,00 = 45120 \text{ N} = 45,12 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{17,56}{45,12} \leq 1,00$$

$$0,39 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



9.1.4. Návrh a posouzení svarů

Posouzení svaru čelní desky - vaznice

Účinná výška svaru: $a = 3 \text{ mm}$

Účinná délka svaru: $l = \pi \cdot d = \pi \cdot 60,3 = 189,44 \text{ mm}$

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{17560}{189,44 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}} = 21,85 \text{ MPa}$$

$$[21,85^2 + 3 \cdot (21,85^2 + 0^2)]^{0,5} = 43,70 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

$\rightarrow \text{VYHOVUJE}$

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

$$21,85 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru styčnickový plech - čelní deska

Účinná výška svaru: $a = 3 \text{ mm}$

Účinná délka svaru: $l = 2 \cdot (60 - 2 \cdot a) = 2 \cdot (60 - 2 \cdot 3) = 108 \text{ mm}$

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{17560}{108 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}} = 38,32 \text{ MPa}$$

$$[38,32^2 + 3 \cdot (38,32^2 + 0^2)]^{0,5} = 76,64 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

$\rightarrow \text{VYHOVUJE}$

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

$$38,32 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru styčnickový plech - horní pás

Účinná výška svaru: $a = 3 \text{ mm}$

Účinná délka svaru: $l = 2 \cdot (62 - 2 \cdot a) = 2 \cdot (62 - 2 \cdot 3) = 112 \text{ mm}$

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{17560}{112 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}} = 36,95 \text{ MPa}$$

$$[36,95^2 + 3 \cdot (36,95^2 + 0^2)]^{0,5} = 73,90 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

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

$$36,95 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

9.1.5. Posouzení styčnickového plechu na tah

$$N_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 288 \cdot 360}{1,25} = 74650 \text{ N} = 74,65 \text{ kN}$$

$$A_{net} = 2 \cdot 18 \cdot 8 = 288 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{17,56}{74,65} \leq 1,00$$

0,24 ≤ 1,00 → VYHOVUJE

9.1.6. Návrhová únosnost svařovaných styčníků

Porušení povrchu pásu

$$N_{i,Rd} = k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (4 + 20 \cdot \beta^2) / \gamma_{M5} =$$

$$= 1,0 \cdot 235 \cdot 8^2 \cdot (4 + 20 \cdot 0,429^2) / 1,0 = 115520 \text{ N} = 115,52 \text{ kN}$$

$$k_p = 1,0 \text{ (tah)}$$

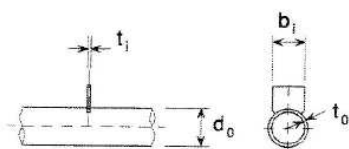
$$\beta = \frac{b_i}{d_0} = \frac{60}{139,7} = 0,429 \geq 0,4$$

$$\gamma_{M5} = 1,00$$

$$\frac{N_{i,Ed}}{N_{i,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{17,56}{115,52} \leq 1,00$$

0,15 ≤ 1,00 → VYHOVUJE



Porušení prolomením smykem

$$\sigma_{max} t_i = (N_{Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) \cdot t_i \leq 2 \cdot t_0 \cdot (f_{y0} / \sqrt{3}) / \gamma_{M5}$$

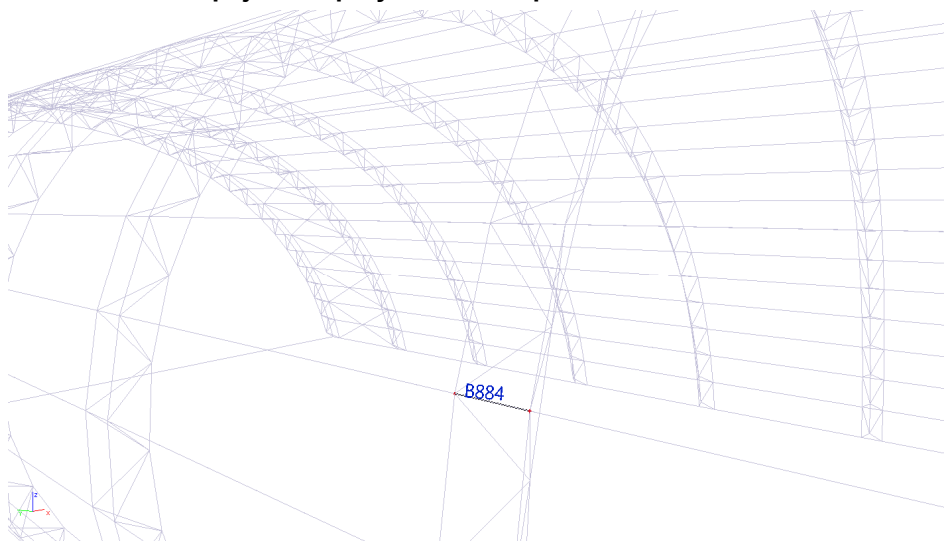
$$\sigma_{max} t_i = (17560 / (62 \cdot 8) + 0) \cdot 8 = 283,23 \text{ Nmm}^{-1}$$

$$\sigma_{max} t_i \leq 2 \cdot 8,0 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,0 = 2170,84 \text{ Nmm}^{-1}$$

$$\sigma_{max} t_i = \textbf{283,23 Nmm}^{-1} \leq \textbf{2170,84 Nmm}^{-1} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

DETAIL 1 - CELÝ VYHOVUJE

9.2. Detail 2 - Připojení rozpěry k hornímu pásu



9.2.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém spoji

$$N_{Ed} = 26,64 \text{ kN}$$

$$V_{y,Ed} = 0,00 \text{ kN}$$

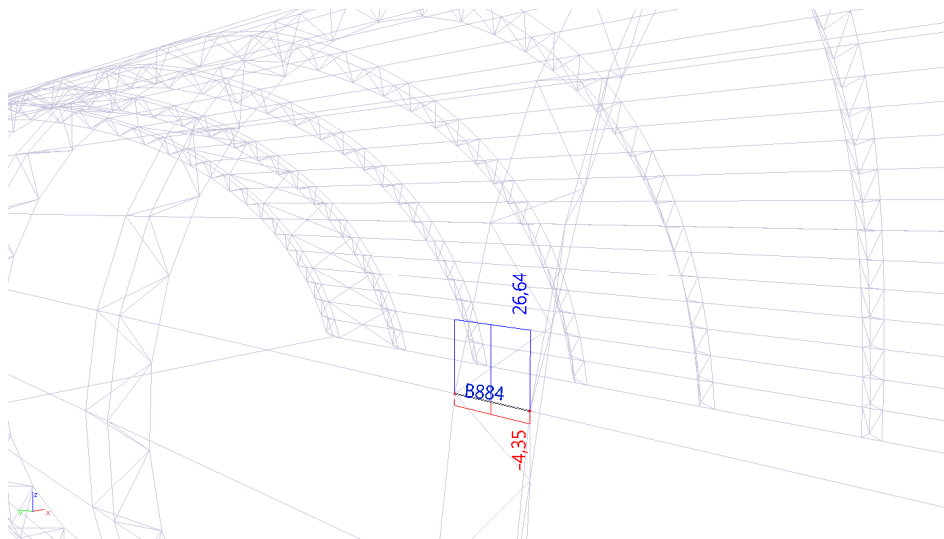
$$M_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$V_{z,Ed} = 0,01 \text{ kN}$$

$$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

$$T_{Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

Vzhledem k dostatečné rezervě v únosnosti spoje a malé velikosti smykových sil tyto síly v posouzení spoje zanedbávám.



9.2.2. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typy prvků:

Horní pás:

TR 139,7x8,0

S235

Rozpěra:

TR 33,7x3,0

S235

Materiál:

S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,
 $E = 210 \text{ GPa}$

Svary:

$$a = 3 \text{ mm}$$

$$a_{\min} = 3 \text{ mm} \leq a = 3 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

$$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 3 = 3,3 \text{ mm} \geq a = 3 \text{ mm}$$

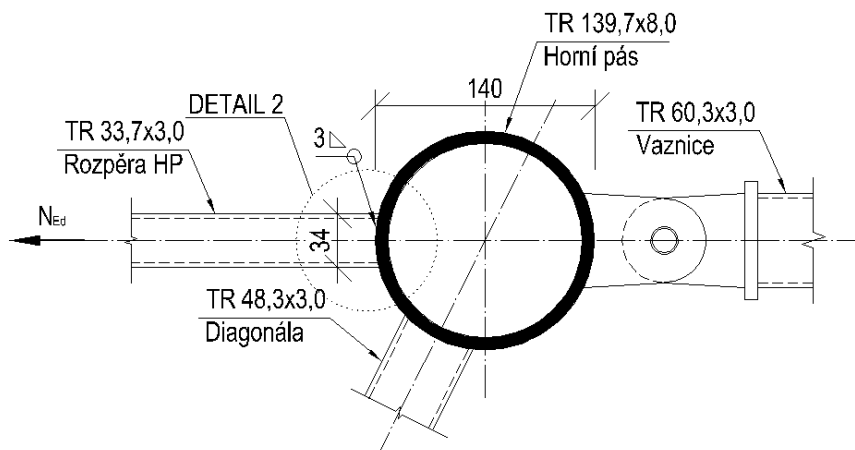
Rozsah platnosti pro svařované styčníky:

$$0,2 \leq d/d_0 = 33,7/139,7 = 0,24 \leq 1,0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$10 \leq d_0/t_0 = 139,7/8,0 = 17,46 \leq 50 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$10 \leq d/t_i = 33,7/3,0 = 11,23 \leq 50 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Detail spoje:



9.2.3. Návrh a posouzení svaru

Posouzení svaru rozpěra - horní pás

Svar posouzen jako koutový, efektivní délku svaru uvažují jako délku kružnice (obvod připojovaného prvku). Toto zjednodušení je na stranu bezpečnou z hlediska skutečné délky svaru a z hlediska rozdělení napětí

Účinná výška svaru:

$$a = 3 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$l = \pi \cdot d = \pi \cdot 33,7 = 105,87 \text{ mm}$$

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_{\parallel} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{Ed}}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{26640}{105,87 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}} = 59,31 \text{ MPa}$$

$$[59,31^2 + 3 \cdot (59,31^2 + 0^2)]^{0,5} = 118,62 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

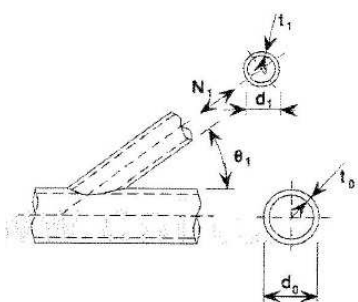
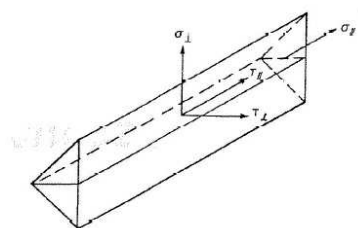
$$\sigma_{\perp} \leq 0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$$

$$59,31 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

9.2.4. Návrhová únosnost svařovaných styčníků

Porušení povrchu pásu

$$N_{1,Rd} = \frac{\gamma^{0,2} \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \cdot (2,8 + 14,2 \cdot \beta^2) / \gamma_{M5}$$



$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{139,7}{2 \cdot 8,0} = 8,73$$

$$k_p = 1,0 \text{ (tah)}$$

$$\theta_i = 90^\circ$$

$$\beta = \frac{d_i}{d_0} = \frac{33,7}{139,7} = 0,241$$

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

$$N_{1,Rd} = \frac{8,73^{0,2} \cdot 1,0 \cdot 235 \cdot 8,0^2}{\sin 90^\circ} \cdot (2,8 + 14,2 \cdot 0,241^2) / 1,0 =$$

$$= 84087 \text{ N} = 84,09 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} \leq 1,00$$

$$N_{1,Rd}$$

$$\frac{26,64}{84,09} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,32 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

Porušení prolomením smykem

Když $d_i \leq d_0 - 2t_0$; $33,7 \text{ mm} \leq 139,7 - 2 \cdot 8,0 = 123,7 \text{ mm}$ tak:

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_i \cdot \frac{1 + \sin \theta_i}{2 \cdot \sin^2 \theta_i} / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = \frac{235}{\sqrt{3}} \cdot 8 \cdot \pi \cdot 33,7 \cdot \frac{1 + \sin 90^\circ}{2 \cdot \sin^2 90^\circ} / 1,0 = 114915 \text{ N} = 114,92 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} \leq 1,00$$

$$N_{1,Rd}$$

$$\frac{26,64}{114,92} \leq 1,00$$

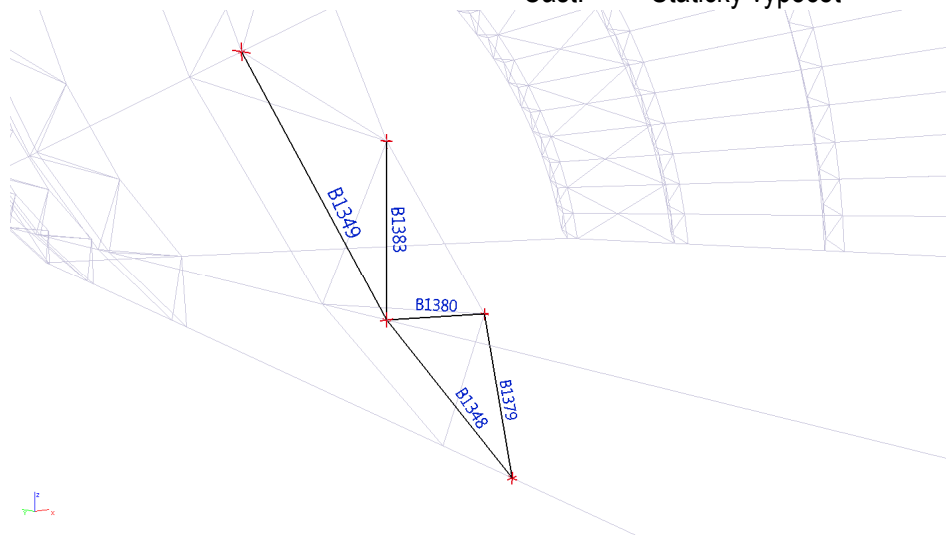
$$\underline{\underline{0,23 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

DETAIL 2 - CELÝ VYHOVUJE

9.3. Detail 3 - Připojení diagonál k hornímu pásu

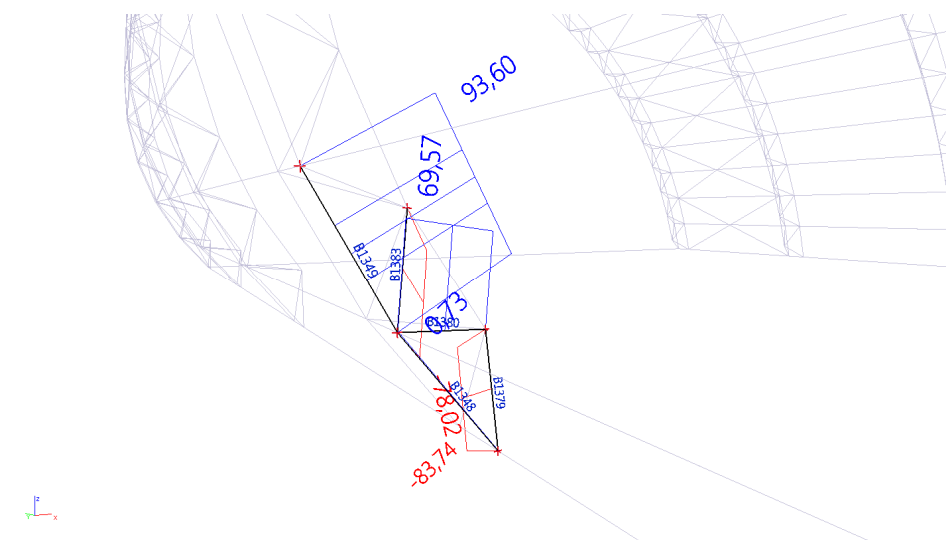
Extrémní hodnoty zatížení od kombinace CO27:

$$\text{CO27} = 1,35 \cdot \text{LC1} + 1,35 \cdot \text{LC2} + 1,50 \cdot \text{LC4} + 0,90 \cdot \text{LC11}$$



9.3.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém spoji

Horní pás: $N_{Ed,B1348} = 0,73 \text{ kN}$ Diagonály: $N_{Ed,B1379} = -83,74 \text{ kN}$
 $N_{Ed,B1349} = 93,60 \text{ kN}$ $N_{Ed,B1380} = 69,57 \text{ kN}$
 $M_{Ed,B1349} = 1,44 \text{ kNm}$ $N_{Ed,B1383} = -78,02 \text{ kN}$



9.3.2. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typy prvků: Horní pás: TR 139,7x8,0 S235
 Diagonála: TR 48,3x3,0 S235
 Materiál: S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,
 $E = 210 \text{ GPa}$
 Svary: $a = 3 \text{ mm}$
 $a_{\min} = 3 \text{ mm} \leq a = 3 \text{ mm}$ VYHOVUJE
 $a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 3 = 3,3 \text{ mm} \geq a = 3 \text{ mm}$ VYHOVUJE

Rozsah platnosti pro svařované styčníky:

$0,2 \leq d/d_0 = 48,3/139,7 = 0,35 \leq 1,0$ VYHOVUJE
 $10 \leq d_0/t_0 = 139,7/8,0 = 17,46 \leq 50$ VYHOVUJE
 $10 \leq d/t_i = 48,3/3,0 = 16,10 \leq 50$ VYHOVUJE
 $g = 70 \text{ mm} \geq t_1 + t_2 = 3 + 3 = 6 \text{ mm}$ VYHOVUJE

Značení a hodnoty dle normy:

$$\theta_1 = \theta_2 = 44^\circ$$

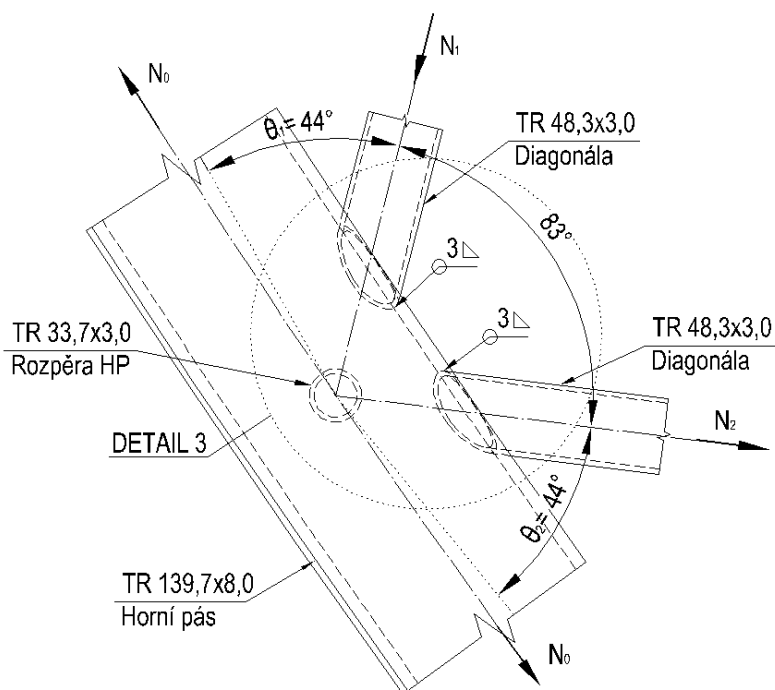
$$N_1 = -78,02 \text{ kN}$$

$$N_2 = 69,57 \text{ kN}$$

$$N_0 = 93,60 \text{ kN}$$

$$M_{0,Ed} = 1,44 \text{ kNm}$$

Detail spoje:



9.3.3. Návrh a posouzení svaru

Posouzení svaru diagonála - horní pás

Svar posouzen jako koutový, efektivní délku svaru uvažují jako délku kružnice (obvod připojovaného prvku). Toto zjednodušení je na stranu bezpečnou z hlediska skutečné délky svaru a z hlediska rozdělení napětí

Posouzení svaru pro prut **B1379** - tento prut se sice nenachází v posuzovaném styčnicku, avšak na něj působí maximální normálová síla $N_{Ed,B1379} = -83,74 \text{ kN}$, vyhoví-li svar pro tento prut, vyhoví i pro pruty ostatní, kde je menší normálová síla.

Účinná výška svaru:

$$a = 3 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$l = \pi \cdot d = \pi \cdot 48,3 = 151,74 \text{ mm}$$

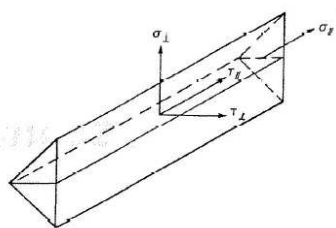
$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$N_{\parallel} = \cos \theta \cdot N_{Ed} = \cos 44^\circ \cdot 83,74 = 60,24 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = \sin \theta \cdot N_{Ed} = \sin 44^\circ \cdot 83,74 = 58,17 \text{ kN}$$



$$\tau_{//} = \frac{N_{//}}{l \cdot a} = \frac{60240}{151,74 \cdot 3} = 132,33 \text{ MPa}$$

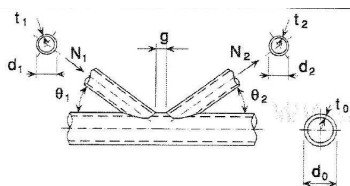
$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{58170}{151,74 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}} = 90,36 \text{ MPa}$$

$$\left[90,36^2 + 3 \cdot (90,36^2 + 132,33^2) \right]^{0,5} = 291,88 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

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

$$90,36 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$



9.3.4. Návrhová únosnost svařovaných styčníků

Porušení povrchu pásu

$$N_{1,Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{d_1}{d_2} \right) / \gamma_{M5}$$

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

$$= 8,73^{0,2} \cdot \left(1 + \frac{0,024 \cdot 8,73^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot 70 / 8,0 - 1,33)} \right) = 1,565$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{139,7}{2 \cdot 8,0} = 8,73$$

$$k_p = 1 - 0,3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0,188 \cdot (1 + 0,188) = 0,933 \leq 1,0$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed} / f_{y0}}{\gamma_{M5}} = \frac{44,10 / 235}{1,0} = 0,188$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{99680}{3310} + \frac{1,44 \cdot 10^6}{103,00 \cdot 10^3} =$$

$$= 44,10 \text{ MPa}$$

$$N_{p,Ed} = N_{0,Ed} - \sum_{0 < i} N_{i,Ed} \cdot \cos \theta_i =$$

$$= 93,60 + 78,02 \cdot \cos 44^\circ - 69,57 \cdot \cos 44^\circ = 99,68 \text{ kN}$$

$$A_0 = 3310 \text{ mm}^2$$

$$W_{el,0} = 103,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\theta_i = 44^\circ$$

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

$$N_{1,Rd} = \frac{1,565 \cdot 0,933 \cdot 235 \cdot 8,0^2}{\sin 44^\circ} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{48,3}{48,3} \right) / 1,0 = 379362 \text{ N} =$$

$$= 379,36 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{78,02}{379,36} \leq 1,00$$

0,21 ≤ 1,00 → VYHOVUJE

$$N_{2,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \cdot N_{1,Rd} = \frac{\sin 44^\circ}{\sin 44^\circ} \cdot 379,36 = 379,36 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{69,57}{379,36} \leq 1,00$$

0,18 ≤ 1,00 → VYHOVUJE

Porušení prolomením smykem

Když $d_i \leq d_o - 2t_0$; $48,3 \text{ mm} \leq 139,7 - 2 \cdot 8,0 = 123,7 \text{ mm}$ tak:

$$N_{i,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_i \cdot \frac{1 + \sin \theta_i}{2 \cdot \sin^2 \theta_i} / \gamma_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = N_{2,Rd} = \frac{235}{\sqrt{3}} \cdot 8 \cdot \pi \cdot 48,3 \cdot \frac{1 + \sin 44^\circ}{2 \cdot \sin^2 44^\circ} / 1,0 = 289204 \text{ N} = 289,20 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{78,02}{289,20} \leq 1,00$$

0,27 ≤ 1,00 → VYHOVUJE

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{69,57}{289,20} \leq 1,00$$

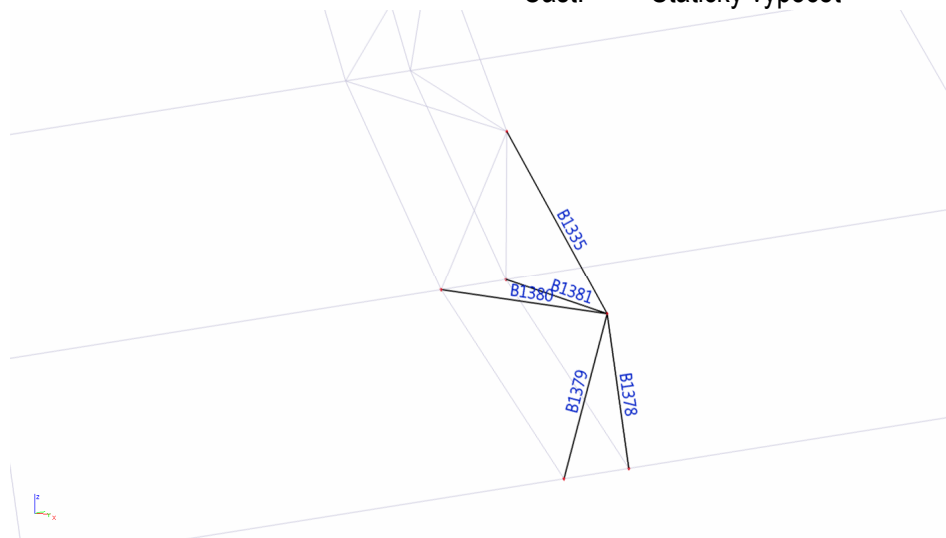
0,24 ≤ 1,00 → VYHOVUJE

DETAIL 3 - CELÝ VYHOVUJE

9.4. Detail 4 - Připojení diagonál k dolnímu pásu

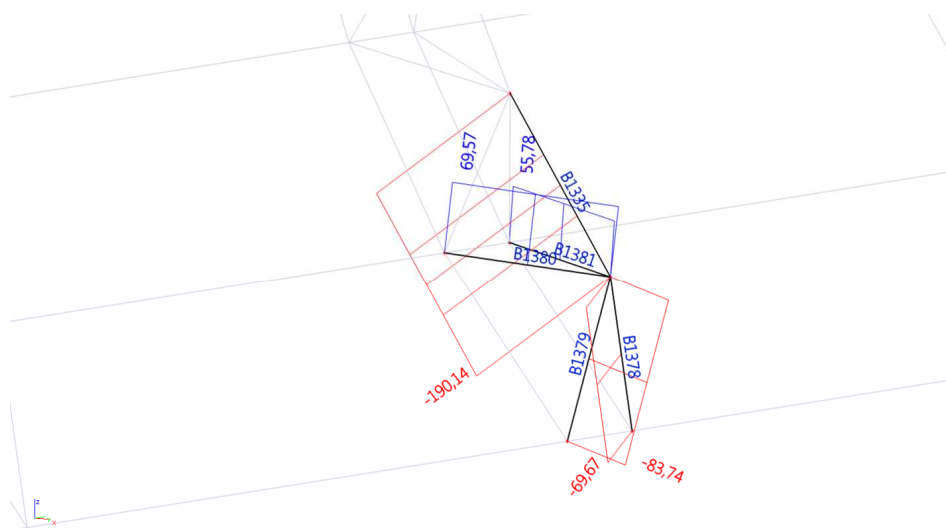
Extrémní hodnoty zatížení od kombinace CO27 jako u detailu 3:

$$CO27 = 1,35 \cdot LC1 + 1,35 \cdot LC2 + 1,50 \cdot LC4 + 0,90 \cdot LC11$$



9.4.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém spoji

Dolní pás: $N_{Ed,B1335} = -190,14 \text{ kN}$ $M_{Ed,B1335} = 0,00 \text{ kN}$ Diagonály: $N_{Ed,B1378} = -69,67 \text{ kN}$
 $N_{Ed,B1379} = -83,74 \text{ kN}$
 $N_{Ed,B1380} = 69,57 \text{ kN}$
 $N_{Ed,B1383} = 55,78 \text{ kN}$



9.4.2. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typy prvků: Horní pás: TR 139,7x8,0 S235
 Diagonála: TR 48,3x3,0 S235
 Materiál: S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,
 $E = 210 \text{ GPa}$
 Svary: $a = 3 \text{ mm}$
 $a_{\min} = 3 \text{ mm} \leq a = 3 \text{ mm}$ VYHOVUJE
 $a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 3 = 3,3 \text{ mm} \geq a = 3 \text{ mm}$ VYHOVUJE

Rozsah platnosti pro svařované styčníky:

$0,2 \leq d/d_0 = 48,3/139,7 = 0,35 \leq 1,0$ VYHOVUJE
 $10 \leq d_0/t_0 = 139,7/8,0 = 17,46 \leq 50$ VYHOVUJE
 $10 \leq d/t_i = 48,3/3,0 = 16,10 \leq 50$ VYHOVUJE

$$g = 15 \text{ mm} \geq t_1 + t_2 = 3 + 3 = 6 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Značení a hodnoty dle normy:

$$\theta_1 = \theta_2 = 49^\circ$$

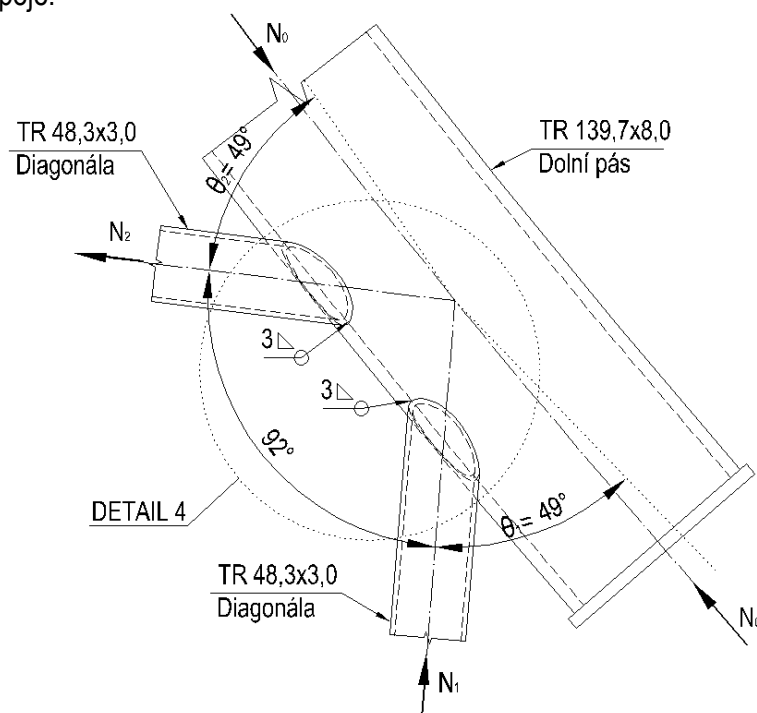
$$N_1 = -83,74 \text{ kN}$$

$$N_2 = 69,57 \text{ kN}$$

$$N_0 = -190,14 \text{ kN}$$

$$M_{0,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$$

Detail spoje:



9.4.3. Návrh a posouzení svaru

Posouzení svaru diagonála - horní pás

Svar posouzen jako koutový, efektivní délku svaru uvažují jako délku kružnice (obvod připojovaného prvku). Toto zjednodušení je na stranu bezpečnou z hlediska skutečné délky svaru a z hlediska rozdělení napětí

Posouzení svaru pro prut **B1379** - s maximální normálovou silou $N_{Ed,B1379} = -83,74 \text{ kN}$, vyhoví-li svar pro tento prut, vyhoví i pro pruty ostatní, kde je menší normálová síla.

Účinná výška svaru:

$$a = 3 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$l = \pi \cdot d = \pi \cdot 48,3 = 151,74 \text{ mm}$$

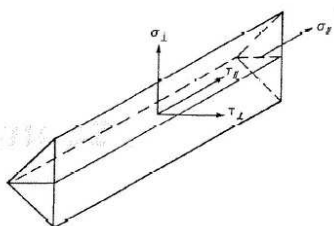
$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$N_{\parallel} = \cos \theta \cdot N_{Ed} = \cos 49^\circ \cdot 83,74 = 54,94 \text{ kN}$$

$$N_{\perp} = \sin \theta \cdot N_{Ed} = \sin 49^\circ \cdot 83,74 = 63,20 \text{ kN}$$



$$\tau_{//} = \frac{N_{//}}{l \cdot a} = \frac{54940}{151,74 \cdot 3} = 120,69 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{N_{\perp}}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{63200}{151,74 \cdot 3 \cdot \sqrt{2}} = 98,17 \text{ MPa}$$

$$\left[98,17^2 + 3 \cdot (98,17^2 + 120,69^2) \right]^{0,5} = 286,79 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

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

$$98,17 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

9.4.4. Návrhová únosnost svařovaných styčnicků

Únosnost prostorového styčnicku se určí pro každou důležitou rovinu za pomoci redukčního součinitele. Součinitelem se redukuje únosnost rovinného styčnicku.

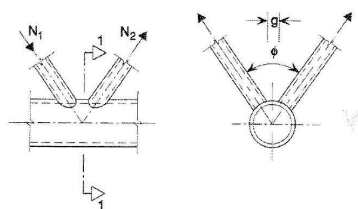
Předpoklad v řezu 1-1 pro styčnick KK:

$$\left[\frac{N_{0,Ed}}{N_{pl,0,Rd}} \right]^2 + \left[\frac{V_{0,Ed}}{V_{pl,0,Rd}} \right]^2 \leq 1,00$$

$$\left[\frac{190,14}{768,83} \right]^2 + \left[\frac{0,00}{V_{pl,0,Rd}} \right]^2 \leq 1,00$$

$$0,06 + 0 \leq 1,00$$

$0,06 \leq 1,00 \rightarrow$ Redukční součinitel pro prostorové styčnický $\mu = 0,9$ (pro redukcí únosnosti rovinného styčnicku)



Porušení povrchu pásu

-řešení jako rovinný styčnick K:

$$\mu \cdot N_{1,Rd} = \frac{k_g \cdot k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2}{\sin \theta_1} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{d_1}{d_2} \right) / \gamma_{M5}$$

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

$$= 8,73^{0,2} \cdot \left(1 + \frac{0,024 \cdot 8,73^{1,2}}{1 + \exp(0,5 \cdot 70 / 8,0 - 1,33)} \right) = 1,565$$

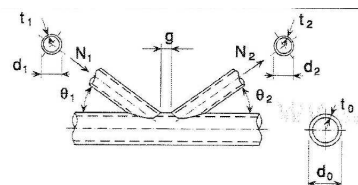
$$g = 70 \text{ mm}$$

$$\gamma = \frac{d_0}{2 \cdot t_0} = \frac{139,7}{2 \cdot 8,0} = 8,73$$

$$k_p = 1 - 0,3 \cdot n_p \cdot (1 + n_p) = 1 - 0,3 \cdot 0,233 \cdot (1 + 0,233) = 0,914 \leq 1,0$$

$$n_p = \frac{\sigma_{p,Ed} / f_{y0}}{\gamma_{M5}} = \frac{54,64 / 235}{1,0} = 0,233$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{N_{p,Ed}}{A_0} + \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} = \frac{180840}{3310} + \frac{0,00 \cdot 10^6}{103,00 \cdot 10^3} = 54,64 \text{ MPa}$$



$$N_{p,Ed} = N_{0,Ed} - \sum_{0 < i} N_{i,Ed} \cdot \cos \theta_i =$$

$$= -190,14 + 83,74 \cdot \cos 49^\circ - 69,57 \cdot \cos 49^\circ =$$

$$= -180,84 \text{ kN}$$

$$A_0 = 3310 \text{ mm}^2$$

$$W_{el,0} = 103,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\theta_i = 49^\circ$$

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

$$\mu \cdot N_{1,Rd} = \frac{1,565 \cdot 0,914 \cdot 235 \cdot 8,0^2}{\sin 49^\circ} \cdot \left(1,8 + 10,2 \cdot \frac{48,3}{48,3} \right) / 1,0 = 342066 \text{ N} =$$

$$= 342,07 \text{ kN} \rightarrow 0,9 \cdot 342,07 = 307,86 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{83,74}{307,86} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,27 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

$$N_{2,Rd} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} \cdot N_{1,Rd} = \frac{\sin 49^\circ}{\sin 49^\circ} \cdot 307,86 = 307,86 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{69,57}{307,86} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,23 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

Porušení prolomením smykem

Když $d_i \leq d_0 - 2t_0$; $48,3 \text{ mm} \leq 139,7 - 2 \cdot 8,0 = 123,7 \text{ mm}$ tak:

$$\mu \cdot N_{i,Rd} = \frac{f_{y0}}{\sqrt{3}} \cdot t_0 \cdot \pi \cdot d_i \cdot \frac{1 + \sin \theta_i}{2 \cdot \sin^2 \theta_i} / \gamma_{M5}$$

$$\mu \cdot N_{1,Rd} = N_{2,Rd} = \frac{235}{\sqrt{3}} \cdot 8 \cdot \pi \cdot 48,3 \cdot \frac{1 + \sin 49^\circ}{2 \cdot \sin^2 49^\circ} / 1,0 =$$

$$= 253694 \text{ N} = 253,69 \text{ kN} \rightarrow 0,9 \cdot 253,69 = 228,32 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{1,Ed}}{N_{1,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{83,74}{228,32} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,37 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

$$\frac{N_{2,Ed}}{N_{2,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{69,57}{228,32} \leq 1,00$$

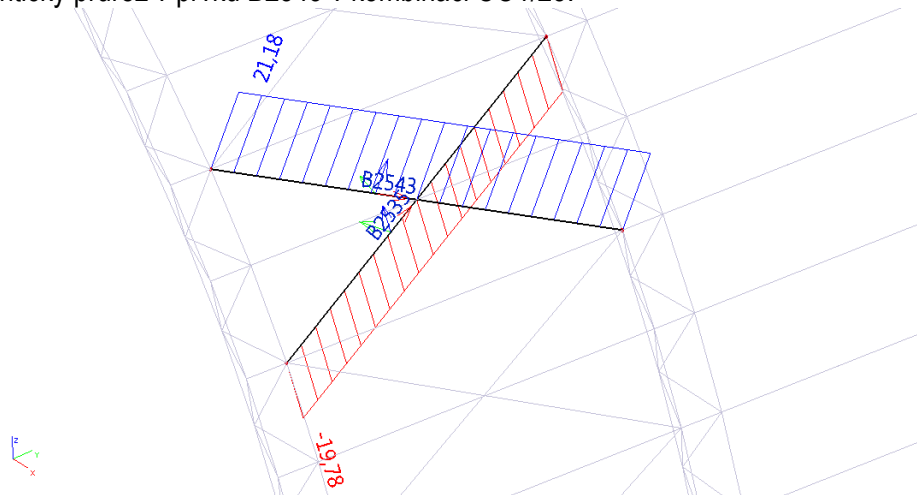
0,30 ≤ 1,00 → VYHOVUJE

DETAIL 4 - CELÝ VYHOVUJE

9.5. Detail 5 - Připojení příčného ztužidla k hornímu pásu

9.5.1. Návrhové hodnoty vnitřních sil v kritickém spoji

Kritický průřez v prvku B2543 v kombinaci CO1/25.



$$N_{Ed} = |N_{1,Ed}| + |N_{2,Ed}| = 21,18 + 19,78 = 40,96 \text{ kN}$$

Ztužidlo:	$N_{Ed} = 40,96 \text{ kN}$	$V_{y,Ed} = 0,00 \text{ kN}$
	$M_{y,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$	$V_{z,Ed} = 0,00 \text{ kN}$
	$M_{z,Ed} = 0,00 \text{ kNm}$	$T_{Ed} = 0,00 \text{ kNm}$

9.5.2. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typy prvků:	Horní pás:	TR 139,7x8,0	S235
	Ztužidlo:	ø20	S235
	Plech:	P8	S235
	Čep:	d = 16 mm	S235
Materiál:		S235 → $f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$, $E = 210 \text{ GPa}$	

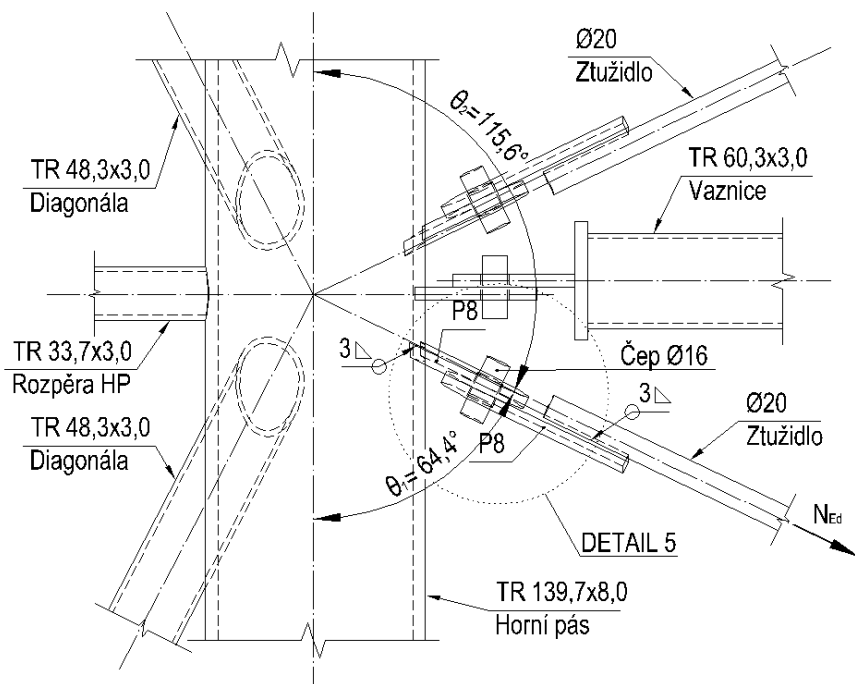
Svary:	a = 3 mm	
	$a_{\min} = 3 \text{ mm} \leq a = 3 \text{ mm}$	VYHOVUJE
	$a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 8 = 9,7 \text{ mm} \geq a = 3 \text{ mm}$	VYHOVUJE

Rozsah platnosti pro svařované styčníky:

$$10 \leq d_0/t_0 = 139,7/8,0 = 17,46 \leq 50 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\beta = b_i / d_0 = 60 / 139,7 = 0,429 \geq 0,4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Detail spoje:



9.5.3. Návrh a posouzení čepu

Geometrie:

$$d_0 = d + 2 \text{ mm} = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{17950 \cdot 1,0}{2 \cdot 8 \cdot 235} + \frac{2 \cdot 18}{3} = 16,77 \text{ mm} \rightarrow a = 18 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{17950 \cdot 1,0}{2 \cdot 8 \cdot 235} + \frac{18}{3} = 10,77 \text{ mm} \rightarrow c = 18 \text{ mm}$$

Únosnost čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot 201 \cdot 360 / 1,25 = 54270 \text{ N} = 54,27 \text{ kN}$$

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

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 16^2}{4} = 201 \text{ mm}^2$$

$$f_{up} = 360 \text{ MPa}$$

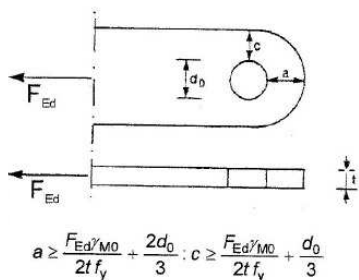
$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{40,96}{54,27} \leq 1,00$$

$$0,75 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost plechu a čepu v otláčení

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1,5 \cdot 8 \cdot 16 \cdot 235 / 1,00 = 45120 \text{ N} = 45,12 \text{ kN}$$



$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{40,96}{45,12} \leq 1,00$$

$$\underline{0,91 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

9.5.4. Návrh a posouzení svarů

Posouzení svaru styčnickový plech - horní pás, úhel $\theta_2 = 180^\circ - \theta_1 = 115,60^\circ$

Síla působící na svar:

$$N_{Ed}/2 = 40,96/2 = 20,48 \text{ kN}$$

Účinná výška svaru:

$$a = 3 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$l = 62 - 2 \cdot a = 62 - 2 \cdot 3 = 56 \text{ mm}$$

Úhly pro výpočet $\tau_\perp$ a $\sigma_\parallel$:

$$\alpha = \theta_2/2 = 115,60/2 = 57,80^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90 - 57,80 = 32,20^\circ$$

$$[\sigma_\perp^2 + 3 \cdot (\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_\parallel = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_\perp = \frac{N_{Ed}}{l \cdot a} \cdot \cos \alpha = \frac{20480}{56 \cdot 3} \cdot \cos 57,80^\circ = 64,96 \text{ MPa}$$

$$\sigma_\perp = \frac{N_{Ed}}{l \cdot a} \cdot \cos \beta = \frac{20480}{56 \cdot 3} \cdot \cos 32,20^\circ = 103,15 \text{ MPa}$$

$$[103,15^2 + 3 \cdot (64,96^2 + 0^2)]^{0,5} = 152,64 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

$\rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$

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

$$103,15 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

Posouzení svaru styčnickový plech - horní pás, úhel $\theta_1 = 64,40^\circ$

Síla působící na svar:

$$N_{Ed}/2 = 40,96/2 = 20,48 \text{ kN}$$

Účinná výška svaru:

$$a = 3 \text{ mm}$$

Účinná délka svaru:

$$l = 62 - 2 \cdot a = 62 - 2 \cdot 3 = 56 \text{ mm}$$

Úhly pro výpočet $\tau_\perp$ a $\sigma_\parallel$:

$$\alpha = \theta_1/2 = 64,40/2 = 32,20^\circ$$

$$\beta = 90^\circ - \alpha = 90 - 32,20 = 57,80^\circ$$

$$[\sigma_\perp^2 + 3 \cdot (\tau_\perp^2 + \tau_\parallel^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_\parallel = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_\perp = \frac{N_{Ed}}{l \cdot a} \cdot \cos \alpha = \frac{20480}{56 \cdot 3} \cdot \cos 32,20^\circ = 103,15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_\perp = \frac{N_{Ed}}{l \cdot a} \cdot \cos \beta = \frac{20480}{56 \cdot 3} \cdot \cos 57,80^\circ = 64,96 \text{ MPa}$$

$$[64,96^2 + 3 \cdot (103,15^2 + 0^2)]^{0,5} = 190,10 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

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

$$64,96 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení svaru styčnickový plech - tyč ztužidla

Síla působící na svar: $N_{Ed} = 40,96 \text{ kN}$

Účinná výška svaru: $a = 3 \text{ mm}$

Účinná délka svaru: $l = 2 \cdot (60 - 2 \cdot a) = 2 \cdot (60 - 2 \cdot 3) = 108 \text{ mm}$

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_{\parallel} = \frac{N_{\parallel}}{l \cdot a} = \frac{40960}{108 \cdot 3} = 126,42 \text{ MPa}$$

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

$$[0^2 + 3 \cdot (0^2 + 126,42^2)]^{0,5} = 218,97 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

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

$$0 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

9.5.5. Posouzení styčnickového plechu na tah

$$N_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 288 \cdot 360}{1,25} = 74650 \text{ N} = 74,65 \text{ kN}$$

$$A_{net} = 2 \cdot 18 \cdot 8 = 288 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{40,96}{74,65} \leq 1,00$$

$$0,55 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

9.5.6. Návrhová únosnost svařovaných styčníků

Ve styčniku působí mimo posuzovanou sílu $N_{Ed,1} = 40,96 \text{ kN}$ zároveň síla $N_{Ed,3} = 3,03 \text{ kN}$ od vaznice.

Výpočet $N_{i,Ed}$: $N_{i,Ed} = N_{Ed,1} \cdot \sin \theta_1 + N_{Ed,3} = 40,96 \cdot \sin 64,40^\circ + 3,03 = 39,97 \text{ kN}$

Porušení povrchu pásu

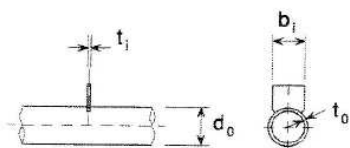
$$N_{i,Rd} = k_p \cdot f_{y0} \cdot t_0^2 \cdot (4 + 20 \cdot \beta^2) / \gamma_{M5} =$$

$$= 1,0 \cdot 235 \cdot 8^2 \cdot (4 + 20 \cdot 0,429^2) / 1,0 = 115520 \text{ N} = 115,52 \text{ kN}$$

$$k_p = 1,0 \text{ (tah)}$$

$$\beta = \frac{b_i}{d_0} = \frac{60}{139,7} = 0,429 \geq 0,4$$

$$\gamma_{M5} = 1,00$$



$$\frac{N_{i,Ed}}{N_{i,Rd} \cdot \sin \theta_i} \leq 1,00$$

$$\frac{39,97}{115,52 \cdot \sin 64,40^\circ} \leq 1,00$$

0,38 ≤ 1,00 → VYHOVUJE

Porušení prolomením smykem

$$\sigma_{max} t_i = (N_{i,Ed} / A + M_{Ed} / W_{el}) \cdot t_i \leq 2 \cdot t_0 \cdot (f_{y0} / \sqrt{3}) / \gamma_{M5}$$

$$\sigma_{max} t_i = (39970 / (62 \cdot 8) + 0) \cdot 8 = 644,68 \text{ Nmm}^{-1}$$

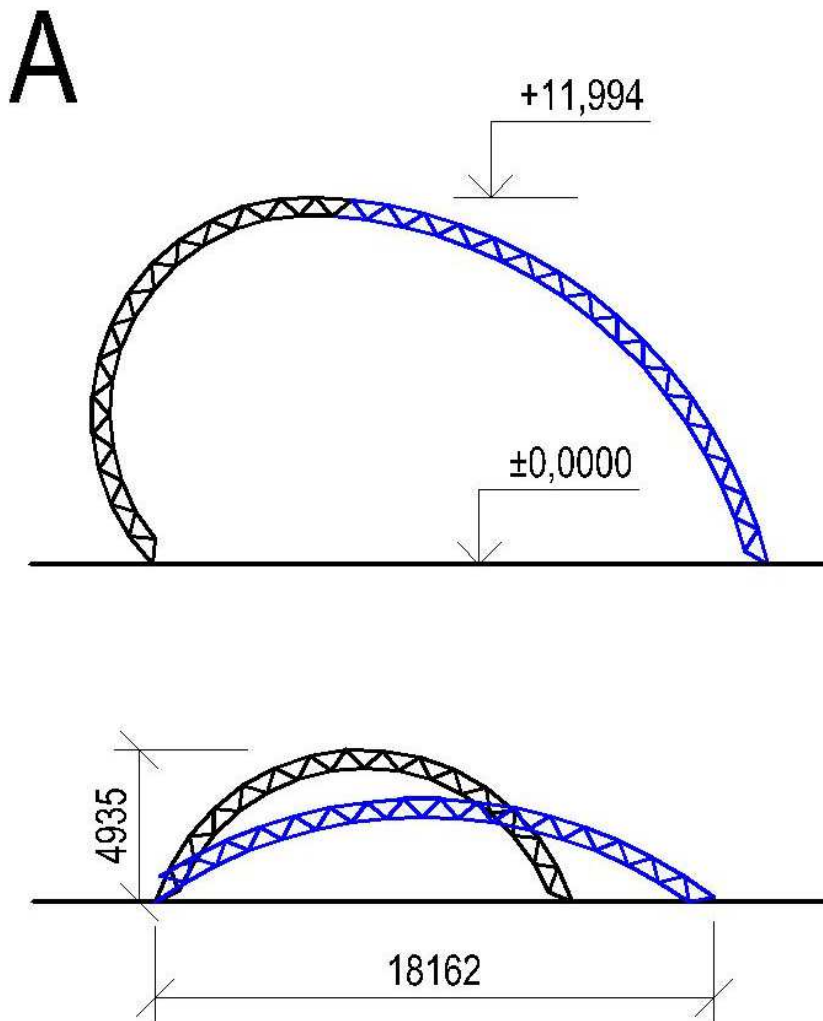
$$\sigma_{max} t_i \leq 2 \cdot 8,0 \cdot (235 / \sqrt{3}) / 1,0 = 2170,84 \text{ Nmm}^{-1}$$

$\sigma_{max} t_i = 644,68 \text{ Nmm}^{-1} \leq 2170,84 \text{ Nmm}^{-1} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

DETAIL 5 - CELÝ VYHOVUJE

10. Montážní spoje

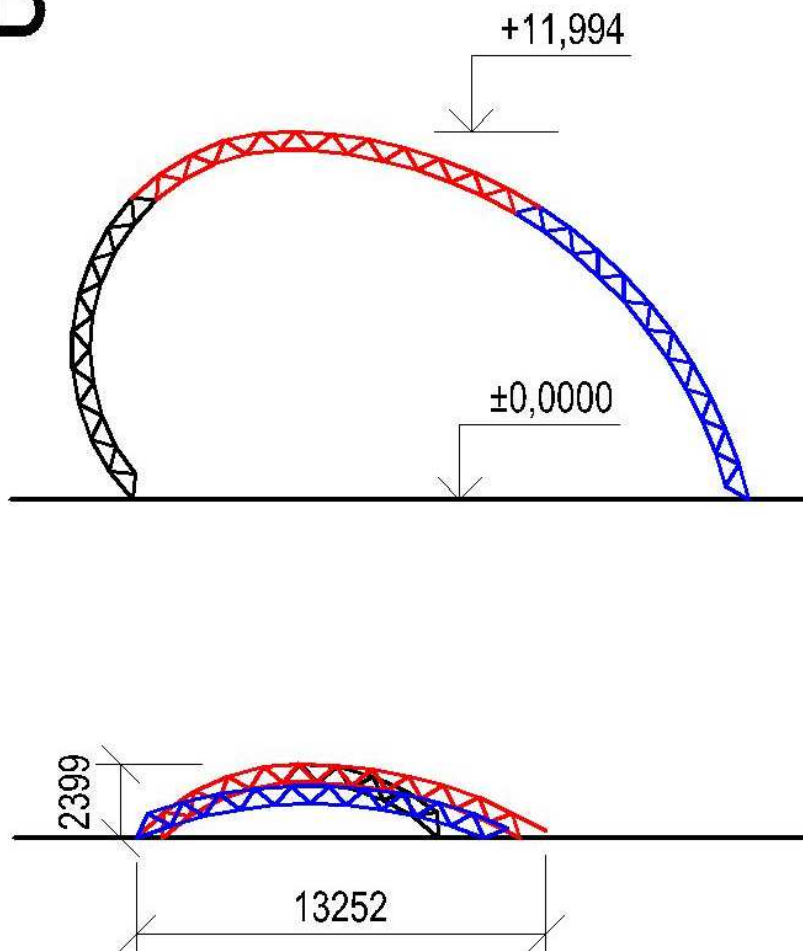
10.1. Varianta A



Ve variantě A byla snaha o umístění montážních spojů v místě nejmenšího namáhání horního a dolního pasu. Příčná vazba byla tak rozdělena ve vrcholu na 2 části. Vzniklé dva celky však nesplňují rozměrové parametry vhodné pro přepravu.

10.2. Varianta B

B



Ve variantě B bylo zvoleno vhodné rozdělení příčné vazby, které umožní přepravu dílců na stavenišť standardní přepravou. Příčná vazba je rozdělena na 3 montážní celky.

Volím variantu B.

Montážní spoj bude proveden na staveništi **tupým 1/2 V svarem**.

11. Posouzení kotvení

11.1. Návrhové hodnoty reakcí

Posouzení je rozděleno na levé a pravé podpory. Reakce v uzlech získány z programu Scia Engineer 2012.

Lineární výpočet, Extrém : Globální
 Výběr : Pojmenovaný výběr - Podpory LEVÁ
 Kombinace : CO1

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>							
Sn21/N533	CO1/6	-28,32	11,12	1,83	0,00	0,00	0,00
Sn20/N691	CO1/7	38,43	4,33	-34,27	0,00	0,00	0,00
Sn25/N343	CO1/8	8,49	-27,92	79,92	0,00	0,00	0,00
Sn24/N501	CO1/2	8,49	27,92	79,92	0,00	0,00	0,00
Sn17/N723	CO1/9	31,31	7,99	-66,31	0,00	0,00	0,00
Sn17/N723	CO1/10	-22,18	-25,72	109,96	0,00	0,00	0,00
Sn17/N723	CO1/11	2,21	-13,82	40,37	0,00	0,00	0,00

Lineární výpočet, Extrém : Globální
 Výběr : Pojmenovaný výběr - Podpory PRAVÁ
 Kombinace : CO1

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>							
Sn4/N110	CO1/7	-63,13	-14,48	106,85	0,00	0,00	0,00
Sn1/N78	CO1/12	47,05	-8,51	-97,85	0,00	0,00	0,00
Sn2/N15	CO1/12	-21,18	-16,67	26,24	0,00	0,00	0,00
Sn16/N800	CO1/9	-21,18	16,67	26,24	0,00	0,00	0,00
Sn14/N705	CO1/5	-62,75	13,94	109,46	0,00	0,00	0,00
Sn1/N78	CO1/11	-1,47	-1,40	16,00	0,00	0,00	0,00

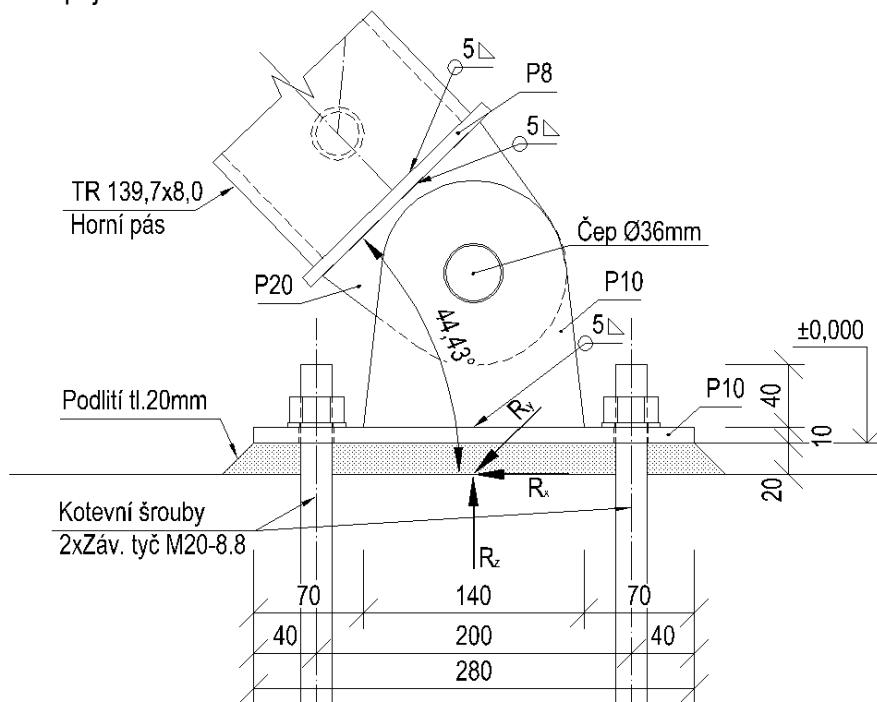
11.2. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typy prvků: Horní pás: TR 139,7x8,0 S235
 Plech: P20 S235
 P10 S235
 Čep: d = 36 mm S235
 Materiál: S235 → $f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,
 $E = 210 \text{ GPa}$
 Svary: a = 5 mm
 $a_{\min} = 3 \text{ mm} \leq a = 5 \text{ mm}$ VYHOVUJE
 $a_{\max} = 1,1 \cdot t_{\min} = 1,1 \cdot 8 = 8,8 \text{ mm} \geq a = 5 \text{ mm}$ VYHOVUJE

11.3. Levá strana - Kotvení K1

11.3.1. Návrh a posouzení čepu

Detail spoje:



Geometrie:

$$F_{Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{109,96^2 + 22,18^2} = 112,17 \text{ kN}$$

$$d_0 = d + 2 \text{ mm} = 36 + 2 = 38 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{112170 \cdot 1,0}{2 \cdot 20 \cdot 235} + \frac{2 \cdot 38}{3} = 37,27 \text{ mm} \rightarrow a = 40 \text{ mm}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_y} + \frac{d_0}{3} = \frac{112170 \cdot 1,0}{2 \cdot 20 \cdot 235} + \frac{38}{3} = 24,60 \text{ mm} \rightarrow c = 40 \text{ mm}$$

Únosnost čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M2} = 2 \cdot 0,6 \cdot 1017,88 \cdot 360 / 1,25 = 351779 \text{ N} = 351,78 \text{ kN}$$

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

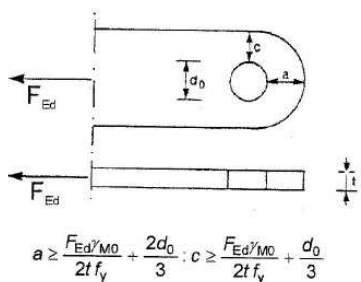
$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 36^2}{4} = 1017,88 \text{ mm}^2$$

$$f_{up} = 360 \text{ MPa}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{112,17}{351,78} \leq 1,00$$

$$0,32 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Samostatný styčnickový plech

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1,5 \cdot 20 \cdot 36 \cdot 235 / 1,00 = 253800 \text{ N} = 253,80 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{112,17}{253,80} \leq 1,00$$

$$\underline{0,44 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

Dvojice styčnickových plechů

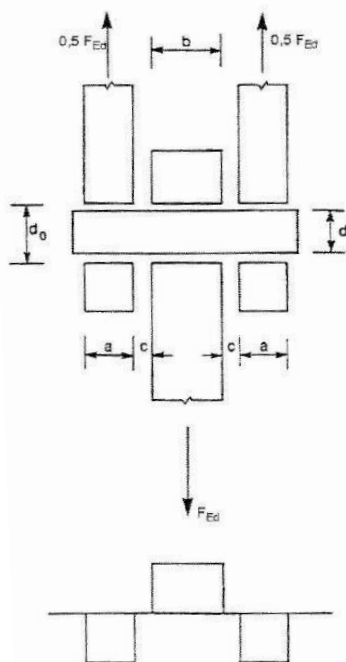
$$0,5 \cdot F_{Ed} = 0,5 \cdot 112,17 = 56,09 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1,5 \cdot 10 \cdot 36 \cdot 235 / 1,00 = 126900 \text{ N} = 126,90 \text{ kN}$$

$$\frac{0,5 \cdot F_{Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{56,09}{126,90} \leq 1,00$$

$$\underline{0,44 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$



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

Únosnost čepu v ohybu

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (b + 4c + 2a) = \frac{112170}{8} \cdot (20 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 10) = 673020 \text{ Nmm} =$$

$$= 0,67 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} = 1,5 \cdot 4580,44 \cdot 235 / 1,00 = 1614605 \text{ Nmm} =$$

$$= 1,61 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{0,67}{1,61} \leq 1,00$$

$$\underline{0,42 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

Únosnost čepu při kombinaci stříhu a ohybu

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,00$$

$$\left[\frac{0,67}{1,61} \right]^2 + \left[\frac{112,17}{351,78} \right]^2 \leq 1,00$$

$$0,173 + 0,102 \leq 1,00$$

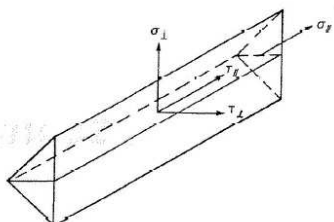
$$\underline{0,28 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}$$

11.3.2. Návrh a posouzení svarů

Posouzení svaru čelní deska - horní pás

$$\text{Účinná výška svaru: } a = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Účinná délka svaru: } l = \pi \cdot d = \pi \cdot 139,7 = 438,88 \text{ mm}$$



Úhel svírající výslednice sil s rovinou svaru: $\theta = 78,03^\circ$

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_{\parallel} = \frac{R_y}{l \cdot a} = \frac{25720}{438,88 \cdot 5} = 11,72 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{Ed,\tau}}{l \cdot a} = \frac{23260}{438,88 \cdot 5} = 10,60 \text{ MPa}$$

$$F_{Ed,\tau} = F_{Ed} \cdot \cos \theta = 112,17 \cdot \cos 78,03^\circ = 23,26 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{Ed,\sigma}}{l \cdot a} = \frac{109730}{438,88 \cdot 5} = 50,00 \text{ MPa}$$

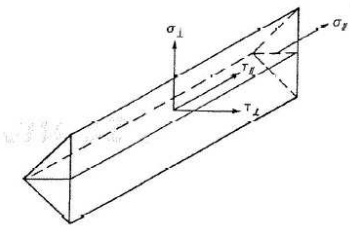
$$F_{Ed,\sigma} = F_{Ed} \cdot \sin \theta = 112,17 \cdot \sin 78,03^\circ = 109,73 \text{ kN}$$

$$[50,00^2 + 3 \cdot (10,60^2 + 11,72^2)]^{0,5} = 57,00 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

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

$$50,00 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$



Posouzení svaru styčnickový plech - čelní deska

Účinná výška svaru: $a = 5 \text{ mm}$

Účinná délka svaru: $l = 2 \cdot (140 - 2 \cdot a) = 2 \cdot (140 - 2 \cdot 5) = 260 \text{ mm}$

Úhel svírající výslednice sil s rovinou čelní desky: $\theta = 56,97^\circ$

Napětí od síly R_y :

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{R_y}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{25720}{260 \cdot 5 \cdot \sqrt{2}} = 13,99 \text{ MPa}$$

Napětí od výslednice F_{Ed} :

$$\tau_{\parallel} : F_{Ed,\tau} = F_{Ed} \cdot \cos \theta = 112,17 \cdot \cos 56,97^\circ = 61,14 \text{ kN}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed,\tau}}{l \cdot a} = \frac{61140}{260 \cdot 5} = 47,03 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \text{ a } \tau_{\perp} : F_{Ed,\sigma} = F_{Ed} \cdot \sin \theta = 112,17 \cdot \sin 56,97^\circ = 94,04 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F_{Ed,\sigma}}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{94040}{260 \cdot 5 \cdot \sqrt{2}} = 51,15 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_{\parallel} = 47,03 \text{ MPa}$$

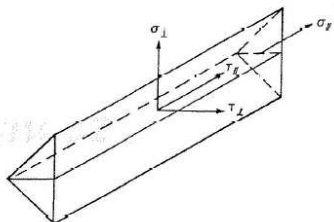
$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 13,99 + 51,15 = 65,14 \text{ MPa}$$

$$\left[65,14^2 + 3 \cdot (65,14^2 + 47,03^2)\right]^{0,5} = 153,65 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

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

$$65,14 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$



Posouzení svaru styčnickový plech - podkladní pásovina

Účinná výška svaru: $a = 5 \text{ mm}$

Účinná délka svaru: $l = 2 \cdot (140 - 2 \cdot a) = 2 \cdot (140 - 2 \cdot 5) = 260 \text{ mm}$

Síly působící na svar:

$$R_z/2 = 109,96/2 = 54,98 \text{ kN}$$

$$R_x/2 = -22,18/2 = -11,09 \text{ kN}$$

$$R_y/2 = -25,72/2 = -12,86 \text{ kN}$$

$$\left[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)\right]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_{\parallel} = \frac{R_x}{l \cdot a} = \frac{11090}{260 \cdot 5} = 8,53 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\perp}$ a $\tau_{\perp}$:

$$\sigma_{\perp,z} = \tau_{\perp,z} = \frac{R_z}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{54980}{260 \cdot 5 \cdot \sqrt{2}} = 29,91 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,y} = \tau_{\perp,y} = \frac{R_y}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{12860}{260 \cdot 5 \cdot \sqrt{2}} = 6,99 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 29,91 + 6,99 = 36,90 \text{ MPa}$$

$$\left[36,90^2 + 3 \cdot (36,90^2 + 8,53^2)\right]^{0,5} = 75,26 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

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

$$36,90 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$

11.3.3. Posouzení styčnickového plechu na tah

$$N_{Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{66,31^2 + 31,31^2} = 73,33 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1600 \cdot 360}{1,25} = 414720 \text{ N} = 414,72 \text{ kN}$$

$$A_{net} = 2 \cdot c \cdot t = 2 \cdot 40 \cdot 20 = 1600 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{73,33}{414,72} \leq 1,00$$

Projekt: Zastřešení tenisové haly
Popis: Bakalářská práce
Autor: Jakub Šašinka
Část: Statický výpočet

$0,18 \leq 1,00 \rightarrow$ VYHOVUJE

11.3.4. Posouzení styčnickového plechu na prostý tlak

$$N_{Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{109,96^2 + 22,18^2} = 112,17 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2320 \cdot 235}{1,00} = 545200N = 545,20kN$$

$$A = 2 \cdot c \cdot t + d \cdot t = 2 \cdot 40 \cdot 20 + 36 \cdot 20 = 2320 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{G,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{112,17}{545,20} \leq 1,00$$

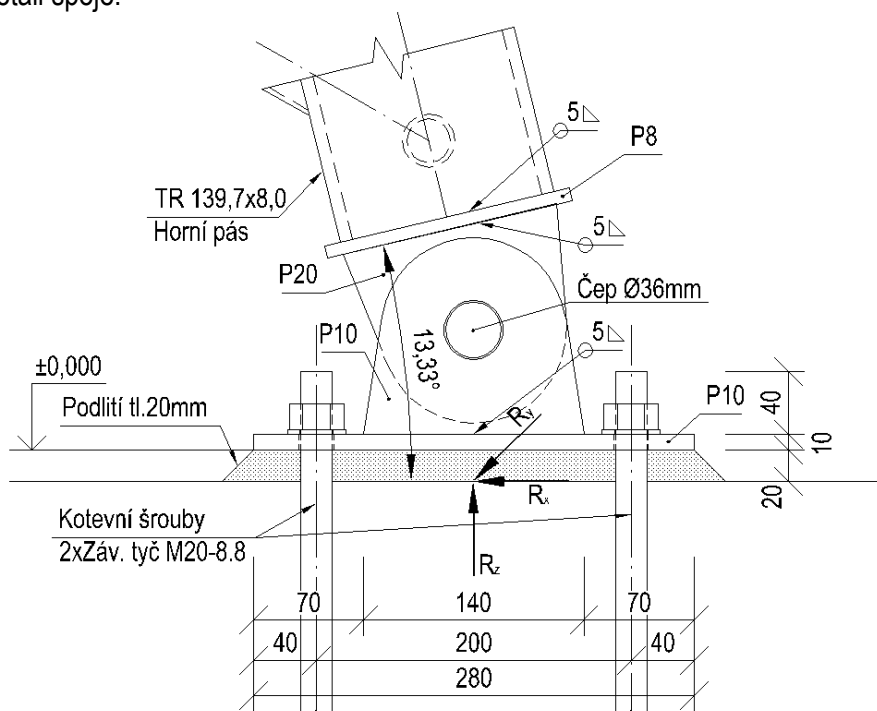
$0,21 \leq 1,00 \rightarrow$ VYHOVUJE

DETAIL KOTVENÍ K1 - CELÝ VYHOVUJE

11.4. Pravá strana - Kotvení K2

11.4.1. Návrh a posouzení čepu

Detail spoje:



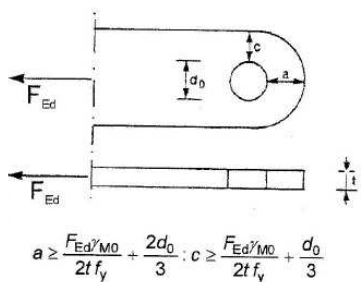
Geometrie:

$$F_{Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{109,46^2 + 62,75^2} = 126,17 \text{ kN}$$

$$d_0 = d + 2 \text{ mm} = 36 + 2 = 38 \text{ mm}$$

$$a \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_v} + \frac{2 \cdot d_0}{3} = \frac{126170 \cdot 1,0}{2 \cdot 20 \cdot 235} + \frac{2 \cdot 38}{3} = 38,76 \text{ mm} \rightarrow \underline{a = 40 \text{ mm}}$$

$$c \geq \frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{2 \cdot t \cdot f_v} + \frac{d_0}{3} = \frac{126170 \cdot 1,0}{2 \cdot 20 \cdot 235} + \frac{38}{3} = 26,09 \text{ mm} \rightarrow \underline{c = 40 \text{ mm}}$$



Únosnost čepu ve střihu

$$F_{v,Rd} = 2 \cdot 0,6 \cdot A \cdot f_{up} / \gamma_{M2} = 2 \cdot 0,6 \cdot 1017,88 \cdot 360 / 1,25 = 351779N = 351,78kN$$

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

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 36^2}{4} = 1017,88mm^2$$

$$f_{up} = 360 MPa$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{126,17}{351,78} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,36 \leq 1,00 \rightarrow VYHOVUJE}}$$

Únosnost plechu a čepu v otlačení

Samostatný styčnickový plech

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1,5 \cdot 20 \cdot 36 \cdot 235 / 1,00 = 253800N = 253,80kN$$

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{126,17}{253,80} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,50 \leq 1,00 \rightarrow VYHOVUJE}}$$

Dvojice styčnickových plechů

$$0,5 \cdot F_{Ed} = 0,5 \cdot 126,17 = 63,09kN$$

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y / \gamma_{M0} = 1,5 \cdot 10 \cdot 36 \cdot 235 / 1,00 = 126900N = 126,90kN$$

$$\frac{0,5 \cdot F_{Ed}}{F_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{63,09}{126,90} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,50 \leq 1,00 \rightarrow VYHOVUJE}}$$

Únosnost čepu v ohybu

$$M_{Ed} = \frac{F_{Ed}}{8} \cdot (b + 4c + 2a) = \frac{126170}{8} \cdot (20 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 10) = 757020Nmm =$$

$$= 0,76kNm$$

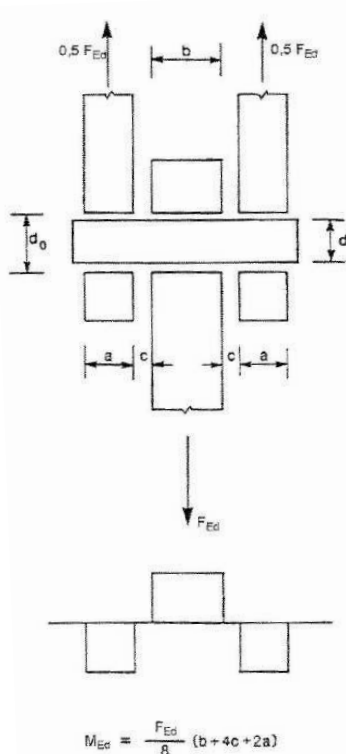
$$M_{Rd} = 1,5 \cdot W_{el} \cdot f_{yp} / \gamma_{M0} = 1,5 \cdot 4580,44 \cdot 235 / 1,00 = 1614605Nmm =$$

$$= 1,61kNm$$

$$W_{el} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 36^3}{32} = 4580,44mm^3$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{0,76}{1,61} \leq 1,00$$



$$0,47 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

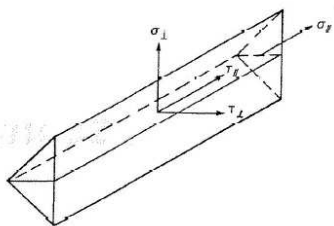
Únosnost čepu při kombinaci střihu a ohybu

$$\left[\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \right]^2 + \left[\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} \right]^2 \leq 1,00$$

$$\left[\frac{0,76}{1,61} \right]^2 + \left[\frac{126,17}{351,78} \right]^2 \leq 1,00$$

$$0,223 + 0,129 \leq 1,00$$

$$0,35 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



11.4.2. Návrh a posouzení svarů

Posouzení svaru čelní desky - horní pás

Účinná výška svaru: $a = 5 \text{ mm}$
Účinná délka svaru: $l = \pi \cdot d = \pi \cdot 139,7 = 438,88 \text{ mm}$
Úhel svírající výslednice sil s rovinou svaru: $\theta = 28,50^\circ$

$$\left[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2) \right]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_{\parallel} = \frac{R_y}{l \cdot a} = \frac{13940}{438,88 \cdot 5} = 6,35 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \frac{F_{Ed,\tau}}{l \cdot a} = \frac{110,88}{438,88 \cdot 5} = 50,53 \text{ MPa}$$

$$F_{Ed,\tau} = F_{Ed} \cdot \cos \theta = 126,17 \cdot \cos 28,50^\circ = 110,88 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{F_{Ed,\sigma}}{l \cdot a} = \frac{60200}{438,88 \cdot 5} = 27,43 \text{ MPa}$$

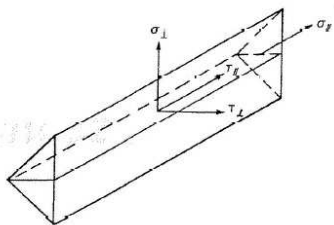
$$F_{Ed,\sigma} = F_{Ed} \cdot \sin \theta = 126,17 \cdot \sin 28,50^\circ = 60,20 \text{ kN}$$

$$\left[27,43^2 + 3 \cdot (50,53^2 + 6,35^2) \right]^{0,5} = 92,38 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

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

$$27,43 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Posouzení svaru styčnickový plech - čelní deska

Účinná výška svaru: $a = 5 \text{ mm}$
Účinná délka svaru: $l = 2 \cdot (140 - 2 \cdot a) = 2 \cdot (140 - 2 \cdot 5) = 260 \text{ mm}$
Úhel svírající výslednice sil s rovinou čelní desky: $\theta = 73,50^\circ$

Napětí od síly R_y :

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{R_y}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{13940}{260 \cdot 5 \cdot \sqrt{2}} = 18,96 \text{ MPa}$$

Napětí od výslednice F_{Ed} :

$$\tau_{\parallel} : F_{Ed,\tau} = F_{Ed} \cdot \cos \theta = 126,17 \cdot \cos 73,50^\circ = 35,83 \text{ kN}$$

$$\tau_{//} = \frac{F_{Ed,T}}{l \cdot a} = \frac{35830}{260 \cdot 5} = 27,56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} \text{ a } \tau_{\perp}: F_{Ed,T,\sigma} = F_{Ed} \cdot \sin \theta = 126,17 \cdot \sin 73,50^\circ = 120,97 \text{ kN}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{F_{Ed,T,\sigma}}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{120,97}{260 \cdot 5 \cdot \sqrt{2}} = 65,80 \text{ MPa}$$

Posouzení svaru:

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_{//} = 27,56 \text{ MPa}$$

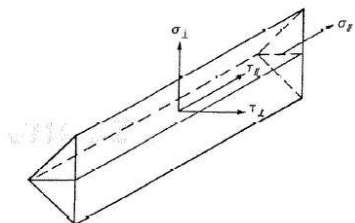
$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 18,96 + 65,80 = 84,76 \text{ MPa}$$

$$[84,76^2 + 3 \cdot (84,76^2 + 27,56^2)]^{0,5} = 176,11 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

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

$$84,76 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \textbf{VYHOVUJE}$$



Posouzení svaru styčnickový plech - podkladní pásovina

Účinná výška svaru: $a = 5 \text{ mm}$

Účinná délka svaru: $l = 2 \cdot (140 - 2 \cdot a) = 2 \cdot (140 - 2 \cdot 5) = 260 \text{ mm}$

Síly působící na svar:

$$R_z/2 = 109,46/2 = 54,73 \text{ kN}$$

$$R_x/2 = -62,75/2 = -31,38 \text{ kN}$$

$$R_y/2 = -13,94/2 = -6,97 \text{ kN}$$

$$[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\beta_w = 0,8$$

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

$$\tau_{//} = \frac{R_x}{l \cdot a} = \frac{31380}{260 \cdot 5} = 24,14 \text{ MPa}$$

$\sigma_{\perp} \text{ a } \tau_{\perp}:$

$$\sigma_{\perp,z} = \tau_{\perp,z} = \frac{R_z}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{54730}{260 \cdot 5 \cdot \sqrt{2}} = 29,77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,y} = \tau_{\perp,y} = \frac{R_y}{l \cdot a \cdot \sqrt{2}} = \frac{6970}{260 \cdot 5 \cdot \sqrt{2}} = 3,79 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 29,77 + 3,79 = 33,56 \text{ MPa}$$

$$[33,56^2 + 3 \cdot (33,56^2 + 24,14^2)]^{0,5} = 79,08 \text{ MPa} \leq 360 / (0,8 \cdot 1,25) = 360 \text{ MPa}$$

→ **VYHOVUJE**

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

$$33,56 \text{ MPa} \leq 0,9 \cdot 360 / 1,25 = 259,20 \text{ MPa} \rightarrow \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}$$

11.4.3. Posouzení styčnickového plechu na tah

$$N_{Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{97,85^2 + 47,05^2} = 108,57 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot A_{net} \cdot f_u}{Y_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1600 \cdot 360}{1,25} = 414720 \text{ N} = 414,72 \text{ kN}$$

$$A_{net} = 2 \cdot c \cdot t = 2 \cdot 40 \cdot 20 = 1600 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{108,57}{414,72} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,26 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

11.4.4. Posouzení styčnickového plechu na prostý tlak

$$N_{Ed} = \sqrt{R_z^2 + R_x^2} = \sqrt{109,46^2 + 62,75^2} = 126,17 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{Y_{M0}} = \frac{2320 \cdot 235}{1,00} = 545200 \text{ N} = 545,20 \text{ kN}$$

$$A = 2 \cdot c \cdot t + d \cdot t = 2 \cdot 40 \cdot 20 + 36 \cdot 20 = 2320 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{126,17}{545,20} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,23 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

DETAIL KOTVENÍ K2 - CELÝ VYHOVUJE

11.5. Posouzení kotev

11.5.1. Návrhové hodnoty reakcí

Posouzení je rozděleno na levé a pravé podpory. Reakce v uzlech získány z programu Scia Engineer 2012.

Lineární výpočet, Extrém : Globální
 Výběr : Pojmenovaný výběr - Podpory LEVÁ
 Kombinace : CO1

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>							
Sn21/N533	CO1/6	-28,32	11,12	1,83	0,00	0,00	0,00
Sn20/N691	CO1/7	38,43	4,33	-34,27	0,00	0,00	0,00
Sn25/N343	CO1/8	8,49	-27,92	79,92	0,00	0,00	0,00
Sn24/N501	CO1/2	8,49	27,92	79,92	0,00	0,00	0,00
Sn17/N723	CO1/9	31,31	7,99	-66,31	0,00	0,00	0,00
Sn17/N723	CO1/10	-22,18	-25,72	109,96	0,00	0,00	0,00
Sn17/N723	CO1/11	2,21	-13,82	40,37	0,00	0,00	0,00

Lineární výpočet, Extrém : Globální
 Výběr : Pojmenovaný výběr - Podpory PRAVÁ
 Kombinace : CO1

Podpora	Stav	Rx [kN]	Ry [kN]	Rz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
<i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i> <i>*Studentská verze*</i>							
Sn4/N110	CO1/7	-63,13	-14,48	106,85	0,00	0,00	0,00
Sn1/N78	CO1/12	47,05	-8,51	-97,85	0,00	0,00	0,00
Sn2/N15	CO1/12	-21,18	-16,67	26,24	0,00	0,00	0,00
Sn16/N800	CO1/9	-21,18	16,67	26,24	0,00	0,00	0,00
Sn14/N705	CO1/5	-62,75	13,94	109,46	0,00	0,00	0,00
Sn1/N78	CO1/11	-1,47	-1,40	16,00	0,00	0,00	0,00

Maximální smyková síla:

$$F_{v,Ed} = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{63,13^2 + 14,48^2} = 64,77 \text{ kN}$$

11.5.2. Průřezové a materiálové charakteristiky

Typy prvků: Kotevní šroub: 2xM20 8.8
 $A = 314 \text{ mm}^2$
 $A_s = 245 \text{ mm}^2$
 Materiály: Plech: P10; 80 x 280 mm
 Ocel: S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}, f_u = 360 \text{ MPa}, E = 210 \text{ GPa}$
 Šroub: 8.8 $\rightarrow f_{yb} = 640 \text{ MPa}, f_{ub} = 800 \text{ MPa}$
 Beton: C20/25 $\rightarrow f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

Kotvy lepeny do předem vyvrtaných otvorů lepidlem **HILTI HIT-HY 150 MAX**.

11.5.3. Posouzení kotevních šroubů

Únosnost ve stříhu pro jednu stříhovou plochu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} = 94080 \text{ N} = 94,08 \text{ kN}$$

$$\alpha_v = 0,6$$

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

$$\frac{F_{v,Ed}}{2 \cdot F_{v,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{64,77}{2 \cdot 94,08} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,34 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

Únosnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,61 \cdot 360 \cdot 20 \cdot 10}{1,25} = 87840N = 87,84kN$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0; \frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(\frac{800}{360}; 1,0; \frac{40}{3 \cdot 22}; -\right) = \min(2,22; 1,0; 0,61; -) = 0,61$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \cdot \frac{40}{22} - 1,7; -; 2,5\right) = \min(3,39; -; 2,5) = 2,5$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{2 \cdot F_{b,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{64,77}{2 \cdot 87,84} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,37 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

Únosnost v tahu

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 245}{1,25} = 141120N = 141,12kN$$

$$k_2 = 0,9$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{2 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{97,85}{2 \cdot 141,12} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,35 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

Únosnost v protlačení

$$B_{p,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u / \gamma_{M2} = 0,6 \cdot \pi \cdot 30 \cdot 10 \cdot 360 / 1,25 = 162860N = 162,86kN$$

$$d_m = 30mm$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{2 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{97,85}{2 \cdot 162,86} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,30 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

Kombinace střihu a tahu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{\sqrt{47,05^2 + 8,51^2}}{2 \cdot 94,08} + \frac{97,85}{1,4 \cdot 2 \cdot 141,12} \leq 1,00$$

$$0,254 + 0,248 \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,50 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

KOTEVNÍ ŠROUBY VYHOVUJÍ

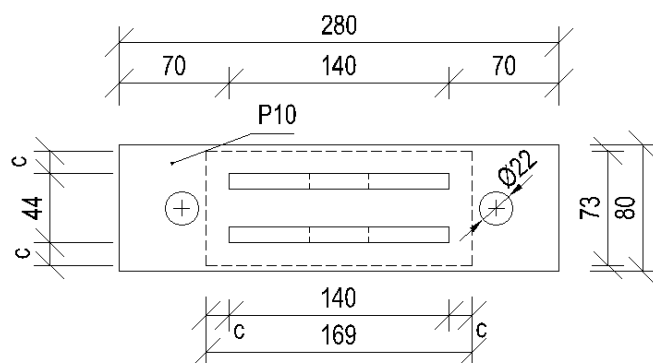
ALTERNATIVA: KOTVENÍ HILTI HIT-HY 150 MAX + HIT-V (5.8) M20

-posudek kotvení HILTI přiložen v samostatné příloze

11.6. Posouzení únosnosti betonu v tlaku

Materiály: Ocel: S235 $\rightarrow f_y = 235 \text{ MPa}$, $f_u = 360 \text{ MPa}$,
 $E = 210 \text{ GPa}$
 Beton: C20/25 $\rightarrow f_{ck} = 20 \text{ MPa}$,
 Rozměry plechu: $b = 80 \text{ mm}$
 $a = 280 \text{ mm}$
 Rozměr základu: $a_1 \times b_1 \times h = 1000 \times 1000 \times 1000 \text{ mm}$

Detail patního plechu:



Únosnost betonu v tlaku:

$$a_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} a + 2 \cdot a_r \\ 5 \cdot a \\ a + h \\ 5 \cdot b_1 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1000 \\ 5 \cdot 280 \\ 280 + 1000 \\ 5 \cdot 1000 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1000 \\ 1400 \\ 1280 \\ 5000 \end{array} \right\} = 1000 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} b + 2 \cdot b_r \\ 5 \cdot b \\ b + h \\ 5 \cdot a_1 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1000 \\ 5 \cdot 80 \\ 80 + 1000 \\ 5 \cdot 1000 \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 1000 \\ 400 \\ 1080 \\ 5000 \end{array} \right\} = 400 \text{ mm}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1000 \cdot 400}{280 \cdot 80}} = 4,226$$

$$f_{jd} = \frac{0,67 \cdot k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,67 \cdot 4,226 \cdot 20}{1,5} = 37,75 \text{ MPa}$$

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 37,75 \cdot 1,0}} = 14,41 \text{ mm}$$

Efektivní plocha:

$$A_{eff} = (140 + 2 \cdot 14,41) \cdot (44 + 2 \cdot 14,41) = 12293 \text{ mm}^2$$

$$N_{Rd} = A_{eff} \cdot f_{jd} = 12293 \cdot 37,75 = 464061 \text{ N} = 464,06 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{109,96}{464,06} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,24 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$

Zjednodušené řešení pro ověření výpočtu:

Roznášecí plocha:

$$A = a \cdot b = 80 \cdot 280 = 22400 \text{ mm}^2$$

Únosnost betonu:

$$F_{c,Rd} = f_{cd} \cdot A = 13,33 \cdot 22400 = 298592 \text{ N} = 298,59 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ MPa}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{c,Rd}} \leq 1,00$$

$$\frac{109,96}{298,59} \leq 1,00$$

$$\underline{\underline{0,37 \leq 1,00 \rightarrow \text{VYHOVUJE}}}$$