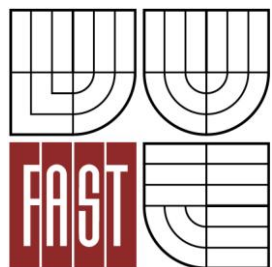




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

EXPOZIČNÍ PAVILON V TŘINCI

EXHIBITION PAVILION IN TŘINEC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ TOMAN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN PILGR, Ph.D.

BRNO 2014



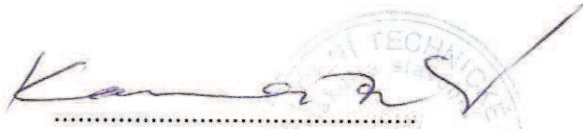
VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

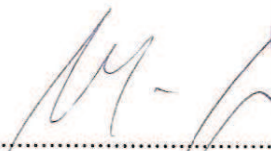
Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608R001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Tomáš Toman
Název	Expoziční pavilon v Třinci
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Milan Pilgr, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2013
Datum odevzdání bakalářské práce	30. 5. 2014

V Brně dne 30. 11. 2013


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


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



Podklady a literatura

Požadavky na architektonické a dispoziční řešení

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Navrhnete nosnou ocelovou konstrukci expozičního pavilonu o půdorysných rozměrech 36 × 42 m. Dispozici navrhnete v souladu s architektonickými požadavky; klimatická zatížení uvažujte pro lokalitu Třinec.

Požadované výstupy:

Technická zpráva

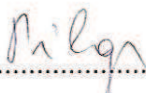
Statický výpočet hlavních nosných částí konstrukce

Výkresová dokumentace v rozsahu stanoveném vedoucím bakalářské práce

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).


.....
Ing. Milan Pilgr, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá návrhem nosné ocelové konstrukce Výstavního pavilonu v Třinci. Pavilon má obdélníkový půdorys s rozměry 36 x 42 m a hlavní nosná konstrukce je v příčném směru tvořena dvoukloubovým parabolickým obloukem o výšce 15 m. Prostorová tuhost v podélném směru je zabezpečena příčnými ztužidlem, v příčném směru samotným obloukem. Návrh je zpracován podle platných norem ČSN EN.

Klíčová slova

Ocelová konstrukce, konstrukce pozemních staveb, jednopodlažní halová budova, model, parabola, oblouk, nosný systém

Abstract

Bachelor thesis deals with the design of load carrying steel structure of Exhibition pavilion in Třinec. Pavilion is of rectangular shape with dimensions 36 x 42 m , and the main load carrying structure in the transverse direction is double pinned parabolic arch, with height of 15 m. Lateral stability is achieved by bracing systems, and stability in the transverse direction, is achieved by the arch itself. The whole design is done according to relevant ČSN EN standards.

Keywords

The steel construction, building of civil engineering, single-storey building, model, parabola, arch, load carrying system

Bibliografická citace VŠKP

Tomáš Toman *Expoziční pavilon v Třinci*. Brno, 2014. 37 s., 51 s. příl. Bakalářská práce.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí.
Vedoucí práce Ing. Milan Pilgr, Ph.D.

Prohlášení:

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

V Brně dne 27.5.2014



.....
podpis autora
Tomáš Toman

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

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

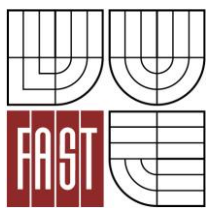
V Brně dne 27.5.2014



.....
podpis autora
Tomáš Toman

Poděkování

Děkuji Ing. Milanu Pilgrovi Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a poskytování cenných rad, které mi v průběhu zpracování mé bakalářské práce podával.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

POPISNÝ SOUBOR ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Vedoucí práce Ing. Milan Pilgr, Ph.D.
Autor práce Tomáš Toman

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 Expoziční pavilon v Třinci
Název práce v anglickém jazyce Exhibition Pavilion in Třinec
Typ práce Bakalářská práce
Přidělovaný titul Bc.
Jazyk práce Čeština
Datový formát elektronické verze

Anotace práce Bakalářská práce se zabývá návrhem nosné ocelové konstrukce Výstavního pavilonu v Třinci. Pavilon má obdélníkový půdorys s rozměry 36 x 42 m a hlavní nosná konstrukce je v příčném směru tvořena dvoukloubovým parabolickým obloukem o výšce 15 m. Prostorová tuhost v podélném směru je zabezpečena příčnými ztužidlem, v příčném směru samotným obloukem. Návrh je zpracován podle platných norem ČSN EN.

Anotace práce v anglickém jazyce Bachelor thesis deals with the design of load carrying steel structure of Exhibition pavilion in Třinec. Pavilion is of rectangular shape with dimensions 36 x 42 m, and the main load carrying structure in the transverse direction is double pinned parabolic arch, with height of 15 m. Lateral stability is achieved by bracing systems, and stability in the transverse direction, is achieved by the arch itself. The whole design is done according to relevant ČSN EN standards.

Klíčová slova Ocelová konstrukce, konstrukce pozemních staveb, jednopodlažní halová

**Klíčová slova v
anglickém
jazyce**

budova, model, parabola, oblouk, nosný systém

The steel construction, building of civil engineering, single-storey building,
model, parabola, arch, load carrying system

Seznam použitých zdrojů

1. Normativní dokumenty

- [1] ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení - Zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí, Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí, Navrhování styčníků

2. Literatura

- [7] ČSN 01 3483 Výkresy kovových konstrukcí, 06/1986
- [8] ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí
- [9] FERJENČÍK P., SCHUN J., MELCHER J., VOŘÍŠEK V., CHLADNÝ E., Navrhovanie ocelových konštrukcií - 1.časť
- [10] FERJENČÍK P., SCHUN J., MELCHER J., VOŘÍŠEK V., CHLADNÝ E., Navrhovanie ocelových konštrukcií - 2.časť
- [11] KADLČÁK J., KYTÝR J. Statika stavebních konstrukcí I.

3. Odkazy

<http://ocel.wz.cz/>

<https://www.hilti.cz/>

4. Použitý software

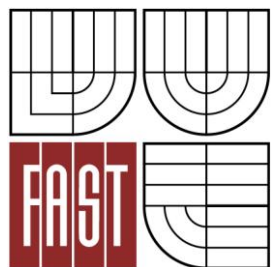
Scia Engineer 2013 (studentská verze)

Archicad 15 (studentská verze)

Hilti PROFIS Anchor



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

EXPOZIČNÍ PAVILON V TŘINCI EXHIBITION PAVILON IN TŘINEC

TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ TOMAN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN PILGR, Ph.D.

BRNO 2014

Technická zpráva

Obsah

1 Obecné údaje.....	3
2 Normativní dokumenty.....	3
3 Předpoklady návrhu nosné konstrukce.....	3
4 Popis jednotlivých konstrukčních částí.....	4
5 Ochrana konstrukce.....	5
6 Statické řešení konstrukce.....	5
7 Hmotnost konstrukce.....	5

1 Obecné údaje

Bakalářská práce se zabývá návrhem nosné ocelové konstrukce Výstaviho pavilonu v Třinci. Návrh splňuje normativní požadavky na únosnost a použitelnost konstrukce a také požadavky na architektonické a dispoziční řešení. Pavilon má obdélníkový půdorys s rozměry 36 x 42 m a hlavní nosná konstrukce je v příčném směru tvořena dvoukloubovým parabolickým obloukem o vzepětí 15 m. Tuhost v podélném směru je zabezpečena příčnými ztužidly, v podélném směru samotným obloukem. Střešní plášť je tvořen dvojicí trapézových plechů, mezi které je vložena tepelná izolace a parozábrana, a je připevněn na prosté vaznice. Štítové stěny pavilonu jsou proskleny a jejich nosná konstrukce je tvořena soustavou sloupů a paždiků.

2 Normativní dokumenty

Nosná ocelová konstrukce Výstaviho pavilonu byla navržena v souladu s těmito platnými normativními dokumenty:

- ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 1991-1-1 Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-3 Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení - Zatížení sněhem
- ČSN EN 1991-1-4 Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení - Zatížení větrem
- ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí, Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1993-1-8 Navrhování ocelových konstrukcí, Navrhování styčníků

3 Předpoklady návrhu nosné konstrukce

Statické posouzení objektu bylo provedeno dle ČSN EN 1993 na:

- Mezní stav únosnosti, s uvažováním vlivu ztráty stability prvků, prosté pevnosti průřezu a pevnosti spojů, na nejnepříznivější kombinace návrhových hodnot zatížení, přičemž návrhové hodnoty únosnosti jsou určeny materiálovými charakteristikami oceli S235
- Mezní stav použitelnosti na nejnepříznivější hodnoty deformací z kombinací charakteristických hodnot zatížení, přičemž hodnoty materiálových vlastností byly uvažovány pro ocel S 235

Nosná ocelová konstrukce haly byla dimenzována na následující stála zatížení:

- Vlastní tíha nosné konstrukce
- Střešní plášť $q_1 = 0,5 \text{ kN/m}^2$
- Technologie haly $q_2 = 1,11 \text{ kN/m}$

Nosná ocelová konstrukce haly byla dimenzována na následující proměnná zatížení:

- Zatížení sněhem s charakteristickou hodnotu zatížení $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ odpovídající III. sněhové oblasti dle ČSN EN 1991-1-3
- Zatížení větrem se základním tlakem větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$ odpovídající II. větrové oblasti a kategorii terénu III, dle ČSN 1991-1-4.
- Proměnné zatížení na střeše objektu - bodové $1,0 \text{ kN}$

4 Popis jednotlivých konstrukčních částí

Základním nosným prvkem konstrukce, je dvoukloubový parabolický **oblouk**, tvořený profilem HEB 500. Rozpětí oblouku je 36 m a vzepětí 15 m. Celou konstrukci tvoří 8 parabolických oblouků, v osové vzdálenosti 6 m. Každý oblouk je uložen pomocí čepového spoje a ukotven pomocí chemických kotev Hilti a smykové zarážky k základové patce. Osová délka oblouků je 48,85 m a skládá se ze tří 16 m částí, spojených montážním tupým plným svarem.

Na oblouk, jsou připojeny prosté **vaznice** profilu TR 4HR 140x140x12,5. Pootočení jejich hlavních rovin, sleduje sklon parabolické střešní roviny. K vaznicím je připojen střešní plášť, tvořený dvojicí trapézových plechů, mezi které je vložena tepelná izolace a parozábrana.

Štítové stěny jsou proskleny a jejich nosná konstrukce se skládá ze soustavy sloupů a paždíků. Štítové **sloupy** jsou připojeny k oblouku pomocí styčnickového plechu s prodlouženými otvory a dvěma šrouby M16 - 5.6. Jsou tady použity dva průřezy sloupů a to HEB 300 v prostředních pěti sloupech a HEB 200 v krajních čtyřech.

Paždíky jsou jednotného průřezu IPE 120, ale různých délek, dle rozmístění štítových sloupů.

Tuhost v podélném směru je zabezpečena pomocí soustavy **ztužidel** kruhového průřezu TR KR 139.7/10.0. Stůžidla se nacházejí v krajních polích příčných vazeb. Uspořádání výplňových prutů je složené soustavy, v krajních příhradách při podporách, soustavy polopříčkové.



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE - VÝSTAVNÍ PAVILON V TŘINCI

AUTOR : Tomáš Toman

VEDOUCÍ PRÁCE : Ing. Milan Pilgr Ph.D.

5 Ochrana konstrukce

Konstrukce bude chráněna nátěrovým systémem S-2000.

6 Statické řešení konstrukce

Statická analýza nosné ocelové konstrukce Výstavního pavilonu byla provedena metodou konečných prvků za použití lineárně pružného výpočtu v programu Scia Engineer 2013. Výpočtem byla analyzována odezva konstrukce na stále a proměnné zatížení, specifikovaných v odstavci 3.

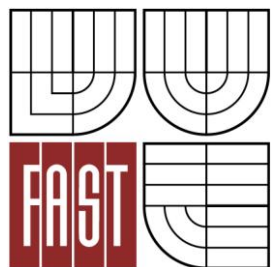
Posouzení mezního stavu únosnosti i použitelnosti nosné konstrukce jako celku i jejích jednotlivých částí bylo provedeno v souladu s normou ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí.

7 Hmotnost konstrukce

Celková hmotnost nosné ocelové konstrukce se odhaduje na 150 ton. Tato hmotnost je pouze orientační.



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

EXPOZIČNÍ PAVILON V TŘINCI EXHIBITION PAVILON IN TŘINEC

STATICKÝ VÝPOČET

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ TOMAN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN PILGR, Ph.D.

BRNO 2014

OBSAH

1. Geometrie konstrukce.....	5
1.1 Popis.....	5
1.2 Výpočtový model.....	6
2. Zatížení.....	7
2.1 Stále zatížení.....	7
2.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce.....	7
2.1.2 Střešní plášť.....	7
2.1.3 Technologie.....	7
2.2 Proměnné zatížení.....	7
2.2.1 Zatížení sněhem.....	7
2.2.2 Zatížení větrem.....	8
2.2.2.1 Vítr příčný.....	9
2.2.2.2 Vítr podélný.....	10
2.2.3 Zatížení od osoby na střeše.....	10
2.3 Zatěžovací stavy.....	11
2.4. Kombinace.....	11
2.5 Ověření vnitřních sil.....	12
2.5.1 Reakce.....	12
2.5.2 Normálové síly ve vrcholu.....	12
2.5.3 Posouvající síly ve vrcholu.....	13
2.5.4 Moment ve vrcholu.....	13
2.5.5 Zhodnocení.....	13
3. Dimenzování.....	14
3.1 Prostá vaznice.....	14
3.1.1 Posouzení vaznice na složené kroucení.....	14
3.1.1.1 Zatížení stále.....	14
3.1.1.2 Zatížení proměnné.....	14

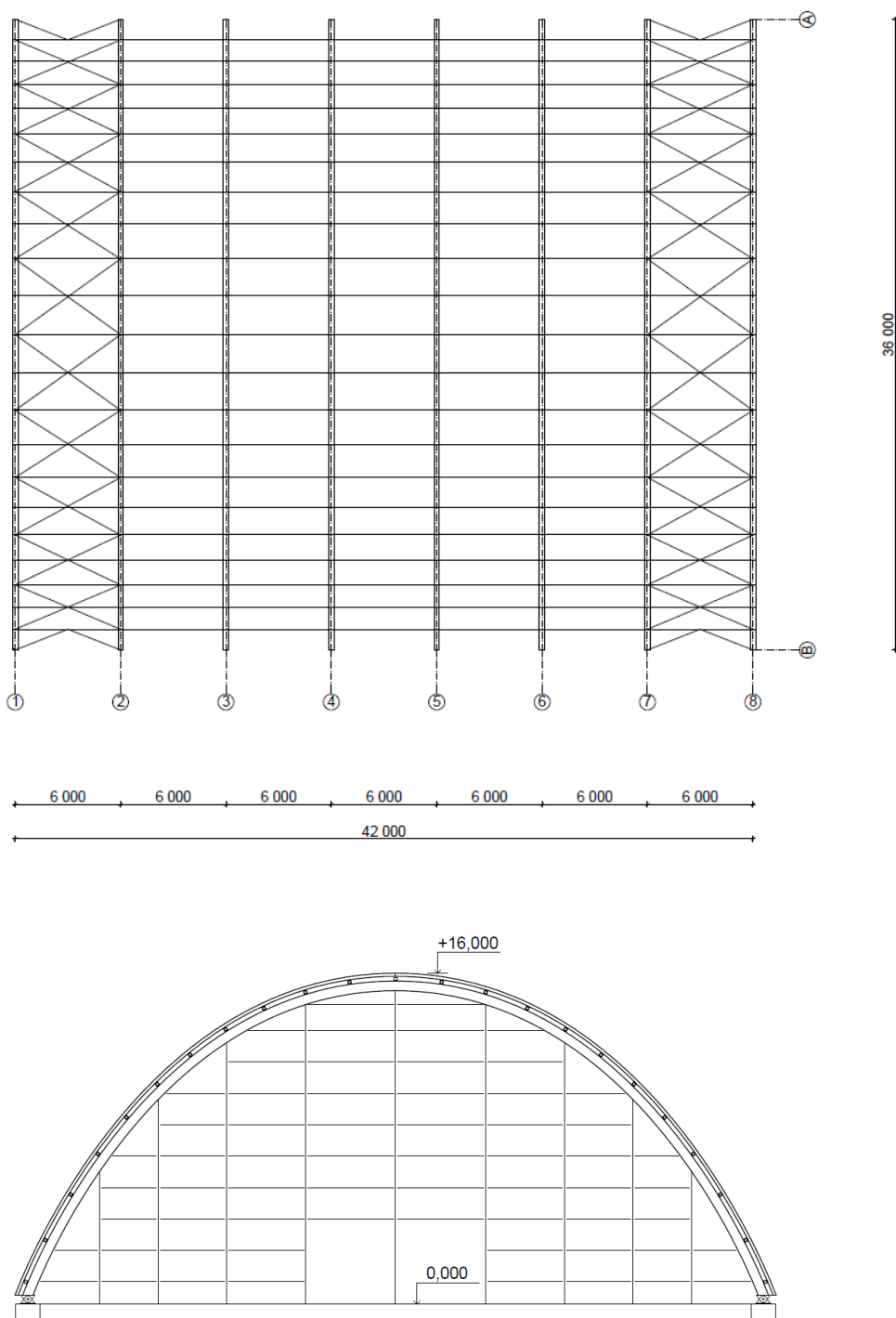
3.1.1.3 Kombinace	14
3.1.1.4 Průřezové charakteristiky IPE 400.....	14
3.1.1.5 Vnitřní síly - složené kroucení	15
3.1.1.6 Posouzení - složené kroucení	15
3.1.2 Posouzení vaznice na klopení.....	16
3.1.2.1 Zatížení stále	16
3.1.2.2 Zatížení proměnné	16
3.1.2.3 Kombinace	16
3.1.2.4 Vnitřní síly - klopení.....	16
3.1.2.5 Posouzení - klopení.....	17
3.2 Parabolický oblouk	19
3.2.1 Určení vzpěrné délky.....	19
3.2.2 Vnitřní síly na oblouku.....	20
3.3 Ztužidla	21
3.3.1 Vnitřní síly.....	21
3.3.2 Posudek	21
3.4 Štítové sloupy	22
3.4.1 Hlavní štítové sloupy HEB 300.....	22
3.4.1.1 Vnitřní síly	22
3.4.1.2 Posudek.....	22
3.4.2 Vedlejší štítové sloupy HEB 200	23
3.4.2.1 Vnitřní síly	23
3.4.2.2 Posudek.....	23
3.5 Paždíky IPE 120.....	24
3.5.1 Vnitřní síly.....	24
3.5.2 Posudek	24
4. Mezní stav použitelnosti.....	25
4.1 Oblouk	25
4.2 Vaznice	25

4.3 Štítové sloupy	25
4.4 Paždíky.....	25
4.5 Vrchol budovy	26
5. Spoje	27
5.1 Oblouk	27
5.1.1 Čepový spoj.....	27
5.1.1.1 Návrh.....	27
5.1.1.2 Únosnost čepu ve střihu	27
5.1.1.3 Únosnost plechu a čepu v otláčení.....	28
5.1.1.4 Únosnost čepu v ohybu.....	28
5.1.1.5 Kombinace ohyb a střih	28
5.1.2 Kotvení	28
5.1.2.1 Posouzení svaru	28
5.1.2.2 Patní deska v ohybu při tlaku.....	29
5.1.2.3 Patní deska v ohybu při tahu.....	29
5.1.2.4 Smyková zarážka	31
5.1.2.5 Kotvení na tah	32
5.2 Štítový sloup	32
5.2.1 Kotvení	32
5.2.1.1 Patní deska	32
5.2.1.2 Kotvení chemickými kotvami.....	33
5.2.2 Připojení k oblouk	34
5.2.2.1 Návrhová pevnost na střih	34
5.2.2.2 Návrhová pevnost v otláčení.....	34
5.2.2.3 Posouzení svaru	35
5.3 Připojení vaznice.....	36
5.3.1 Návrhová pevnost na střih	36
5.3.2 Návrhová pevnost v otláčení	36
5.3.3 Posouzení svaru	37

1.GEOMETRIE KONSTRUKCE

1.1 Popis

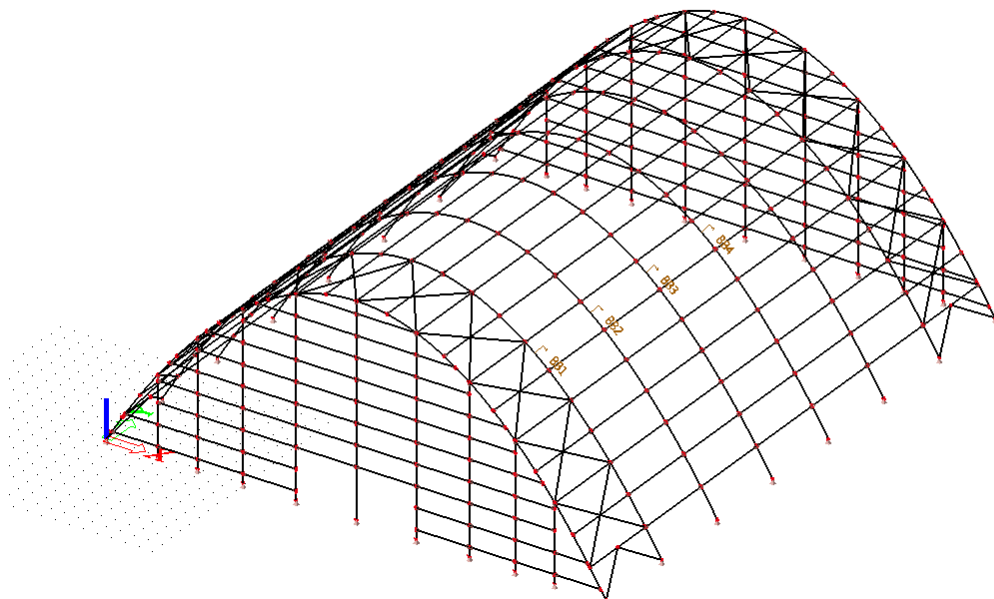
Pavilon má obdélníkový půdorys s rozměry 36 x 42 m a hlavní nosná konstrukce je v příčném směru tvořena dvoukloubovým parabolickým obloukem o vzezpetí 15 m. Tuhost v podélném směru je zabezpečena příčnými ztužidly, v podélném směru samotným obloukem.

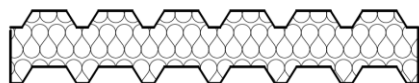


1.2. Výpočtový model

Statická analýza nosné ocelové konstrukce Výstavního pavilonu byla provedena metodou konečných prvků za využití lineárně pružného výpočtu v programu Scia Engineer 2013. Výpočtem byla analyzována odezva konstrukce na stále a proměnné zatížení.

Posouzení mezního stavu únosnosti i použitelnosti nosné konstrukce jako celku i jejich jednotlivých částí bylo provedeno v souladu s normou ČSN EN 1993-1-1 Navrhování ocelových konstrukcí, a to s uvážením globální i lokální ztráty stability prvků.





2.ZATÍŽENÍ

2.1. Stále zatížení

2.1.1 Vlastní tíha nosné konstrukce

- generováno automaticky programem Scia Engineer 2013

2.1.2 Střešní plášť

- Trapézový plech TR 60/235 tl. 1,5 mm - 0,10 kN/m²

- Minerální vlna Isover tl. 140 mm - 0,30 kN/m²

- Parozábrana tl. 1 mm

- Trapézový plech TR 60/235 tl. 1,5 mm - 0,10 kN/m²

$$\sum g_{1k} = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

2.1.3. Technologie

Technologie - 1,11 kN/m²

2.2. Proměnné zatížení

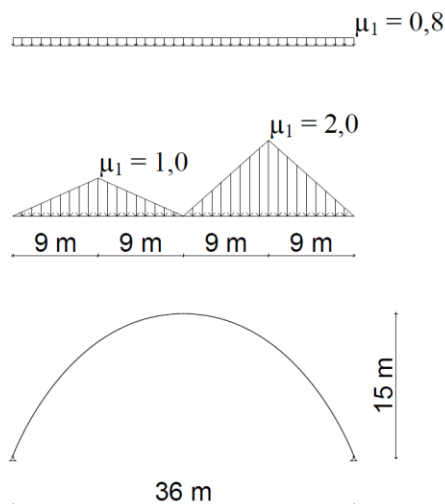
2.2.1. Zatížení sněhem

Lokalita Třinec - Sněh. oblast III

- $s_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ char.hodnota zatížení sněhem na zemi

- $c_e = 1,0$ součinitel expozice

- $c_t = 1,0$ tepelný součinitel



Rovnoměrný sníh - $\mu_1 = 0,8$

$$s = \mu_1 \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

Navátý sníh - $\beta < 60^\circ$ - $\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot \left(\frac{h}{b}\right) = 0,2 + 10 \cdot \left(\frac{15}{36}\right) = 4,37$

$$\mu_3 = 4,37 - \text{Max.hodnota } \mu_3 = 2,0$$

$$s = \mu_3 \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = 2,0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

2.2.2 Zatížení větrem

Lokalita Třinec

Větrová oblast II

$$- v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Kategorie terénu III

$$- z_0 = 0,3, z_{\min} = 5,0 \text{ m}$$

$$- c_{\text{dir}} = 1,0 \dots \dots \dots \text{součinitel směru}$$

$$- c_{\text{season}} = 1,0 \dots \dots \dots \text{součinitel ročního období}$$

Základní rychlost větru

$$v_b = c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot v_b = 1 \cdot 1 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

Střední rychlost větru

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,215 \cdot \ln \left(\frac{16}{0,3} \right) = 0,86$$

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

$$c_0(z) = c_0(15) = 1,0 \dots \dots \dots \text{součinitel orografie}$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,86 \cdot 1 \cdot 25 = 21,4 \text{ m/s}$$

Maximální dynamický tlak

$$I_v(z) = \frac{k}{c_0(z) \cdot \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1}{1,0 \cdot \ln \left(\frac{16}{0,2} \right)} = 0,25$$

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

$k = 1,0$ součinitel turbulence

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

$$= [1 + 7 \cdot 0,25] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot (21,4)^2 = 0,79 \text{ kN/m}^2$$

2.2.2.1 Vítr příčný

$$e_{\min} = \min(b, 2h) = \min(42, 2 \cdot 15) = 30$$

$$e < d$$

$$30 \text{ m} < 36 \text{ m}$$

Štítové stěny

$$A = -1,2 \quad w_A = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (-1,2) = -0,95 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -1,0 \quad w_B = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (-1,0) = -0,79 \text{ kN/m}^2$$

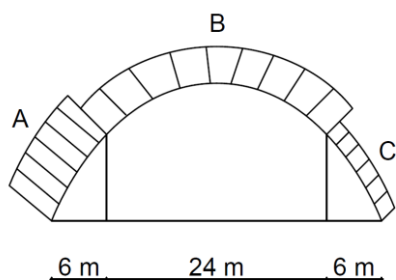
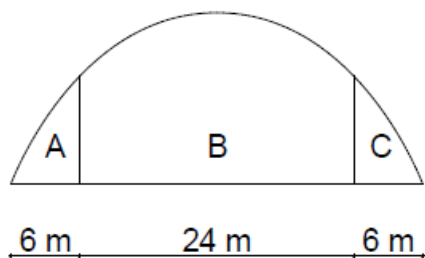
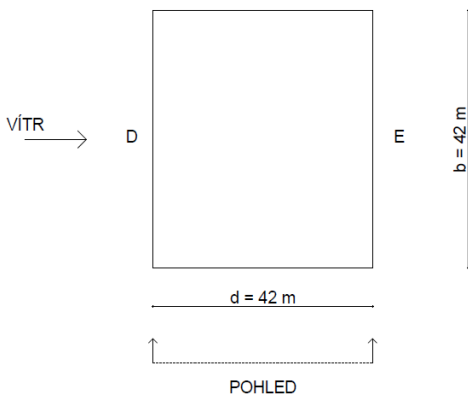
$$C = -0,5 \quad w_C = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (-0,5) = -0,395 \text{ kN/m}^2$$

Střecha

$$A = +0,63 \quad w_A = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (+0,63) = +0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$B = -1,1 \quad w_A = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (-1,1) = -0,87 \text{ kN/m}^2$$

$$C = -0,4 \quad w_A = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (-0,4) = -0,32 \text{ kN/m}^2$$



2.2.2.2 Vítr podélný

$$e_{\min} = \min(b, 2h) = \min(42, 2 \cdot 15) = 30$$

$$e < d$$

$$30 \text{ m} < 42 \text{ m}$$

Štítové stěny

$$D = +0,72 \quad w_A = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (+0,72) = +0,57 \text{ kN/m}^2$$

$$E = -0,35 \quad w_B = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (-0,35) = -0,28 \text{ kN/m}^2$$

Střecha

$$F = -1,1 \quad w_A = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (-1,1) = -0,87 \text{ kN/m}^2$$

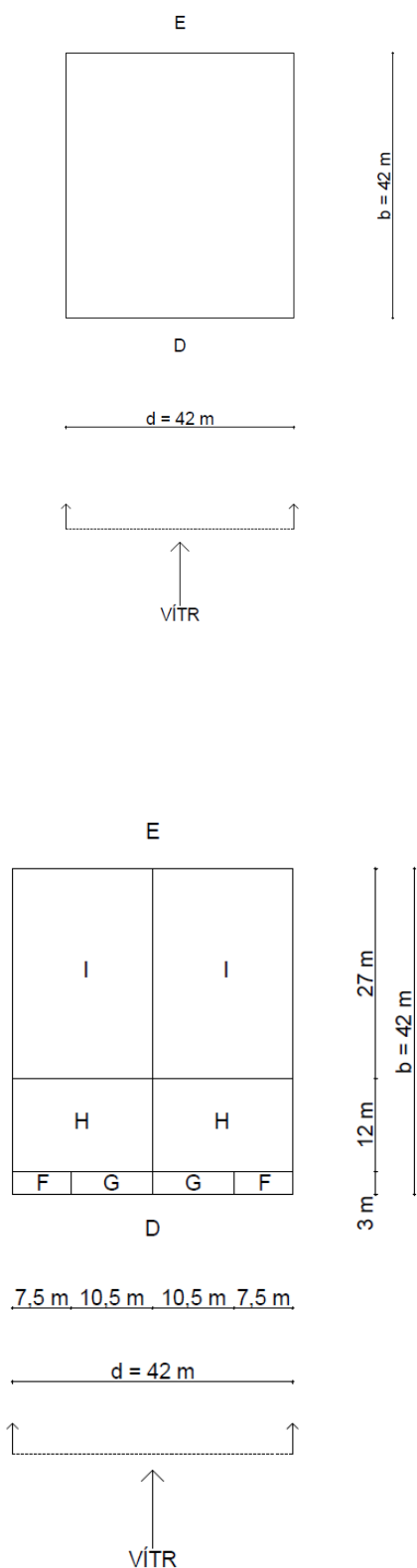
$$G = -1,2 \quad w_B = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (-1,2) = -0,95 \text{ kN/m}^2$$

$$H = -0,85 \quad w_A = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (-0,85) = -0,67 \text{ kN/m}^2$$

$$I = -0,5 \quad w_B = q_p(z_e) \cdot c_{pe,10} = 0,79 \cdot (-0,5) = -0,4 \text{ kN/m}^2$$

2.2.3 Zatížení od osoby na střeše

Bodové zatížení kdekoli na střeše - hodnota 1 kN.



2.3 Zatěžovací stavy

ZS 1 - Vlastní tíha

ZS 2 - Ostatní stálo - Střešní plášť + technologie

ZS 3 - Sníh rovnoměrný

ZS 4 - Sníh navátý napravo

ZS 5 - Sníh navátý nalavo

ZS 6 - Vítr příčný zleva

ZS 7 - Vítr příčný zprava

ZS 8 - Vítr podélný zepředu

ZS 9 - Vítr podélný zezadu

2.4 Kombinace

Kombinace byli vytvořeny v souladu s ČSN EN 1990 s použitím rovnice

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$\gamma_{G,j} = 1,35$ dílčí součinitel j-tého stáleho zatížení

$\gamma_{Q,1} = 1,50$ dílčí součinitel j-tého proměnného zatížení

$G_{k,j}$ - charakteristická hodnota stáleho zatížení

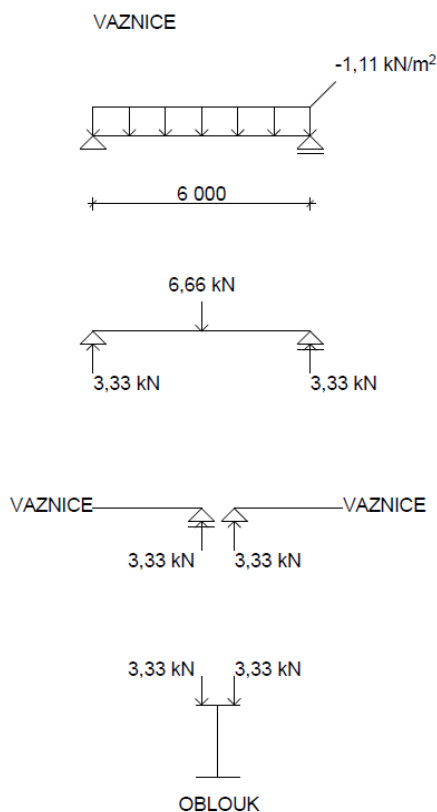
$Q_{k,j}$ - charakteristická hodnota proměnného zatížení

$\psi_{0,i}$ - součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení

$\psi_{snih} = 0,5$

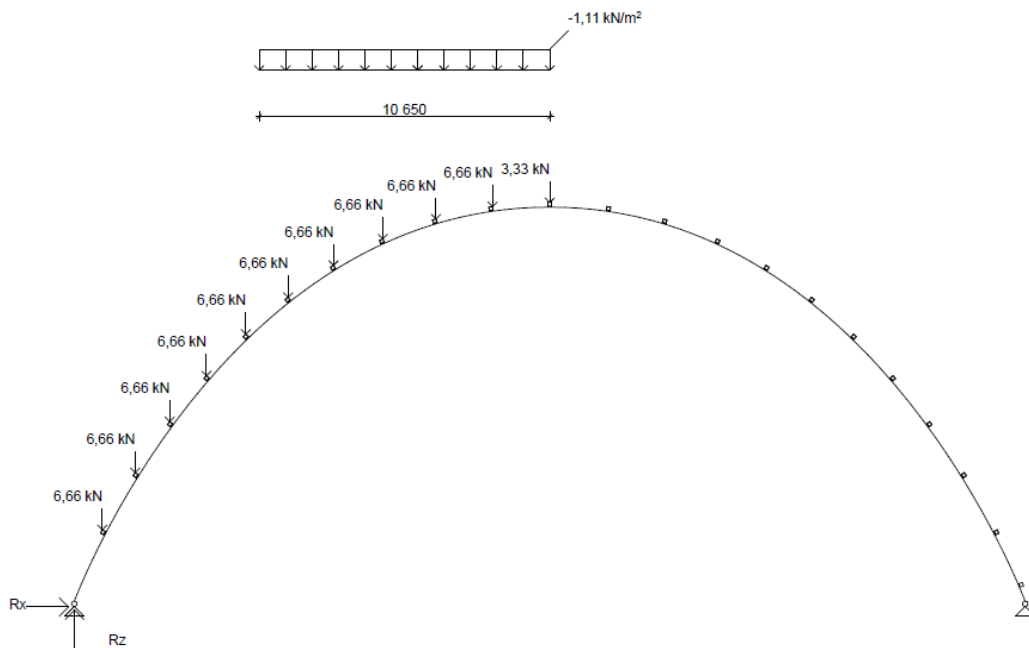
$\psi_{vitr} = 0,6$

Kombinace viz.příloha 1.



2.5 Ověření vnitřních sil

Ruční kontrola výpočtu vnitřních sil, byla provedena na parabolickém oblouku pro ZS - 2 - Ostatné stále.



2.5.1 Reakce

Ruční výpočet

$$R_z = [3,33 + 10 \cdot 6,66 + 0,5 \cdot (1,11 \cdot 10,65)] = 81,77 \text{ kN}$$

$$R_y =$$

$$[6,66 \cdot \{16,83 + 15,6 + 14,3 + 12,92 + 11,45 + 9,867 + 8,164 + 6,321 + 4,332 + 2,21\} + 0,5 \cdot 1,11 \cdot (18 - 7,328)^2 - 81,77 \cdot 18] / 15 = -48,62 \text{ kN}$$

Výsledky z programu Scia Engineer

$$R_z = 81,79 \text{ kN}$$

$$R_y = -48,99 \text{ kN}$$

2.5.2 Normálové síly ve vrcholu $d_x=24,425 \text{ m}$

Pre výpočet som použil reakcie z programu Scia Engineer.

Ruční výpočet

$$N_{vrchol} = -48,99 \text{ kN}$$

Scia Engineer

$$N_{vrchol} = -49,03 \text{ kN}$$

2.5.3 Posouvající síly ve vrcholu

Ruční výpočet

$$V_{z, vrchol} = -0,026 \text{ kN} \quad (-3,315 \text{ kN})$$

Scia Engineer

$$V_{z, vrchol} = -0,02 \text{ kN} \quad (-3,32 \text{ kN})$$

2.5.4 Moment ve vrcholu

Ruční výpočet

$$M_{y, vrchol} = -4,98 \text{ kNm}$$

Scia Engineer

$$M_{y, vrchol} = -5,72 \text{ kNm}$$

Vic k výpočtům viz.příloha 2.

1. Vnútorné sily na prvku

Lineárny výpočet, Extrém : Globálny, Systém : Hlavné

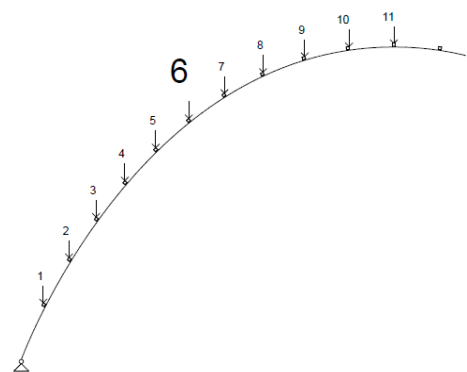
Výber : B4

Zaťažovacie stavy : ZS-2-Ostatné stále

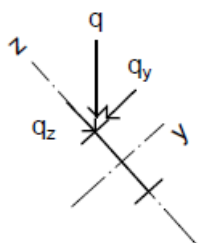
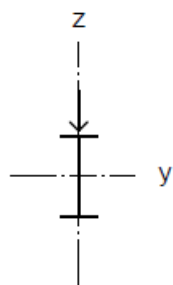
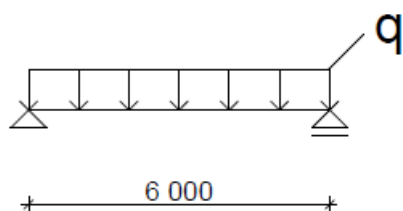
Prvok	Stav	dx [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
Študentská verzia					
B4	ZS-2-Ostatné stále	0,000	-95,36	0,03	0,00
B4	ZS-2-Ostatné stále	24,425	-49,03	-3,32	-5,72

2.5.5 Zhodnocení

Výsledky ze software Scia Engineer odpovídají přibližnému kontrolnímu výpočtu. Odchýlka je způsobena zjednodušením ručního výpočtu.



VAZNICE



3. Dimenzování

3.1 Prostá vaznice

Vaznice č. 6 ($\alpha = 42^\circ$)

Návrh je proveden na nejvíce namáhanou vaznici. Sníh vyvozuje větší zatížení než vítr, tudíž je rozhodující.

3.1.1 Posouzení vaznice na složené kroucení

3.1.1.1 Zatížení stále

Vlastní tíha - IPE 400 - 66,3 kg/m - $q_1 = 0,663 \text{ kN/m}$

Ostatné stále - $q_2 = 1,11 \text{ kN/m}$

$\Sigma q = 1,773 \text{ kN/m}$

3.1.1.2 Zatížení proměnné

Sníh navátý - 4,46 kN/m

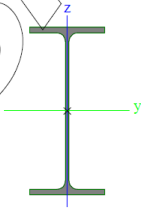
3.1.1.3 Kombinace

$q = 1,35 \cdot (0,663 + 1,11) + 1,5 \cdot (4,46) = 9,1 \text{ kN/m}$

$q_y = \sin \alpha \cdot q = \sin(42) \cdot 9,1 = 6,1 \text{ kN/m}$ (3.1)

$q_z = \cos \alpha \cdot q = \cos(42) \cdot 9,1 = 6,76 \text{ kN/m}$ (3.2)

3.1.1.4 Průřezové charakteristiky IPE 400

Názov	Stará vaznica	
Typ	IPE400	
Popis zdroja	ArcelorMittal / Sales Programme / Version 2012-1	
Materiálová položka	S 235	
Výroba	valčovaný	
Rovinný vzper y-y	a	
Rovinný vzper z-z	b	
Klopenie	Standard	
Použit' 2D výpočet MKP	x	
		
A [m²]	8,4500e-03	
A y, z [m²]	4,9303e-03	3,5197e-03
I y, z [m⁴]	2,3130e-04	1,3180e-05
I w [m⁵], t [m⁴]	4,9000e-07	5,1100e-07
Wel y, z [m³]	1,1600e-03	1,4600e-04
Wpl y, z [m³]	1,3070e-03	2,2900e-04

3.1.1.5 Vnitřní síly-složené kroucení

Ohybový moment smer y

$$M_{ed,y} = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 6,1 \cdot 6^2 = 27,45 \text{ kNm} \quad (3.3)$$

Ohybový moment smer z

$$M_{ed,z} = \frac{1}{8} \cdot q_z \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 6,76 \cdot 6^2 = 30,42 \text{ kNm} \quad (3.4)$$

Bimoment

$$B_{sd} = M_{ed,y} \cdot e \cdot (1 - \chi) = 27,45 \cdot 0,2 \cdot (1 - 0,6) = 2,196 \text{ kNm} \quad (3.5)$$

$$\chi = \frac{1}{\beta + \left(\frac{\alpha}{\psi \cdot L}\right)^2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{3,1}{3,81}\right)^2} = 0,6$$

$$\psi \cdot L = 0,62 \cdot L \cdot \sqrt{\frac{I_t}{I_w}} = 0,62 \cdot 6000 \cdot \sqrt{\frac{5,14 \cdot 10^5}{4,9 \cdot 10^{11}}} = 3,81$$

Uložení v kroucení

-kloubové $\alpha = 3,1$

-zatížení (rovnomerné) $\beta = 1,0$

$$\sigma_{m,y} = \frac{M_y}{W_{pl,y}} = \frac{27,45 \cdot 10^6}{1,31 \cdot 10^6} = 20,1 \text{ MPa} \quad (3.6)$$

$$\sigma_{m,z} = \frac{M_z}{W_{pl,z}} = \frac{30,42 \cdot 10^6}{2,29 \cdot 10^5} = 132,8 \text{ MPa} \quad (3.7)$$

Normálové napětí od kroucení

$$\sigma_\omega = \frac{B_{sd}}{I_w} \cdot w = \frac{2,196 \cdot 10^9}{4,9 \cdot 10^{11}} \cdot 17,39 \cdot 10^3 = 77,9 \text{ MPa} \quad (3.8)$$

3.1.1.6 Posouzení-složené kroucení

Srovnávací napětí

$$\sigma_{Ed} = \sigma_{m,y} + \sigma_{m,z} + \sigma_w = 132,8 + 20,1 + 77,9 = 230,8 \text{ MPa}$$

$$< \frac{f_y}{\gamma_{m,0}} = \frac{235}{1,0} = 235 \text{ MPa}$$

(3.9)

Vyhoví

3.1.2 Posouzení vaznice na klopení

3.1.2.1 Zatížení stále

Vlastní tíha - IPE 400 - 66,3 kg/m - $q_1 = 0,663 \text{ kN/m}$

Ostatné stále - $q_2 = 1,11 \text{ kN/m}$

$$\Sigma q = 1,773 \text{ kN/m}$$

3.1.2.2 Zatížení proměnné

Sání větru - $(-2,1 \text{ kN/m})$

3.1.2.3 Kombinace

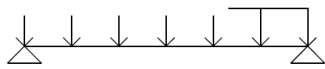
$$q_k = 1,35 \cdot (0,663 + 1,11) + 1,5 \cdot (-2,1) = -1,377 \text{ kN/m}$$

3.1.2.4 Vnitřní síly-klopení

Ohybový moment

$$k_z = k_w = 1$$

$$z_g = -200 \text{ mm}$$



$$\xi_y = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot (-200)}{1 \cdot 6000} \cdot \sqrt{\frac{210 \ 000 \cdot 1,32 \cdot 10^7}{81 \ 000 \cdot 5,14 \cdot 10^5}} = -0,854$$

$$\kappa = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{1 \cdot 6000} \cdot \sqrt{\frac{210 \ 000 \cdot 4,9 \cdot 10^{11}}{81 \ 000 \cdot 5,14 \cdot 10^5}} = 0,823$$

$$u_{cr} = \frac{c_1}{k_2} \cdot \left[\sqrt{1 + \kappa + (c_2 \cdot \xi_y)^2} - c_2 \cdot \xi_y \right] =$$

$$\frac{1,132}{1} \cdot \left[\sqrt{1 + 0,823 + (0,459 \cdot (-0,854))^2} - 0,459 \cdot (-0,854) \right] =$$

$$u_{cr} = 2,0352$$

$$M_{cr} = u_{cr} \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}{L}} = 2,0352 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \ 000 \cdot 1,32 \cdot 10^7 \cdot 81 \ 000 \cdot 5,14 \cdot 10^5}{6000}} =$$

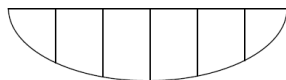
$$M_{cr} = 362 \text{ kNm}$$

Zatížení při klopení

$$-c_1 = 1,132$$

$$-c_2 = 0,459$$

M



$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{y,Pl} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,31 \cdot 10^6 \cdot 235 \text{ MPa}}{362 \text{ kNm}}} = 0,922$$

IPE 400 - válcovaný profil - $h/b = 2,2 > 2 \rightarrow b \rightarrow \alpha = 0,34$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot 0,922 - 0,2 + 0,922^2] = 1,05$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT} - \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{1,05 + \sqrt{1,05 - 0,922^2}} = 0,644$$

$$M_{Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{y,Pl} \cdot f_y}{\gamma_{M,1}} = \frac{0,644 \cdot 1,31 \cdot 10^6 \cdot 235}{1,0} = 198,3 \text{ kNm}$$

(3.11)

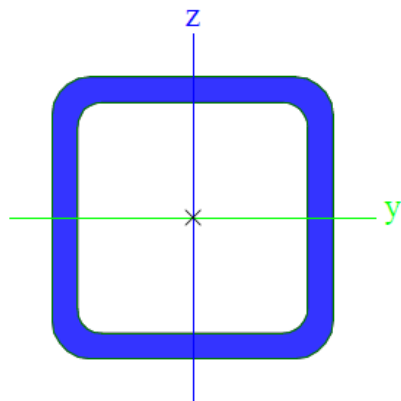
3.1.2.5 Posouzení - klopení

$$M_{Ed} = 6,2 \text{ kNm} < M_{Rd} = 198,3 \text{ kNm}$$

Vyhoví

Posouzení ostatních vaznic viz.příloha 3.

Z důvodu ekonomického návrhu změna profilu IPE 400 na TR 4HR 140x140x12,5.



....:POSUDOK PRIEREZU:....

Kritický posudok v mieste 3.000 m

Vnútné sily	Vypočítané	Jednotka
*Študentská verzia ¹ *Študentská verzia ¹ *Študentská verzia ¹ *Štude		
N,Ed	-19,20	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	0,00	kN
T,Ed	-0,14	kNm
My,Ed	33,44	kNm
Mz,Ed	25,49	kNm

Posudek byl vyhotoven programem Scia Engineer, na nejvíce namáhanou vaznici B23. Výsledný jednotkový posudek, viz níže. Podrobný výpis hodnot je uveden v příloze 4.

Posudok na tlak s ohybom

Podľa článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorca (6.61), (6.62)
Interakčná metóda 2

Tabuľka hodnôt		
Studentská verzia *Studentská verzia* *Studentská verzia* *Student		
kyy	0.909	
kyz	0.576	
kzy	0.546	
kzz	0.960	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	6.2070e-03	m^2
Wy	2.9300e-04	m^3
Wz	2.9300e-04	m^3
NRk	1458.65	kN
My,Rk	68.86	kNm
Mz,Rk	68.86	kNm
My,Ed	33.44	kNm
Mz,Ed	25.49	kNm
Interakčná metóda 2		
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
Cmy	0.900	
Cmz	0.950	
CmLT	0.950	

$$\text{Jednotkový posudok (6.61)} = 0.01 + 0.44 + 0.21 = 0.67$$

$$\text{Jednotkový posudok (6.62)} = 0.01 + 0.26 + 0.36 = 0.63$$

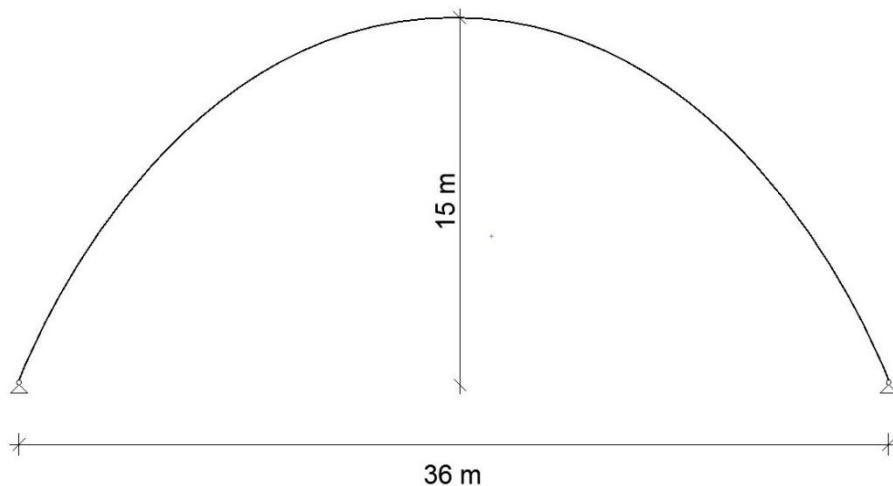
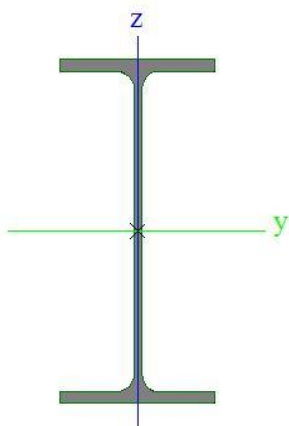
Prút vyhovuje posudku stability.

3.2 Parabolický oblouk

Návrh - HEB 500

Posudek vykonán pro nejvíce namáhaný prvek. Tlačený prvek - namáháno na tlak s ohybem.

A [m ²]	8,4500e-03
A _y [m ²]	4,9303e-03
A _z [m ²]	3,5197e-03
AL [m ² /m]	1,4666e+00
AD [m ² /m]	1,4666e+00
cYUSS [mm]	90
cZUSS [mm]	200
\alpha [deg]	0,00
I _y [m ⁴]	2,3130e-04
I _z [m ⁴]	1,3180e-05
i _y [mm]	165
i _z [mm]	39
W _{el} [m ³]	1,1600e-03

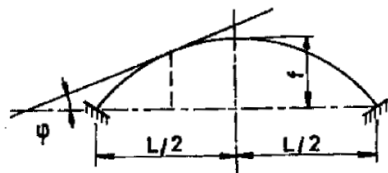


3.2.1 Určení vzpěrné délky

Pro vybočení v rovině oblouku lze počítat se štíhlostí

$$\lambda_y = \beta_y \frac{0,5 L}{i_y},$$

kde β_y je součinitel podle tabulky C.6.



f/L	Oblouk	
	dvoukloubový	
	$I_y^2)$	$I_y \cos \varphi^2)$
0,0	1,00	1,00
0,1	1,05	1,03
0,2	1,18	1,12
0,3	1,43	1,25
0,4	1,70	1,43
0,5	2,03	1,62
0,6	2,49	—
0,8	3,56	—
1,0	4,74	—

$$\frac{f}{L} = \frac{15}{36} = 0,4166 \rightarrow \beta = 1,75$$

$$\lambda_y = \beta_y \cdot \frac{0,5 \cdot L}{i_y} \rightarrow$$

$$L_{cr} = 1,75 \cdot 0,5 \cdot 36 = 31,5 \text{ m}$$

3.2.2 Vnitřní síly na oblouku

....:POSUDOK PRIEREZU:....

Kritický posudok v mieste 48.851 m

Vnútorne sily	Vypočítané	Jednotka
Študentská verzia *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Štude		
N,Ed	-424,60	kN
Vy,Ed	0,01	kN
Vz,Ed	-43,88	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	0,00	kNm
Mz,Ed	0,00	kNm

Posudek byl vypočten programem Scia Engineer, na nejvíce namáhaný oblouk B4. Výsledný jednotkový posudek, viz níže. Podrobný výpis hodnot je uveden v příloze 4.

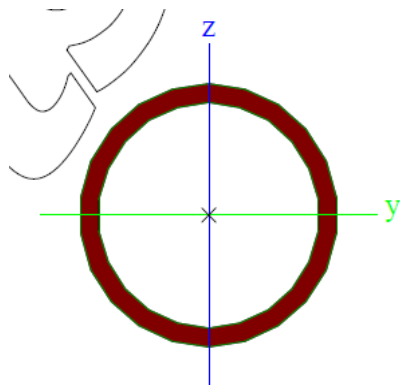
Posudok na tlak s ohybom

Podľa článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorca (6.61), (6.62)
Interakčná metóda 2

Tabuľka hodnôt		
Študentská verzia *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Študent		
kyy	1.060	
kyz	0.410	
kzy	0.636	
kzz	0.683	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	2.3860e-02	m^2
Wy	4.8150e-03	m^3
Wz	1.2920e-03	m^3
NRk	5607,10	kN
My,Rk	1131,53	kNm
Mz,Rk	303,62	kNm
My,Ed	367,38	kNm
Mz,Ed	-0,01	kNm
Interakčná metóda 2		
Psi y	1.000	
Psi z	0.000	
Cmy	0.900	
Cmz	0.680	
CmLT	0.580	

$$\text{Jednotkový posudok (6.61)} = 0.22 + 0.34 + 0.00 = 0.57$$

$$\text{Jednotkový posudok (6.62)} = 0.24 + 0.21 + 0.00 = 0.45$$



3.3 Ztužidla

Tuhost v podélném směru je zabezpečena pomocí soustavy **ztužidel** kruhového průřezu TR KR 139.7/10.0. Stůžidla se nacházejí v krajních polích příčných vazeb. Uspořádání výplňových prutů je složené soustavy, v krajních příhradách při podporách, soustavy polopříčkové.

3.3.1 Vnitřní síly

....:POSUDOK PRIEREZU:....

Kritický posudok v mieste 0.000 m

Vnútné sily	Vypočítané	Jednotka
<i>*Studentská verzia*</i> N,Ed	<i>*Studentská verzia*</i> -43,89	<i>*Studentská verzia*</i> kN
<i>*Studentská verzia*</i> Vy,Ed	<i>*Studentská verzia*</i> -0,03	<i>*Studentská verzia*</i> kN
<i>*Studentská verzia*</i> Vz,Ed	<i>*Studentská verzia*</i> -0,92	<i>*Studentská verzia*</i> kN
<i>*Studentská verzia*</i> T,Ed	<i>*Studentská verzia*</i> -0,43	<i>*Studentská verzia*</i> kNm
<i>*Studentská verzia*</i> My,Ed	<i>*Studentská verzia*</i> 0,82	<i>*Studentská verzia*</i> kNm
<i>*Studentská verzia*</i> Mz,Ed	<i>*Studentská verzia*</i> 0,19	<i>*Studentská verzia*</i> kNm

3.3.2 Posudek

Posudek byl vypočten programem Scia Engineer, na nejvíce namáhaný prvek B403. Výsledný jednotkový posudek, viz níže. Podrobný výpis hodnot je uveden v příloze 4.

Posudok na tlak s ohybom

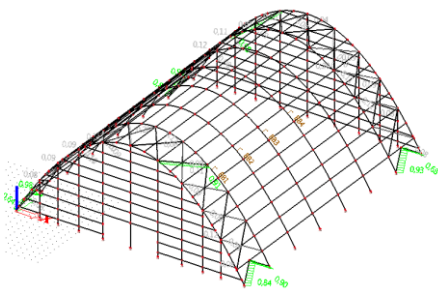
Podľa článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorca (6.61), (6.62)
Interakčná metóda 2

Tabuľka hodnôt		
<i>*Studentská verzia*</i>	<i>*Studentská verzia*</i>	<i>*Studentská verzia*</i>
kyy	1.517	
kyz	0.258	
kzy	0.910	
kzz	0.429	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	4.0700e-03	m ²
Wy	1.6590e-04	m ³
Wz	1.6590e-04	m ³
NRk	956.45	kN
My,Rk	38.99	kNm
Mz,Rk	38.99	kNm
My,Ed	-2.60	kNm
Mz,Ed	-2.46	kNm
Interakčná metóda 2		
Psi y	-0.315	
Psi z	-0.076	
Cmy	0.900	
Cmz	0.400	
CmLT	0.474	

Jednotkový posudok (6.61) = 0.86 + 0.10 + 0.02 = 0.98

Jednotkový posudok (6.62) = 0.07 + 0.06 + 0.03 = 0.16

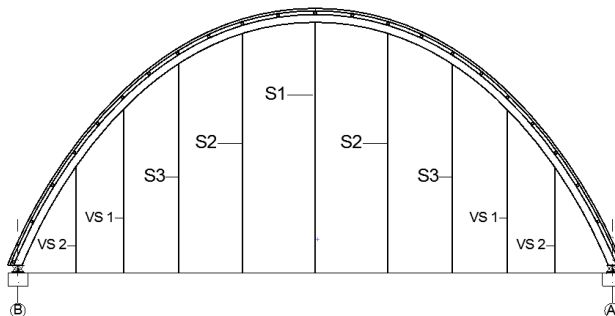
Prút vyhovuje posudku stability.



3.4 Štítové sloupy

Štítové sloupy jsou dvou typů průřezů. Hlavní štítové sloupy (S1,S2,S3), profilu HEB 300 a vedlejší sloupy (VS1,VS2), profilu HEB 200.

Nejvyšší sloup S1 je výšky 15 m, nejnižší VS 2, výšky 5,5 m.



3.4.1 Hlavní štítové sloupy HEB 300

3.4.1.1 Vnitřní síly

....:POSUDOK PRIEREZU:....

Kritický posudok v mieste 9.631 m

Vnútorné sily	Vypočítané	Jednotka
N,Ed	-10,10	kN
Vy,Ed	3,12	kN
Vz,Ed	-8,87	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	80,83	kNm
Mz,Ed	-16,77	kNm

Študentská verzia *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Štude

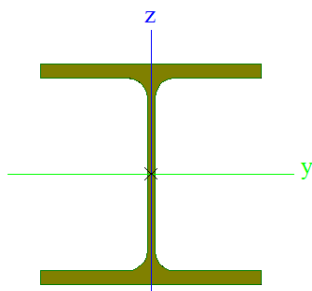
3.4.1.2 Posudek

Posudek byl vypočten programem Scia Engineer, na nejvíce namáhaný prvek B156. Výsledný jednotkový posudek, viz níže. Podrobný výpis hodnot je uveden v příloze 4.

Tabuľka hodnôt		
Študentská verzia *Študentská verzia* *Študentská verzia* *Študent		
kyy	0.902	
kyy	0.533	
kzy	0.541	
kzz	0.888	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	1.4910e-02	m^2
Wy	1.8690e-03	m^3
Wz	8.7010e-04	m^3
NRk	3503.85	kN
My,Rk	439.22	kNm
Mz,Rk	204.47	kNm
My,Ed	87.18	kNm
Mz,Ed	-16.77	kNm
Interakčná metóda 2		
Psi y	1.000	
Psi z	0.721	
Cmy	0.900	
Cmz	0.888	
CmLT	0.934	

Jednotkový posudok (6.61) = 0.00 + 0.18 + 0.04 = 0.23

A [m^2]	1.4910e-02
Ay [m^2]	1.0963e-02
Az [m^2]	3.5436e-03
AL [m^2/m]	1.7300e+00
AD [m^2/m]	1.7314e+00
cYUSS [mm]	150
cZUSS [mm]	150
\alpha [deg]	0.00
Iy [m^4]	2.5170e-04
Iz [m^4]	8.5630e-05
Iy [mm]	130
Iz [mm]	76
Wely [m^3]	1.6780e-03



3.4.2 Vedlejší štítové sloupy HEB 200

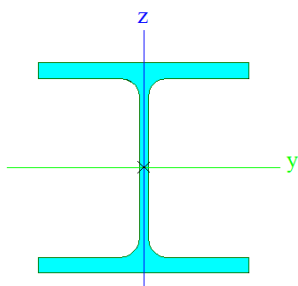
3.4.2.1 Vnitřní síly

....:POSUDOK PRIEREZU:....

Kritický posudok v mieste 3.810 m

Vnútorné sily	Vypočítané	Jednotka
<i>*Študentská verzia*</i> <i>*Študentská verzia*</i> <i>*Študentská verzia*</i> <i>*Študent</i>		
N,Ed	-3,68	kN
Vy,Ed	11,38	kN
Vz,Ed	3,47	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	22,15	kNm
Mz,Ed	2,73	kNm

A [m ²]	7,8080e-03
Ay [m ²]	5,7750e-03
Az [m ²]	1,9112e-03
AL [m ² /m]	1,1500e+00
AD [m ² /m]	1,1510e+00
cYUSS [mm]	100
cZUSS [mm]	100
\alfa [deg]	0,00
Iy [m ⁴]	5,6960e-05
Iz [m ⁴]	2,0030e-05
Iy [mm]	85
Iz [mm]	51
Welv [m ³]	5,6960e-04



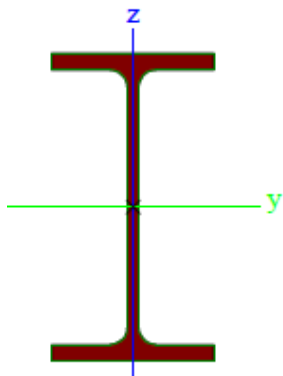
3.4.2.2 Posudek

Posudek byl vypočten programem Scia Engineer, na nejvíce namáhaný prvek B172. Výsledný jednotkový posudek, viz níže. Podrobný výpis hodnot je uveden v příloze 4.

Tabuľka hodnôt		
<i>*Študentská verzia*</i> <i>*Študentská verzia*</i> <i>*Študentská verzia*</i> <i>*Študent</i>		
kyz	0.486	
kzy	0.541	
kzz	0.809	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	7.8080e-03	m ²
Wy	6.4250e-04	m ³
Wz	3.0580e-04	m ³
NRk	1834.88	kN
My,Rk	150.99	kNm
Mz,Rk	71.86	kNm
My,Ed	22.15	kNm
Mz,Ed	-14.34	kNm
Interakčná metóda 2		
Psi y	1.000	
Psi z	-0.190	
Cmy	0.900	
Cmz	0.810	
CmLT	0.906	

$$\text{Jednotkový posudok (6.61)} = 0.00 + 0.13 + 0.10 = 0.23$$

$$\text{Jednotkový posudok (6.62)} = 0.00 + 0.08 + 0.16 = 0.24$$



3.5 Paždíky IPE 120

Paždíky jsou jednotného průřezu IPE 120, ale různých délek, dle rozmístění štitových sloupů.

3.5.1 Vnitřní síly

...::POSUDOK PRIEREZU::...

Kritický posudok v mieste 1.917 m

Vnútorne sily	Vypočítané	Jednotka
<i>*Študentská verzia*</i>	<i>*Študentská verzia*</i>	<i>*Študentská verzia*</i>
N,Ed	-18,26	kN
Vy,Ed	0,00	kN
Vz,Ed	0,00	kN
T,Ed	0,00	kNm
My,Ed	1,97	kNm
Mz,Ed	0,25	kNm

3.5.2 Posudek

Posudek byl vypočten programem Scia Engineer, na nejvíce namáhaný prvek B277. Výsledný jednotkový posudek, viz níže. Podrobný výpis hodnot je uveden v příloze 4.

Posudok na tlak s ohybom

Podľa článku EN 1993-1-1 : 6.3.3. a vzorca (6.61), (6.62)
Interakčná metóda 2

Tabuľka hodnôt		
<i>*Študentská verzia*</i>	<i>*Študentská verzia*</i>	<i>*Študentská verzia*</i>
kyy	0.943	
kyz	0.990	
kzy	0.925	
kzz	1.650	
Delta My	0.00	kNm
Delta Mz	0.00	kNm
A	1.3200e-03	m ²
Wy	6.0700e-05	m ³
Wz	1.3600e-05	m ³
NRk	310.20	kN
My,Rk	14.26	kNm
Mz,Rk	3.20	kNm
My,Ed	1.97	kNm
Mz,Ed	0.25	kNm
Interakčná metóda 2		
Psi y	1.000	
Psi z	1.000	
Cmy	0.900	
Cmz	0.950	
CmLT	0.950	

$$\begin{aligned} \text{Jednotkový posudok (6.61)} &= 0.08 + 0.27 + 0.08 = 0.42 \\ \text{Jednotkový posudok (6.62)} &= 0.53 + 0.26 + 0.13 = 0.92 \end{aligned}$$

4. MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

4.1 Oblouk

$$\delta_{oblouk} = 68,9 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{250} = \frac{36\,000}{250} = 144 \text{ mm}$$

Vyhoví

4.2 Vaznice

$$\delta_{vaznice} = 25,9 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{200} = \frac{6\,000}{200} = 30 \text{ mm}$$

Vyhoví

4.3 Štítové sloupy

4.3.1 Hlavný štítový sloup S1 - 15 m

$$\delta_{sloup} = 31,1 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{15\,000}{300} = 50 \text{ mm}$$

4.3.2 Štítový sloup S2 - 14 m

$$\delta_{sloup} = 22,8 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{14\,000}{300} = 46,6 \text{ mm}$$

4.3.3 Štítový sloup S2 - 11,9 m

$$\delta_{sloup} = 101,1 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{11\,900}{300} = 40 \text{ mm}$$

4.3.4 Vedlejší štítový sloup VS 1 - 8,9 m

$$\delta_{sloup} = 11,8 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{8\,900}{300} = 30 \text{ mm}$$

4.3.5 Vedlejší štítový sloup VS 2 - 5,5 m

$$\delta_{sloup} = 1,5 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{5\,500}{300} = 18 \text{ mm}$$

Vyhoví

4.4 Paždíky

4.4.1 Paždík P1 - 3,3 m

$$\delta_{P1} = 1,9 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{3\,300}{300} = 11 \text{ mm}$$

4.4.2 Paždík P2 - 2,8 m

$$\delta_{P2} = 1,1 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{2\,800}{300} = 9,3 \text{ mm}$$

4.4.3 Paždík P3 - 3,2 m

$$\delta_{P3} = 2,0 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{3\,200}{300} = 10,6 \text{ mm}$$

4.4.4 Paždík P4 - 3,8 m

$$\delta_{P4} = 3,6 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{3\,800}{300} = 12,6 \text{ mm}$$

4.4.5 Paždík P5 - 4,3 m

$$\delta_{P5} = 10 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{4\,300}{300} = 14,3 \text{ mm}$$

4.4.6 Paždík P6 - 3,8 m

$$\delta_{P6} = 3,6 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{3\,800}{300} = 12,6 \text{ mm}$$

4.4.7 Paždík P7 - 1,9 m

$$\delta_{P7} = 0,4 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{1\,900}{300} = 6,3 \text{ mm}$$

4.4.8 Paždík P8 - 2,6 m

$$\delta_{P8} = 1,0 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{2\,600}{300} = 8,6 \text{ mm}$$

4.4.9 Paždík P9 - 2,8 m

$$\delta_{P9} = 2,8 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{L}{300} = \frac{2\,800}{300} = 9,3 \text{ mm}$$

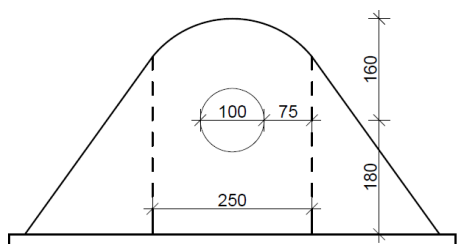
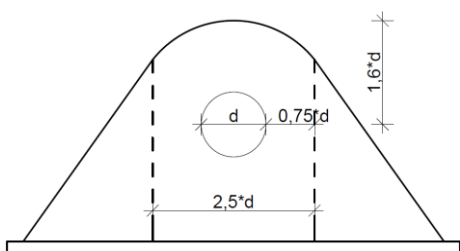
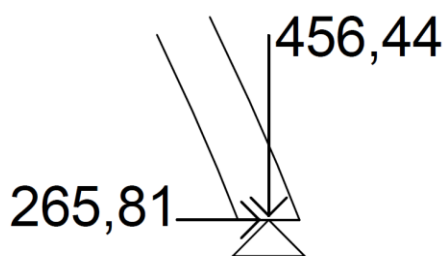
Vyhoví

4.5 Vrchol budovy

Budovy bez jeřábových drah od zatížení větrem - jednopodlažní budova

$$\delta_{vrchol} = 14,1 \text{ mm} < \delta_{max} = \frac{h}{300} = \frac{15\,000}{300} = 50 \text{ mm}$$

Vyhoví



5.SPOJE

5.1 Oblouk

K oblouku je obvodovým koutovým svarem přivařen plech P 20 x 300 x 700, obvodovým koutovým svarem. K tomuhle plechu je přivařen 40 mm plech s otvorem pro čep. Dva plechy o tloušťce 20 mm s otvorem pro čep, jsou přivařeny k patní desce, plným tupým svarem. Více detailů viz. výkres č.3.

5.1.1 Čepový spoj

5.1.1.1 Návrh

$$F_{V,ed} = \sqrt{265,81^2 + 456,44^2} = 528,2 \text{ kN}$$

$$t \geq 0,7 \cdot \sqrt{\frac{F_{Ed} \cdot \gamma_{M,0}}{f_y}} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{528,8 \cdot 1,0}{235}} = 33,2 \text{ mm} \rightarrow \text{NÁVRH } 40 \text{ mm}$$

$$d_0 \leq 2,5 \cdot t = 2,5 \cdot 40 = 100 \text{ mm}$$

$$1,6 \cdot d_0 = 1,6 \cdot 100 = 160 \text{ mm}$$

$$0,75 \cdot d_0 = 0,75 \cdot 100 = 75 \text{ mm}$$

$$2,5 \cdot d_0 = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ mm}$$

$$0,3 \cdot d_0 = 0,3 \cdot 100 = 30 \text{ mm}$$

$$1,3 \cdot d_0 = 1,3 \cdot 100 = 130 \text{ mm}$$

5.1.1.2 Únosnost čepu ve střihu

$$F_{v,rd} = \frac{0,6 \cdot A \cdot f_{up}}{\gamma_{m,2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 360}{1,25} = 1\,357 \text{ kN}$$

$$F_{v,rd} = 1\,357 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 528,2 \text{ kN}$$

5.1.1.3 Únosnost plechu a čepu v otláčení

$$F_{B,Rd} = \frac{1,5 \cdot t \cdot d \cdot f_y}{\gamma_{m,2}} = \frac{1,5 \cdot 40 \cdot 100 \cdot 235}{1,25} = 1\,410\text{ kN}$$

$$F_{B,Rd} = 1\,410\text{ kN} \geq F_{B,Ed} = 528,2\text{ kN}$$

Vyhoví

5.1.1.4 Únosnost čepu v ohybu

$$M_{Rd} = \frac{1,5 \cdot W \cdot f_y}{\gamma_{m,0}} = \frac{1,5 \cdot 98,174 \cdot 10^3 \cdot 235}{1,0} = 34,6\text{ kNm}$$

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{\pi \cdot 100^3}{32} = 98,174 \cdot 10^3\text{ mm}^3$$

$$M_{Ed} = \frac{1}{8} \cdot F \cdot (b + 4c + 2a) = \frac{1}{8} \cdot 528,2 \cdot (40 + 4 \cdot 1 + 2 \cdot 20) = 5,55\text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 5,55\text{ kNm} \leq M_{Rd} = 34,6\text{ kNm}$$

Vyhoví

5.1.1.5 Kombinace ohyb a střih

$$\left(\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right)^2 + \left(\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}}\right)^2 = \left(\frac{5,55}{34,6}\right)^2 + \left(\frac{528,2}{1410}\right)^2 = 0,166 < 1,0$$

Vyhoví

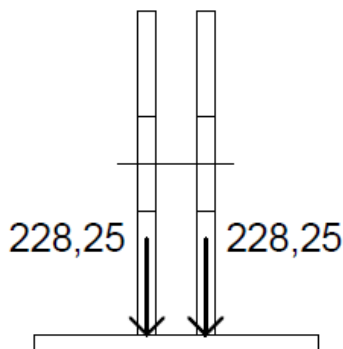
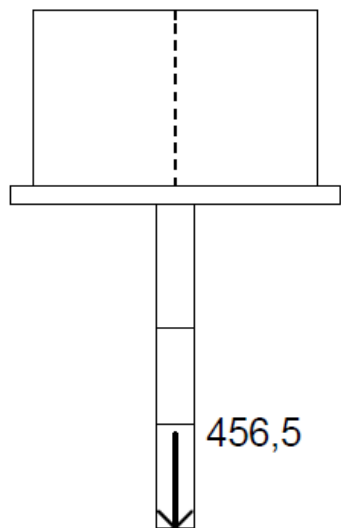
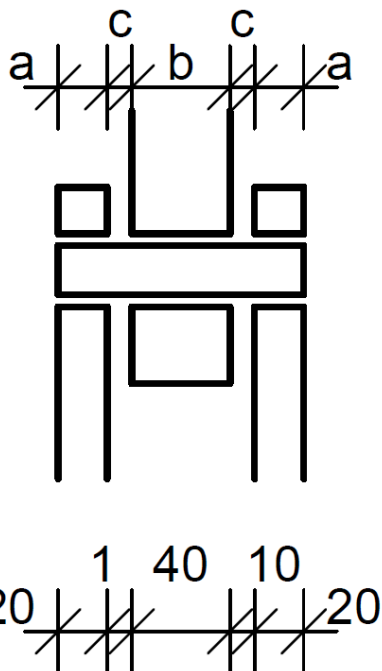
5.1.2 Kotvení

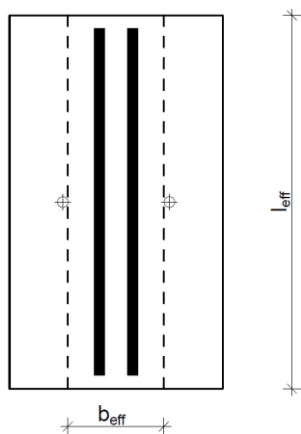
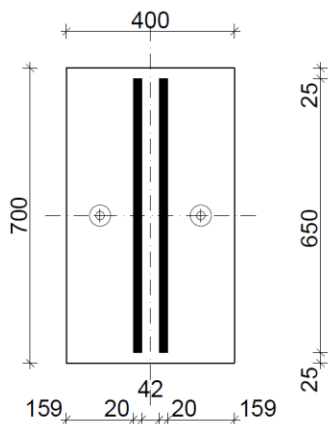
5.1.2.1 Posouzení svaru

Spodní dva plechy čepového spoje, jsou přivařeny k patní desce pomocí tupého plného svaru.

$$N = 456,5 / 2 = 228,25\text{ kN}$$

$$M = H \cdot e = 265,81 \cdot 0,18 = 47,85\text{ kNm}$$





$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{W} = \frac{228,25 \cdot 10^3}{20 \cdot 650} + \frac{47,85 \cdot 10^6}{\frac{1}{6} 20 \cdot 650^2} = 51,5 \text{ MPa} < 360 \text{ MPa}$$

Vyhoví

5.1.2.2 Patní deska v ohybu při tlaku

ŽB patka 800 x 1200 x 800 mm.....C20/25

Kotevní deska 400 x 700 x 20 mm

$$f_{jd} = \beta_j \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{20}{1,5} \cdot 1,5 = 13,33 \text{ MPa}$$

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{m0}}} = 20 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 13,33 \cdot 1,0}} = 48,48 \text{ mm}$$

$$b_{eff} = 48,5 + 20 + 42 + 20 + 48,5 = 179 \text{ mm},$$

$$l_{eff} = 48,5 + 650 + 48,5 = 747 \text{ mm} \rightarrow \text{Max. } 700 \text{ mm}$$

$$F_{Rd,u} = A_{c,0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = 400 \cdot 700 \cdot \frac{20}{1,5} \cdot 1,5 = 5\,600 \text{ kN}$$

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot F_{Rd,u}}{b_{eff} \cdot l_{eff}} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 5600}{179 \cdot 700} = 29,8 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost pásnice v tlaku

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot b_{eff} \cdot l_{eff} = 29,8 \cdot 179 \cdot 700 = 3\,733 \text{ kN}$$

$$F_{c,Rd} = 3\,733 \text{ kN} \geq F_{Ed} = 528 \text{ kN}$$

Vyhoví

5.1.2.3 Patní deska v ohybu při tahu

Návrhová únosnost $F_{T,Rd}$ pásnice náhradního T profilu - páčící síly mohou vzniknout - $F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$

$$m = 79$$

$$e = 80 = n$$

$$w = 0$$

$$M_{Pl,1,Rd} = \frac{0,25 \cdot \sum l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot \sum l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}}$$

TAB. 6.6 - Rada šroubů uvažována samostatně

Rada šroubů vně tažené pásnice

$$\text{- kruhové porušení } l_{eff,cp} = \min(2\pi m_x, \pi m_x + w, \pi m_x + 2e)$$

$$l_{eff,cp} = \min(2 \cdot \pi \cdot 79, \pi \cdot 79 + 0, \pi \cdot 79 + 2 \cdot 80) = \min(496, 248, 408) = 248 \text{ mm}$$

$$\text{- nekruhové porušení } l_{eff,nc} = \min(4m_x + 1,25e_x, e + m_x + 0,625e_x, 0,5b_p, 0,5w + 2m_x + 0,625e_x)$$

$$l_{eff,nc} = \min(4 \cdot 79 + 1,25 \cdot 80; 80 + 79 + 0,625 \cdot 80; 0,5 \cdot 400; 0,5 \cdot 0 + 2 \cdot 79 + 0,625 \cdot 80) = \min(416, 209, 200, 208) = 200 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = l_{eff,nc} = 200 \text{ mm}, \text{ ale } l_{eff,1} \leq l_{eff,cp} = 248 \text{ mm}$$

Vyhoví

$$M_{Pl,1,Rd} = \frac{0,25 \cdot \sum l_{eff,1} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{0,25 \cdot 200 \cdot 20^2 \cdot 235}{1,0} = 4,7 \text{ kNm}$$

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{Pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 \cdot 4,7}{79} = 238 \text{ kN}$$

$$M_{Pl,2,Rd} = 4,7 \text{ kNm} = M_{Pl,1,Rd}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{Pl,2,Rd} + n \cdot \sum F_{T,Rd}}{m + n} = \frac{2 \cdot 4,7 + 80 \cdot 261,334}{79 + 80} = 190,6 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \sum F_{T,Rd} = 2 \cdot 130,667 \text{ kN} = 261,334 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd} + F_{T,2,Rd} + F_{T,3,Rd}) = \min(238; 190,6; 261,664)$$

$$F_{T,Rd} = 190,6 \text{ kN}$$

$$F_{T,Ed} = 88,21 \text{ kN} < F_{T,Rd} = 190,6 \text{ kN}$$

Vyhoví

5.1.2.4 Smyková zarážka

Návrh HEB 260

Detail viz. výkres č.3

$$f_{cd} = \frac{20}{1,5} = 13,33 > \frac{N}{A} \rightarrow A = \frac{N}{f_{cd}} = \frac{265,81 \cdot 10^3}{13,33} = 19\,940 \text{ mm}^2$$

$$h = \frac{A}{b} = \frac{19\,940}{260} = 76,6 \rightarrow \text{NÁVRH } h = 80 \text{ mm}$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{265,81 \cdot 10^3}{260 \cdot 80} = 12,78 \text{ MPa} \leq f_{cd} = 13,33 \text{ MPa}$$

Vyhoví

Smyková únosnost

$$V_{Pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{[(260 - 2 \cdot 18) \cdot 10] \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 304 \text{ kN}$$

$$V_{Pl,Rd} = 304 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 265,81 \text{ kN}$$

Vyhoví

Posouzení svaru

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$L = 2 \cdot (260 - (2 \cdot 18)) = 448 \text{ mm}$$

$$\tau_{//} = \frac{V}{A} = \frac{265,81 \text{ kN}}{5 \cdot 448} = 119 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{//}^2} = \sqrt{3 \cdot 119^2} = 206 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhoví

5.1.2.5 Kotvení na tah

Patní deska ukotvena pomocí chemických kotev

2 x HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M20

Výpočet viz. příloha č.5

Detail viz. výres č.3

5.2 Štítový sloup

5.2.1 Kotvení

5.2.1.1 Patní deska v ohybu při tlaku

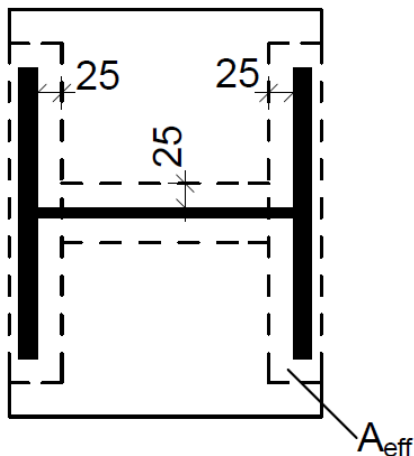
ŽB patka 800 x 800 x 800 mm.....C20/25

Kotevní deska 420 x 320 x 10 mm

$$f_{jd} = \beta_j \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} = \frac{2}{3} \cdot \frac{20}{1,5} \cdot 1,5 = 13,33 \text{ MPa}$$

$$c = 10 \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{m0}}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{235}{3 \cdot 13,33 \cdot 1,0}} = 24,24 \text{ mm} \rightarrow 25 \text{ mm}$$

$$A_{eff} = b_{eff} \cdot l_{eff} = 50\,732 \text{ mm}^2$$



$$F_{Rd,u} = A_{c,0} \cdot f_{cd} \cdot \sqrt{\frac{A_{c,1}}{A_{c,0}}} = 420 \cdot 320 \cdot \frac{20}{1,5} \cdot 1,5 = 2\,688\,kN$$

$$F_{Rd,u} = 2\,688\,kN \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c,0} = 3 \cdot \frac{20}{1,5} \cdot 420 \cdot 320 = 5\,376\,kN$$

$$F_{Rd,u} = 2\,688\,kN \leq 3 \cdot f_{cd} \cdot A_{c,0} = 5\,376\,kN$$

Vyhoví

$$f_{jd} = \frac{\beta_j \cdot F_{Rd,u}}{b_{eff} \cdot l_{eff}} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 2688}{50\,732} = 35,3\,MPa$$

Návrhová únosnost pásnice v tlaku

$$F_{c,Rd} = f_{jd} \cdot b_{eff} \cdot l_{eff} = 35,3 \cdot 50\,732 = 1\,790\,kN$$

$$F_{c,Rd} = 1\,790\,kN \geq F_{Ed} = 30\,kN$$

Vyhoví

Posouzení svaru

$$a = 4\,mm$$

$$L = \text{obvod profilu} = 1\,778\,mm$$

$$\tau_{//} = \frac{H}{A} = \frac{28 \cdot 10^3\,kN}{2 \cdot (4 \cdot 262)} = 13,5\,MPa$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{V}{A} = \frac{30 \cdot 10^3}{4 \cdot 1\,778} = 4,2\,MPa$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp} + 3 \cdot \tau_{//}^2} = \sqrt{4,2^2 + 3 \cdot 0 + 3 \cdot 13,5^2} = 25\,MPa$$

$$< \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360\,MPa$$

Vyhoví

5.2.1.2 Kotvení chemickými kotvami

Štítové sloupky jsou ukotveny do základové patky pomocí chemických kotev Hilti 2 x HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M20. Viz. příloha č.5

5.2.2 Připojení k oblouku

Štítové sloupky jsou připojeny k oblouku pomocí plechu s prodĺouženými otvory a dvojicí šroubů M16 - 5.6

Maximální pokles oblouku dle Scia Engineer - $\delta_{\max} = 38,5 \text{ mm}$

Návrh prodĺouženého otvoru $l = 40 + 18 = 58 \text{ mm} \rightarrow 60 \text{ mm}$

M16 - 5.6

$A = 201 \text{ mm}^2$

$f_{ub} = 400 \text{ MPa}$

$d = 16 \text{ mm}$

$d_0 = 18 \text{ mm}$

$e_3 = 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 18 = 27 \text{ mm} \rightarrow e_3 = e_1$

$e_4 = 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 18 = 27 \text{ mm} \rightarrow e_4 = e_2$

$p_2 = 3,5 \cdot d_0 = 3,5 \cdot 18 = 63 \text{ mm} \rightarrow \text{NÁVRH } 66 \text{ mm}$

5.2.2.1 Návrhová pevnost na stříh

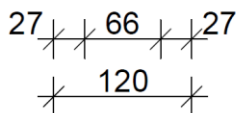
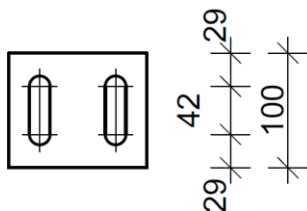
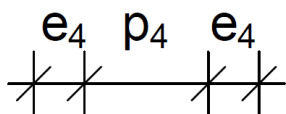
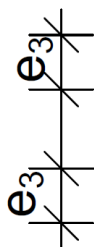
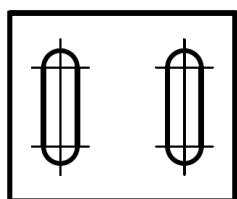
$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 201}{1,25} \cdot 1 = 38,6 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd} = 38,6 \text{ kN} > 28 \text{ kN}$$

5.2.2.2 Návrhová pevnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,43 \cdot 0,5 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 56 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) =$$



$$k_1 \min \left(2,8 \cdot \frac{29}{18} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{66}{18} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$k_1 = \min(2,43; 3,4; 2,5) = 2,43$$

$$a_b = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right)$$

$$a_b = \min \left(\frac{27}{3 \cdot 18}; 0; \frac{400}{360}; 1 \right) = \min(0,5; 0; 1,1; 1)$$

$$a_b = 0,5$$

Redukce pevnosti v otláčení - 60 % - pro prodloužené otvory

$$F_{b,Rd} = 0,6 \cdot 56 = 33,6 \text{ kN} > 28 \text{ kN}$$

Vyhoví

5.2.2.3 Posouzení svaru

Koutový obvodový svar

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

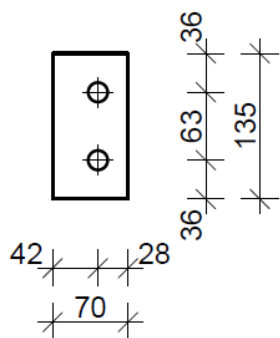
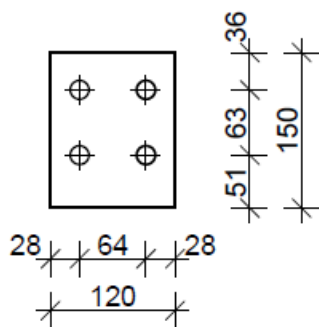
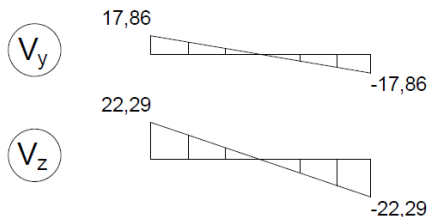
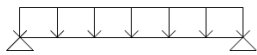
$$L = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

$$\tau_{//} = \frac{V}{A} = \frac{28 \text{ kN}}{4 \cdot 240} = 29,2 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{3 \cdot \tau_{//}^2} = \sqrt{3 \cdot 29,2^2} = 50 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhoví

VAZNICE



5.3 Připojení vaznice

Vaznice je připojena k oblouku pomocí plechu P 10 x 120 x 150 který je přivařen koutovým obvodovým svarem k oblouku a plechu P 10 x 70 x 135 který je přivařen k vaznici. Viz. výkres č.3

Tyto dva plechy jsou spojeny pomocí 2 x M16 - 5.6

$$A = 201 \text{ mm}^2$$

$$f_{ub} = 400 \text{ MPa}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$e_1 = 2,0 \cdot d_0 = 2,0 \cdot 18 = 36 \text{ mm}$$

$$e_2 = 1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 18 = 27 \text{ mm}$$

$$p_1 = 3,5 \cdot d_0 = 3,5 \cdot 18 = 63 \text{ mm}$$

$$p_2 = 3,0 \cdot d_0 = 3,0 \cdot 18 = 54 \text{ mm}$$

5.3.1 Návrhová pevnost na střih

$$F_{V,Rd} = \frac{\alpha_V \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} \cdot n = \frac{0,6 \cdot 400 \cdot 201}{1,25} \cdot 1 = 38,6 \text{ kN}$$

$$F_{V,Rd} = 38,6 \text{ kN} > 22,29 \text{ kN}$$

Vyhoví

5.3.2 Návrhová pevnost v otláčení

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot a_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \cdot 0,666 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 10}{1,25} = 76,8 \text{ kN}$$

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right) =$$

$$k_1 = \min \left(2,8 \cdot \frac{28}{18} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{0}{18} - 1,7; 2,5 \right)$$

$$k_1 = \min(2,65; 0; 2,5) = 2,5$$

$$a_b = \min \left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1 \right)$$

$$a_b = \min \left(\frac{36}{3 \cdot 18}; \frac{68}{3 \cdot 18} - \frac{1}{4}; \frac{400}{360}; 1 \right) = \min(0,666; 1; 1,1; 1)$$

$$a_b = 0,666$$

$$F_{b,Rd} = 76,8 \text{ kN} > F_{Ed} = 22,29 \text{ kN}$$

Vyhoví

5.3.3 Posouzení svaru

$$a = 5 \text{ mm}$$

$$L = 2 \cdot 120 = 240 \text{ mm}$$

$$V = V_1 + V_2 = (2 \cdot 22,29) + (2 \cdot 17,86) = 80,3 \text{ kN}$$

$$\sigma_0 = \frac{V}{A} = \frac{80,3 \cdot 10^3}{5 \cdot 240} = 67 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_0}{\sqrt{2}} = \frac{67}{\sqrt{2}} = 47,5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{//}^2} = \sqrt{47,5^2 + 3 \cdot 47,5^2 + 3 \cdot 0} = 95 \text{ MPa}$$

$$< \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{m2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

Vyhoví