

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

JEDNOLODNÍ TENISOVÁ HALA

SINGLE-BAY TENNIS HALL

2022

Autor práce: Michal Peukert

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Peukert Jméno: Michal Osobní číslo: 484461
Zadávající katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí
Studijní program: Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Jednolodní tenisová hala

Název bakalářské práce anglicky: Single-bay tennis hall

Pokyny pro vypracování:

Návrh nosné ocelové konstrukce, jejích hlavních prvků (vnitřní vazba v místě haly, štítová stěna, ztužení) a vybraných detailů. Výkresová dokumentace konstrukce (půdorys, vybrané řezy, pohledy, navržené detaily).
Technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

Návrh konstrukce bude proveden dle evropských norem. Tj. zejména využití částí ČSN EN 1991 a ČSN EN 1993.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Michal Jandera

Datum zadání bakalářské práce: 14.2.2022 Termín odevzdání bakalářské práce: 15.5.2022
Údai uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

14.2.2022

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Michalu Janderovi, Ph.D. za veškeré rady, podklady, odborné vedení a taktéž trpělivost a ochotu, kterou mi věnoval.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou prací s názvem „Jednolodní tenisová hala“ vypracoval samostatně a použil k tomu plný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k bakalářské práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 4.5.2022

Michal Peukert

Anotace

Bakalářská práce se zabývá statickým návrhem ocelové konstrukce sportovní haly. Statický výpočet zahrnuje pouze část haly, ve které se nachází tenisový kurt. Jedná se o rámovou konstrukci složenou ze štítových stěn, typických ráků a ztužujících prvků. Dále jsou navrženy doplňující konstrukční prvky (vaznice, paždíky, obvodový a střešní plášť). Navrženy jsou také vybrané detaily, součástí je i výkresová dokumentace. Celý návrh je proveden v souladu s platnými Evropskými normami.

Klíčová slova

Sportovní hala, tenisový kurt, statický výpočet, technická zpráva, rámová konstrukce, nosná ocelová konstrukce

Abstract

The Bachelor's Thesis deals with a sport hall steel structure design. Namely the part of the hall in which a tennis court is located. It is a frame construction consisting of gable walls, typical frames and bracing elements. Secondary structural elements (e.g. purlins, rails, cladding and roofing) are also designed. Selected details and drawing documentation (design part) are also included. The entire design is carried out in accordance with the current European standards.

Keywords

Sports hall, tennis court, structural calculation, technical report, portal frame, load-bearing steel construction

Seznam příloh

Příloha 1. Výstupy z výpočetních programů

Příloha 2. Dispoziční výkresy

Příloha 3. Detaily 1

Příloha 4. Detaily 2

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

JEDNOLODNÍ TENISOVÁ HALA

SINGLE-BAY TENNIS HALL

2022

TECHNICKÁ ZPRÁVA

OBSAH

1.	Popis budovy	2
2.	Popis konstrukce	2
2.1.	Základová konstrukce	2
2.2.	Rámová konstrukce	2
2.3.	Štítová stěna	3
2.4.	Ztužení objektu	3
2.4.1.	Střešní ztužidla	3
2.4.2.	Podélná ztužidla	3
3.	Zatížení	3
3.1.	Zatížení sněhem	3
3.2.	Zatížení větrem	3
3.3.	Stálé zatížení	3
4.	Konstrukční materiály	4
5.	Výroba ocelové konstrukce	4
6.	Montáž konstrukce	4
7.	Ochrana proti požáru	4
8.	Ochrana proti korozi	4
9.	Použité normy	5

1. Popis budovy

Jedná se o novostavbu sportovní haly v Litomyšli. Objekt je obdélníkového půdorysu o rozměrech přibližně 19x64 m. Výška v hřebeni je přibližně 12,5 m. Sportovní hala je rozdělena na dvě části. Východní, která je navržena, zabírá přibližně dvě třetiny plochy objektu a slouží jako tenisový krytý kurt. Tato část nemá více podlaží, je na celou výšku objektu. Západní část má tři podlaží. V přízemí jsou umístěny klubovny a šatny se zázemím, ve druhém podlaží jsou umístěny tři squashové kurty přes dvě podlaží a občerstvení. Ve třetím podlaží je umístěn byt správce a strojovna.

2. Popis konstrukce

2.1. Základová konstrukce

Svislá konstrukce je založena na základových patkách z prostého betonu C 25/30. Základové patky sloupů tenisové haly jsou navrženy o rozměrech 0,8 x 1,0 m a výšce 1,0 m z důvodu založení v nezámrné hloubce. Na betonových patkách jsou kloubově uloženy ocelové patky z patního plechu o tloušťce 20 mm na podlití o tloušťce 30 mm. Kotvy jsou navrženy jako 4 x M16 lepené do betonového základu. Pro přenos smykových sil je navržena smyková zarážka HEB 120 přivařena k patnímu plechu.

2.2. Rámová konstrukce

Rámová konstrukce je složena ze sloupu a příčle stejného průřezu. Průřez je proměnný dle umístění na konstrukci, základem je profil IPE 500, na nějž je od poloviny výšky, respektive délky navařen náběh IPE 500 o výšce průřezu 450 mm. Vzdálenost vazeb je 6,65 m, v krajním poli západní strany objektu je vzdálenost snížena na 3,325 m. Výška sloupů je 10,2 m. Příčel je o celkovém rozponu 18,55 m a sklonu 17,4 %. Spoje příčle v hřebeni a přípoj na sloup jsou provedeny šroubovým spojem.

2.3. Štítová stěna

Konstrukce štítové stěny je složena ze dvou rámových sloupů průřezu HE 180 A, dvou štítových sloupů průřezu IPE 360, příčle průřezu IPE 240 a příčného ztužení.

V příčných stěnách objektu jsou umístěna svislá ztužidla mezi štítovými sloupy. Příčná ztužidla jsou složena z diagonál a vodorovných prvků. Diagonály jsou průřezu HTR 60 x 60 x 5 mm. Vodorovné prvky jsou navrženy průřezu 70 x 70 x 5 mm.

2.4. Ztužení objektu

2.4.1. Střešní ztužidla

Ve střešní rovině jsou navržena 2 střešní ztužidla po krajích halové konstrukce. Střešní ztužidla jsou složena z diagonál a svislic střešního ztužidla. Diagonály jsou navrženy průřezu HTR 80 x 80 x 5 mm. Svislice jsou navrženy průřezu 70 x 70 x 5 mm.

2.4.2. Podélná ztužidla

V podélných stěnách objektu jsou umístěna dvě svislá ztužidla v každé stěně. Umístění je ve stejné vazbě se ztužidly střešními. Podélná ztužidla jsou složena z diagonál a vodorovných prvků. Diagonály i vodorovné prvky jsou průřezu HTR 70 x 70 x 5 mm.

3. Zatížení

Zatížení navrženo dle norem platných pro Českou republiku. Klimatické zatížení bylo určeno dle zeměpisného umístění stavby.

3.1. Zatížení sněhem

Zatížení sněhem je uvažováno pro sněhovou oblast II.

3.2. Zatížení větrem

Zatížení větrem je uvažováno pro větrnou oblast II a kategorii terénu III.

3.3. Stálé zatížení

Stálé zatížení vypočteno z údajů o objemové hmotnosti materiálu a rozměrů prvků. V některých případech je stálé zatížení vypočteno pomocí programu SCIA Engineer 20.0.

4. Konstrukční materiály

Ocel : S 235 JR (nosné válcované prvky)
 S 350 GD (tenkostěnné vaznice a paždíky)

Šrouby : 8.8

Beton : C 25/30

5. Výroba ocelové konstrukce

Ocelová konstrukce je z hlediska výroby zařazena do třídy provedení EXC2 dle ČSN EN 1090.

6. Montáž konstrukce

Konstrukce bude budována postupně, nejdříve se postaví štítový rám, poté se postupně staví rámy typické. Rámy se musí dočasně podepřít a zamezit tak pádu v důsledku povětrnostních podmínek či nárazu. Současně se na již postavených rámech montuje ztužení konstrukce. Nakonec se namontují vaznice, paždíky a následně je možné pokládat střešní a obvodový plášť.

7. Ochrana proti požáru

Požární odolnost není předmětem návrhu bakalářské práce, pro možnost výstavby by bylo nutno stanovit.

8. Ochrana proti korozi

Protikorozní ochrana je navržena v souladu s ČSN EN ISO 12944. Stupeň korozní agresivity: C2 – nízká (prostory s občasou kondenzací). Předpokládaná životnost (H) > 15 let. Příprava povrchu Sa 21/2 – Otrýskávání. Zvolený nátěrový systém ISO 12944 – 5/A2.02. Požadovaná tloušťka suchého povlaku vrchního nátěru o tloušťce 120 µm. Ocelové profily budou natřeny dílensky 1x základním nátěrem a 1x vrchním nátěrem.

9. Použité normy

- [1] ČSN EN 1990 : Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991 : Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1993 : Navrhování ocelových konstrukcí

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

JEDNOLODNÍ TENISOVÁ HALA

SINGLE-BAY TENNIS HALL

2022

STATICKÝ VÝPOČET

OBSAH

1.	Dispozice	4
1.1.	Varianta A	4
1.2.	Varianta B	6
2.	Zatížení.....	8
2.1.	Zatížení sněhem.....	8
2.1.1.	Charakteristická hodnota plošného zatížení sněhem	8
2.1.2.	Návrhová hodnota plošného zatížení sněhem	8
2.2.	Zatížení větrem	8
2.2.1.	Základní rychlost větru vb	8
2.2.2.	Základní tlak větru.....	9
2.2.3.	Maximální dynamický tlak.....	9
2.2.4.	Svislé stěny – vítr příčný.....	10
2.2.5.	Svislé stěny – vítr podélný.....	12
2.2.6.	Sedlová střecha – vítr příčný ($\theta = 0^\circ$)	14
2.2.7.	Sedlová střecha – vítr podélný ($\theta = 90^\circ$)	17
3.	Návrh konstrukčních prvků.....	19
3.1.	Střešní plášť	19
3.1.1.	Varianta 1 – sendvičový panel Ondatherm 1001 TS	19
3.1.2.	Varianta 2 – trapézový plech 135/310.....	20
3.1.3.	Návrh opláštění střechy	20
3.2.	Obvodový plášť.....	21
3.3.	Stěnové paždíky	22
3.4.	Vaznice.....	23
3.4.1.	Zatížení vaznice	23
3.4.2.	Návrh vaznice	25
3.5.	Typický rám.....	26
3.5.1.	Zatěžovací stavy	26
3.5.2.	Kombinace zatížení	29
3.5.3.	Statické schéma.....	30

3.5.4.	Posouzení mezního stavu použitelnosti.....	33
3.5.5.	Posouzení mezního stavu únosnosti - sloup	34
3.5.6.	Posouzení mezního stavu únosnosti – příčel	42
3.6.	Štítová stěna	49
3.6.1.	Zatěžovací stavy	49
3.6.2.	Kombinace zatížení	52
3.6.3.	Statické schéma.....	53
3.6.4.	Posouzení mezního stavu únosnosti – rámový sloup	54
3.6.5.	Posouzení mezního stavu únosnosti – štítový sloup	63
3.6.6.	Posouzení mezního stavu únosnosti – příčel	72
3.6.7.	Posouzení mezního stavu použitelnosti.....	79
3.7.	Střešní ztužidla.....	81
3.7.1.	Diagonály ztužidla	82
3.7.2.	Svislice ztužidla.....	83
3.8.	Podélná ztužidla.....	84
3.8.1.	Diagonály ztužidla	86
3.8.2.	Vodorovné prvky ztužidla.....	87
3.9.	Příčná ztužidla.....	88
3.9.1.	Diagonály ztužidla B31, B33	88
3.9.2.	Diagonály ztužidla B30, B32	90
3.9.3.	Vodorovné prvky ztužidla.....	91
4.	Rámový roh.....	93
4.1.	Návrh svarů.....	93
4.2.	Návrh dílčích komponent	94
4.3.	Výpočet únosnosti řad šroubů v tahu	94
4.3.1.	Výpočet krajní řady šroubů	95
4.3.2.	Výpočet 2.-4. řady šroubů.....	96
4.3.3.	Návrh 5.-6. řady šroubů	97
4.3.4.	Výpočet 7. řady šroubů - smyková únosnost.....	97
4.3.5.	Rozdělení sil a momentové únosnosti	98
5.	Patka sloupu	100

5.1.	Tlaková únosnost.....	100
5.2.	Návrh kotvení	102
5.3.	Návrh smykové zarážky	103
5.4.	Návrh svarů.....	103
6.	Přípoj prvků ztužidla detailu D1.....	104
6.1.	Návrh šroubů	104
6.2.	Návrh svarů.....	105
6.2.1	Svar HTR a styčnickového plechu	105
6.2.2	Svar styčnickového plechu, diagonál a vodorovného prvku	105
6.2.3	Svar styčnickového plechu a vodorovného prvku	106

Ocelová rámová hala

1. Dispozice

1.1. Varianta A

Schéma půdorysu +3,400 m

Schéma půdorysu +6,800 m

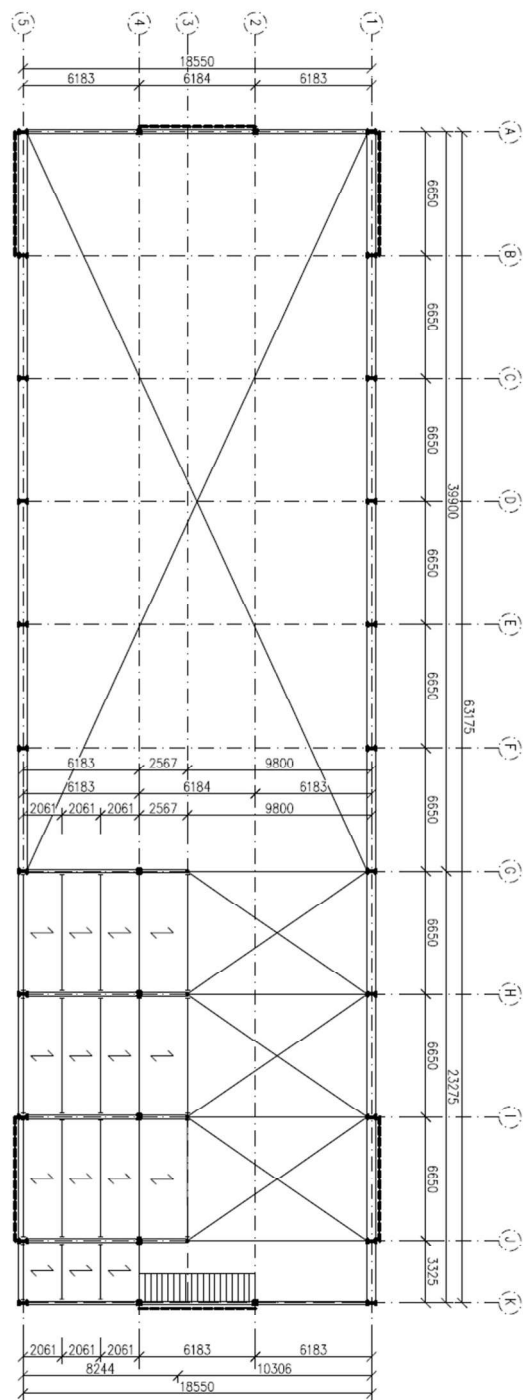
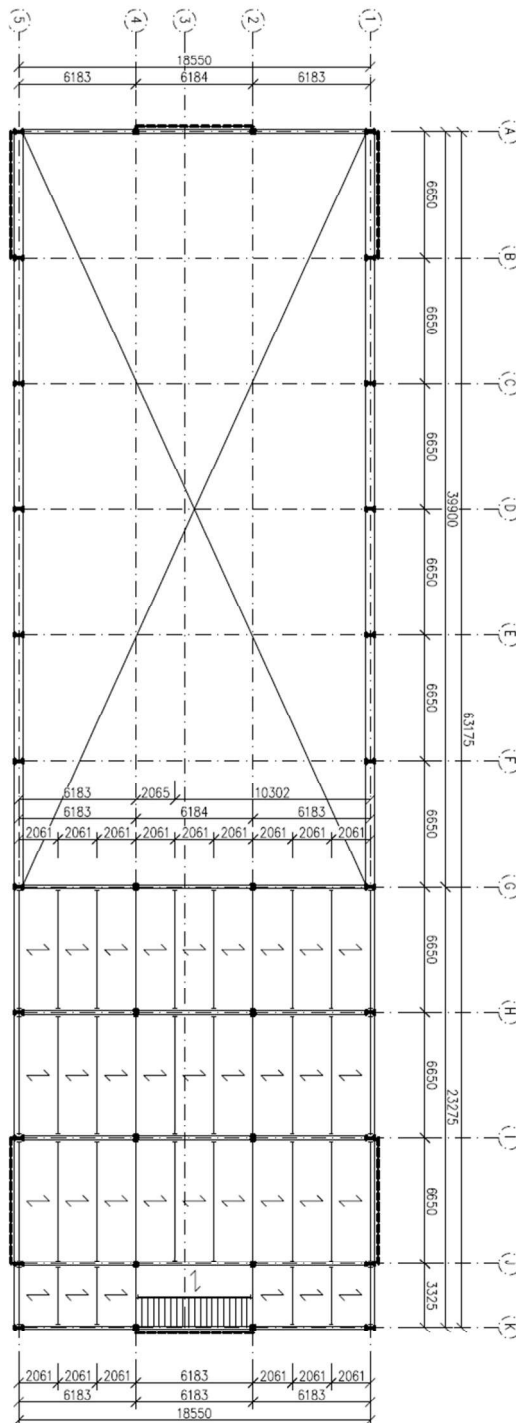
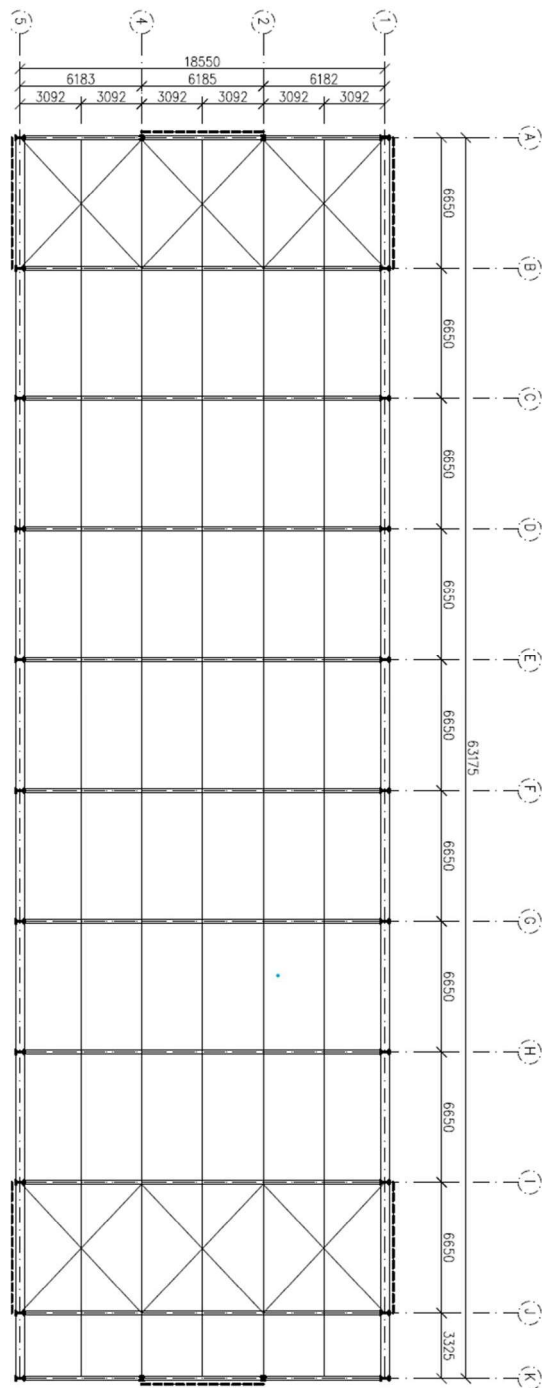


Schéma střechy



1.2. Varianta B

Schéma půdorysu +3,400 m

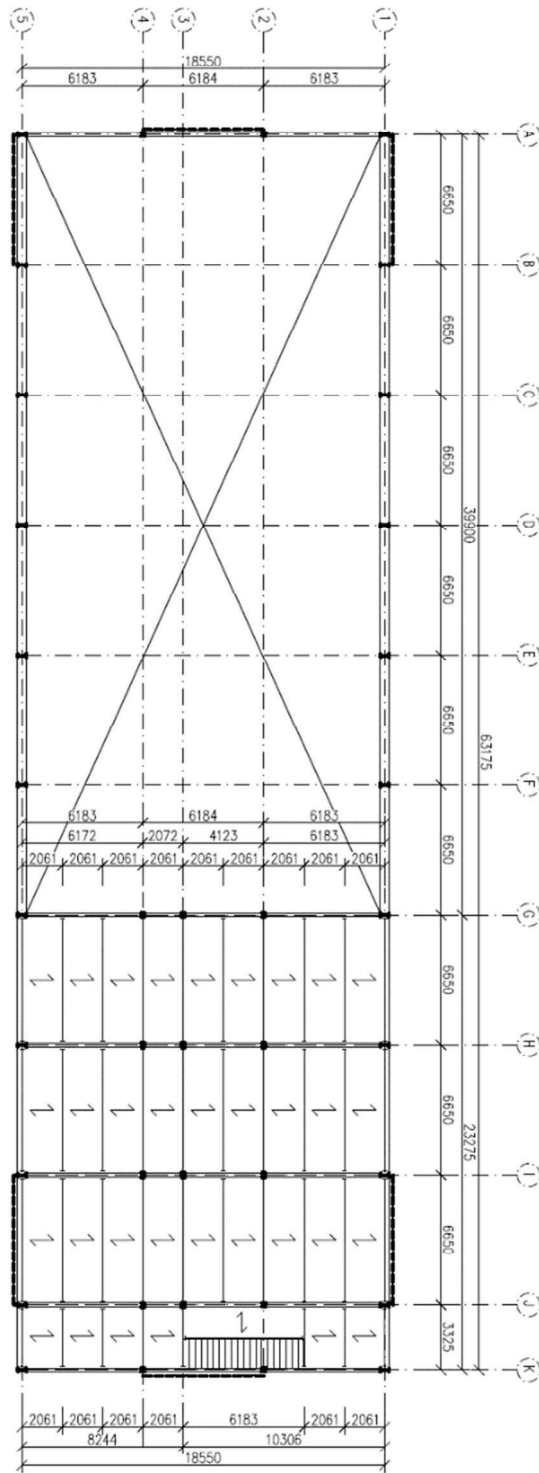


Schéma půdorysu +6,800 m

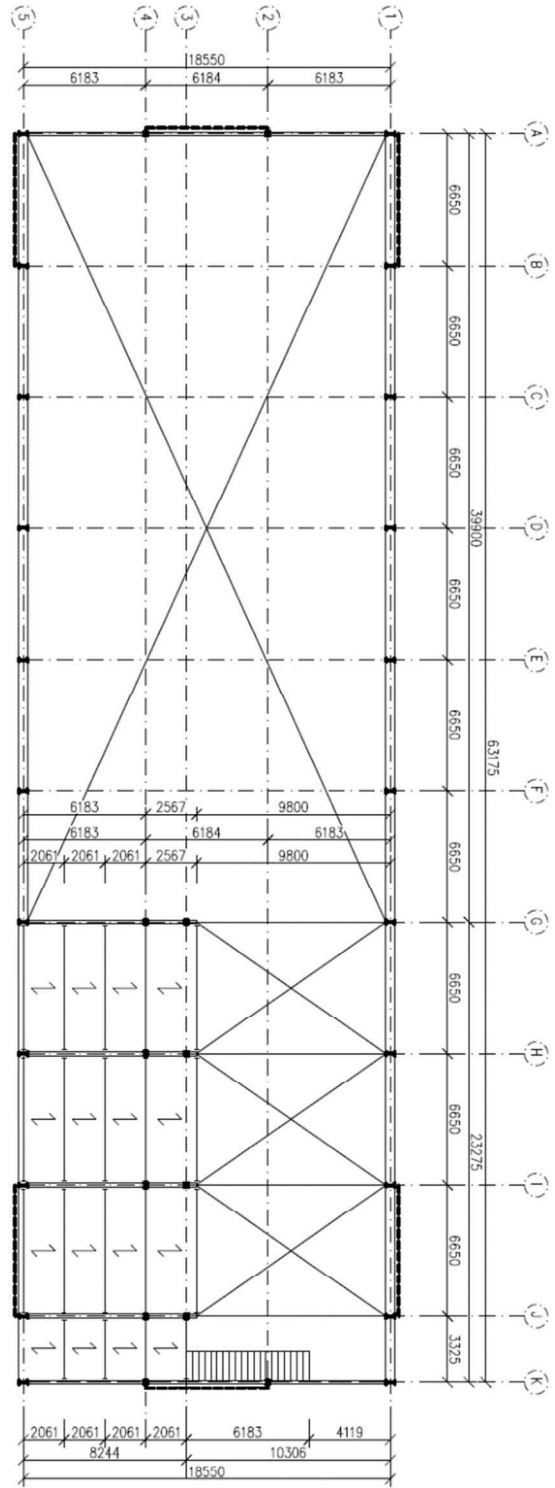
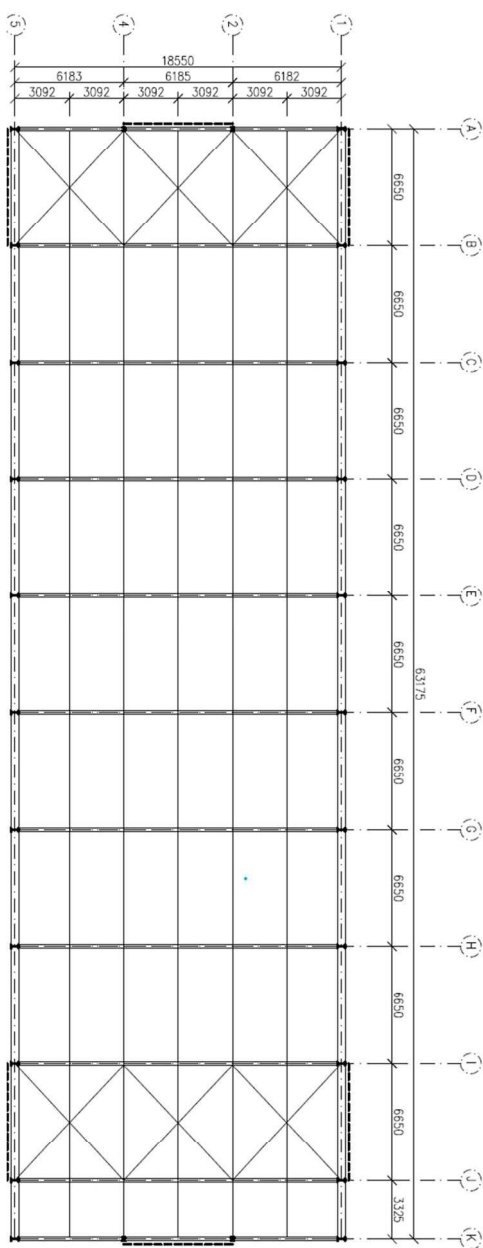


Schéma střechy



Pro návrh volím variantu A.

2. Zatížení

2.1. Zatížení sněhem

2.1.1. Charakteristická hodnota plošného zatížení sněhem

Tvarový součinitel $\mu_i = 0,8$

Součinitel expozice pro otevřenou krajinu $C_e = 1,0$

Tepelný součinitel $C_t = 1,0$

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi $s = 1,0 \text{ kN/m}^2$

(oblast II - Litomyšl)

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

$$s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

2.1.2. Návrhová hodnota plošného zatížení sněhem

Dílčí součinitel proměnného zatížení $\gamma_Q = 1,5$

$$s_d = s_k \cdot \gamma_Q$$

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

2.2. Zatížení větrem

2.2.1. Základní rychlost větru v_b

Součinitel větru $c_{dir} = 1,0$

Součinitel ročního období $c_{season} = 1,0$

Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$ (oblast II - Litomyšl)

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0}$$

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

2.2.2. Základní tlak větru

ρ = měrná hmotnost vzduchu = 1,25 kg/m³

$$q_{b(z)} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

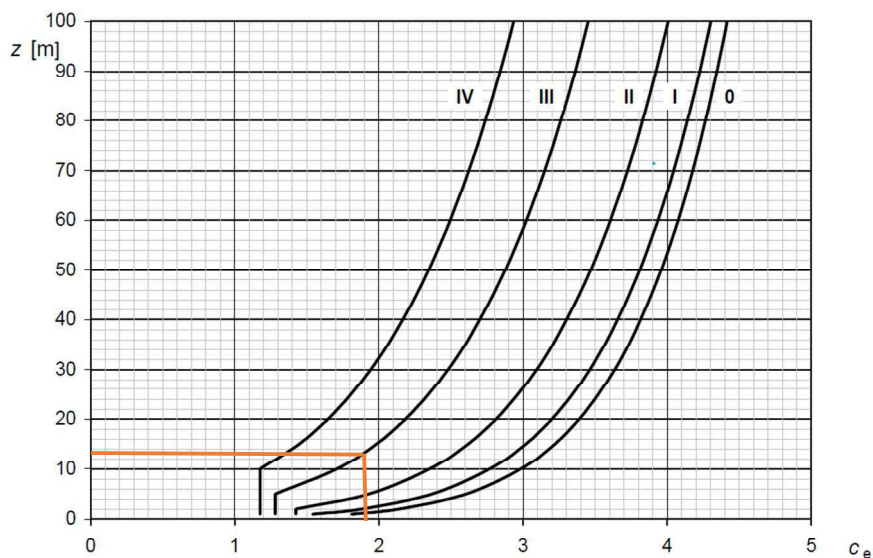
$$q_{b(z)} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 390,63 \text{ Pa}$$

2.2.3 Maximální dynamický tlak

$$q_p(z) = C_{e(z)} \cdot q_{b(z)}$$

$C_{e(z)}$ = součinitel expozice – kategorie terénu III (Litomyšl) – viz.obr. 1

$z(m)$ = výška budovy = 13 m



Obr.1 - Součinitel expozice $C_{e(z)}$ pro $c_o = 1,0$ a $k_l = 1,0$

$$C_{e(z)} = 1,9$$

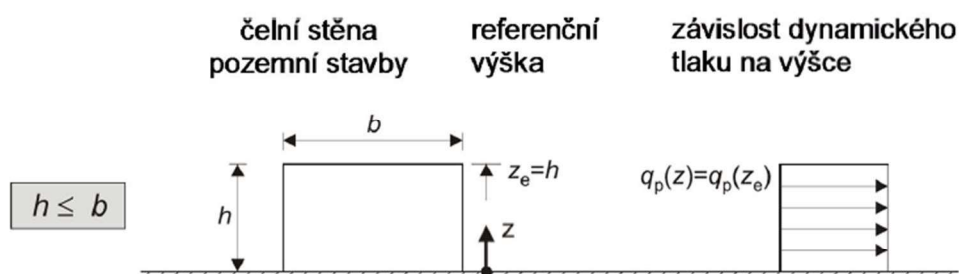
$$q_p(z) = 1,9 \cdot 390,63 = 742 \text{ Pa} = 0,742 \text{ kPa}$$

2.2.4. Svislé stěny – vítr příčný

$d = 19 \text{ m}$

$b = 64 \text{ m}$

$h = 13 \text{ m}$



Obr.2 – Závislost dynamického tlaku na výšce (Pro $h \leq b$)

Oblast	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Obr.3 - Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny

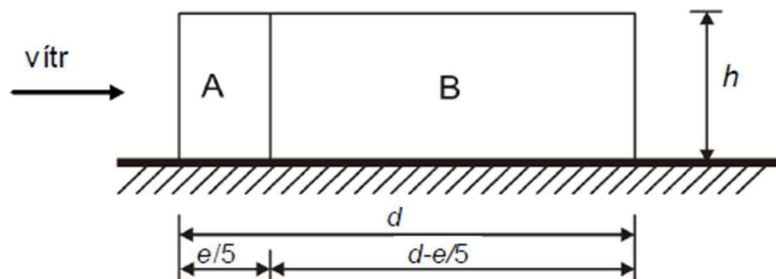
$h/d = 13/19 = \mathbf{0,68}$

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	W_e [kPa]
A	-1,20	0,742	-0,890
B	-0,80	0,742	-0,594
C	-0,50	0,742	-0,371
D	0,76	0,742	0,564
E	-0,42	0,742	-0,312

$e = \min (b ; 2h)$

$e = \min (64 \text{ m} ; 26 \text{ m}) = \mathbf{26 \text{ m}}$

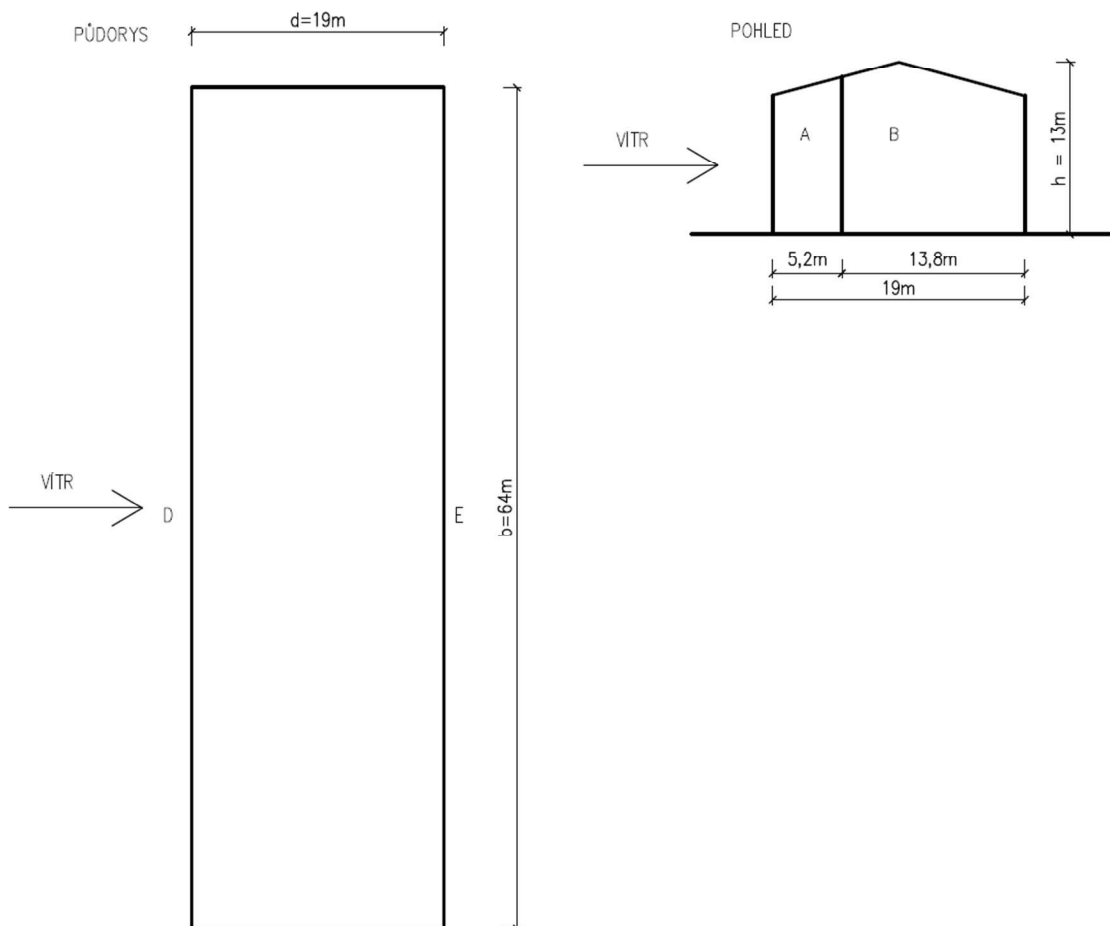
Pohled pro $e \geq d$



Obr.4 – Svislé stěny – vítr příčný – oblasti dle ČSN EN 1991-1-4

$e/5 = 5,2 \text{ m}$

$d-e/5 = 20,8 \text{ m}$



2.2.5. Svislé stěny – vítr podélný

$d = 64 \text{ m}$

$b = 19 \text{ m}$

$h = 13 \text{ m}$

Oblast	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Obr.5 - Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny

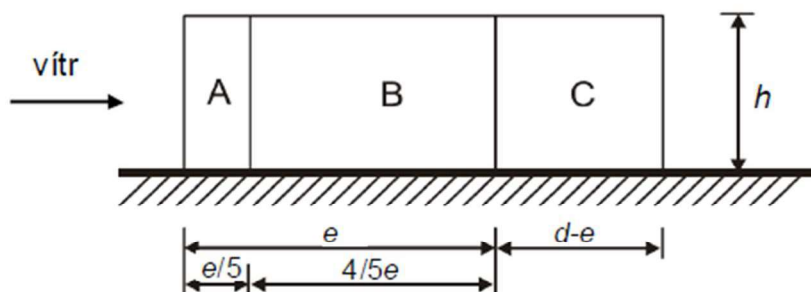
$h/d = 13/64 = \mathbf{0,20}$

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	W_e [kPa]
A	-1,20	0,742	-0,890
B	-0,80	0,742	-0,594
C	-0,50	0,742	-0,371
D	0,70	0,742	0,519
E	-0,30	0,742	-0,223

$e = \min (b ; 2h)$

$e = \min (19 \text{ m} ; 26 \text{ m}) = \mathbf{19m}$

Pohled pro $e < d$

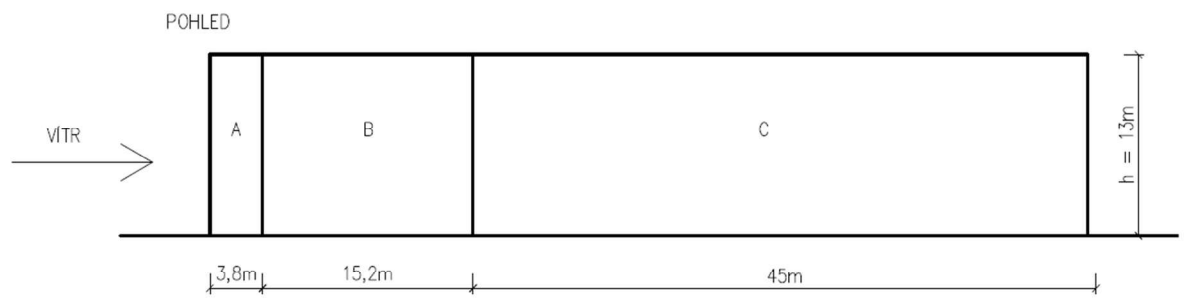
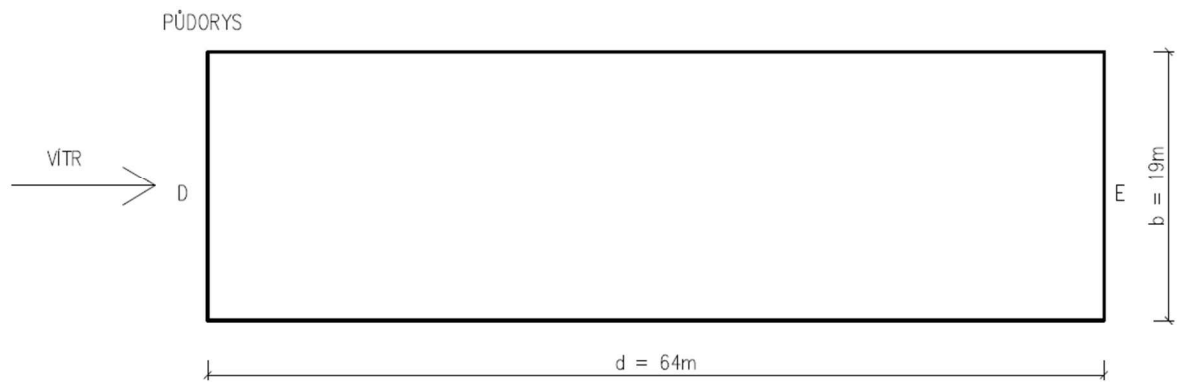


Obr.6 – Svislé stěny – vítr podélný – oblasti dle ČSN EN 1991-1-4

$$e/5 = 3,8 \text{ m}$$

$$4/5e = 15,2 \text{ m}$$

$$d-e = 45 \text{ m}$$



2.2.6. Sedlová střecha – vítr příčný ($\theta = 0^\circ$)

$\alpha = 10^\circ$

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0				-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	+0,0		+0,0		+0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

Obr.7 - Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro sedlové střechy

Sání :

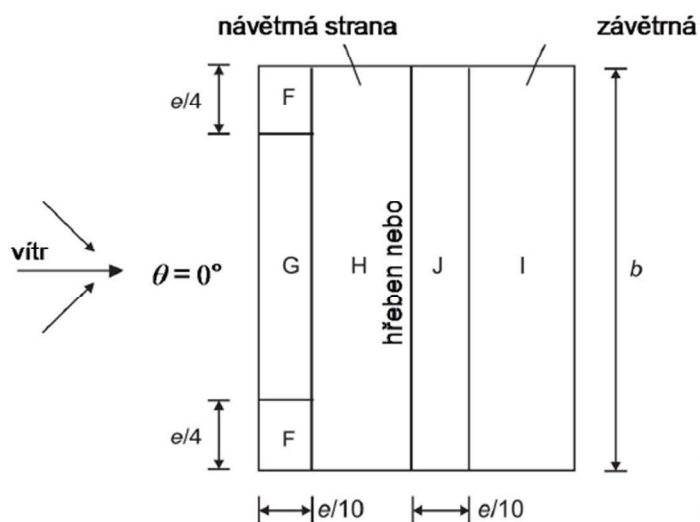
Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	W_e [kPa]
F	-1,30	0,742	-0,965
G	-1,00	0,742	-0,742
H	-0,45	0,742	-0,334
I	-0,50	0,742	-0,371
J	-0,80	0,742	-0,594

Tlak :

Oblast	Cpe,10	qp(z) [kPa]	We [kPa]
F	0,10	0,742	0,074
G	0,10	0,742	0,074
H	0,10	0,742	0,074
I	0	0,742	0
J	0,10	0,742	0,074

$$e = \min (b ; 2h)$$

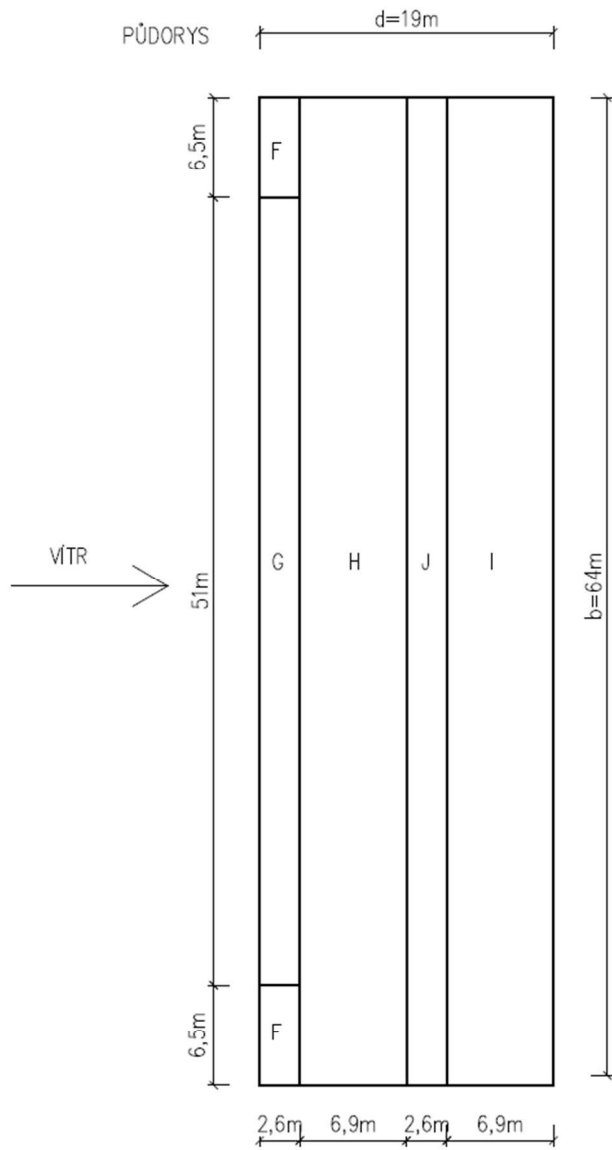
$$e = \min (64 \text{ m} ; 26 \text{ m}) = \underline{26\text{m}}$$



Obr.8 – Sedlové střechy – vítr příčný – oblasti dle ČSN EN 1991-1-4

$$e/4 = 6,5 \text{ m}$$

$$e/10 = 2,6 \text{ m}$$



2.2.7. Sedlová střecha – vítr podélný ($\theta = 90^\circ$)

$\alpha = 10^\circ$

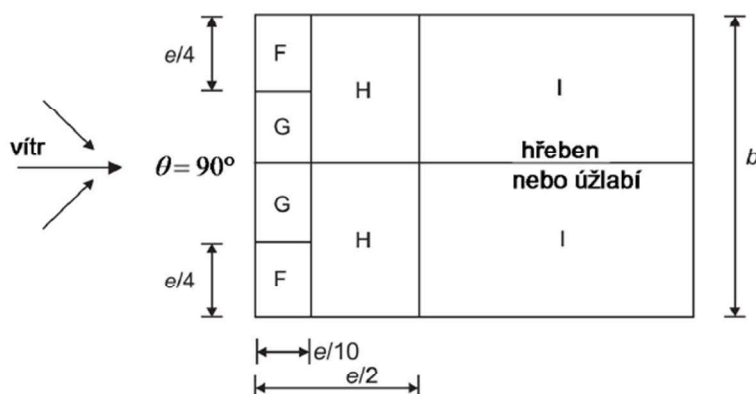
Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	

Obr.9 - Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro sedlové střechy

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	W_e [kPa]
F	-1,45	0,742	-1,076
G	-1,30	0,742	-0,965
H	-0,45	0,742	-0,334
I	-1,20	0,742	-0,890
J	-0,55	0,742	-0,408

$e = \min (b ; 2h)$

$e = \min (19 \text{ m} ; 26 \text{ m}) = \mathbf{19\text{m}}$

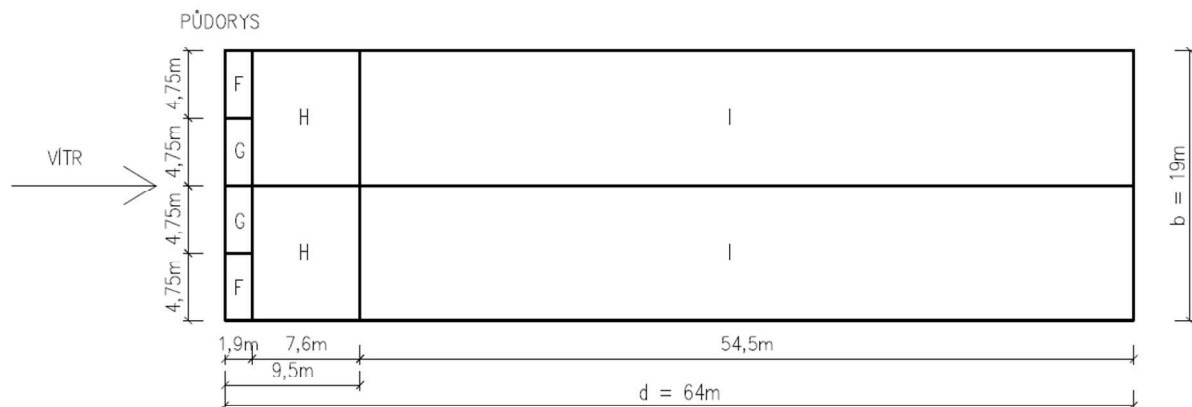


Obr.10 – Sedlové střechy – vítr podélný – oblasti dle ČSN EN 1991-1-4

$$e/4 = 4,75 \text{ m}$$

$$e/10 = 1,9 \text{ m}$$

$$e/2 = 9,5 \text{ m}$$



3. Návrh konstrukčních prvků

3.1. Střešní plášť

3.1.1. Varianta 1 – sendvičový panel Ondatherm 1001 TS

Charakteristické zatížení sněhem $s = 0,8 \text{ kN/m}^2$

Maximální charakteristické zatížení sáním větru $We = -1,076 \text{ kPa}$

Rozpon = 3,092 m

Spojité nosník o 3 polích

Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,24 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

TI panelu	1001 TS		1001 TS		
	U hodnota dle EN 14509	Hmotnost panelu	1000 mm, min. 0,50/0,40 mm		
mm	W/m ² K	kg/m ²	Požární odolnost (střecha) dle EN 13501-2 EN 1365-2 ČSN EN 73 0810	REI 15 DP3 (i-o)	REI 30 DP3 (i-o)
30*	0,750	12,1			
40	0,513	12,6			
60	0,350	13,4			
80	0,266	14,2	TI panelu	rozpon	rozpon
100	0,214	15,1	80 mm	4,3 m	-
120	0,180	15,9	100 mm	4,3 m	4,3 m
140	0,154	16,8	120 mm	4,3 m	4,3 m
			140 mm	4,3 m	4,3 m

Realizace na ohni dle EN 13501-1 B-s2,d0, Broof (t1)

pro standardní tloušťky plechů 0,63/0,5 mm
* Agropanel

Pro jiné požadavky požární odolnosti nás kontaktujte, prosím.

Obr.11 – Tabulky pro střešní panely ArcellorMittal

Ondatherm 1001 TS - 100 PU

Schemat statyczny	Grupa kolorów	Kryterium	Obciążenia charakterystyczne [kN/m ²]																										
			Sanie wiatru [kN/m ²]										Obciążenie śniegiem [kN/m ²]																
			-1,80	-1,50	-1,20	-1,00	-0,80	-0,60	-0,50	-0,40	-0,30	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,30	2,60	3,00	3,50	4,00	4,50	
Układ jednoprzęsłowy	I	Maksymalne rozpiętości przęsta	3,84	4,24	4,76	5,25	5,92	6,85	6,98	6,98	6,98	5,68	5,45	5,14	4,83	4,56	4,32	4,11	3,75	3,44	3,18	2,95	2,66	2,40	2,12	1,82	1,58	1,39	
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Maksymalne rozpiętości przęsta	3,84	4,24	4,76	5,25	5,80	6,48	6,98	6,98	6,98	5,68	5,45	5,14	4,83	4,56	4,32	4,11	3,75	3,44	3,18	2,95	2,66	2,40	2,12	1,82	1,58	1,39	
	II	Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Maksymalne rozpiętości przęsta	3,84	4,24	4,64	4,87	5,16	5,54	5,79	6,09	6,50	5,68	5,45	5,14	4,83	4,56	4,32	4,11	3,75	3,44	3,18	2,95	2,66	2,40	2,12	1,82	1,58	1,39	
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Układ dwuprzęsłowy	I	Maksymalne rozpiętości przęsta	2,80	3,21	3,83	4,43	5,32	6,78	7,73	7,80	7,80	4,77	4,35	4,00	3,72	3,48	3,27	3,09	2,80	2,56	2,37	2,21	2,02	1,86	1,70	1,54	1,42	1,31	
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
	II	Maksymalne rozpiętości przęsta	2,64	3,04	3,62	4,19	5,04	6,45	7,58	7,80	7,80	4,77	4,35	4,00	3,72	3,48	3,27	3,09	2,80	2,56	2,37	2,21	2,02	1,86	1,70	1,54	1,42	1,31	
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4
III	Maksymalne rozpiętości przęsta	2,42	2,77	3,29	3,80	4,59	5,90	6,97	7,80	7,80	4,77	4,35	4,00	3,72	3,48	3,27	3,09	2,80	2,56	2,37	2,21	2,02	1,86	1,70	1,54	1,42	1,31		
	Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	
Układ wieloprzęsłowy	I	Maksymalne rozpiętości przęsta	3,20	3,70	4,44	5,16	5,92	6,96	7,73	8,84	10,64	5,52	5,01	4,60	4,26	3,98	3,73	3,52	3,17	2,89	2,66	2,48	2,25	2,07	1,88	1,70	1,56	1,39	
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	4	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
	II	Maksymalne rozpiętości przęsta	3,08	3,5	4,29	4,99	5,92	6,96	7,73	8,84	10,64	5,52	5,01	4,60	4,26	3,98	3,73	3,52	3,17	2,89	2,66	2,48	2,25	2,07	1,88	1,70	1,56	1,39	
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
III	Maksymalne rozpiętości przęsta	2,91	3,37	4,05	4,72	5,71	6,96	7,73	8,84	10,64	5,52	5,01	4,60	4,26	3,98	3,73	3,52	3,17	2,89	2,66	2,48	2,25	2,07	1,88	1,70	1,56	1,39		
	Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	

Obr.12 – Statické tabulky pro střešní panely ArcellorMittal

Maximální rozpon = 4,29 m. Ondatherm 1001 TS tl. 100mm

vyhovuje

3.1.2. Varianta 2 – trapézový plech 135/310

Návrhové zatížení sněhem $s_d = 1,2 \text{ kN/m}^2$

Maximální charakteristické zatížení sáním větru $W_e = -1,076 \text{ kPa}$

Rozpon = 3,092 m

Spojité nosník o 3 polích

Hodnoty pro mezní deformaci $L/200$

Zatížení skladby střechy = $g_d = 0,3 \text{ kN/m}^2$ (odhad)

Zatížení střechy + sníh = $f_d = 1,5 \text{ kN/m}^2$



t_n [mm]	g [kg/m ²]	Rozpětí [m]																					
		3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00	
0,75	9,68	q_{d1}	6,53	5,75	5,10	4,56	4,10	3,71	3,37	3,07	2,82	2,59	2,39	2,22	2,06	1,92	1,79	1,68	1,57	1,48	1,39	1,30	1,22
		q_{d2}	4,65	4,29	3,98	3,72	3,49	3,19	2,91	2,67	2,46	2,27	2,11	1,96	1,83	1,71	1,60	1,50	1,41	1,33	1,26	1,19	1,12
		q_d	16,05	12,62	10,11	8,22	6,77	5,65	4,76	4,04	3,47	2,99	2,60	2,28	2,01	1,77	1,58	1,41	1,26	1,14	1,03	0,93	0,85
0,88	11,35	q_{d1}	8,82	7,75	6,87	6,14	5,51	4,98	4,53	4,13	3,78	3,48	3,21	2,97	2,76	2,57	2,40	2,24	2,10	1,97	1,85	1,73	1,63
		q_{d2}	6,57	6,07	5,63	5,24	4,74	4,30	3,93	3,60	3,31	3,06	2,83	2,63	2,45	2,29	2,14	2,01	1,89	1,78	1,68	1,59	1,50
		q_d	18,99	14,93	11,96	9,72	8,01	6,68	5,63	4,78	4,10	3,54	3,08	2,70	2,37	2,10	1,87	1,67	1,49	1,35	1,22	1,10	1,00
1,00	12,90	q_{d1}	11,13	9,77	8,66	7,72	6,94	6,26	5,68	5,18	4,74	4,36	4,02	3,72	3,45	3,21	3,00	2,80	2,63	2,45	2,29	2,15	2,02
		q_{d2}	8,62	7,95	7,36	6,61	5,97	5,42	4,94	4,53	4,17	3,84	3,56	3,31	3,08	2,87	2,69	2,52	2,37	2,23	2,11	1,99	1,88
		q_d	21,24	16,70	13,37	10,87	8,96	7,47	6,29	5,35	4,59	3,95	3,45	3,02	2,65	2,35	2,09	1,86	1,67	1,50	1,36	1,23	1,12
1,13	14,58	q_{d1}	13,78	12,09	10,70	9,54	8,56	7,72	7,00	6,38	5,84	5,36	4,94	4,57	4,24	3,94	3,68	3,43	3,19	2,98	2,79	2,61	2,45
		q_{d2}	11,12	10,23	9,12	8,18	7,38	6,70	6,11	5,59	5,14	4,74	4,39	4,07	3,79	3,54	3,31	3,10	2,91	2,74	2,59	2,44	2,31
		q_d	24,40	19,19	15,36	12,49	10,29	8,58	7,23	6,15	5,27	4,55	3,95	3,46	3,05	2,70	2,40	2,14	1,92	1,73	1,56	1,42	1,29
1,25	16,13	q_{d1}	16,37	14,35	12,69	11,30	10,13	9,13	8,28	7,54	6,89	6,33	5,83	5,39	5,00	4,65	4,32	4,00	3,73	3,47	3,25	3,04	2,86
		q_{d2}	13,70	12,16	10,83	9,70	8,75	7,94	7,23	6,62	6,08	5,60	5,18	4,81	4,47	4,17	3,90	3,66	3,43	3,23	3,05	2,88	2,72
		q_d	27,00	21,24	17,00	13,82	11,39	9,50	8,00	6,80	5,83	5,04	4,38	3,83	3,37	2,99	2,65	2,37	2,13	1,91	1,73	1,57	1,42
1,50	19,35	q_{d1}	18,29	16,10	14,29	12,77	11,48	10,38	9,43	8,61	7,89	7,26	6,70	6,21	5,77	5,37	5,01	4,69	4,40	4,13	3,89	3,67	3,47
		q_{d2}	14,66	13,54	12,19	10,96	9,91	9,01	8,23	7,54	6,94	6,41	5,94	5,52	5,15	4,81	4,50	4,23	3,97	3,74	3,53	3,34	3,16
		q_d	29,05	22,85	18,29	14,87	12,25	10,22	8,61	7,32	6,27	5,42	4,71	4,13	3,63	3,21	2,86	2,55	2,29	2,06	1,86	1,68	1,53

LEGENDA

q_{d1} návrhová hodnota únosnosti : Prostý nosník přesah TR plechu min. 206 mm za podporu
 q_{d2} návrhová hodnota únosnosti : šířka podpory min. 40 mm
 q_d charakteristická (normová) hodnota zatížení pro pružnou deformaci $L/200$, pro jinou mezní deformaci L/xxx přenásobte tabelizovanou hodnotou q_k koeficientem $200/xxx$

Pro zatížení osamělým břemenem (závěsem do vlny) je spolupůsobení sousedních vln minimální, bez podrobné analýzy spolupůsobení je nutné posoudit únosnost jedné samostatné vlny.

Statický návrh trapézových plechů smí provádět pouze oprávněná osoba.
 Statické tabulky slouží jako pomůcka, jejíž použití nesmí být z autoru statického návrhu zodpovědnost za bezpečný návrh.

Tabulky platí pouze pro daný trapézový profil ze sortimentu firmy Kovové profily, spol. s r. o. z materiálu S320GD. vydání 07.2013/SZBE

Pro jiné než tabelované parametry nebo pro atypické zadání kontaktujte technické oddělení firmy Kovové profily spol. s r. o.

Obr.13 – Statické tabulky kovprof.cz

Trapézový plech TR 135/310 tl. 0,75 mm

3.1.3. Návrh opláštění střechy

Navrhují střešní izolační sendvičový panel trapézového tvaru s PIR izolačním jádrem

Ondatherm 1001 TS tl. 100mm z důvodu systémového zateplení a lepšího řešení detailů konstrukce.

3.2. Obvodový plášť

Požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Návrhové zatížení sněhem $s_d = 1,2 \text{ kN}/\text{m}^2$

Maximální charakteristické zatížení sáním větru $W_e = -0,890 \text{ kPa}$

Rozpon = 1,46 m (paždíky po 1,46 m)

Tl. panelu	2003 Bi	
	U hodnota dle EN 14509	Hmotnost panelu
mm	W/m ² K	kg/m ²
50	0,46	11,2
60	0,38	11,6
80	0,28	12,4
100	0,23	13,7
120	0,19	14,6

Obr.14 – Tabulky pro obvodové panely ArcellorMittal

Promisol 1003 B - 100

Schemat statyczny	Grupa kolorów	Kryterium	Obciążenia charakterystyczne [kN/m ²]																									
			Ssanie wiatru [kN/m ²]									Obciążenie śniegiem [kN/m ²]																
			-1,50	-1,20	-1,00	-0,90	-0,80	-0,70	-0,65	-0,60	-0,55	-0,50	-0,45	-0,40	-0,35	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,50
Układ jednoprzęsłowy	I	Maksymalne rozpiętości przęsła	3,70	4,14	4,53	4,78	5,07	5,42	5,62	5,85	6,11	6,41	6,76	7,17	7,66	7,54	7,23	6,97	6,74	6,53	6,25	6,00	5,78	5,41	5,10	4,84	4,42	3,95
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		II	Maksymalne rozpiętości przęsła	3,70	4,14	4,53	4,78	5,07	5,42	5,62	5,85	6,11	6,41	6,76	7,17	7,54	7,54	7,23	6,97	6,74	6,53	6,25	6,00	5,78	5,41	5,10	4,84	4,42
	II	Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	III	Maksymalne rozpiętości przęsła	3,70	4,14	4,53	4,78	5,07	5,42	5,62	5,85	6,11	6,29	6,43	6,59	6,77	7,54	7,23	6,97	6,74	6,53	6,25	6,00	5,78	5,41	5,10	4,84	4,42	3,95
	III	Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Układ dwuprzęsłowy	I	Maksymalne rozpiętości przęsła	3,70	4,14	4,53	4,77	5,03	5,34	5,52	5,72	5,96	6,22	6,54	6,90	7,35	7,04	6,64	6,31	6,03	5,78	5,56	5,36	5,19	4,89	4,65	4,44	4,11	3,75
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	4	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4
	II	Maksymalne rozpiętości przęsła	3,63	3,97	4,29	4,47	4,68	4,94	5,08	5,25	5,44	5,66	5,92	6,22	6,59	7,04	6,64	6,31	6,03	5,78	5,56	5,36	5,19	4,89	4,65	4,44	4,11	3,75
	II	Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	II	Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4
Układ wieloprzęsłowy	I	Maksymalne rozpiętości przęsła	2,96	3,14	3,29	3,38	3,50	3,62	3,70	3,78	3,87	3,97	4,09	4,22	4,38	7,04	6,64	6,31	6,03	5,78	5,56	5,36	5,19	4,89	4,65	4,44	4,11	3,75
		Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4
	II	Maksymalne rozpiętości przęsła	3,70	4,14	4,53	4,78	5,07	5,42	5,62	5,85	6,11	6,41	6,76	7,17	7,66	7,93	7,44	7,03	6,69	6,40	6,14	5,91	5,71	5,37	5,09	4,84	4,42	3,95
	II	Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	II	Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	4	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4
III	Maksymalne rozpiętości przęsła	3,28	3,56	3,81	3,96	4,14	4,36	4,48	4,62	4,78	4,97	5,18	5,43	5,73	7,93	7,44	7,03	6,69	6,40	6,14	5,91	5,71	5,37	5,09	4,84	4,42	3,95	
	Ilość łączników na podporze skrajnej [szt]	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	Ilość łączników na podporze pośredniej [szt]	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4

Obr.15 – Statické tabulky pro obvodové panely ArcellorMittal

Maximální rozpon = 4,78 m, Promisol 1003 B tl. 100mm vyhovuje

Navrhují stěnový sendvičový panel s PIR jádrem Promisol 1003 B tl. 100mm

3.3. Stěnové paždíky

Zatěžovací šířka $v = 1,46 \text{ m}$

Zatížení paždíků

$$f_k = 1,46 * (-0,890 = W_{eA}) = -1,30 \text{ [kN/m']}$$

$$f_{Ed} = 1,5 * f_k = -1,95 \text{ [kN/m']}$$

Σ 265-S

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Řádek č. 1 : Únosnost bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Řádek č. 2 : Únosnost s vlivem osové síly 15 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Řádek č. 3 : Únosnost pro sání bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Řádek č. 4 : Únosnost pro sání s vlivem osové síly 15 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Řádek č. 5 : Maximální zatížení pro deformaci L/200 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

Řádek č. 6 : Maximální zatížení pro deformaci L/300 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

PROSTÝ NOSNÍK

Profil G [kg/m]		Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75
Σ 265/2,0 G = 6,77 kg/m	1	11.55	10.15	9.00	8.02	7.20	6.50	5.90	5.37	4.92	4.51	4.16	3.85	3.57	3.32	3.09	2.89	2.71
	2	10.18	8.91	7.85	6.97	6.23	5.59	5.04	4.56	4.14	3.78	3.46	3.17	2.92	2.70	2.49	2.30	2.13
	3	-4.42	-3.87	-3.41	-3.03	-2.71	-2.43	-2.21	-2.01	-1.84	-1.69	-1.56	-1.44	-1.34	-1.24	-1.15	-1.07	-1.00
	4	-3.81	-3.32	-2.91	-2.57	-2.28	-2.04	-1.84	-1.67	-1.53	-1.40	-1.28	-1.18	-1.10	-1.02	-0.94	-0.87	-0.81
Σ 265/2,5 G = 8,46 kg/m	5	12.0	9.89	8.25	6.95	5.91	5.07	4.38	3.81	3.33	2.93	2.59	2.31	2.06	1.85	1.66	1.50	1.36
	6	8.00	6.60	5.50	4.64	3.94	3.38	2.92	2.54	2.22	1.95	1.73	1.54	1.37	1.23	1.11	1.00	0.91
	1	14.72	12.93	11.46	10.22	9.17	8.28	7.51	6.84	6.26	5.75	5.30	4.90	4.54	4.23	3.94	3.68	3.45
Σ 265/3,0 G = 10,15 kg/m	2	13.37	11.71	10.33	9.18	8.21	7.38	6.66	6.03	5.48	5.01	4.59	4.22	3.89	3.60	3.32	3.08	2.85
	3	-5.55	-4.86	-4.28	-3.80	-3.40	-3.05	-2.77	-2.52	-2.31	-2.12	-1.95	-1.81	-1.67	-1.56	-1.44	-1.34	-1.25
	4	-4.97	-4.33	-3.80	-3.36	-2.99	-2.67	-2.42	-2.20	-2.01	-1.84	-1.69	-1.56	-1.44	-1.34	-1.24	-1.15	-1.07
	5	15.1	12.5	10.4	8.77	7.46	6.39	5.52	4.80	4.20	3.70	3.27	2.91	2.60	2.33	2.10	1.89	1.72
Σ 265/3,0 G = 10,15 kg/m	6	10.1	8.32	6.94	5.84	4.97	4.26	3.68	3.20	2.80	2.46	2.18	1.94	1.73	1.55	1.40	1.26	1.14
	1	17.79	15.64	13.86	12.36	11.09	10.01	9.08	8.28	7.57	6.95	6.41	5.93	5.49	5.11	4.76	4.45	4.17
	2	16.47	14.43	12.74	11.33	10.14	9.12	8.23	7.46	6.80	6.21	5.70	5.24	4.84	4.47	4.14	3.84	3.56
Σ 265/3,0 G = 10,15 kg/m	3	-6.57	-5.73	-5.04	-4.47	-3.98	-3.57	-3.23	-2.95	-2.69	-2.47	-2.28	-2.11	-1.95	-1.81	-1.68	-1.56	-1.45
	4	-6.01	-5.23	-4.58	-4.04	-3.59	-3.20	-2.90	-2.64	-2.41	-2.20	-2.03	-1.87	-1.73	-1.61	-1.49	-1.38	-1.28
	5	18.2	15.0	12.5	10.5	8.96	7.67	6.63	5.76	5.05	4.44	3.93	3.49	3.12	2.80	2.52	2.27	2.06
Σ 265/3,0 G = 10,15 kg/m	6	12.1	9.99	8.33	7.02	5.97	5.12	4.42	3.84	3.36	2.96	2.62	2.33	2.08	1.86	1.68	1.52	1.37

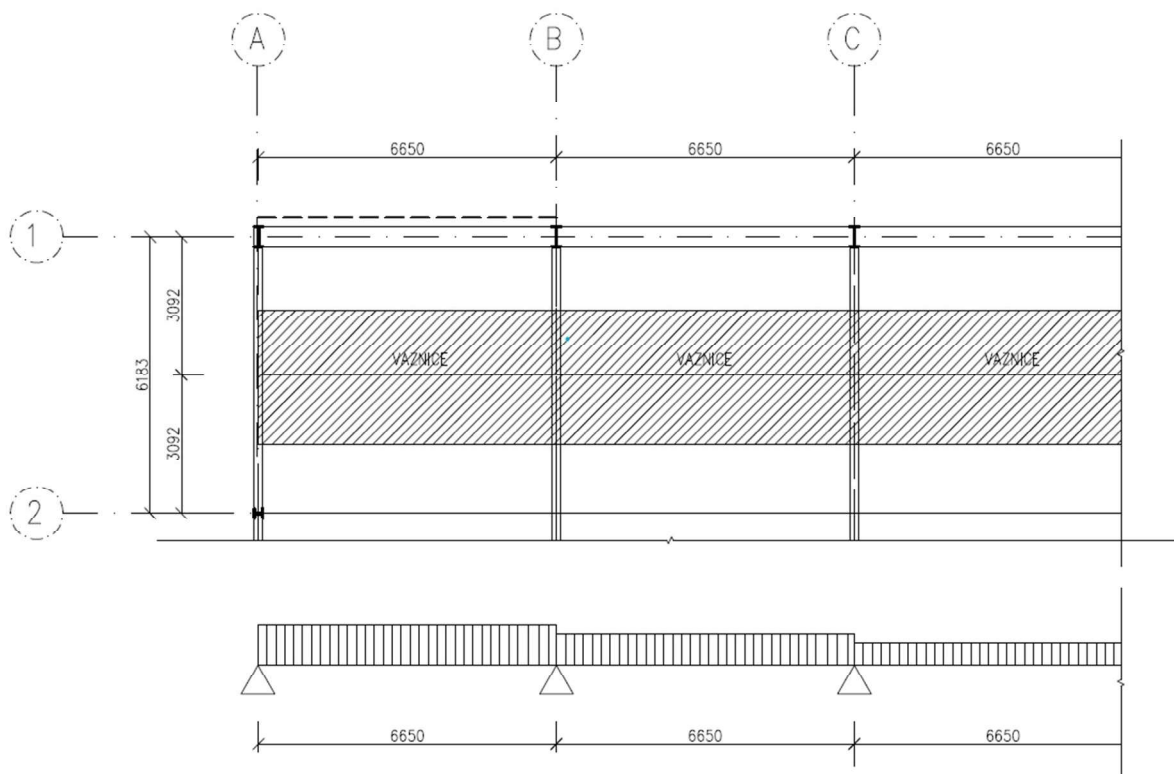
Obr.16 – Statická tabulka C vaznice/paždíku.

$$f_{Ed} = 1,95 \text{ kN/m}' \leq f_{Rd} = 1,95 \text{ kN/m}' \quad \text{vyhovuje}$$

3.4. Vaznice

3.4.1. Zatížení vaznice

Zatěžovací šířka $b = 3,092 \text{ m}$



Zatěžovací tabulka 1 - sníh

Druh zatížení	Typ zatížení	f_{ki} [kN/m']	γ_f [-]	f_d [kN/m']
Stálé	Sendvičové panely	$0,151 \cdot 3,092 = 0,467$	1,35	0,630
Stálé	Z vaznice (odhad)	0,10	1,35	0,135
Proměnné	Sníh	$0,8 \cdot 3,092 = 2,474$	1,50	3,710

$$f_k = 3,041 \text{ kN/m'}$$

$$f_{Ed} = 4,475 \text{ kN/m'}$$

Zatěžovací tabulka 2 – vítr příčný

$$f_{k1,w} = 2,262 * (-0,334 = W_{eH}) + 0,830 * \frac{3,175}{6,65} * (-0,965 = W_{eF})$$

$$+ 0,830 * \frac{3,475}{6,65} * (-0,742 = W_{eG}) = -1,460 \text{ kN/m'}$$

$$f_{k2,w} = 1,770 * (-0,965 = W_{eF}) * \frac{3,175}{6,65} + 1,47 * \frac{3,475}{6,65} * (-0,742 = W_{eG})$$

$$= -1,502 \text{ kN/m'}$$

Druh zatížení	Typ zatížení	f_{ki} [kN/m']	γ_f [-]	f_d [kN/m']
Stálé	Sendvičové panely	0,151*3,092=0,467	1,35	0,630
Stálé	Z vaznice (odhad)	0,10	1,35	0,135
Proměnné	Vítr příčný	-1,502	1,50	-2,253

$$f_k = -0,935 \text{ kN/m'}$$

$$f_{Ed} = -1,488 \text{ kN/m'}$$

Zatěžovací stav 3 – vítr podélný

$$f_{k1,w} = 3,092 * (-0,334 = W_{eH}) * \frac{6,175}{6,65} + 3,092 * \frac{0,475}{6,65} * (-1,076 = W_{eF})$$

$$= -1,197 \text{ kN/m'}$$

Druh zatížení	Typ zatížení	f_{ki} [kN/m']	γ_f [-]	f_d [kN/m']
Stálé	Sendvičové panely	0,151*3,092=0,467	1,35	0,630
Stálé	Z vaznice (odhad)	0,10	1,35	0,135
Proměnné	Vítr podélný (obl.)	-1,197	1,50	-1,796

$$f_k = -0,630 \text{ kN/m'}$$

$$f_{Ed} = -1,031 \text{ kN/m'}$$

3.4.2. Návrh vaznice

Z 240-S

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Řádek č. 1 : Únosnost bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Řádek č. 2 : Únosnost s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Řádek č. 3 : Únosnost pro sání bez vlivu osové síly (návrhová hodnota)

Řádek č. 4 : Únosnost pro sání s vlivem osové síly 30 kN (návrhová hodnota, osová síla v tlaku nebo tahu)

Řádek č. 5 : Maximální zatížení pro deformaci L/200 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

Řádek č. 6 : Maximální zatížení pro deformaci L/300 (charakteristická hodnota, únosnost dle MSÚ není zohledněna)

SPOJITÝ NOSNÍK O 5 A VÍCE POLÍCH - PŘESAHY 0,6 m + 0,9 m

Profil		Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		5.00	5.50	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50	11.00
krajní : Z 240/2,5	1	7.20	6.09	5.23	4.81	4.43	4.09	3.79	3.52	3.28	3.06	2.86	2.48	2.16	1.90	1.67	1.49	1.33
	2	6.16	5.29	4.61	4.24	3.91	3.62	3.36	3.12	2.91	2.72	2.55	2.16	1.85	1.59	1.37	1.18	1.01
	3	-6.35	-5.14	-4.24	-3.89	-3.57	-3.30	-3.05	-2.83	-2.63	-2.45	-2.29	-2.00	-1.76	-1.56	-1.39	-1.25	-1.13
vnitřní : Z 240/2,0	4	-4.69	-3.75	-3.05	-2.78	-2.55	-2.34	-2.16	-1.99	-1.84	-1.71	-1.59	-1.38	-1.21	-1.06	-0.94	-0.84	-0.75
	5	9.91	7.44	5.73	5.07	4.51	4.03	3.61	3.25	2.94	2.66	2.42	2.02	1.70	1.44	1.24	1.07	0.93
	6	6.61	4.96	3.82	3.38	3.01	2.69	2.41	2.17	1.96	1.77	1.61	1.34	1.13	0.96	0.83	0.71	0.62
krajní : Z 240/3,0	1	9.37	7.96	6.88	6.36	5.90	5.50	5.13	4.80	4.50	4.23	3.99	3.45	3.01	2.64	2.32	2.07	1.85
	2	8.48	7.30	6.38	5.89	5.46	5.07	4.73	4.42	4.14	3.88	3.65	3.12	2.68	2.32	2.01	1.74	1.50
	3	-8.06	-6.53	-5.38	-4.93	-4.54	-4.19	-3.87	-3.59	-3.34	-3.11	-2.91	-2.54	-2.24	-1.99	-1.77	-1.59	-1.43
vnitřní : Z 240/2,5	4	-6.46	-5.18	-4.23	-3.87	-3.55	-3.26	-3.01	-2.78	-2.58	-2.40	-2.23	-1.94	-1.71	-1.50	-1.34	-1.19	-1.07
	5	12.2	9.17	7.07	6.25	5.56	4.96	4.45	4.01	3.62	3.28	2.98	2.49	2.09	1.78	1.53	1.32	1.15
	6	8.14	6.12	4.71	4.17	3.71	3.31	2.97	2.67	2.41	2.19	1.99	1.66	1.40	1.19	1.02	0.88	0.76

Obr.17 – Statická tabulka Z vaznice

Posouzení vaznice

Maximální tlak:

$$f_{Ed} = 4,475 \text{ kN/m}' \leq f_{Rd} = 5,50 \text{ kN/m}' \quad \text{vyhovuje}$$

Maximální sání:

$$f_{Ed} = 1,488 \text{ kN/m}' \leq f_{Rd} = 4,19 \text{ kN/m}' \quad \text{vyhovuje}$$

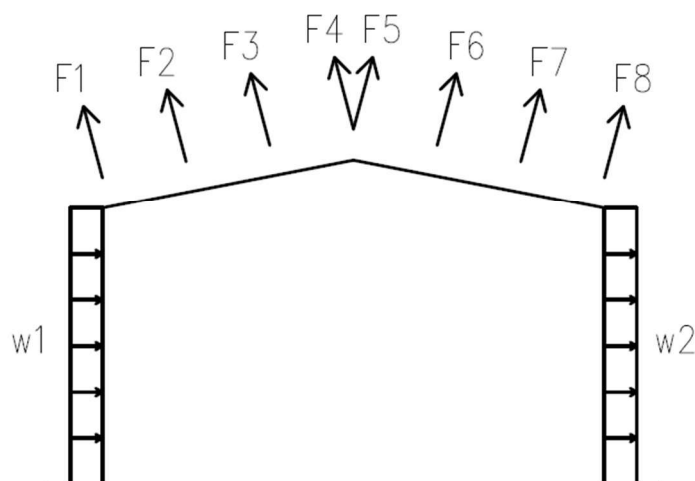
Deformace L/200:

$$f_{Ed} = 0,935 \text{ kN/m}' \leq f_{Rd} = 4,96 \text{ kN/m}' \quad \text{vyhovuje}$$

3.5. Typický rám

3.5.1. Zatěžovací stavy

ZS1: Vítr příčný



$$W_{eD} = 0,564 \text{ kPa}$$

$$W_{eE} = -0,312 \text{ kPa}$$

$$W_{eF} = -0,965 \text{ kPa}$$

$$W_{eG} = -0,742 \text{ kPa}$$

$$W_{eH} = -0,334 \text{ kPa}$$

$$W_{eI} = -0,371 \text{ kPa}$$

$$W_{eJ} = -0,594 \text{ kPa}$$

$$w_1 = 6,65 * W_{eD} = \mathbf{3,75 \text{ kN/m}}$$

$$w_2 = 6,65 * W_{eE} = \mathbf{2,08 \text{ kN/m}}$$

$$F_1 = 1,77 * 3,175 * W_{eF} + 1,77 * 3,475 * W_{eG} = \mathbf{9,99 \text{ kN}}$$

$$F_2 = 0,83 * 3,175 * W_{eF} + 0,83 * 3,475 * W_{eG} + 2,262 * 6,65 * W_{eH} = \mathbf{9,71 \text{ kN}}$$

$$F_3 = 3,092 * 6,65 * W_{eH} = \mathbf{6,87 \text{ kN}}$$

$$F_4 = 1,546 * 6,65 * W_{eH} = \mathbf{3,43 \text{ kN}}$$

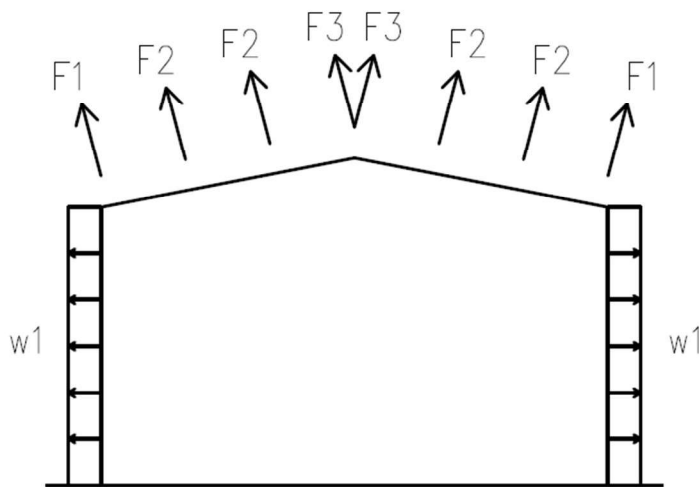
$$F_5 = 1,546 * 6,65 * W_{eJ} = \mathbf{6,11 \text{ kN}}$$

$$F_6 = 1,054 * 6,65 * W_{eJ} + 2,038 * 6,65 * W_{eI} = \mathbf{9,19 \text{ kN}}$$

$$F_7 = 3,092 * 6,65 * W_{eI} = \mathbf{7,63 \text{ kN}}$$

$$F_8 = 1,77 * 6,65 * W_{eI} = \mathbf{4,37 \text{ kN}}$$

ZS2: Vítr podélný



$$W_{eA} = -0,890 \text{ kPa}$$

$$W_{eB} = -0,594 \text{ kPa}$$

$$W_{eF} = -1,076 \text{ kPa}$$

$$W_{eG} = -0,965 \text{ kPa}$$

$$W_{eH} = -0,334 \text{ kPa}$$

$$W_{eI} = -0,890 \text{ kPa}$$

$$W_{eJ} = -0,408 \text{ kPa}$$

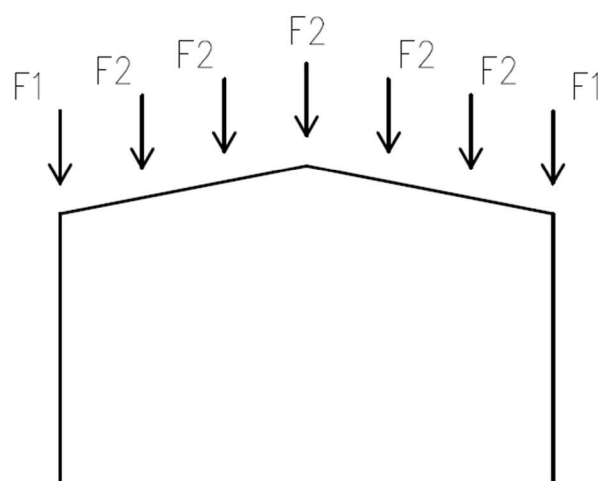
$$w_1 = 0,475 * W_{eA} + 6,175 * W_{eB} = \mathbf{4,09 \text{ kN/m}}$$

$$F_1 = 1,77 * 6,175 * W_{eH} + 1,77 * 0,475 * W_{eI} = \mathbf{4,40 \text{ kN}}$$

$$F_2 = 3,092 * 6,175 * W_{eH} + 3,092 * 0,475 * W_{eI} = \mathbf{7,68 \text{ kN}}$$

$$F_3 = 1,546 * 6,175 * W_{eH} + 1,546 * 0,475 * W_{eI} = \mathbf{3,84 \text{ kN}}$$

ZS3: Sníh

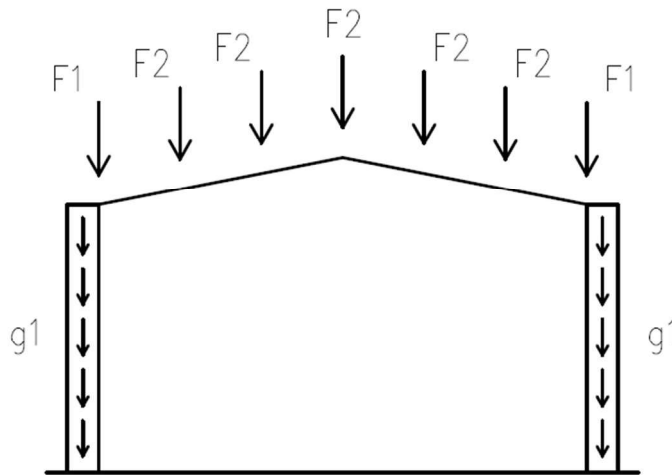


$$s_k = 0,8 \text{ kPa}$$

$$F_1 = 1,77 * 6,65 * s_k = \mathbf{9,42 \text{ kN}}$$

$$F_2 = 3,092 * 6,65 * s_k = \mathbf{16,45 \text{ kN}}$$

ZS4: Vlastní tíha



$$f_{k,panel,r} = 0,151 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{k,panel,w} = 0,137 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{k,vaznice} = 0,1 \text{ kN/m}$$

$$f_{k,rám} = 0,91 \text{ kN/m}$$

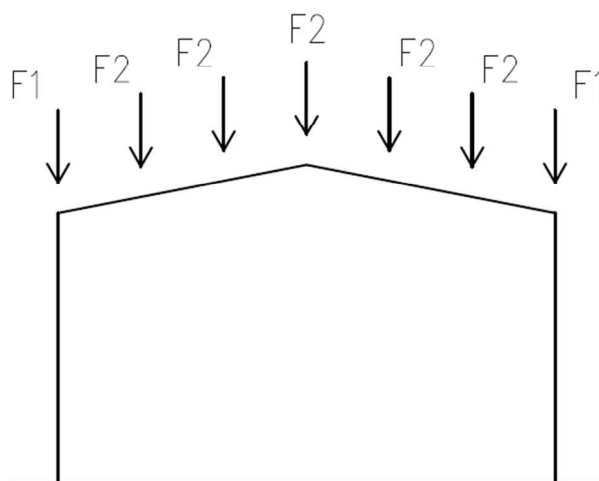
$$g_1 = f_{k,rám} + 6,65 * f_{k,panel,w} = \mathbf{1,79 \text{ kN/m}}$$

$$F_1 = 1,77 * \cos 10^\circ * 6,65 * f_{k,panel,r} + 1,77 * \cos 10^\circ * f_{k,rám} + 6,65 * f_{k,vaznice} = \mathbf{4,00 \text{ kN}}$$

$$F_2 = 3,092 * \cos 10^\circ * 6,65 * f_{k,panel,r} + 3,092 * \cos 10^\circ * f_{k,rám} + 6,65 * f_{k,vaznice} = \mathbf{6,49 \text{ kN}}$$

ZS5: Ostatní stálé

Zatížení od vzduchotechniky, osvětlení a podhledu je odhadnuto na $f_{k,ost} = 0,5 \text{ kN/m}^2$.



$$f_{k,ost} = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$F_1 = 1,77 * 6,65 * f_{k,ost} = \mathbf{5,89 \text{ kN}}$$

$$F_2 = 3,092 * 6,65 * f_{k,ost} = \mathbf{10,28 \text{ kN}}$$

3.5.2. Kombinace zatížení

$$\psi_{\text{vitr}} = 0,6$$

$$\psi_{\text{snih}} = 0,5$$

Mezní stav únosnosti

$$KZ\ 1 = 1,0 * ZS4 + 1,5 * ZS1$$

$$KZ\ 2 = 1,0 * ZS4 + 1,5 * ZS2$$

$$KZ\ 3 = 1,35 * ZS4 + 1,35 * ZS5 + 1,5 * ZS1 + 1,5 * \psi_{\text{snih}} * ZS3$$

$$KZ\ 4 = 1,35 * ZS4 + 1,35 * ZS5 + 1,5 * ZS2 + 1,5 * \psi_{\text{snih}} * ZS3$$

$$KZ\ 5 = 1,35 * ZS4 + 1,35 * ZS5 + 1,5 * \psi_{\text{vitr}} * ZS1 + 1,5 * ZS3$$

$$KZ\ 6 = 1,35 * ZS4 + 1,35 * ZS5 + 1,5 * \psi_{\text{vitr}} * ZS2 + 1,5 * ZS3$$

$$KZ\ 7 = 1,35 * ZS4 + 1,35 * ZS5 + 1,5 * ZS3$$

Mezní stav použitelnosti

$$KZ\ 1 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS1$$

$$KZ\ 2 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS2$$

$$KZ\ 3 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS5 + 1,0 * ZS1 + \psi_{\text{snih}} * ZS3$$

$$KZ\ 4 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS5 + 1,0 * ZS2 + \psi_{\text{snih}} * ZS3$$

$$KZ\ 5 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS5 + \psi_{\text{vitr}} * ZS1 + 1,0 * ZS3$$

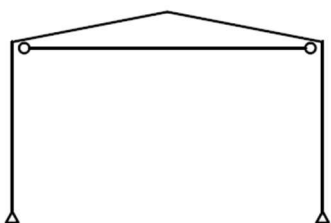
$$KZ\ 6 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS5 + \psi_{\text{vitr}} * ZS2 + 1,0 * ZS3$$

$$KZ\ 7 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS5 + 1,0 * ZS3$$

3.5.3. Statické schéma

Statické schéma a navrhovaný průřez budou předběžně navrženy dle výsledků deformací u_x a u_z a napětí σ_x . Pro porovnání hodnot je prozatím použito rámového profilu IPE 500.

1. Varianta 1 – Kloubové uložení patek, příčné táhlo

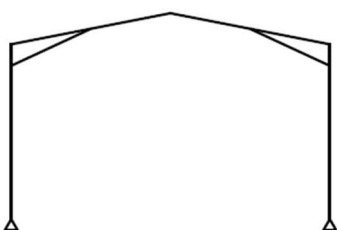


Maximální vodorovný posun: $u_x = 114,5 \text{ mm}$ (KZ 1)

Maximální svislý průhyb: $u_z = 40,9 \text{ mm}$ (KZ 7)

Maximální normálové napětí: $\sigma_x = 214,5 \text{ MPa}$ (KZ 5)

2. Varianta 2 – Kloubové uložení patek, náběh příčle

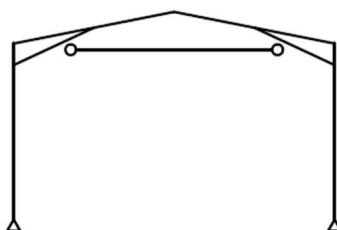


Maximální vodorovný posun: $u_x = 92,1 \text{ mm}$ (KZ 3)

Maximální svislý průhyb: $u_z = 54,8 \text{ mm}$ (KZ 7)

Maximální normálové napětí: $\sigma_x = 226,6 \text{ MPa}$ (KZ 5)

3. Varianta 3 – Kloubové uložení patek, příčné táhlo, náběh příčle

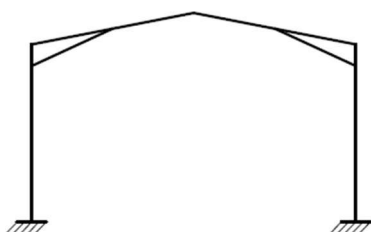


Maximální vodorovný posun: $u_x = 90,5 \text{ mm}$ (KZ 3)

Maximální svislý průhyb: $u_z = 37,6 \text{ mm}$ (KZ 7)

Maximální normálové napětí: $\sigma_x = 200,5 \text{ MPa}$ (KZ 7)

4. Varianta 4 – Vetknuté patky, náběh příčle

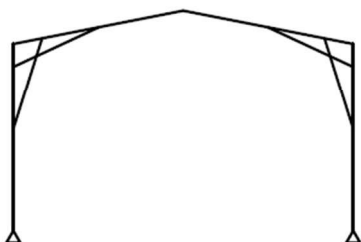


Maximální vodorovný posun: $u_x = 21,2 \text{ mm}$ (KZ 3)

Maximální svislý průhyb: $u_z = 43,7 \text{ mm}$ (KZ 7)

Maximální normálové napětí: $\sigma_x = 191,6 \text{ MPa}$ (KZ 6)

5. Varianta 5 – Kloubové uložení patek, náběh příčle a sloupu



Maximální vodorovný posun: $u_x = 56,7 \text{ mm}$ (KZ 3)

Maximální svislý průhyb: $u_z = 34,8 \text{ mm}$ (KZ 7)

Maximální normálové napětí: $\sigma_x = 147,2 \text{ MPa}$ (KZ 5)

LIMITNÍ HODNOTY

Limitní vodorovný posun $\delta_{Lim,ux} = \frac{h}{150} = \frac{10200}{150} = \mathbf{68,0 \text{ mm}}$

Limitní svislý posun $\delta_{Lim,uz} = \frac{L}{250} = \frac{18550}{250} = \mathbf{74,2 \text{ mm}}$

Návrhová pevnost oceli $f_{yd} = \mathbf{235 \text{ MPa}}$

Vlastnosti statických schémat

Varianta 1

- Táhlo nepřináší požadované vlastnosti, zmenšuje svislý průhyb u_z , který již není potřeba více snižovat.
- Maximální deformace u_x přesahuje limitní hodnotu, nelze jej tedy použít bez změny profilu rámu.

Varianta 2

- Maximální deformace u_x přesahuje limitní hodnotu, nelze jej tedy použít bez změny profilu rámu.

Varianta 3

- Kombinace varianty 1 a varianty 2 výrazně nesnižuje vodorovný posun u_x , který přesahuje limitní hodnotu. Nelze jej tedy použít bez změny profilu rámu.

Varianta 4

- Maximální deformace u_x a u_z vyhovují.
- Vysoké hodnoty σ_x v porovnání s variantou 5.
- Vyšší náročnost návrhu a provedení vetknuté patky.

Varianta 5

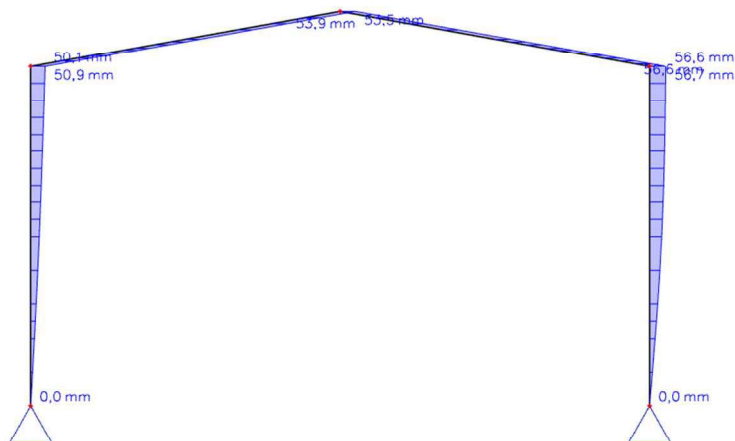
- Maximální svislý průhyb u_z je menší než u varianty 4.
- Maximální deformace u_x vyhovuje, je však vyšší než u varianty 4.
- Nízké hodnoty σ_x v porovnání s variantou 4.
- Nižší náročnost návrhu a provedení patky.
- Nutnost vytvořit rámové náběhy na sloupu a příčli.

Po zvážení výhod a nevýhod navrhuji statické schéma varianty 5.

3.5.4. Posouzení mezního stavu použitelnosti

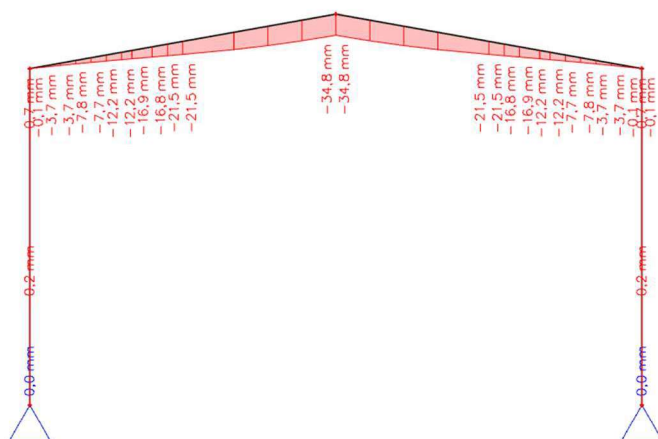
Deformace jsou určeny pro charakteristické hodnoty zatížení $\gamma_f = 1,0$. Výpočet je proveden pomocí programu SCIA Engineer 20.0.

Maximální vodorovný posun u_x (KZ 3)



$$u_x = 56,7 \text{ mm} \leq \delta_{Lim,ux,1} = \frac{h}{150} = 68,0 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Maximální svislý průhyb u_z (KZ 7)



$$u_z = 34,8 \text{ mm} \leq \delta_{Lim,uz} = \frac{L}{250} = 74,2 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Průřez IPE 500 vyhovuje, již není možné průřez zmenšovat.

3.5.5. Posouzení mezního stavu únosnosti - sloup

Rámové imperfekce

Úhel natočení sloupu

$$\Phi = \Phi_o * \alpha_h * \alpha_m$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{10,2}} = 0,626 \qquad \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

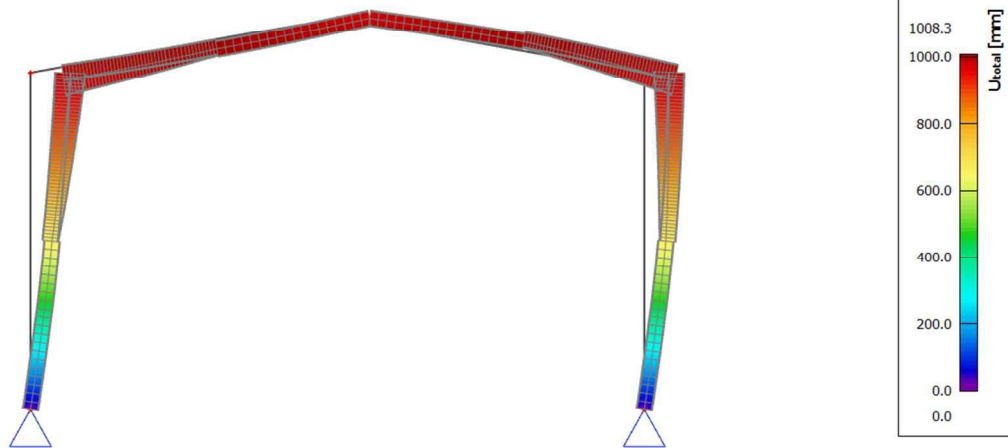
$$\alpha_h = \frac{2}{3} = \mathbf{0,667}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{2}\right)} = \mathbf{0,866}$$

$$\Phi = \frac{1}{200} * 0,667 * 0,866 = \mathbf{2,89 * 10^{-3}}$$

Výpočet α_{CR}

Výpočet je proveden pomocí programu SCIA Engineer 20.0 po zavedení rámových imperfekcí.



$$\alpha_{CR} = \mathbf{18,05} \text{ (Stabilitní kombinace S 7/1)}$$

$$F_{CR} = \alpha_{CR} * N_{Ed}$$

Maximální vnitřní síly

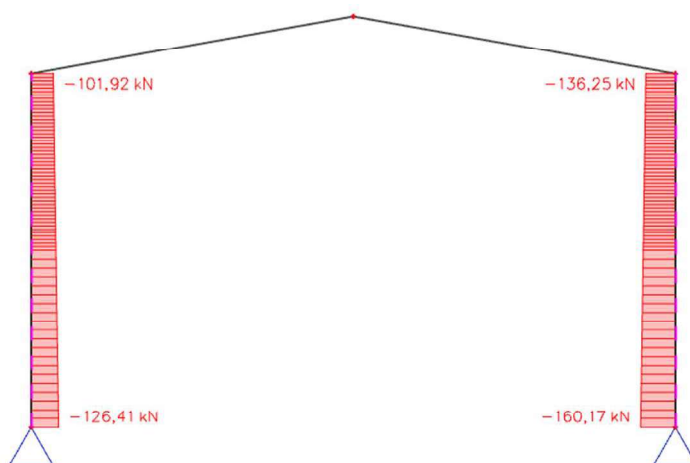
Výpočet proveden pomocí programu SCIA Engineer 20.0.

Vnitřní síly	N_{max} [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$V_{z,max}$ [kN]
KZ 1	51,22	267,29	55,64
KZ 2	14,77	64,8	34,42
KZ 3	114,77	406,1	58,54
KZ 4	97,74	209,45	52,26
KZ 5	160,17	452,69	57,95
KZ 6	149,64	321,43	53,81
KZ 7	170,69	370,4	40,26

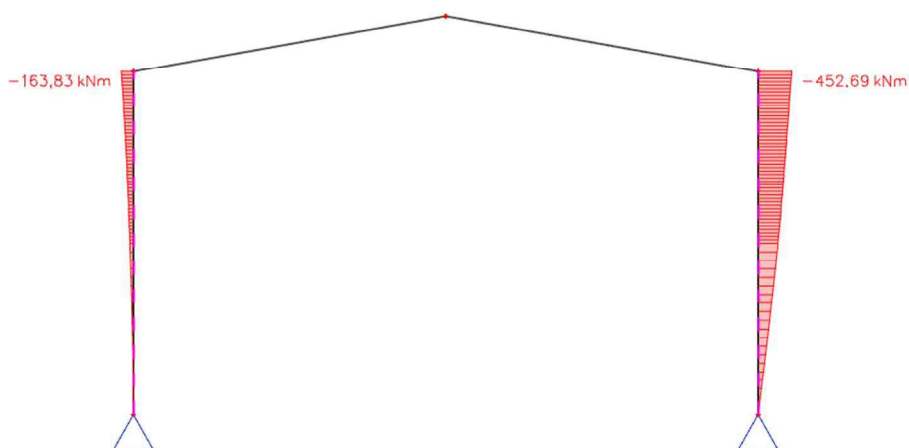
Rozhodující stav kombinace ohybového momentu a normálové síly je **KZ 5**.

Rozhodující stav smykové únosnosti je **KZ 3**, smyk ale v případě mé rámové haly nerozhoduje.

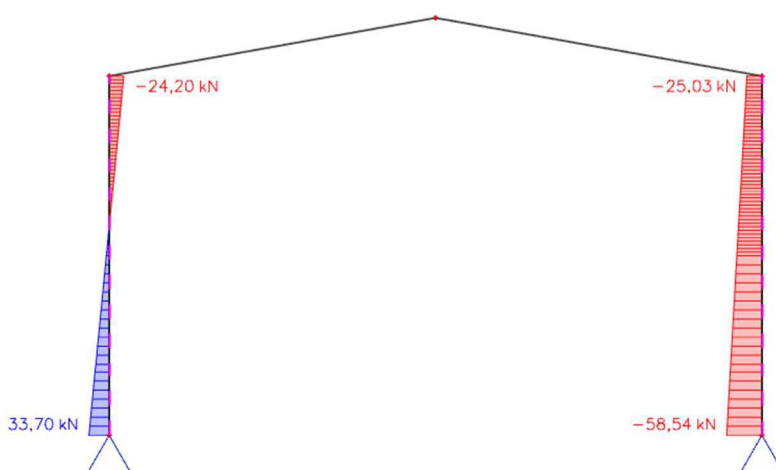
Normálová síla N (KZ 5)



Ohybový moment M_y (KZ 5)

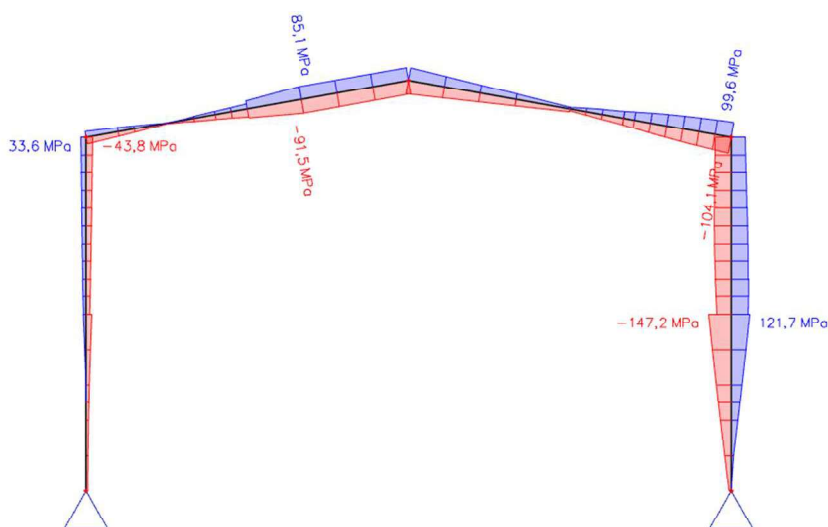


Posouvající síla V_z (KZ 3)



Na sloupy budou navrženy náběhy, sloup je tedy dimenzovaný na vnitřní síly v místě průřezu s největším normálovým napětím $\sigma_{x,max}$.

Maximální normálové napětí σ_x (KZ 5)



$\sigma_{x,max} = 147,2 \text{ MPa} \leq f_{yd} = 235 \text{ MPa}$ *vyhovuje*

Vnitřní síly $\sigma_{x,max}$	N_{max} [kN]	$M_{y_{max}}$ [kNm]
KZ 5	160,17	268,94

POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU ÚNOSNOSTI

Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 160,17 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 268,94 \text{ kNm}$$

Návrh : IPE 500

$$t_w = 10,2 \text{ mm}$$

$$d = 426 \text{ mm}$$

$$t_f = 16,0 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

$$A = 11550 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 5987 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 48200 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 1928 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 2194 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 204 \text{ mm}$$

$$I_z = 2142 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_z = 214,2 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 335,9 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 43,1 \text{ mm}$$

$$I_t = 89,29 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 1249000 * 10^6 \text{ mm}^6$$

Zatřídění průřezu

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w * f_{yd}} = \frac{160,17 * 10^3}{10,2 * 235} = 67 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5*d+x}{d} = \frac{0,5*426+67}{426} = 0,657$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{426}{10,2} = \mathbf{41,76}$$

$$\frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * \sqrt{1}}{13 * 0,657 - 1} = \mathbf{52,51}$$

$$\frac{c}{t_w} = \mathbf{41,76} \leq \mathbf{52,51} \quad \text{vyhovuje} \rightarrow \text{Podmínka pro stojinu 1. třídy splněna}$$

Zatřídění pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0,5 * b - r - t_w/2}{t_f} = \frac{0,5 * 200 - 21 - 10,2/2}{16,0} = \mathbf{4,62}$$

$$\frac{c}{t_f} = \mathbf{4,62} \leq \mathbf{9} = \mathbf{9 * \varepsilon} \quad \text{vyhovuje} \rightarrow \text{Podmínka pro pásnici 1. třídy splněna}$$

Štíhlosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{10200}{204} = \mathbf{50,0}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5100}{43,1} = \mathbf{118,33}$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \mathbf{93,9}$$

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{50,0}{93,9} = \mathbf{0,53}$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{118,33}{93,9} = \mathbf{1,26}$$

Součinitele vzpěrnosti

$\chi_y =$ součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy y

$$= \mathbf{0,915} \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

$\chi_z =$ součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy z

$$= \mathbf{0,447} \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd} = \chi * A * f_y = 0,447 * 11550 * 235 = \mathbf{1213,27 \text{ kN}}$$

$$N_{Rd} = \mathbf{1213,27 \text{ kN}} \geq N_{Ed} = \mathbf{160,17 \text{ kN}} \quad \text{vyhovuje}$$

Vliv klopení

$\mu_{CR} = \mathbf{2,912}$ (Výpočet je proveden pomocí programu LTBeamN 1.0.3)

$$M_{CR} = \mu_{CR} * M_{Ed} = 2,912 * 268,94 = \mathbf{783,15 \text{ kNm}}$$

$$\lambda_{LT,y} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2194 * 10^3 * 235}{783,15 * 10^6}} = \mathbf{0,81}$$

$$\chi_{LT} = \mathbf{0,718} \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

Posouzení na ohybový moment s vlivem klopení

$$M_{Rd} = W_{pl,y} * f_{yd} * \chi_{LT} = 2194 * 10^3 * 235 * 0,718 = \mathbf{370,19 \text{ kNm}}$$

$$M_{Rd} = \mathbf{370,19 \text{ kNm}} \geq M_{Ed} = \mathbf{268,94 \text{ kNm}} \quad \text{vyhovuje}$$

Součinitele c_{my} a $c_{m,LT}$

$$c_{my} = \mathbf{0,9}$$

$$c_{m,LT} = 0,6 + 0,4 * \psi = \mathbf{0,6}$$

Charakteristické hodnoty únosnosti v tlaku a ohybu:

$$N_{Rk} = A * f_y = 11550 * 235 = \mathbf{2714,25 \text{ kN}}$$

$$M_{Rk} = W_{pl,y} * f_{yd} = 2194 * 10^3 * 235 = \mathbf{515,59 \text{ kNm}}$$

Součinitele k_{yy} a k_{zy}

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{my} * \left[1 + (\lambda_y^- - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \\ c_{my} * \left[1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \end{array} \right\}$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,9 * \left[1 + (0,53 - 0,2) * \frac{160,17}{0,915 * \frac{2714,25}{1,0}} \right] \\ 0,9 * \left[1 + 0,8 * \frac{160,17}{0,915 * \frac{2714,25}{1,0}} \right] \end{array} \right\} = \min \{0,919\} = \mathbf{0,919}$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 * \lambda_z^-}{(c_{m,LT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0,1}{(c_{m,LT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right\}$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 * 1,26}{(0,6 - 0,25)} * \frac{160,17}{0,447 * \frac{2714,25}{1,0}} \\ 1 - \frac{0,1}{(0,6 - 0,25)} * \frac{160,17}{0,447 * \frac{2714,25}{1,0}} \end{array} \right\} = \max \{0,952\} = \mathbf{0,962}$$

Posouzení na interakci tlaku a ohybu

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

$$\frac{160,17}{0,915 * \frac{2714,25}{1,0}} + 0,919 * \frac{268,94}{0,718 * \frac{515,59}{1,0}} \leq 1,0$$

0,73 ≤ 1,0 *vyhovuje*

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

$$\frac{160,17}{0,447 * \frac{2714,25}{1,0}} + 0,962 * \frac{268,94}{0,718 * \frac{515,59}{1,0}} \leq 1,0$$

0,83 ≤ 1,0 *vyhovuje*

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed}}{\gamma_{M0}} \leq 1,0$$

$$\frac{160,17}{1,0} + \frac{268,94}{1,0} \leq 1,0$$

0,58 ≤ 1,0 *vyhovuje*

Prvek je v MSÚ využit na 83 %, průřez je tedy navržen maximálně úsporně.

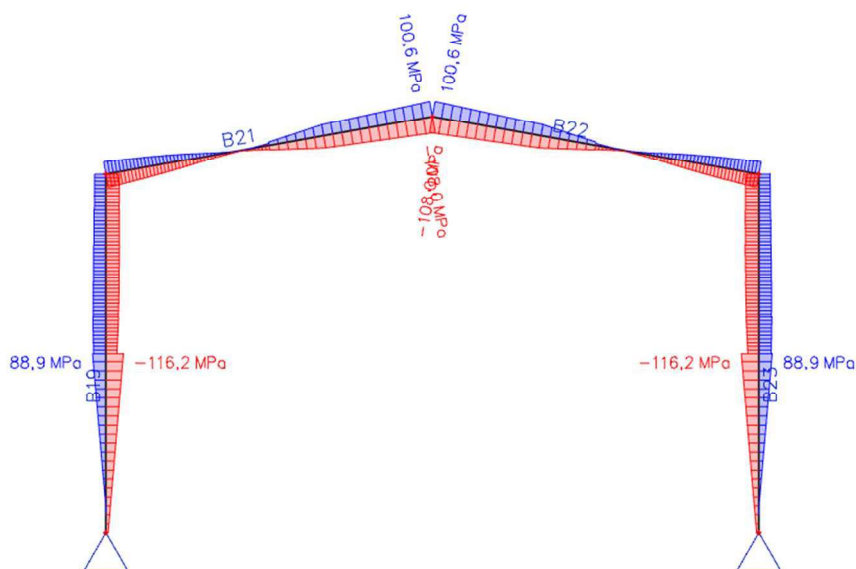
Posouzení smykové únosnosti

Smyk z důvodu malých hodnot posouvajících sil nerozhoduje.

3.5.6. Posouzení mezního stavu únosnosti – příčel

Na příčli budou navrženy náběhy, průřez je tedy dimenzovaný na vnitřní síly v místě největšího normálového napětí $\sigma_{x,max}$. Největší normálové napětí vzniká ve vrcholu příčle.

Maximální normálové napětí σ_x (KZ 7)



$$\sigma_{x,příčle} = 108,0 \text{ MPa}$$

Vnitřní síly pro návrh v místě maximálního napětí σ_x

Výpočet proveden pomocí programu SCIA Engineer 20.0.

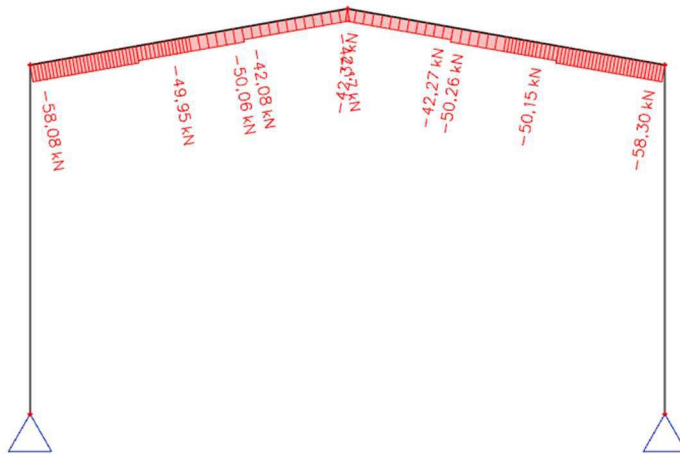
Vnitřní síly	N_{max} [Kn]	$M_{y,max}$ [kNm]	$V_{z,max}$ [Kn]
KZ 1	10,75	32,4	28,30
KZ 2	39,38	26,45	10,88
KZ 3	20,62	89,11	76,61
KZ 4	14,17	147,99	49,19
KZ 5	46,14	166,34	68,21
KZ 6	23,09	201,77	58,19
KZ 7	50,26	202,94	64,05

Použité normálové síly N jsou maximální hodnoty na průřezu IPE 500 na příčli.

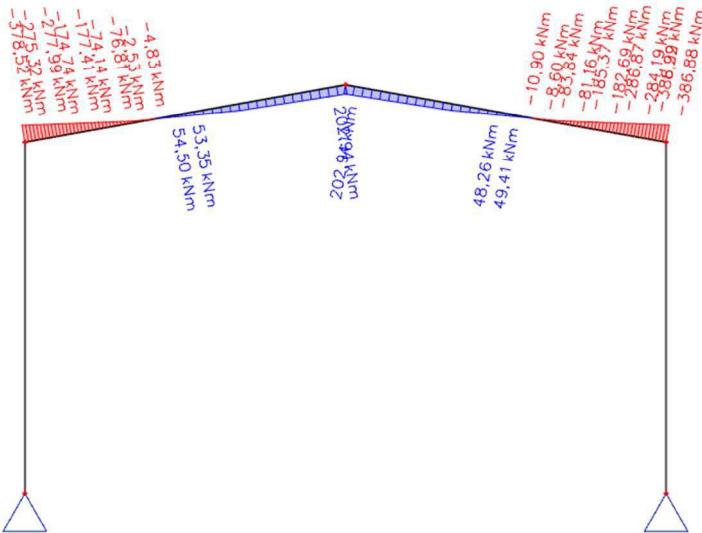
Rozhodující stav kombinace ohybového momentu a normálové síly je **KZ 7**.

Rozhodující kombinace posouvajících sil je KZ 3. Hodnoty V_z jsou ale velmi nízké, smyk v případě mé rámové haly nerozhoduje.

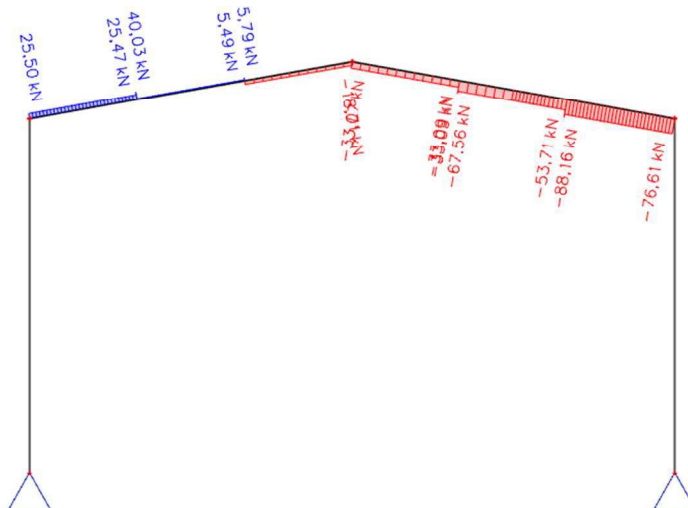
Normálová síla N (KZ 7)



Ohybový moment M_y (KZ 7)



Posouvající síla V_z (KZ 3)



POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU ÚNOSNOSTI

Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 50,26 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 202,94 \text{ kNm}$$

Návrh : IPE 500

$$t_w = 10,2 \text{ mm}$$

$$d = 426 \text{ mm}$$

$$t_f = 16,0 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

$$A = 11550 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 5987 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 48200 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 1928 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 2194 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 204 \text{ mm}$$

$$I_z = 2142 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_z = 214,2 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 335,9 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 43,1 \text{ mm}$$

$$I_t = 89,29 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 1249000 * 10^6 \text{ mm}^6$$

Zatřídění průřezu

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w * f_{yd}} = \frac{50,26 * 10^3}{10,2 * 235} = 21 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5*d+x}{d} = \frac{0,5*426+21}{426} = 0,549$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{426}{10,2} = \mathbf{41,76}$$

$$\frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * \sqrt{1}}{13 * 0,549 - 1} = \mathbf{64,53}$$

$$\frac{c}{t_w} = \mathbf{41,76} \leq \mathbf{64,53} \quad \text{vyhovuje} \rightarrow \text{Podmínka pro stojinu 1. třídy splněna}$$

Zatřídění pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0,5 * b - r - t_w/2}{t_f} = \frac{0,5 * 200 - 21 - 10,2/2}{16,0} = \mathbf{4,62}$$

$$\frac{c}{t_f} = \mathbf{4,62} \leq \mathbf{9} = \mathbf{9 * \varepsilon} \quad \text{vyhovuje} \rightarrow \text{Podmínka pro pásnici 1. třídy splněna}$$

Štíhlost

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{18550}{204} = \mathbf{90,93}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{6183/\cos(10^\circ)}{43,1} = \mathbf{145,67}$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \mathbf{93,9}$$

$$\lambda_{y^-} = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{90,93}{93,9} = \mathbf{0,97}$$

$$\lambda_{z^-} = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{143,46}{93,9} = \mathbf{1,60}$$

Součinitele vzpěrnosti

$$\chi_y = \mathbf{0,686} \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

$$\chi_z = \mathbf{0,308} \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

Vliv klopení

$$\mu_{CR} = \mathbf{1,682} \text{ (Výpočet je proveden pomocí programu LTBeamN 1.0.3)}$$

$$M_{CR} = \mu_{CR} * M_{Ed} = 1,682 * 202,94 = \mathbf{341,35 kNm}$$

$$\lambda_{LT,y} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2194 * 10^3 * 235}{341,35 * 10^6}} = \mathbf{1,23}$$

$$\chi_{LT} = \mathbf{0,462} \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

Posouzení na ohybový moment s vlivem klopení

$$M_{Rd} = W_{pl,y} * f_{yd} * \chi_{LT} = 2194 * 10^3 * 235 * 0,462 = \mathbf{238,20 kNm}$$

$$M_{Rd} = \mathbf{238,20 kNm} \geq M_{Ed} = \mathbf{202,94 kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

Součinitele c_{my} a c_{mLT}

c_{my} :

$$\psi = \frac{-378,52}{-388,22} = \mathbf{0,98}$$

$$\alpha_s = \frac{202,94}{-388,22} = \mathbf{-0,52}$$

$$\text{Pro: } \left[\begin{array}{l} -1 \leq \alpha_s < 0 \\ 0 \leq \psi \leq 1 \end{array} \right] \rightarrow c_{my} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s \geq 0,4$$

$$c_{my} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s = 0,1 - 0,8 * (-0,52) = \mathbf{0,516} \geq 0,4 \quad \text{vyhovuje}$$

c_{mLT} :

$$\psi = \frac{148,72}{152,17} = \mathbf{0,98}$$

$$\alpha_h = \frac{152,17}{202,94} = \mathbf{0,75}$$

$$\text{Pro: } \left[\begin{array}{l} 0 \leq \alpha_h \leq 1 \\ -1 \leq \psi \leq 1 \end{array} \right] \rightarrow c_{mLT} = 0,95 + 0,05 * \alpha_h$$

$$c_{mLT} = 0,95 + 0,05 * \alpha_h = 0,95 + 0,05 * (0,75) = \mathbf{0,988}$$

Charakteristické hodnoty únosnosti v tlaku a ohybu:

$$N_{Rk} = A * f_y = 11550 * 235 = \mathbf{2714,25 \text{ kN}}$$

$$M_{Rk} = W_{pl,y} * f_{yd} = 2194 * 10^3 * 235 = \mathbf{515,59 \text{ kNm}}$$

Součinitele k_{yy} a k_{zy}

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{my} * \left[1 + (\lambda_y^- - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \\ c_{my} * \left[1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \end{array} \right\}$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,516 * \left[1 + (0,97 - 0,2) * \frac{50,26}{0,686 * \frac{2714,25}{1,0}} \right] \\ 0,516 * \left[1 + 0,8 * \frac{50,26}{0,686 * \frac{2714,25}{1,0}} \right] \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,527 \\ 0,527 \end{array} \right\} = \mathbf{0,527}$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 * \lambda_z^-}{(c_{m,LT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0,1}{(c_{m,LT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right\}$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 * 1,60}{(0,988 - 0,25)} * \frac{50,26}{0,308 * \frac{2714,25}{1,0}} \\ 1 - \frac{0,1}{(0,988 - 0,25)} * \frac{50,26}{0,308 * \frac{2714,25}{1,0}} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,987 \\ 0,992 \end{array} \right\} = \mathbf{0,992}$$

Posouzení na interakci tlaku a ohybu

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

$$\frac{50,26}{0,686 * \frac{2714,25}{1,0}} + 0,527 * \frac{202,94}{0,462 * \frac{515,59}{1,0}} \leq 1,0$$

0,48 ≤ 1,0 *vyhovuje*

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

$$\frac{50,26}{0,331 * \frac{2714,25}{1,0}} + 0,992 * \frac{202,94}{0,462 * \frac{515,59}{1,0}} \leq 1,0$$

0,90 ≤ 1,0 *vyhovuje*

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{Rk}}{\gamma_{M0}}} \leq 1,0$$

$$\frac{50,26}{\frac{2714,25}{1,0}} + \frac{202,94}{\frac{515,59}{1,0}} \leq 1,0$$

0,41 ≤ 1,0 *vyhovuje*

Průřez je v MSÚ využit na 90 %, prvek je tedy navržen maximálně úsporně.

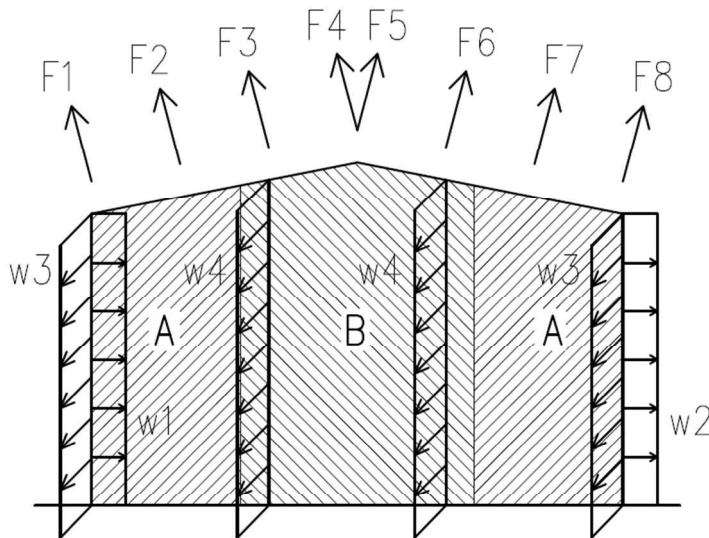
Posouzení smykové únosnosti

Smyk z důvodu nízkých hodnot posouvajících sil nerozhoduje.

3.6. Štítová stěna

3.6.1. Zatěžovací stavy

ZS1: Vítr příčný



$$W_{eA} = -0,890 \text{ kPa}$$

$$W_{eB} = -0,594 \text{ kPa}$$

$$W_{eD} = +0,564 \text{ kPa}$$

$$W_{eE} = -0,312 \text{ kPa}$$

$$W_{eF} = -0,965 \text{ kPa}$$

$$W_{eG} = -0,742 \text{ kPa}$$

$$W_{eH} = -0,334 \text{ kPa}$$

$$W_{eI} = -0,371 \text{ kPa}$$

$$W_{eJ} = -0,594 \text{ kPa}$$

$$w_1 = 3,325 * W_{eD} = \mathbf{1,88 \text{ kN/m}}$$

$$w_2 = 3,325 * W_{eE} = \mathbf{1,04 \text{ kN/m}}$$

$$w_3 = 3,092 * \frac{(10,2 + 10,75)/2}{10,2} * W_{eA} = \mathbf{2,83 \text{ kN/m}}$$

$$w_4 = 2,108 * W_{eA} + 4,075 * W_{eB} = \mathbf{4,30 \text{ kN/m}}$$

$$F_1 = 1,77 * 3,325 * W_{eF} = \mathbf{5,68 \text{ kN}}$$

$$F_2 = 0,83 * 3,325 * W_{eF} + 2,262 * 3,325 * W_{eH} = \mathbf{5,18 \text{ kN}}$$

$$F_3 = 3,092 * 3,325 * W_{eH} = \mathbf{3,43 \text{ kN}}$$

$$F_4 = 1,546 * 3,325 * W_{eH} = \mathbf{1,72 \text{ kN}}$$

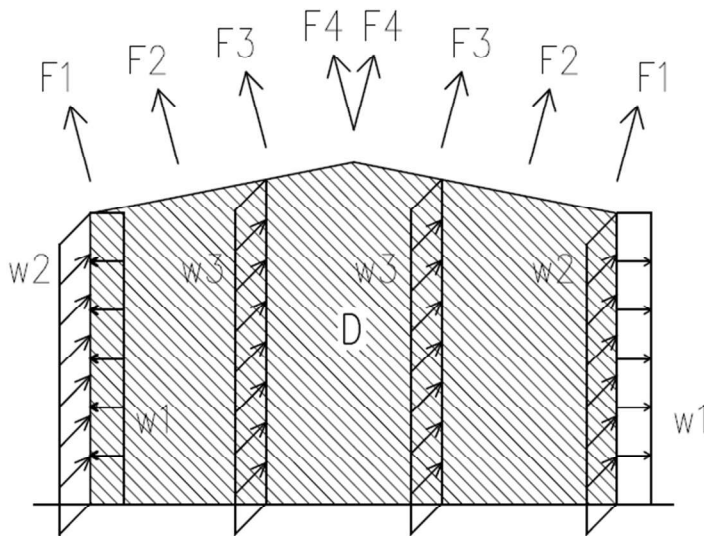
$$F_5 = 1,546 * 3,325 * W_{eJ} = \mathbf{3,05 \text{ kN}}$$

$$F_6 = 1,054 * 3,325 * W_{eJ} + 2,038 * 3,325 * W_{eI} = \mathbf{4,60 \text{ kN}}$$

$$F_7 = 3,092 * 6,325 * W_{eI} = \mathbf{3,81 \text{ kN}}$$

$$F_8 = 1,77 * 3,325 * W_{eI} = \mathbf{2,18 \text{ kN}}$$

ZS2: Vítr podélný



$$W_{eA} = -0,890 \text{ kPa}$$

$$W_{eD} = +0,564 \text{ kPa}$$

$$W_{eF} = -1,076 \text{ kPa}$$

$$W_{eG} = -0,965 \text{ kPa}$$

$$W_{eH} = -0,334 \text{ kPa}$$

$$w_1 = 3,325 * W_{eA} = \mathbf{2,96 \text{ kN/m}}$$

$$w_2 = 3,092 * \frac{(10,2 + 10,75)/2}{10,2} * W_{eD} = \mathbf{1,65 \text{ kN/m}}$$

$$w_3 = 6,183 * W_{eD} = \mathbf{3,21 \text{ kN/m}}$$

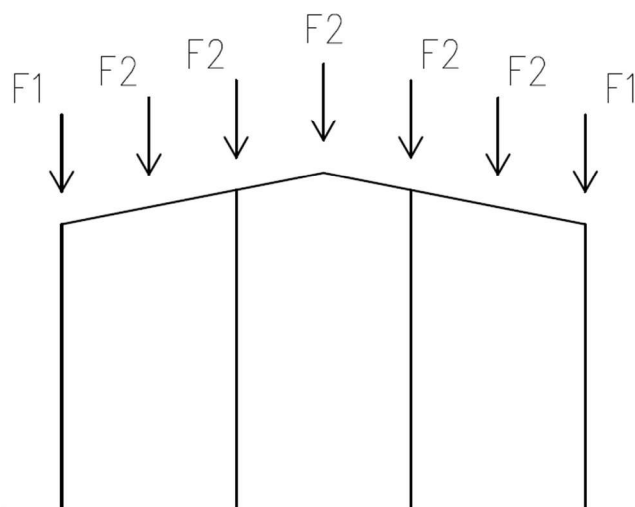
$$F_1 = 1,77 * 1,9 * W_{eF} + 1,77 * 1,425 * W_{eH} = \mathbf{4,46 \text{ kN}}$$

$$F_2 = 2,980 * 1,9 * W_{eF} + 0,112 * 1,9 * W_{eG} + 3,092 * 1,425 * W_{eH} = \mathbf{7,77 \text{ kN}}$$

$$F_3 = 3,092 * 1,9 * W_{eG} + 3,092 * 1,425 * W_{eH} = \mathbf{7,14 \text{ kN}}$$

$$F_4 = 1,546 * 1,9 * W_{eG} + 1,546 * 1,425 * W_{eH} = \mathbf{3,57 \text{ kN}}$$

ZS3: Sníh



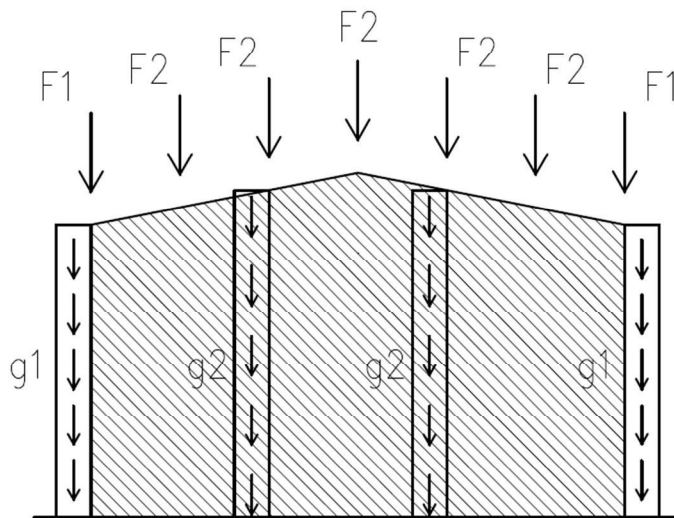
$$s_k = 0,8 \text{ kPa}$$

$$F_1 = 1,77 * 3,325 * s_k = \mathbf{4,71 \text{ kN}}$$

$$F_2 = 3,092 * 3,325 * s_k = \mathbf{8,23 \text{ kN}}$$

ZS4: Vlastní tíha

Vlastní tíha ocelových válcovaných prvků je spočtena a přidána k zatěžovacímu stavu ZS 4 v programu SCIA Engineer 20.0.



$$f_{k,panel,r} = 0,151 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{k,panel,w} = 0,137 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{k,vaznice} = 0,1 \text{ kN/m}$$

$$g_1 = 3,325 * f_{k,panel,w} + 3,092 * \frac{(10,2 + 10,75)/2}{10,2} * f_{k,panel,w} = \mathbf{0,89 \text{ kN/m}}$$

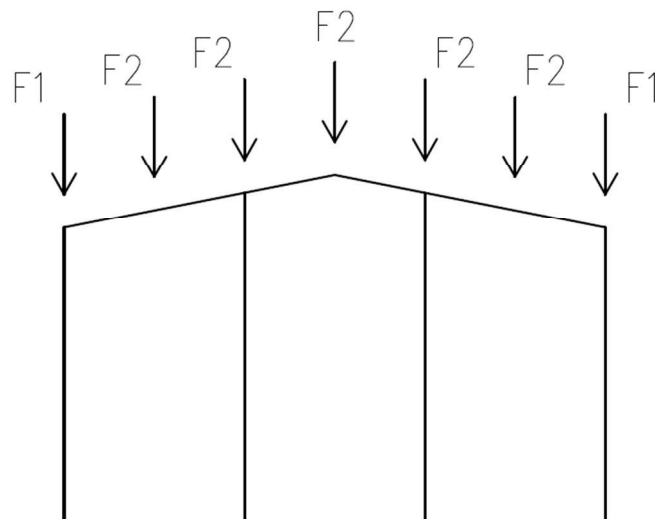
$$g_2 = 6,183 * f_{k,panel,w} = \mathbf{0,85 \text{ kN/m}}$$

$$F_1 = 1,77 * \cos 10^\circ * 3,325 * f_{k,panel,r} + 3,325 * f_{k,vaznice} = \mathbf{1,21 \text{ kN}}$$

$$F_2 = 3,092 * \cos 10^\circ * 3,325 * f_{k,panel,r} + 3,325 * f_{k,vaznice} = \mathbf{1,86 \text{ kN}}$$

ZS5: Ostatní stálé

Zatížení od vzduchotechniky, osvětlení a podhledu je odhadnuto na $f_{k,ost} = 0,5 \text{ kN/m}^2$.



$$f_{k,ost} = 0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$F_1 = 1,77 * 3,325 * f_{k,ost} = \mathbf{2,94 \text{ kN}}$$

$$F_2 = 3,092 * 3,325 * f_{k,ost} = \mathbf{5,14 \text{ kN}}$$

3.6.2. Kombinace zatížení

$$\psi_{\text{vitr}} = 0,6$$

$$\psi_{\text{snih}} = 0,5$$

Mezní stav únosnosti

$$KZ\ 1 = 1,0 * ZS4 + 1,5 * ZS1$$

$$KZ\ 2 = 1,0 * ZS4 + 1,5 * ZS2$$

$$KZ\ 3 = 1,35 * ZS4 + 1,35 * ZS5 + 1,5 * ZS1 + 1,5 * \psi_{\text{snih}} * ZS3$$

$$KZ\ 4 = 1,35 * ZS4 + 1,35 * ZS5 + 1,5 * ZS2 + 1,5 * \psi_{\text{snih}} * ZS3$$

$$KZ\ 5 = 1,35 * ZS4 + 1,35 * ZS5 + 1,5 * \psi_{\text{vitr}} * ZS1 + 1,5 * ZS3$$

$$KZ\ 6 = 1,35 * ZS4 + 1,35 * ZS5 + 1,5 * \psi_{\text{vitr}} * ZS2 + 1,5 * ZS3$$

$$KZ\ 7 = 1,35 * ZS4 + 1,35 * ZS5 + 1,5 * ZS3$$

Mezní stav použitelnosti

$$KZ\ 1 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS1$$

$$KZ\ 2 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS2$$

$$KZ\ 3 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS5 + 1,0 * ZS1 + \psi_{\text{snih}} * ZS3$$

$$KZ\ 4 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS5 + 1,0 * ZS2 + \psi_{\text{snih}} * ZS3$$

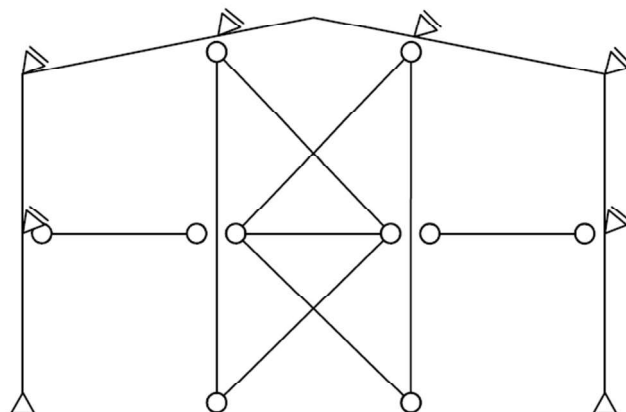
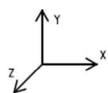
$$KZ\ 5 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS5 + \psi_{\text{vitr}} * ZS1 + 1,0 * ZS3$$

$$KZ\ 6 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS5 + \psi_{\text{vitr}} * ZS2 + 1,0 * ZS3$$

$$KZ\ 7 = 1,0 * ZS4 + 1,0 * ZS5 + 1,0 * ZS3$$

3.6.3. Statické schéma

Konstrukce je navržena z různých ocelových válcovaných profilů. Krajní sloupy tvoří HEA průřezy, středové sloupy tvoří IPE průřezy pootočené o 90°. Prutové prvky ztužení konstrukce tvoří HTR průřezy. Ztužení konstrukce bude posouzeno samostatně v kapitole Příčné ztužení.



3.6.4. Posouzení mezního stavu únosnosti – rámový sloup

Rámové impekce

Úhel natočení sloupu

$$\Phi = \Phi_o * \alpha_h * \alpha_m$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{10,2}} = 0,626 \qquad \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

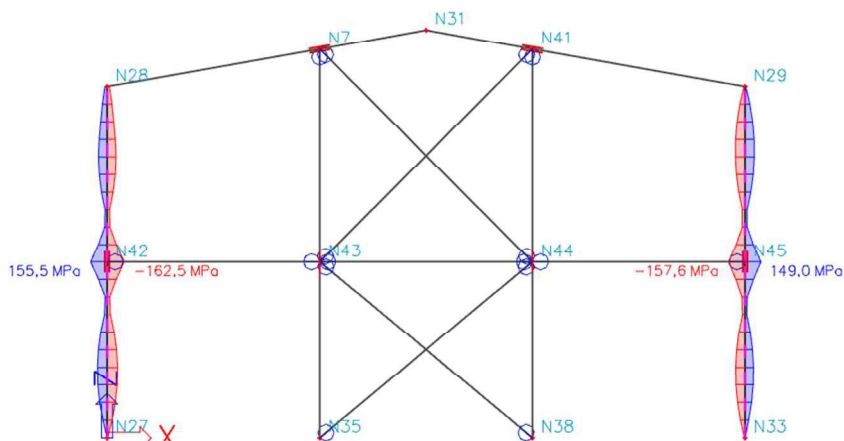
$$\alpha_h = \frac{2}{3} = 0,667$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{4}\right)} = 0,791$$

$$\Phi = \frac{1}{200} * 0,667 * 0,791 = 2,64 * 10^{-3}$$

Normálové napětí σ_x (KZ 3)

Sloup vykazuje velké normálové napětí $\sigma_{x,max}$, bude tedy dimenzovaný na vnitřní síly v kombinaci největšího normálového napětí. Největší napětí vzniká v polovině výšky sloupu v kombinacích zatížení KZ 1 a KZ 3. Pro výpočet volím KZ 3 z důvodu vyšších hodnot vnitřních sil.



$$\sigma_{x,KZ 3} = 162,5 \text{ MPa}$$

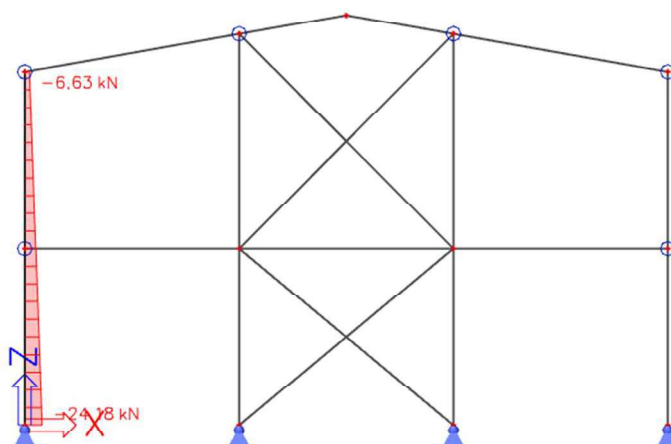
$$\sigma_{x,max} = 163,6 \text{ MPa (KZ 1)} \leq f_{yd} = 235 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Vnitřní síly pro návrh v místě maximálního napětí σ_x

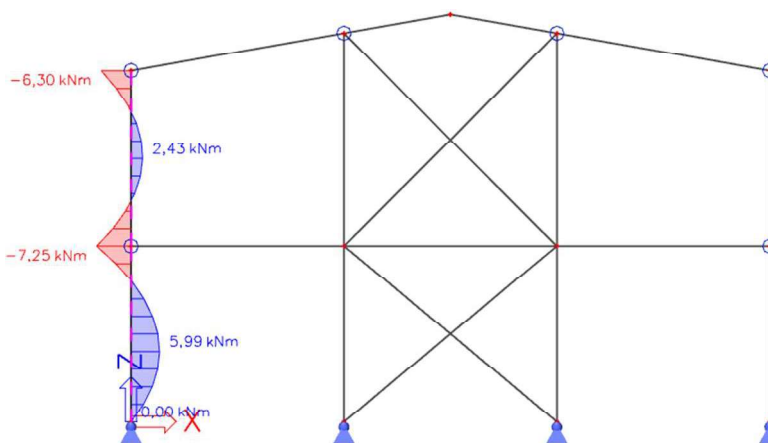
Výpočet proveden pomocí programu SCIA Engineer 20.0.

Vnitřní síly	N_{max} [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$M_{z,max}$ [kNm]	$V_{z,max}$ [kN]
KZ 1	7,67	8,51	13,81	8,88
KZ 2	12,29	11,87	8,05	13,66
KZ 3	24,18	7,25	13,91	8,65
KZ 4	19,62	13,22	8,11	13,93
KZ 5	34,65	8,50	8,39	4,97
KZ 6	31,90	9,15	4,89	9,13
KZ 7	40,95	8,46	0	2,11

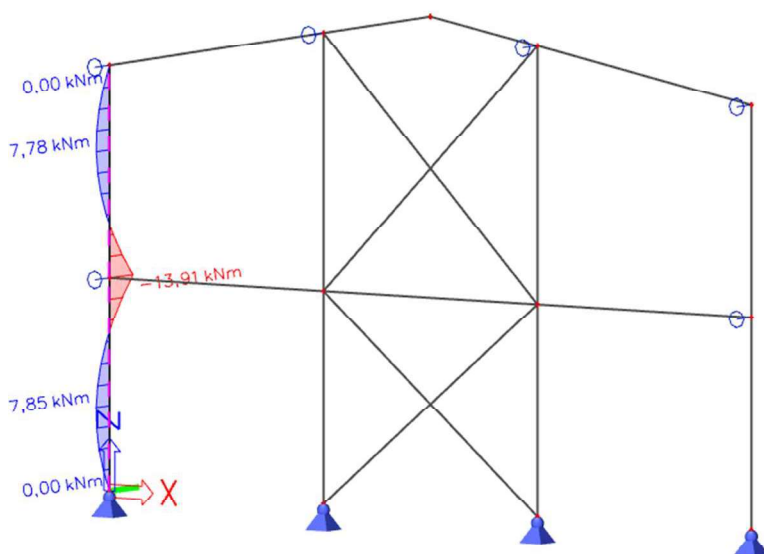
Normálová síla N (KZ 3)



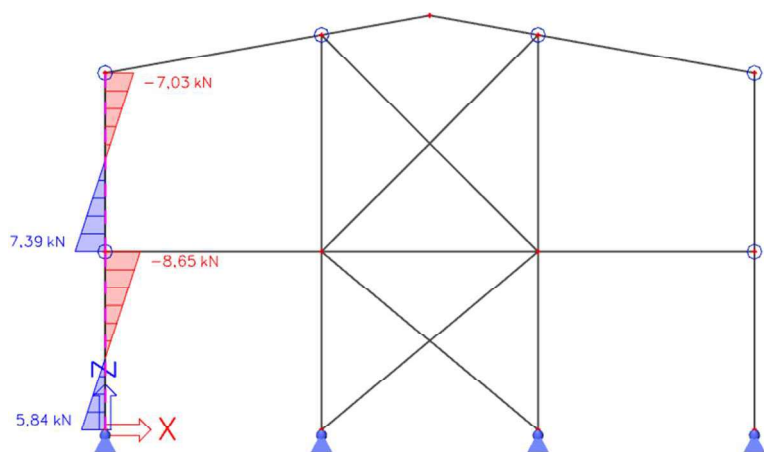
Ohybový moment M_y (KZ 3)



Ohybový moment M_z (KZ 3)



Posouvající síla V_z (KZ 3)



Vnitřní síly $\sigma_{x,max}$	N_{max} [kN]	My_{max} [kNm]	Mz_{max} [kNm]
KZ 3	24,18	7,25	13,91

POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU ÚNOSNOSTI

Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 24,18 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 7,25 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Ed} = 13,91 \text{ kNm}$$

Návrh : HE 180 A

$$t_w = 6,0 \text{ mm}$$

$$d = 122 \text{ mm}$$

$$t_f = 9,5 \text{ mm}$$

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$r = 15 \text{ mm}$$

$$A = 4525 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 1447 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 2510 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 293,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 324,9 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 74,5 \text{ mm}$$

$$I_z = 924,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_z = 102,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 156,5 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 45,2 \text{ mm}$$

$$I_t = 14,8 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 60210 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

Zatřídění průřezu

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{24,18 \cdot 10^3}{6,0 \cdot 235} = \mathbf{17 \text{ mm}}$$

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 122 + 17}{122} = \mathbf{0,639}$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{122}{6,0} = \mathbf{20,33}$$

$$\frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * \sqrt{1}}{13 * 0,639 - 1} = \mathbf{59,37}$$

$$\frac{c}{t_w} = \mathbf{20,33} \leq \mathbf{54,19} \quad \text{vyhovuje} \rightarrow \text{Podmínka pro stojinu 1. třídy splněna}$$

Zatřídění pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0,5 * b - r - t_w/2}{t_f} = \frac{0,5 * 180 - 15 - 6,0/2}{9,5} = \mathbf{7,58}$$

$$\frac{c}{t_f} = \mathbf{7,58} \leq \mathbf{9} = \mathbf{9 * \varepsilon} \quad \text{vyhovuje} \rightarrow \text{Podmínka pro pásnici 1. třídy splněna}$$

Štíhlosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{5100}{74,5} = \mathbf{68,46}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{5100}{45,2} = \mathbf{112,83}$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \mathbf{93,9}$$

$$\lambda_{y^-} = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{68,46}{93,9} = \mathbf{0,73}$$

$$\lambda_{z^-} = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{112,83}{93,9} = \mathbf{1,20}$$

Součinitele vzpěrnosti

$\chi_y =$ součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy y

$$= \mathbf{0,766} \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

$\chi_z =$ součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy z

$$= \mathbf{0,434} \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd} = \chi * A * f_y = 0,434 * 4525 * 235 = \mathbf{461,50 \text{ kN}}$$

$$N_{Rd} = \mathbf{461,50 \text{ kN}} \geq N_{Ed} = \mathbf{24,18 \text{ kN}} \quad \text{vyhovuje}$$

Vliv klopení

$\mu_{CR} = \mathbf{14,74}$ (Výpočet je proveden pomocí programu LTBeamN 1.0.3)

$$M_{CR} = \mu_{CR} * M_{y,Ed} = 14,74 * 7,25 = \mathbf{106,87 \text{ kNm}}$$

$$\lambda_{LT,y} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{324,9 * 10^3 * 235}{106,87 * 10^6}} = \mathbf{0,85}$$

$\chi_{LT} = \mathbf{0,766}$ (vzpěrnostní křivka a)

Posouzení na ohybový moment s vlivem klopení

$$M_{Rd} = W_{pl,y} * f_{yd} * \chi_{LT} = 324,9 * 10^3 * 235 * 0,766 = \mathbf{370,19 \text{ kNm}}$$

$$M_{Rd} = \mathbf{370,19 \text{ kNm}} \geq M_{y,Ed} = \mathbf{7,25 \text{ kNm}} \quad \text{vyhovuje}$$

Součinitele c_{my} a $c_{m,LT}$

c_{my} :

$$\psi = \mathbf{0}$$

$$\alpha_s = \frac{5,99}{-7,25} = \mathbf{-0,826}$$

$$\text{Pro: } \left[\begin{array}{l} -1 \leq \alpha_s < 0 \\ 0 \leq \psi \leq 1 \end{array} \right] \rightarrow c_{my} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s \geq 0,4$$

$$c_{my} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s = 0,1 - 0,8 * (-0,826) = \mathbf{0,761} \geq 0,4 \quad \text{vyhovuje}$$

$$c_{m,LT} = c_{my} = \mathbf{0,761} \geq 0,4 \quad \text{vyhovuje}$$

$$c_{mz}: \\ \psi = \mathbf{0}$$

$$\alpha_s = \frac{7,85}{-13,91} = \mathbf{-0,564}$$

$$\text{Pro: } \left[\begin{array}{l} -1 \leq \alpha_s < 0 \\ 0 \leq \psi \leq 1 \end{array} \right] \rightarrow c_{my} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s \geq 0,4$$

$$c_{mz} = 0,1 - 0,8 * \alpha_s = 0,1 - 0,8 * (-0,564) = \mathbf{0,551} \geq 0,4 \quad \text{vyhovuje}$$

Charakteristické hodnoty únosnosti v tlaku a ohybu:

$$N_{Rk} = A * f_y = 4525 * 235 = \mathbf{1063,38 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} * f_{yd} = 324,9 * 10^3 * 235 = \mathbf{76,35 \text{ kNm}}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} * f_{yd} = 156,5 * 10^3 * 235 = \mathbf{36,07 \text{ kNm}}$$

Součinitele k

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{my} * \left[1 + (\lambda_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \\ c_{my} * \left[1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \end{array} \right\}$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,761 * \left[1 + (0,73 - 0,2) * \frac{24,18}{0,766 * \frac{1063,38}{1,0}} \right] \\ 0,761 * \left[1 + 0,8 * \frac{24,18}{0,766 * \frac{1063,38}{1,0}} \right] \end{array} \right\} = \min \{0,773\} = \mathbf{0,773}$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 * \lambda_z^-}{(c_{m,LT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0,1}{(c_{m,LT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right\}$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 * 1,20}{(0,761 - 0,25)} * \frac{24,18}{0,434 * \frac{1063,38}{1,0}} \\ 1 - \frac{0,1}{(0,761 - 0,25)} * \frac{24,18}{0,434 * \frac{1063,38}{1,0}} \end{array} \right\} = \max \{0,987\} = \mathbf{0,990}$$

$$k_{zz} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{mz} * \left[1 + (2 * \lambda_z^- - 0,6) * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \\ c_{mz} * \left[1 + 1,4 * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \end{array} \right\}$$

$$k_{zz} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,551 * \left[1 + (2 * 1,20 - 0,6) * \frac{24,18}{0,434 * \frac{1063,38}{1,0}} \right] \\ 0,551 * \left[1 + 1,4 * \frac{24,18}{0,434 * \frac{1063,38}{1,0}} \right] \end{array} \right\} = \min \{0,603\} = \mathbf{0,591}$$

$$k_{yz} = 0,6 * k_{zz} = \mathbf{0,346}$$

Posouzení na interakci tlaku a ohybu

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

$$\frac{24,18}{0,766 * \frac{1063,38}{1,0}} + 0,773 * \frac{7,25}{0,766 * \frac{76,35}{1,0}} + 0,345 * \frac{13,91}{\frac{36,07}{1,0}} \leq 1,0$$

0,26 ≤ 1,0 *vyhovuje*

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

$$\frac{24,18}{0,434 * \frac{1063,38}{1,0}} + 0,990 * \frac{7,25}{0,766 * \frac{76,35}{1,0}} + 0,591 * \frac{13,91}{\frac{36,07}{1,0}} \leq 1,0$$

0,40 ≤ 1,0 *vyhovuje*

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{y,Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M0}}} \leq 1,0$$

$$\frac{24,18}{\frac{1063,38}{1,0}} + \frac{7,25}{\frac{76,35}{1,0}} + \frac{13,91}{\frac{36,07}{1,0}} \leq 1,0$$

0,50 ≤ 1,0 *vyhovuje*

Prvek je v MSÚ využit na 50 %, průřez však nelze zmenšovat z důvodu vysokého napětí σ_x .

Posouzení smykové únosnosti

Smyk z důvodu malých hodnot posouvajících sil nerozhoduje.

3.6.5. Posouzení mezního stavu únosnosti – štítový sloup

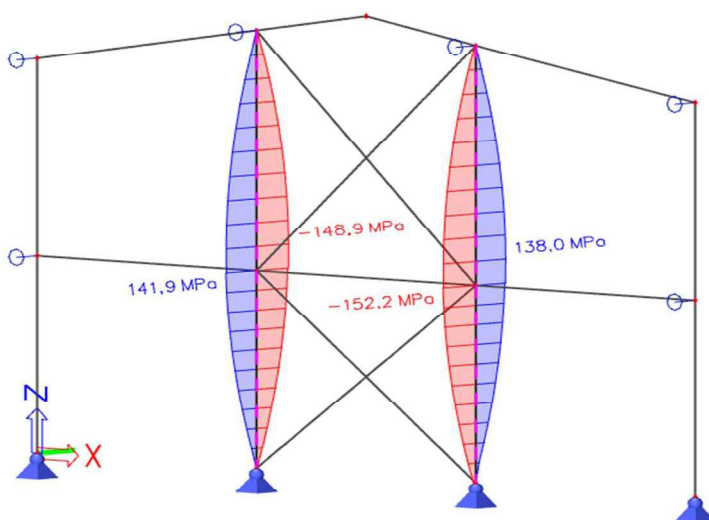
Rámové imperfekce

Úhel natočení sloupu

$$\Phi = \Phi_o * \alpha_h * \alpha_m = 2,64 * 10^{-3}$$

Normálové napětí σ_x (KZ 3)

Sloup vykazuje velké normálové napětí $\sigma_{x,max}$, bude tedy dimenzovaný na vnitřní síly v kombinaci největšího normálového napětí. Největší napětí vzniká v polovině výšky sloupu v kombinaci zatížení KZ 3.



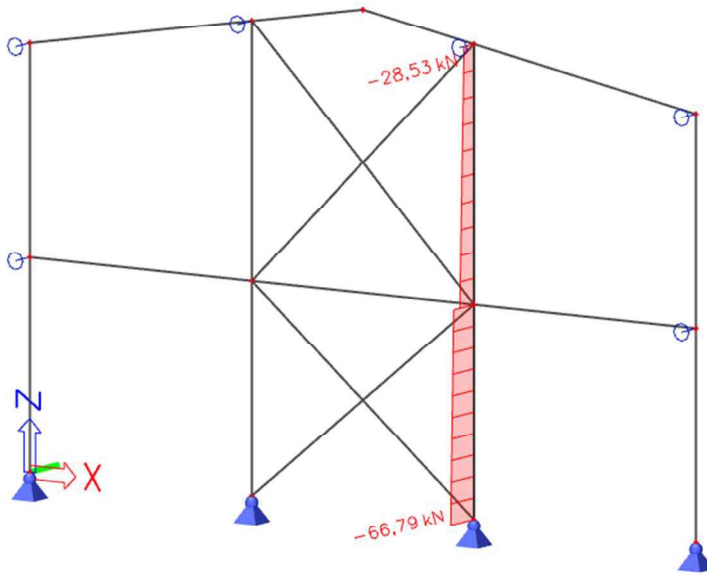
$$\sigma_{x,max} = 152,2 \text{ MPa (KZ 3)} \leq f_{yd} = 235 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Vnitřní síly pro návrh v místě maximálního napětí σ_x

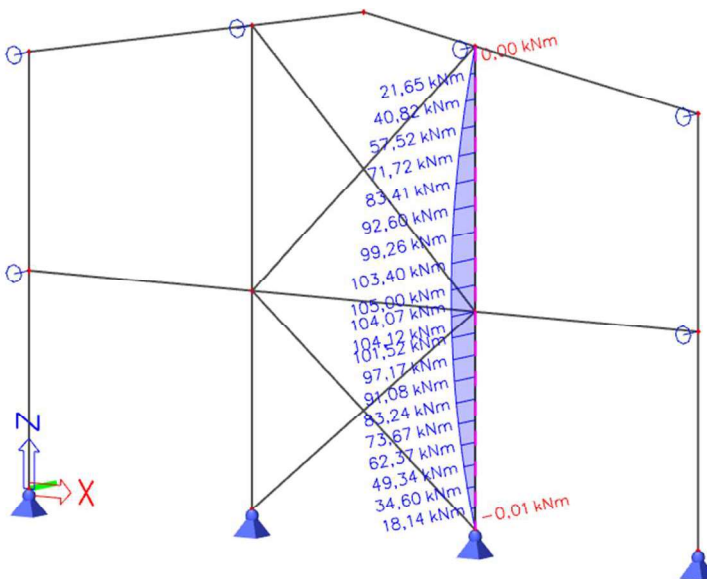
Výpočet proveden pomocí programu SCIA Engineer 20.0.

Vnitřní síly	N_{max} [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$M_{z,max}$ [kNm]	$V_{z,max}$ [kN]
KZ 1	32,94	103,18	0,62	36,70
KZ 2	8,27	76,14	0,33	27,12
KZ 3	66,79	105,0	0,66	37,78
KZ 4	40,69	76,74	0,36	27,51
KZ 5	74,93	63,55	0,26	22,47
KZ 6	59,20	47,10	0,15	16,67
KZ 7	68,36	0	0,04	0

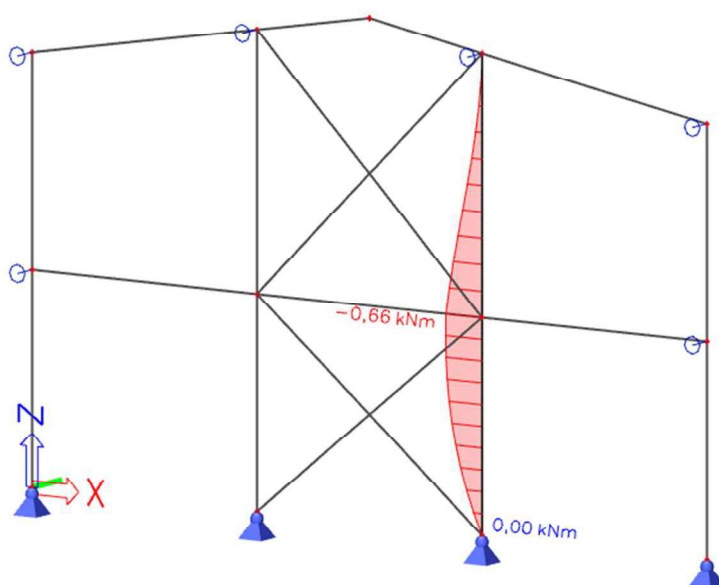
Normálová síla N (KZ 3)



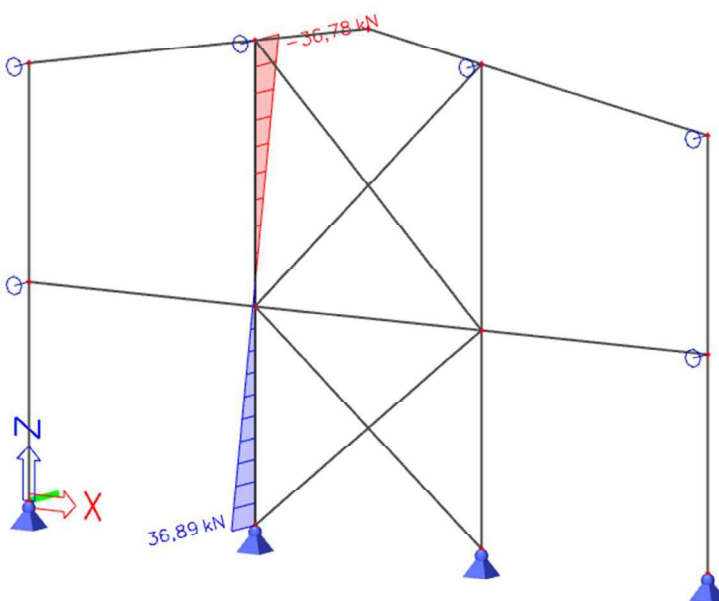
Ohybový moment M_y (KZ 3)



Ohybový moment M_z (KZ 3)



Posouvající síla V_z (KZ 3)



Vnitřní síly			
$\sigma_{x,max}$	N_{max} [kN]	My_{max} [kNm]	Mz_{max} [kNm]
KZ 3	66,79	105,0	0,66

Z důvodu velmi malé hodnoty $M_z = 0,66$ kNm s hodnotou ve výpočtu neuvažují.

POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU ÚNOSNOSTI

Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 66,79 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 104,12 \text{ kNm}$$

Návrh : IPE 360

$$t_w = 8,0 \text{ mm}$$

$$d = 298,6 \text{ mm}$$

$$t_f = 12,7 \text{ mm}$$

$$b = 170 \text{ mm}$$

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

$$A = 7273 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 3514 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 16270 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 903,6 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 1019 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 150 \text{ mm}$$

$$I_z = 1043 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_z = 122,8 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 191,1 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 37,9 \text{ mm}$$

$$I_t = 37,32 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 313600 * 10^6 \text{ mm}^6$$

Zatřídění průřezu

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w * f_{yd}} = \frac{66,79 * 10^3}{8,0 * 235} = \mathbf{36 \text{ mm}}$$

$$\alpha = \frac{0,5*d+x}{d} = \frac{0,5*298,6+36}{298,6} = \mathbf{0,621}$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{298,6}{8,0} = \mathbf{37,33}$$

$$\frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * \sqrt{1}}{13 * 0,621 - 1} = \mathbf{55,99}$$

$$\frac{c}{t_w} = \mathbf{37,33} \leq \mathbf{55,99} \quad \text{vyhovuje} \rightarrow \text{Podmínka pro stojinu 1. třídy splněna}$$

Zatřídění pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0,5 * b - r - t_w/2}{t_f} = \frac{0,5 * 170 - 18 - 8,0/2}{12,7} = \mathbf{5,07}$$

$$\frac{c}{t_f} = \mathbf{4,96} \leq \mathbf{9} = \mathbf{9 * \varepsilon} \quad \text{vyhovuje} \rightarrow \text{Podmínka pro pásnici 1. třídy splněna}$$

Štíhlosti

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{11293}{150} = \mathbf{75,29}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{6193}{37,9} = \mathbf{163,40}$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \mathbf{93,9}$$

$$\lambda_y^- = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{75,29}{93,9} = \mathbf{0,80}$$

$$\lambda_z^- = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{163,40}{93,9} = \mathbf{1,74}$$

Součinitele vzpěrnosti

$\chi_y =$ součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy y

$$= \mathbf{0,796}$$
 (vzpěrnostní křivka a)

$\chi_z =$ součinitel vzpěrnosti pro vybočení ve směru osy z

$$= \mathbf{0,267}$$
 (vzpěrnostní křivka b)

Posouzení na tlak s vlivem vybočení

$$N_{Rd} = \chi * A * f_y = 0,267 * 7273 * 235 = \mathbf{456,34 \text{ kN}}$$

$$N_{Rd} = \mathbf{456,34 \text{ kN}} \geq N_{Ed} = \mathbf{66,79 \text{ kN}} \quad \text{vyhovuje}$$

Vliv klopení

$\mu_{CR} = \mathbf{2,439}$ (Výpočet je proveden pomocí programu LTBeamN 1.0.3)

$$M_{CR} = \mu_{CR} * M_{y,Ed} = 2,439 * 105,0 = \mathbf{256,10 \text{ kNm}}$$

$$\lambda_{LT,y}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1019 * 10^3 * 235}{256,10 * 10^6}} = \mathbf{0,97}$$

$$\chi_{LT} = \mathbf{0,616}$$
 (vzpěrnostní křivka b)

Posouzení na ohybový moment s vlivem klopení

$$M_{Rd} = W_{pl,y} * f_{yd} * \chi_{LT} = 1019 * 10^3 * 235 * 0,616 = \mathbf{147,51 \text{ kNm}}$$

$$M_{Rd} = \mathbf{147,51 \text{ kNm}} \geq M_{y,Ed} = \mathbf{105,0 \text{ kNm}} \quad \text{vyhovuje}$$

Součinitele c_{my} a $c_{m,LT}$

c_{my}

$$\psi = \mathbf{0}$$

$$\alpha_s = \mathbf{0}$$

$$\text{Pro: } \left[\begin{array}{l} 0 \leq \alpha_s \leq 1 \\ -1 \leq \psi \leq 1 \end{array} \right] \rightarrow c_{my} = 0,2 + 0,8 * \alpha_s \geq 0,4$$

$$c_{my} = 0,2 + 0,8 * (0) = 0,2 \geq 0,4 \quad \text{nevyhovuje}$$

$$c_{my} = \mathbf{0,4}$$

$$c_{m,LT}$$

$$\psi = 0$$

$$\alpha_s = \frac{83,1}{105} = \mathbf{0,791}$$

$$\text{Pro: } \left[\begin{array}{l} 0 \leq \alpha_s \leq 1 \\ -1 \leq \psi \leq 1 \end{array} \right] \rightarrow c_{m,LT} = 0,2 + 0,8 * \alpha_s \geq 0,4$$

$$c_{m,LT} = 0,2 + 0,8 * (0,791) = \mathbf{0,823} \geq 0,4 \quad \text{vyhovuje}$$

Charakteristické hodnoty únosnosti v tlaku a ohybu:

$$N_{Rk} = A * f_y = 7273 * 235 = \mathbf{1709,16 \text{ kN}}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} * f_{yd} = 1019 * 10^3 * 235 = \mathbf{239,47 \text{ kNm}}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} * f_{yd} = 191,1 * 10^3 * 235 = \mathbf{44,91 \text{ kNm}}$$

Součinitele k_{yy} a k_{zz}

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{my} * \left[1 + (\lambda_y - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \\ c_{my} * \left[1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \end{array} \right\}$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,4 * \left[1 + (0,80 - 0,2) * \frac{66,79}{0,796 * \frac{1709,16}{1,0}} \right] \\ 0,4 * \left[1 + 0,8 * \frac{66,79}{0,796 * \frac{1709,16}{1,0}} \right] \end{array} \right\} = \min \{0,412\} = \mathbf{0,412}$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 * \lambda_z^-}{(c_{m,LT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0,1}{(c_{m,LT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right\}$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 * 1,74}{(0,823 - 0,25)} * \frac{66,79}{0,267 * \frac{1709,16}{1,0}} \\ 1 - \frac{0,1}{(0,823 - 0,25)} * \frac{66,79}{0,267 * \frac{1709,16}{1,0}} \end{array} \right\} = \max \{0,995\} = \mathbf{0,997}$$

Posouzení na interakci tlaku a ohybu

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

$$\frac{66,79}{0,796 * \frac{1709,16}{1,0}} + 0,412 * \frac{105,0}{0,616 * \frac{239,47}{1,0}} \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,34 \leq 1,0} \quad \mathbf{vyhovuje}$$

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

$$\frac{66,79}{0,267 * \frac{1709,16}{1,0}} + 0,997 * \frac{105,0}{0,616 * \frac{239,47}{1,0}} \leq 1,0$$

$$\mathbf{0,86 \leq 1,0} \quad \mathbf{vyhovuje}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed}}{\gamma_{M0}} \leq 1,0$$

$$\frac{66,79}{1709,16} + \frac{105,0}{239,47} \leq 1,0$$

$$0,48 \leq 1,0 \quad \text{vyhovuje}$$

Prvek je v MSÚ využit na 86 %, průřez je tedy navržen maximálně úsporně.

Posouzení smykové únosnosti

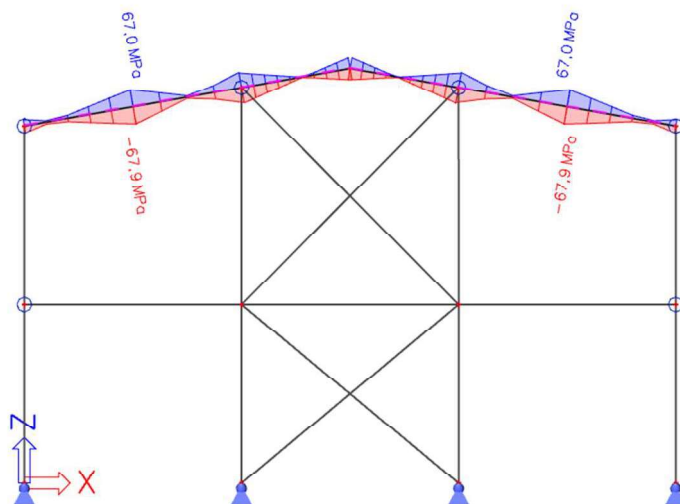
Smyk z důvodu malých hodnot posouvajících sil nerozhoduje.

3.6.6. Posouzení mezního stavu únosnosti – příčel

Průřez příčle je dimenzovaný na vnitřní síly v místě největšího normálového napětí $\sigma_{x,max}$.

Největší normálové napětí vzniká v poli příčle v kombinaci zatížení KZ 7.

Maximální normálové napětí σ_x (KZ 7)



$$\sigma_{x,max} = 67,9 \text{ MPa (KZ 7)} \leq f_{yd} = 235 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

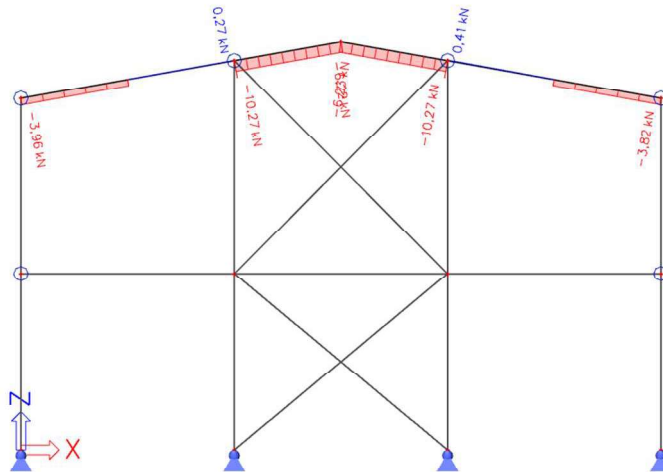
Vnitřní síly pro návrh v místě maximálního napětí σ_x

Výpočet proveden pomocí programu SCIA Engineer 20.0.

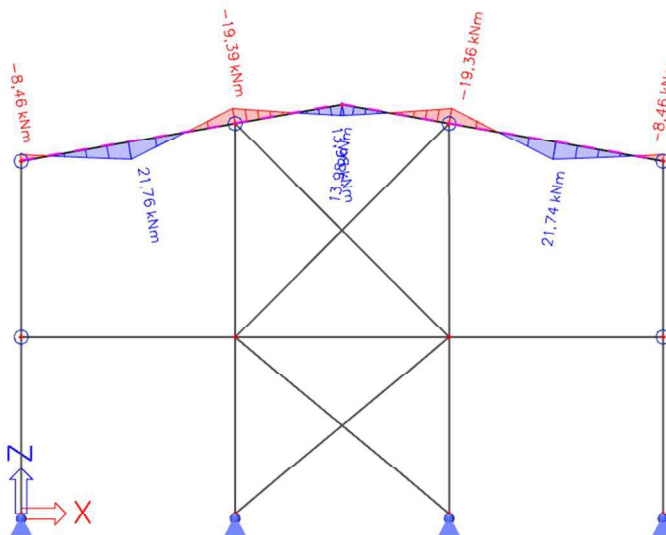
Vnitřní síly	N_{max} [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]	$V_{z,max}$ [kN]
KZ 1	5,13	6,35	5,66
KZ 2	13,51	8,47	10,29
KZ 3	6,50	10,85	21,24
KZ 4	13,66	7,7	20,6
KZ 5	8,23	18,73	31,16
KZ 6	8,41	15,62	30,77
KZ 7	10,27	21,76	32,68

Vnitřní síly	N_{max} [kN]	$M_{y,max}$ [kNm]
$\sigma_{x,max}$		
KZ 7	10,27	21,76

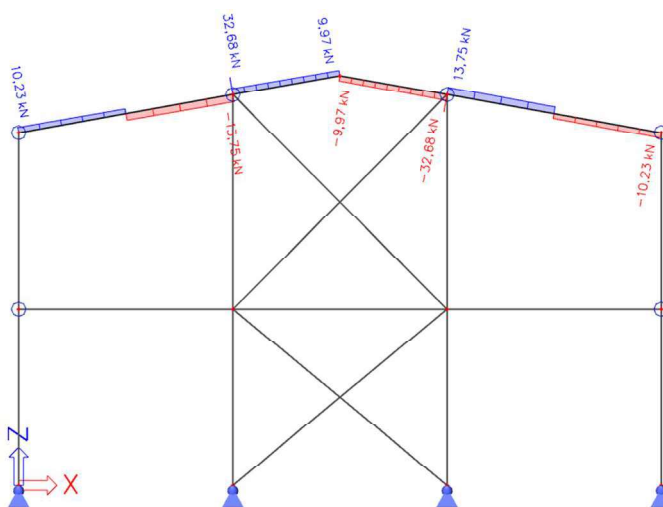
Normálová síla N (KZ 7)



Ohybový moment M_y (KZ 3)



Posouvající síla V_z (KZ 3)



POSOUZENÍ MEZNÍHO STAVU ÚNOSNOSTI

Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 10,27 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 21,76 \text{ kNm}$$

Návrh : IPE 240

$$t_w = 6,2 \text{ mm}$$

$$d = 190,4 \text{ mm}$$

$$t_f = 9,8 \text{ mm}$$

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

$$r = 15 \text{ mm}$$

$$A = 3912 \text{ mm}^2$$

$$A_{vz} = 1914 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 3892 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_y = 324,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,y} = 366,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_y = 99,7 \text{ mm}$$

$$I_z = 283,6 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_z = 47,27 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl,z} = 73,92 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$i_z = 26,9 \text{ mm}$$

$$I_t = 12,88 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$I_w = 37390 \cdot 10^6 \text{ mm}^6$$

Zatřídění průřezu

$$x = \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_{yd}} = \frac{10,27 \cdot 10^3}{6,2 \cdot 235} = 7 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{0,5 \cdot d + x}{d} = \frac{0,5 \cdot 190,4 + 7}{190,4} = 0,537$$

Zatřídění stojiny

$$\frac{c}{t_w} = \frac{d}{t_w} \leq \frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{190,4}{6,2} = \mathbf{30,71}$$

$$\frac{396 * \varepsilon}{13 * \alpha - 1} = \frac{396 * \sqrt{1}}{13 * 0,537 - 1} = \mathbf{66,21}$$

$$\frac{c}{t_w} = \mathbf{30,71} \leq \mathbf{66,21} \quad \text{vyhovuje} \rightarrow \text{Podmínka pro stojinu 1. třídy splněna}$$

Zatřídění pásnice

$$\frac{c}{t_f} = \frac{0,5 * b - r - t_w/2}{t_f} = \frac{0,5 * 120 - 15 - 6,2/2}{9,8} = \mathbf{4,28}$$

$$\frac{c}{t_f} = \mathbf{4,28} \leq \mathbf{9} = \mathbf{9 * \varepsilon} \quad \text{vyhovuje} \rightarrow \text{Podmínka pro pásnici 1. třídy splněna}$$

Štíhlost

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{6183/\cos(10)}{99,7} = \mathbf{62,97}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{6183/\cos(10^\circ)}{26,9} = \mathbf{233,40}$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \mathbf{93,9}$$

$$\lambda_{y^-} = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = \frac{62,97}{93,9} = \mathbf{0,67}$$

$$\lambda_{z^-} = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = \frac{233,40}{93,9} = \mathbf{2,49}$$

Součinitele vzpěrnosti

$$\chi_y = \mathbf{0,861} \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

$$\chi_z = \mathbf{0,141} \text{ (vzpěrnostní křivka b)}$$

Vliv klopení

$$\mu_{CR} = \mathbf{3,153}$$

$$M_{CR} = \mathbf{73,35 kNm}$$
 (Výpočet je proveden pomocí programu LTBeamN 1.0.3)

$$\lambda_{LT,y} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} * f_{yd}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{366,6 * 10^3 * 235}{73,35 * 10^6}} = \mathbf{1,08}$$

$$\chi_{LT} = \mathbf{0,610} \text{ (vzpěrnostní křivka a)}$$

Posouzení na ohybový moment s vlivem klopení

$$M_{Rd} = W_{pl,y} * f_{yd} * \chi_{LT} = 366,6 * 10^3 * 235 * 0,610 = \mathbf{57,38 kNm}$$

$$M_{Rd} = \mathbf{52,55 kNm} \geq M_{Ed} = \mathbf{21,76 kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

Součinitele c_{my} a $c_{m,LT}$

$$c_{my} = c_{m,LT} :$$

$$\psi = \frac{-8,46}{-19,39} = \mathbf{0,44}$$

$$\alpha_h = \frac{-19,39}{21,76} = \mathbf{-0,891}$$

$$\text{Pro: } \left[\begin{array}{l} 0 \leq \alpha_h \leq 1 \\ -1 \leq \psi \leq 1 \end{array} \right] \rightarrow c_{my} = c_{m,LT} = 0,90 + 0,1 * \alpha_h$$

$$c_{my} = c_{m,LT} = 0,9 + 0,1 * (-0,891) = \mathbf{0,811}$$

Charakteristické hodnoty únosnosti v tlaku a ohybu:

$$N_{Rk} = A * f_y = 3912 * 235 = \mathbf{919,32 kN}$$

$$M_{Rk} = W_{pl,y} * f_{yd} = 366,6 * 10^3 * 235 = \mathbf{86,15 kNm}$$

Součinitele k_{yy} a k_{zy}

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} c_{my} * \left[1 + (\lambda_y^- - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \\ c_{my} * \left[1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \end{array} \right\}$$

$$k_{yy} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,811 * \left[1 + (0,67 - 0,2) * \frac{10,27}{0,861 * \frac{919,32}{1,0}} \right] \\ 0,811 * \left[1 + 0,8 * \frac{10,27}{0,861 * \frac{919,32}{1,0}} \right] \end{array} \right\} = \min \{0,816\} = \mathbf{0,816}$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 * \lambda_z^-}{(c_{m,LT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0,1}{(c_{m,LT} - 0,25)} * \frac{N_{Ed}}{\chi_z * \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right\}$$

$$k_{zy} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{0,1 * 2,49}{(0,811 - 0,25)} * \frac{10,27}{0,141 * \frac{919,32}{1,0}} \\ 1 - \frac{0,1}{(0,811 - 0,25)} * \frac{10,27}{0,141 * \frac{919,32}{1,0}} \end{array} \right\} = \max \{0,964\} = \mathbf{0,986}$$

Posouzení na interakci tlaku a ohybu

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

$$\frac{10,27}{0,861 * \frac{919,32}{1,0}} + 0,816 * \frac{21,76}{0,666 * \frac{86,15}{1,0}} \leq 1,0$$

0,32 ≤ 1,0 *vyhovuje*

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

$$\frac{10,27}{0,141 * \frac{919,32}{1,0}} + 0,986 * \frac{21,76}{0,666 * \frac{86,15}{1,0}} \leq 1,0$$

0,45 ≤ 1,0 *vyhovuje*

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed}}{\gamma_{M0}} \leq 1,0$$

$$\frac{10,27}{1,0} + \frac{21,76}{1,0} \leq 1,0$$

0,26 ≤ 1,0 *vyhovuje*

Průřez je v MSÚ využit na 45 %, prvek je však navržen na maximální štíhlost $\lambda \leq 250$.

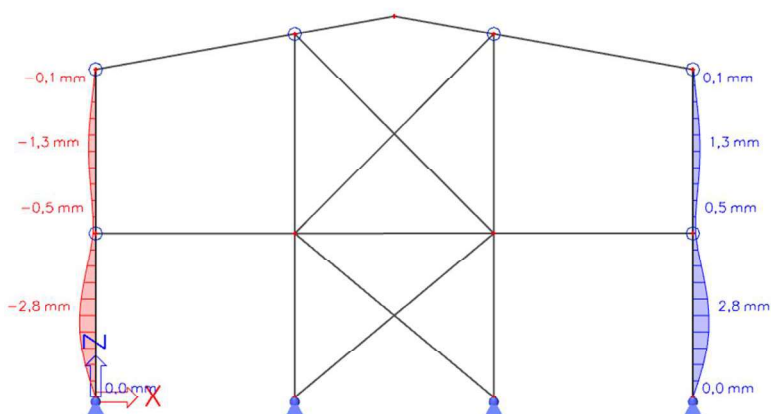
Posouzení smykové únosnosti

Smyk z důvodu malých hodnot posouvajících sil nerozhoduje.

3.6.7. Posouzení mezního stavu použitelnosti

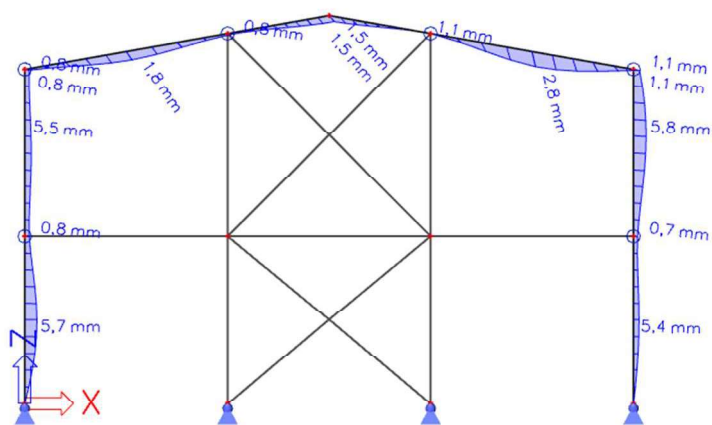
Deformace jsou určeny pro charakteristické hodnoty zatížení $\gamma_f = 1,0$. Výpočet je proveden pomocí programu SCIA Engineer 20.0.

Maximální vodorovný posun u_x rámového sloupu (KZ 2)



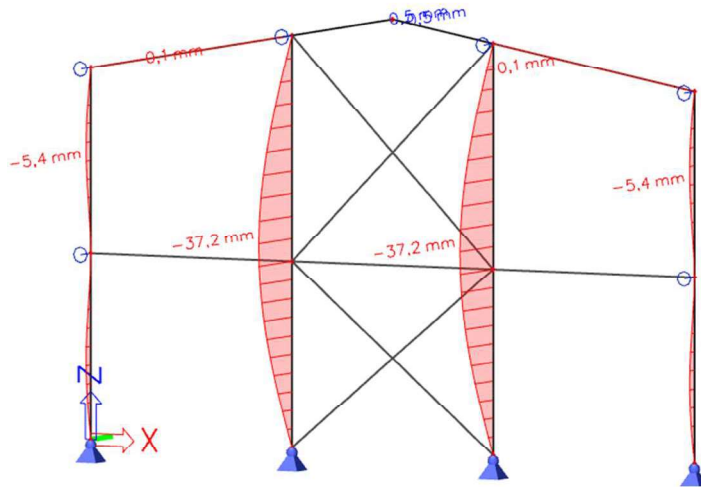
$$u_x = 2,8 \text{ mm} \leq \delta_{Lim,ux} = \frac{L}{250} = 20,4 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Maximální vodorovný posun štítového rámu (KZ 3)



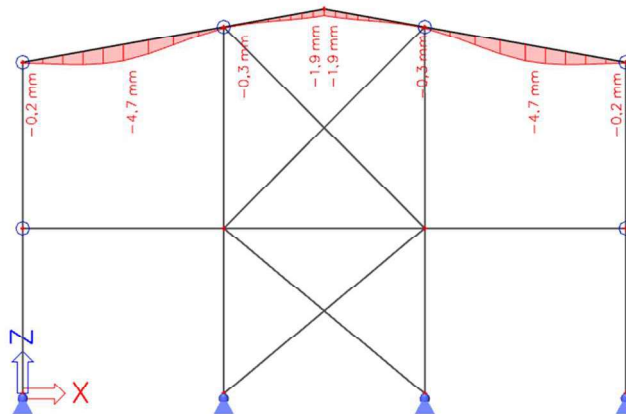
$$u_{tot} = 5,8 \text{ mm} \leq \delta_{Lim} = \frac{h}{150} = 78,9 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Maximální průhyb u_y (KZ 3)



$$u_y = 37,2 \text{ mm} \leq \delta_{Lim,uy} = \frac{h}{150} = 75,3 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Maximální svislý průhyb u_z (KZ 7)



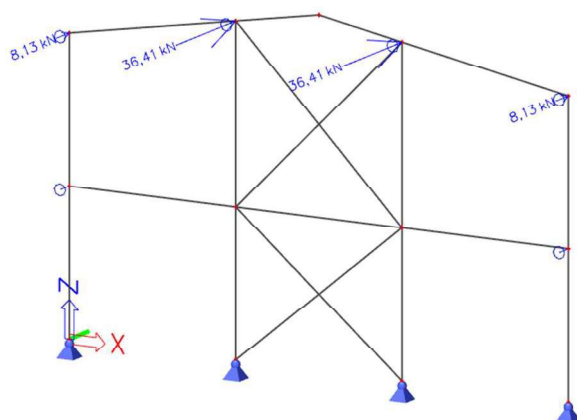
$$u_z = 4,7 \text{ mm} \leq \delta_{Lim,uz} = \frac{L}{250} = 25,1 \text{ mm} \quad \text{vyhovuje}$$

Štítová stěna s navrženými průřezy vyhovuje na mezní stav použitelnosti.

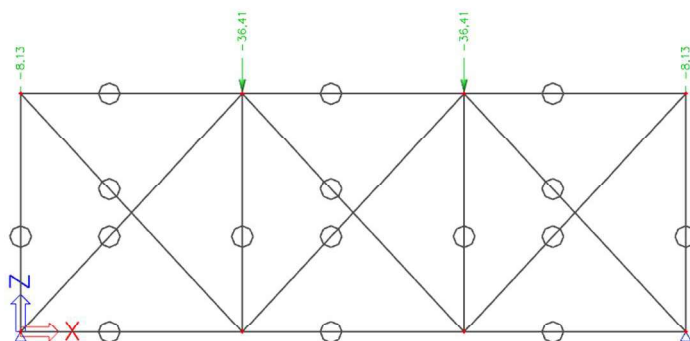
3.7. Střešní ztužidla

Ve střešní konstrukci jsou zabudována 2 ztužidla po stranách haly. Pro výpočet je užit model štítové stěny a jsou z něj převzaty reakce R_y od větru. Ztužidlo je dimenzované na síly od reakcí R_y kombinace KZ 3.

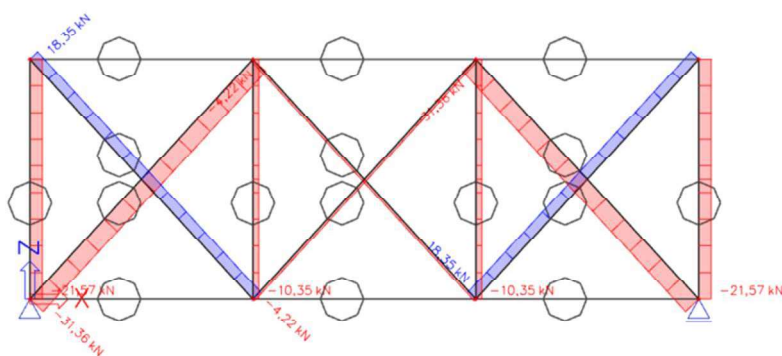
Reakce R_y na štítovém rámu (KZ 3)



Reakce R_y na střešním ztužidle (KZ 3)



Normálová síla N



3.7.1. Diagonály ztužidla

Vnitřní síly

$$N_{Ed,t} = 18,35 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,c} = 31,36 \text{ kN}$$

Návrh : HTR 80x80x5

$$A = 1470 \text{ mm}^2$$

$$i = 30,5 \text{ mm}$$

Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Posouzení mezního stavu únosnosti

Kritická délka

$$L_{cr} = L_{diag} * \sqrt{1 - 0,75 * \frac{N_{Ed,t}}{N_{Ed,c}}} = 9080 * \sqrt{1 - 0,75 * \frac{18,35}{31,36}} = \mathbf{6801 \text{ mm}}$$

Štíhlost

$$\lambda_{cr} = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{6801}{30,5} = \mathbf{222,98} \leq 250$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \mathbf{93,9}$$

$$\lambda_{cr}^- = \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = \frac{222,98}{93,9} = \mathbf{2,37}$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} = \mathbf{0,146} \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení tlakové únosnosti

$$N_{b,Rd} = \chi_{cr} * A * f_y = 0,146 * 1470 * 235 = \mathbf{50,44 \text{ kN}} \geq N_{Ed,c} = 31,36 \text{ kN}$$

→ **vyhovuje**

Diagonála HTR 80x80x5 vyhovuje. Je využita pouze na 62 % únosnosti, nelze však zmenšovat průřez z důvodu limitní štíhlosti $\lambda_{cr} \leq 250$.

3.7.2. Svislice ztužidla

Vnitřní síly

$$N_{Ed,c} = 21,57 \text{ kN}$$

Návrh : HTR 70x70x5

$$A = 1270 \text{ mm}^2$$

$$i = 26,4 \text{ mm}$$

Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Posouzení mezního stavu únosnosti

Kritická délka

$$L_{cr} = 6650 \text{ mm}$$

Štíhlost

$$\lambda_{cr} = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{6650}{26,4} = 251,9 \cong 250$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{cr}^- = \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = \frac{251,9}{93,9} = 2,68$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} = 0,117 \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení tlakové únosnosti

$$N_{b,Rd} = \chi_{cr} * A * f_y = 0,117 * 1270 * 235 = 34,92 \text{ kN} \geq N_{Ed,c} = 21,57 \text{ kN}$$

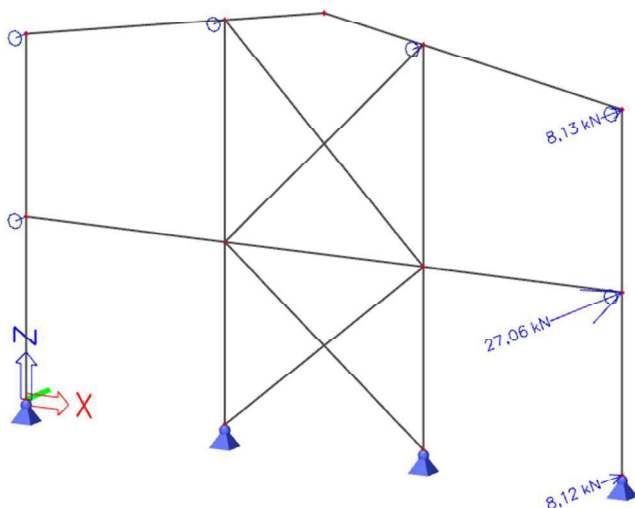
→ *vyhovuje*

Svislice HTR 70x70x5 vyhovuje. Je využita pouze na 62 % únosnosti, nelze však zmenšovat průřez z důvodu limitní štíhlosti $\lambda_{cr} \leq 250$.

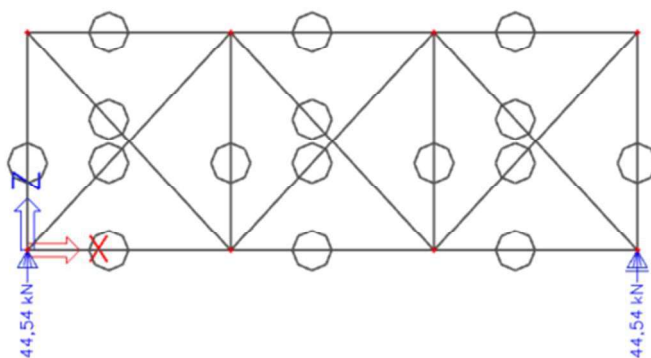
3.8. Podélná ztužidla

V podélné straně objektu jsou umístěna dvě svislá ztužidla mezi sloupy. Umístění je dáno polohou střešních ztužidel. Pro výpočet je užito modelu štítové stěny a střešního ztužidla, z nichž jsou převzaty reakce R_y od větru. Ztužidlo je dimenzované na síly od reakcí R_y kombinace KZ 3 a vlastní tíhy prvků.

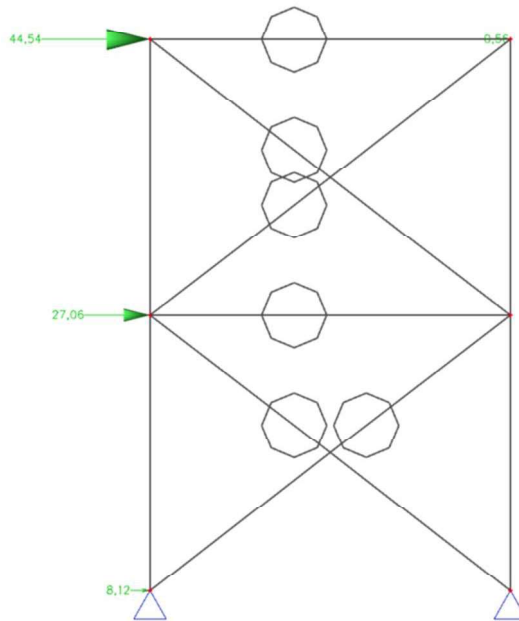
Reakce R_y na štítovém rámu (KZ 3)



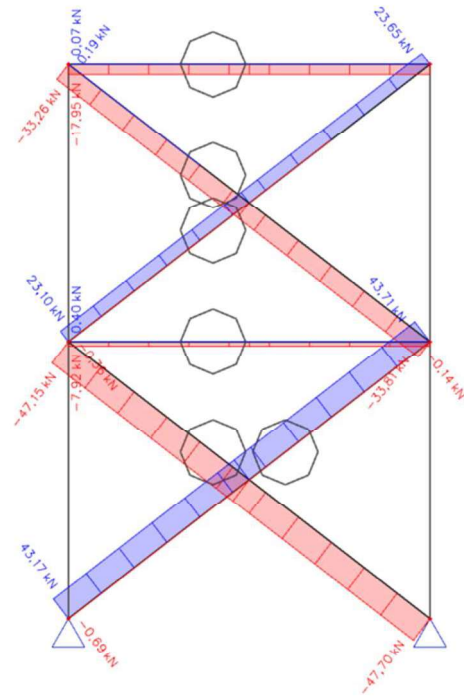
Reakce R_y na štítovém rámu (KZ 3)



Síly působící na podélné ztužidlo



Normálová síla N



Pro vodorovnou sílu od rámových imperfekcí je použito maximální normálové síly $N_{max,sloup}$ sloupu bez vlivu větru. (KZ 7)

Rámové imperfekce

$$\Phi = \Phi_o * \alpha_h * \alpha_m$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{10,2}} = 0,626 \qquad \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1,0$$

$$\alpha_h = \frac{2}{3} = \mathbf{0,667}$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \sqrt{0,5 * \left(1 + \frac{1}{11}\right)} = \mathbf{0,739}$$

$$\phi = \frac{1}{200} * 0,667 * 0,739 = \mathbf{2,47 * 10^{-3}}$$

$$H_\phi = \frac{\phi * m * N_{max,sloup}}{2} = \frac{2,47 * 10^{-3} * 11 * 40,95}{2} = \mathbf{0,56 kN}$$

3.8.1. Diagonály ztužidla

Vnitřní síly

$$N_{Ed,t} = 43,71 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,c} = 47,70 \text{ kN}$$

Návrh : HTR 70x70x5

$$A = 1270 \text{ mm}^2$$

$$i = 26,4 \text{ mm}$$

Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Posouzení mezního stavu únosnosti

Kritická délka

$$L_{cr} = L_{diag} * \sqrt{1 - 0,75 * \frac{N_{Ed,t}}{N_{Ed,c}}} = 8380 * \sqrt{1 - 0,75 * \frac{43,71}{47,70}} = \mathbf{4686 \text{ mm}}$$

Štíhlost

$$\lambda_{cr} = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{4686}{26,4} = \mathbf{177,5} \leq 250$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \mathbf{93,9}$$

$$\lambda_{cr}^- = \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = \frac{177,5}{93,9} = \mathbf{1,89}$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} = \mathbf{0,216} \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení tlakové únosnosti

$$N_{b,Rd} = \chi_{cr} * A * f_y = 0,216 * 1270 * 235 = \mathbf{64,47 \text{ kN}} \geq N_{Ed,c} = 47,70 \text{ kN}$$

→ **vyhovuje**

Diagonála HTR 70x70x5 vyhovuje, je využita na 74 % únosnosti.

3.8.2. Vodorovné prvky ztužidla

Vnitřní síly

$$N_{Ed,c} = 17,95 \text{ kN}$$

Návrh : HTR 70x70x5

$$A = 1270 \text{ mm}^2$$

$$i = 26,4 \text{ mm}$$

Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Posouzení mezního stavu únosnosti

Kritická délka

$$L_{cr} = 6650 \text{ mm}$$

Štíhlost

$$\lambda_{cr} = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{6650}{26,4} = 251,89 \cong 250$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{cr}^- = \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = \frac{251,89}{93,9} = 2,68$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} = 0,117 \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení tlakové únosnosti

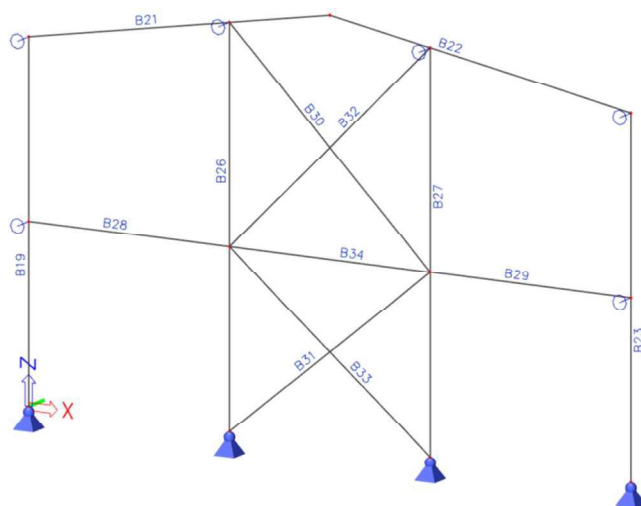
$$N_{b,Rd} = \chi_{cr} * A * f_y = 0,117 * 1270 * 235 = 35,92 \text{ kN} \geq N_{Ed,c} = 17,95 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

Vodorovný prvek ztužidla HTR 70x70x5 vyhovuje. Je využit pouze na 50 % únosnosti, ale pro prvek nelze zmenšovat průřez z důvodu limitní štíhlosti $\lambda_{cr} \leq 250$.

3.9. Příčná ztužidla

V příčné straně objektu jsou umístěna svíslá ztužidla mezi štítovými sloupy. Pro výpočet je použito modelu štítové stěny a jsou z něj převzaty vnitřní síly od rozhodující kombinace daného prvku. Imperfekce jsou již zahrnuty z předchozího výpočtu.

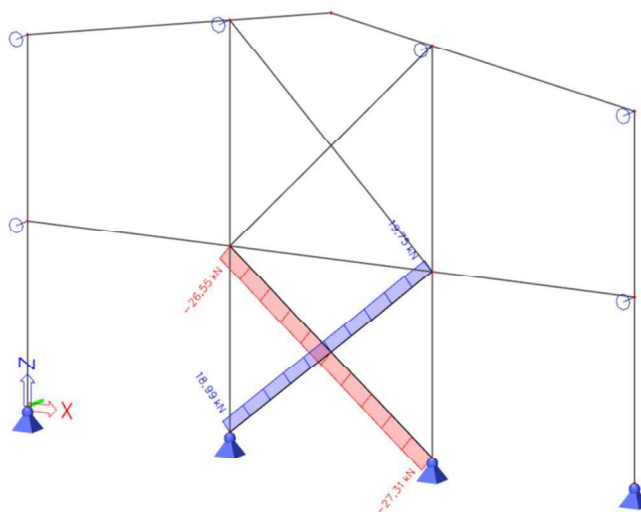
Popis prvků



Prvky budou dimenzovány pro rozhodující normálovou sílu prvků ($\max N \{B30; B32\}$, $\max N \{B31; B33\}$, $\max N \{B28; B29; B34\}$).

3.9.1. Diagonály ztužidla B31, B33

Normálová síla N (KZ 3)



Vnitřní síly

$$N_{Ed,t} = 19,75 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,c} = 27,31 \text{ kN}$$

Návrh : HTR 60x60x5

$$A = 1070 \text{ mm}^2$$

$$i = 22,3 \text{ mm}$$

Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Posouzení mezního stavu únosnosti

Kritická délka

$$L_{cr} = L_{diag} * \sqrt{1 - 0,75 * \frac{N_{Ed,t}}{N_{Ed,c}}} = 8020 * \sqrt{1 - 0,75 * \frac{19,75}{27,31}} = \mathbf{5425 \text{ mm}}$$

Štíhlost

$$\lambda_{cr} = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{5425}{22,3} = \mathbf{243,27} < 250$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \mathbf{93,9}$$

$$\lambda_{cr}^- = \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = \frac{243,27}{93,9} = \mathbf{2,59}$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} = \mathbf{0,124} \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

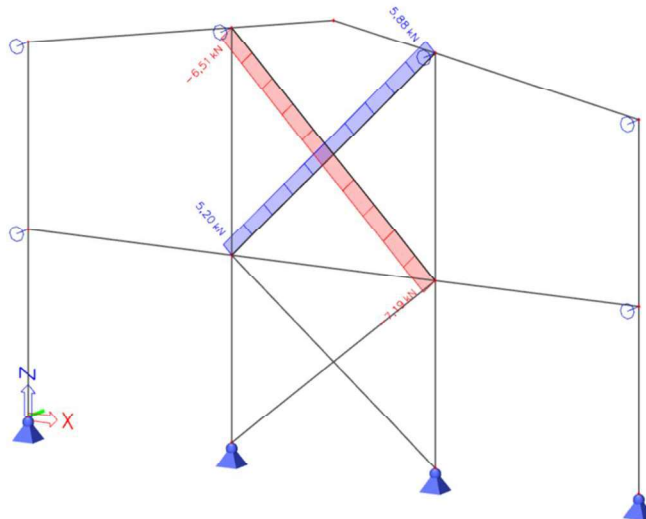
Posouzení tlakové únosnosti

$$N_{b,Rd} = \chi_{cr} * A * f_y = 0,124 * 1070 * 235 = \mathbf{31,18 \text{ kN}} \geq N_{Ed,c} = 27,31 \text{ kN} \quad \mathbf{vyhovuje}$$

Diagonála HTR 60x60x5 vyhovuje, je využita na 88 % únosnosti.

3.9.2. Diagonály ztužidla B30, B32

Normálová síla N (KZ 1)



Vnitřní síly

$$N_{Ed,t} = 5,88 \text{ kN}$$

$$N_{Ed,c} = 7,19 \text{ kN}$$

Návrh : HTR 60x60x5

$$A = 1070 \text{ mm}^2$$

$$i = 22,3 \text{ mm}$$

Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Posouzení mezního stavu únosnosti

Kritická délka

$$L_{cr} = L_{diag} * \sqrt{1 - 0,75 * \frac{N_{Ed,t}}{N_{Ed,c}}} = 8750 * \sqrt{1 - 0,75 * \frac{5,88}{7,19}} = \mathbf{5441 \text{ mm}}$$

Štíhlost

$$\lambda_{cr} = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{5441}{22,3} = \mathbf{243,99} \leq 250$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \mathbf{93,9}$$

$$\lambda_{cr}^- = \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = \frac{243,99}{93,9} = \mathbf{2,60}$$

Součinitel vzpěrnosti

$\chi_{cr} = 0,123$ (vzpěrnostní křivka c)

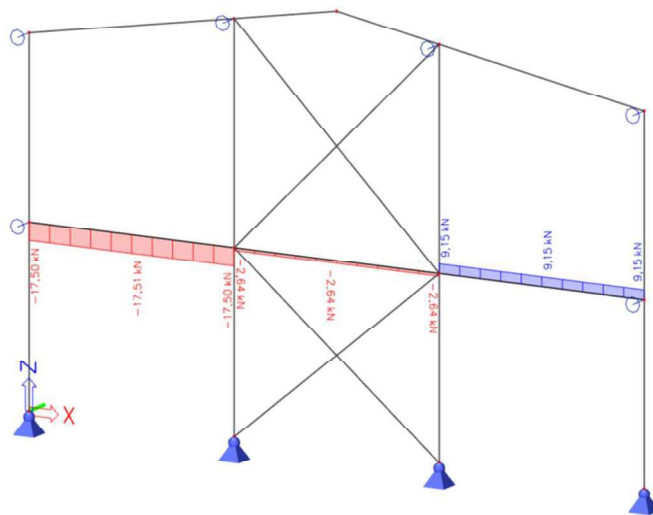
Posouzení tlakové únosnosti

$N_{b,Rd} = \chi_{cr} * A * f_y = 0,123 * 1070 * 235 = 30,93 \text{ kN} \geq N_{Ed,c} = 7,19 \text{ kN}$ **vyhovuje**

Diagonála HTR 60x60x5 vyhovuje. Je využita pouze na 23 % únosnosti, nelze však zmenšovat průřez z důvodu limitní štíhlosti $\lambda_{cr} \leq 250$.

3.9.3. Vodorovné prvky ztužidla

Normálová síla N (KZ 1)



Vnitřní síly

$N_{Ed,c} = 17,51 \text{ kN}$

Návrh : HTR 70x70x5

$A = 1270 \text{ mm}^2$

$i = 26,4 \text{ mm}$

Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Posouzení mezního stavu únosnosti

Kritická délka

$$L_{cr} = 6184 \text{ mm}$$

Štíhlost

$$\lambda_{cr} = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{6184}{26,4} = 234,24 \leq 250$$

$$\lambda_1 = 93,9 * \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9$$

$$\lambda_{cr}^- = \frac{\lambda_{cr}}{\lambda_1} = \frac{234,24}{93,9} = 2,50$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_{cr} = 0,132 \text{ (vzpěrnostní křivka c)}$$

Posouzení tlakové únosnosti

$$N_{b,Rd,c} = \chi_{cr} * A * f_y = 0,132 * 1270 * 235 = 39,40 \text{ kN} \geq N_{Ed,c} = 17,51 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

Vodorovný prvek ztužidla HTR 70x70x5 vyhovuje. Je využit pouze na 44 % únosnosti, nelze však zmenšovat průřez z důvodu limitní štíhlosti $\lambda_{cr} \leq 250$.

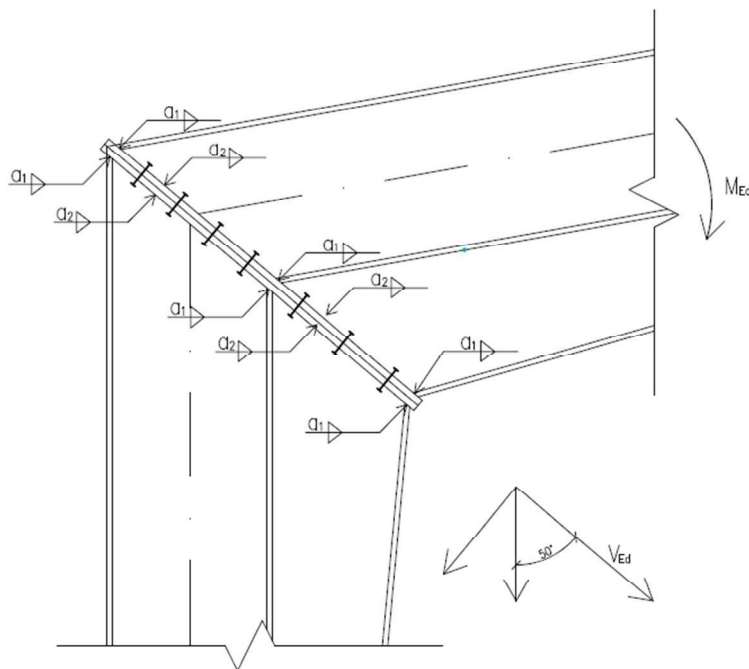
4. Rámový roh

Návrh příčle na sloup bude proveden dle schéma přípoje. Ocel použita na plech čelní desky je uvažována S235, ve styčniku jsou navrženy nepředepnuté šrouby třídy pevnosti 8.8. Styčník je namáhán maximálním ohybovým momentem $M_{Ed} = 468,02 \text{ kNm}$ (KZ 5) a maximální posouvající silou $V_{max} = 107,77 \text{ kN}$ (KZ 5). Normálová tlaková síla zatěžovacího stavu ZS 5 je ve výpočtu konzervativně zanedbána.

Vnitřní síly

$$M_{Ed} = 468,02 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \cos(50^\circ) * 107,77 = 69,25 \text{ kN}$$



4.1. Návrh svarů

Svary jsou navrženy konzervativně na plnou únosnost průřezu

Svar čelní desky a pásnice

$$\alpha_1 = \frac{t_f}{2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} * \frac{\beta_w * \gamma_{m2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = \frac{16}{2} * \frac{235}{1,0} * \frac{0,8 * 1,25}{\frac{360}{\sqrt{2}}} = 7,39 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = 8,0 \text{ mm}$$

Svar čelní desky a stojiny

$$\alpha_2 = \frac{t_w}{2} * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} * \frac{\beta_w * \gamma_{m2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = \frac{10,2}{2} * \frac{235}{1,0} * \frac{0,8 * 1,25}{\frac{360}{\sqrt{2}}} = 4,71 \text{ mm}$$

$\alpha_2 = 5,0 \text{ mm}$

4.2. Návrh dílčích komponent

Plech čelní desky rámového spoje

$t_p \approx t_f = 16 \text{ mm}$

$t_p = 20 \text{ mm}$

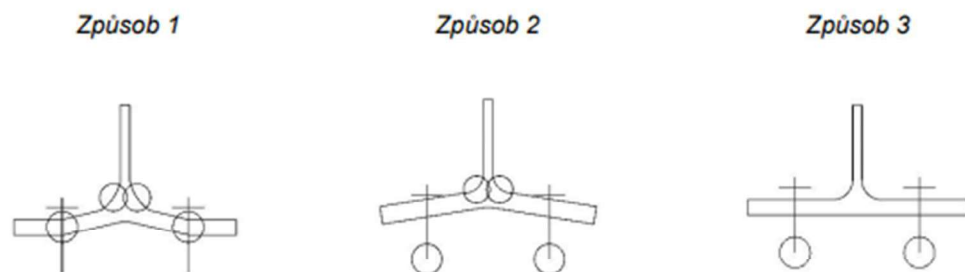
Šrouby M20 8.8.

$A_s = 245 \text{ mm}^2$

$d_0 = 22 \text{ mm}$

4.3. Výpočet únosnosti řad šroubů v tahu

Výpočet únosnosti ohýbané pásnice je proveden pomocí modelu náhradního T-průřezu. Jeho únosnost je dána jedním ze tří způsobů porušení podle následující tabulky.



Způsob 1 – Plastický mechanismus (4 plastické klouby)

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m}$$

Způsob 2 – Plastický mechanismus páčení (2 plastické klouby + porušení šroubů v tahu)

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma(F_{t,Rd})}{m + n}$$

Způsob 3 – Porušení šroubů v tahu

$$F_{t,c,Rd} = \Sigma(F_{t,Rd})$$

4.3.1. Výpočet krajní řady šroubů

$$c_1 = 0,8 * \alpha_1 * \sqrt{2} = 0,8 * 8 * \sqrt{2} = 9,05 \text{ mm}$$

$$m_2 = 119 - c_1 = 119 - 9,05 = 109,95 \text{ mm}$$

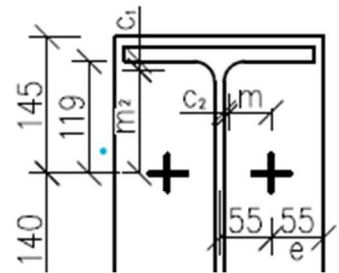
$$c_2 = 0,8 * \alpha_2 * \sqrt{2} = 0,8 * 5 * \sqrt{2} = 5,66 \text{ mm}$$

$$m = 55 - c_2 = 55 - 5,66 = 49,34 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{49,34}{49,34 + 55} = 0,47 \searrow$$

$$\lambda_1 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{109,95}{49,34 + 55} = 1,05 \rightarrow \alpha = 5,45$$

$$n_{min} = \min(e; 1,25 * m) = \min(55; 1,25 * 49,34) = 55 \text{ mm}$$



Efektivní šířka T-průřezu

Řada šroubů působí jako součást skupiny

Kruhové řešení:

$$l_{eff,cp} = \pi * m + p = \pi * 49,34 + 140 = 295 \text{ mm}$$

Nekruhové řešení:

$$\begin{aligned} l_{eff,nc} &= 0,5 * p + \alpha * m - (2 * m + 0,625 * e) \\ &= 0,5 * 140 + 5,45 * 49,34 - (2 * 49,34 + 0,625 * 55) = 205,85 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc}) = \min(295; 205,85) = 205,85 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 205,85 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} * l_{eff,1} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} = \frac{1}{4} * 205,85 * 16^2 * \frac{235}{1,0} = 3,10 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} * l_{eff,2} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} = \frac{1}{4} * 205,85 * 16^2 * \frac{235}{1,0} = 3,10 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí

Způsob 1:

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 * 3,10 * 10^6}{49,34} = 251,32 \text{ kN}$$

Způsob 2:

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma(F_{t,Rd})}{m + n} = \frac{2 * 3,10 * 10^6 + 55 * (2 * 141,12 * 10^3)}{49,34 + 55} = 208,20 \text{ kN}$$

Způsob 3:

$$F_{t,c,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 * \frac{0,9 * 245 * 800}{1,25} = 282,24 \text{ kN}$$

$$F_{t,2,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = 208,20 \text{ kN}$$

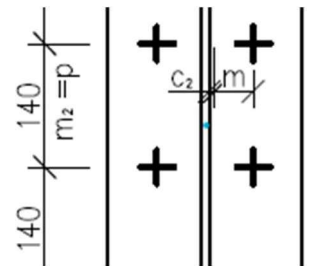
4.3.2. Výpočet 2.-4. řady šroubů

$$p = 140 \text{ mm}$$

$$c_2 = 0,8 * \alpha_2 * \sqrt{2} = 0,8 * 5 * \sqrt{2} = 5,66 \text{ mm}$$

$$m = 55 - c_2 = 55 - 5,66 = 49,34 \text{ mm}$$

$$n_{min} = \min(e; 1,25 * m) = \min(55; 1,25 * 49,34) = 55 \text{ mm}$$



Efektivní šířka T-průřezu

Řada šroubů působí jako součást skupiny

Kruhové řešení:

$$l_{eff,cp} = 2 * p = 280 \text{ mm}$$

Nekruhové řešení:

$$l_{eff,op} = p = 140 \text{ mm}$$

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,op}) = \min(280; 140) = 140 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,op} = 140 \text{ mm}$$

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{1}{4} * l_{eff,1} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} = \frac{1}{4} * 140 * 16^2 * \frac{235}{1,0} = 2,11 * 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{1}{4} * l_{eff,2} * t_{fc}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{mo}} = \frac{1}{4} * 140 * 16^2 * \frac{235}{1,0} = 2,11 * 10^6 \text{ Nmm}$$

Návrhová únosnost vnitřní řady šroubů

Způsob 1:

$$F_{t,a,Rd} = \frac{4 * M_{pl,1,Rd}}{m} = \frac{4 * 2,11 * 10^6}{49,34} = 171,06 \text{ kN}$$

Způsob 2:

$$F_{t,b,Rd} = \frac{2 * M_{pl,2,Rd} + n * \Sigma(F_{t,Rd})}{m + n} = \frac{2 * 2,11 * 10^6 + 55 * (2 * 141,12 * 10^3)}{49,34 + 55} = 189,22 \text{ kN}$$

Způsob 3:

$$F_{t,c,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 * \frac{0,9 * 245 * 800}{1,25} = 282,24 \text{ kN}$$

$$F_{t,2,Rd} = \min(F_{t,a,Rd}; F_{t,b,Rd}; F_{t,c,Rd}) = 171,06 \text{ kN}$$

4.3.3. Návrh 5.-6. řady šroubů

Šrouby 5. a 6. řady jsou navrženy pouze z konstrukčních zásad pro maximální rozteče $p = 200 \text{ mm}$. Šrouby nebudou uvažovány pro výpočet momentové a smykové únosnosti.

4.3.4. Výpočet 7. řady šroubů - smyková únosnost

Pro přenos smykové síly se použije spodní 7. řada šroubů. Šrouby nebudou uvažovány pro výpočet momentové únosnosti.

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v * A_s * f_{ub}}{\gamma_{m1}} = \frac{0,6 * 245 * 800}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

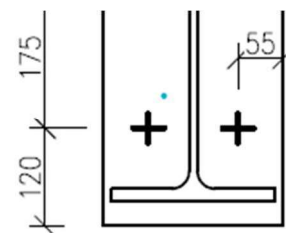
Únosnost v otlačení

$$t = \min(t_p; t_f) = 16 \text{ mm}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = \min\left(\frac{55}{3 * 22}; \frac{800}{360}; 1,0\right) = 0,833$$

$$k_1 = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7\right) = \min\left(2,5; 2,8 * \frac{120}{22} - 1,7\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * f_u * d * t}{\gamma_{m2}} = \frac{2,5 * 0,833 * 360 * 20 * 16}{1,25} = 191,92 \text{ kN}$$



Podmínka smykové únosnosti spodní řady šroubů

$$V_{Rd} = n * \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 * 94,08 = 188,16 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 188,16 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 69,25 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

4.3.5. Rozdělení sil a momentové únosnosti

Podmínka tažených šroubů a tlačené pásnice

$$F_{c,fb,Rd} \leq \frac{W_{pl,y} * f_{yk}}{(h - t_f) * \gamma_{m0}} = \frac{2194 * 10^3 * 235}{(500 - 16) * 1,0} = 1065,27 \text{ kN}$$

$$F_{c,fb,Rd} = 1065,27 \text{ kN} > 208,20 + 3 * 171,06 = 721,38 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

Podmínka pro výpočet plastického rozdělení sil

$$F_{t,i,Rd} \leq 1,9 * F_{t,Rd}$$

$$F_{t,i,Rd} = 208,20 \text{ kN} \leq 1,9 * 141,12 = 268,13 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

Podmínky vyhovují, není tedy nutné redukovat spodní řady tažených šroubů.

Řada	Únosnost řady $F_{t,i,Rd}$ [kN]	Síla pro MRd [kN]	Rameno h_i [mm]
KZ 1	208,20	208,20	1051
KZ 2	171,06	171,06	911
KZ 3	171,06	171,06	771
KZ 4	171,06	171,06	631

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= \Sigma(F_{t,i,Rd} * h_i) \\ &= 208,20 * 1051 + 171,06 * 911 + 171,06 * 771 + 171,06 * 631 \\ &= 614,48 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{Rd} = 614,48 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 468,02 \text{ kNm} \quad \text{vyhovuje}$$

Styčník je také namáhán osovou silou $N_{Ed} = 54,57 \text{ kN}$. Osovou sílu lze zanedbat, pokud

$$0,1 * N_{pl,Rd} \geq N_{Ed}$$

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{11550 * 235}{1,0} = 2714,25 \text{ kN}$$

$$0,1 * N_{pl,Rd} = 271,43 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 54,57 \text{ kN} \quad \text{vyhovuje}$$

5. Patka sloupu

Patky jsou navrženy jako kloubové, přenášející normálové a smykové zatížení. Jsou kotveny pomocí šroubů pevnostní třídy 8.8., patního plechu a chemické kotvy. Ocel použita na patní plech je uvažována S235. Únosnost základové půdy R_d je uvažována hodnotou 300 kPa. Patky jsou z prostého betonu pevnostní třídy C25/30 o roznášecím úhlu 60° . Rozhodující zatěžovací stav pro návrh patky je ZS 7, kde maximální normálová síla $N_{max} = 170,69$ kN.

5.1. Tlaková únosnost

Odhad rozměrů

$$a_{c,e} = 1200 \text{ mm}$$

$$b_{c,e} = 800 \text{ mm}$$

$$h_{min} = tg(60^\circ) * \frac{a_c - a_s}{2} = tg(60^\circ) * \frac{1200 - 200}{2} = \mathbf{866 \text{ mm}}$$

$$N_{Ed,e} = N_{max} + \textit{vlastní tíha patky} = 170,69 + 1,2 * 0,8 * 1,0 * 25 * 1,35 = \mathbf{203,09 \text{ kN}}$$

Návrh rozměrů

$$\frac{N_{Ed,e}}{A_c} = \sigma \leq R_d \rightarrow A_c \geq \frac{N_{Ed,e}}{R_d} = \frac{203,09}{300} = \mathbf{0,68 \text{ m}^2}$$

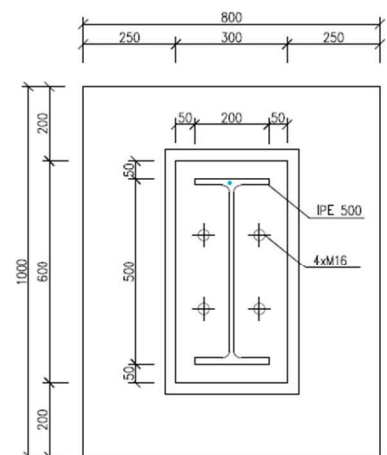
$$\textit{Návrh patky} : a_c = \mathbf{1000 \text{ mm}}, \quad b_c = \mathbf{800 \text{ mm}}, \quad h = \mathbf{1000 \text{ mm}}$$

$$N_{Ed} = N_{max} + \textit{vlastní tíha patky} = 170,69 + 1,0 * 0,8 * 1,0 * 25 * 1,35 = \mathbf{197,69 \text{ kN}}$$

Započitatelné rozměry

$$\begin{aligned} a_1 &= \textit{min}(3 * a_0; a_0 + h; a_c) \\ &= \textit{min}(3 * 600; 600 + 1000; 1000) \\ &= \mathbf{1000 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_1 &= \textit{min}(3 * b_0; b_0 + h; b_c) \\ &= \textit{min}(3 * 300; 300 + 1000; 800) = \\ &= \mathbf{800 \text{ mm}} \end{aligned}$$



Tloušťka podlití

$$t_b \leq 0,2 * \min(a_0; b_0) = 0,2 * \min(600; 300) = \mathbf{60 \text{ mm}}$$

Návrh výšky podlití : $t_b = \mathbf{30 \text{ mm}}$

Pevnost malty

$$f_{ck,m} \geq 0,2 * f_{ck,c} = 0,2 * 25 = \mathbf{5 \text{ MPa}}$$

Součinitel koncentrace napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 * b_1}{a_0 * b_0}} = \sqrt{\frac{1000 * 800}{600 * 300}} = \mathbf{2,108}$$

Návrhová pevnost betonu

$$f_{j,d} = \frac{2/3 * k_j * f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2/3 * 2,108 * 25}{1,5} = \mathbf{23,42 \text{ MPa}}$$

Účinná šířka patní desky

$$t_p = 20 \text{ mm}$$

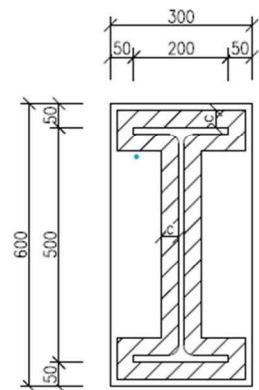
$$c = t_p \sqrt{\frac{f_{yd}/\gamma_{mo}}{3 * f_{j,d}}} = 20 * \sqrt{\frac{235/1,0}{3 * 23,42}} = \mathbf{36,58 \text{ mm}}$$

$$c = 36,58 \text{ mm} \rightarrow A_{eff} = \mathbf{70072 \text{ mm}^2}$$

Posouzení tlakové únosnosti

$$N_{Rd} = A_{eff} * f_{j,d} = 70072 * 23,42 = \mathbf{1641,09 \text{ kN}}$$

$$N_{Rd} = \mathbf{1641,09 \text{ kN}} \geq N_{Ed} = \mathbf{197,69 \text{ kN}} \quad \text{vyhovuje}$$



5.2. Návrh kotvení

Navrhují na zatěžovací stav s největším poměrem tahové síly N_{Ed} a posouvající síly V_{Ed} .

Zatěžovací stav s největším poměrem těchto sil je KZ 1.

Návrh kotev je posouzen v programu FIXPERIENCE.Ink

$$N_{Ed,t} = 33,67 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 55,64 \text{ kN}$$

Návrh: 4 x kotevní šroub M16 Fischer FAZ II

Posouzení tahové únosnosti šroubů

Tahová zatížení	Využití β_N %
Selhání ocele *	18,8
Vytažení kotvy *	41,8
Selhání betonu	69,1

* Nejnepříznivější kotva

vyhovuje

Posouzení smykové únosnosti šroubů

Únosnost ve smyku:

Smykové zatížení	Využití β_V %
Selhání ocele s ramenem síly *	558,9
Selhání betonu na opačné straně zatížení	35,7

nevyhovuje

Únosnost smykových sil kotevní šrouby nezajišťují, je tedy nutné navrhnout smykovou zarážku.

5.3. Návrh smykové zarážky

Návrh : HEB 120

$$A_{vz} = 1096 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 165,2 * 10^3 \text{ mm}^3$$

Průřez třídy 1 pro tlak i ohyb.

Návrh výšky profilu

$$h > \frac{V_{Ed}}{b * \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{55,64 * 10^3}{120 * \frac{25}{1,5}} = \mathbf{28 \text{ mm}}$$

*Návrh výšky : **h = 50 mm***

Posouzení smykové únosnosti

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = \frac{1096 * 235}{\sqrt{3} * 1,0} = \mathbf{148,70 \text{ kN}}$$

$$V_{Rd} = \mathbf{148,70 \text{ kN}} \geq V_{Ed} = \mathbf{55,64 \text{ kN}} \quad \textit{vyhovuje}$$

$$\mathbf{0,5 * V_{Rd} = 74,35 \text{ kN}} \geq V_{Ed} = \mathbf{55,64 \text{ kN}} \quad \textit{vyhovuje}$$

Posouzení momentové únosnosti

$$e = \textit{výška podlití} + \frac{h}{2} = 30 + \frac{50}{2} = \mathbf{55 \text{ mm}}$$

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,Rd} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 165,2 * 10^3 * \frac{235}{1,0} = \mathbf{38,82 \text{ kNm}}$$

$$M_{Ed} = V_{Ed} * e = 55,64 * 10^3 * 55 = \mathbf{3,06 \text{ kNm}}$$

$$M_{pl,Rd} = \mathbf{38,82 \text{ kNm}} \geq M_{Ed} = \mathbf{3,06 \text{ kNm}} \quad \textit{vyhovuje}$$

5.4. Návrh svarů

S ohledem na využití a rozměry nosných prvků volím konzervativně svar tloušťky 5 mm pro svar IPE 500 a patního plechu i pro svar smykové zarážky a patního plechu.

6. Přípoj prvků ztužidla detailu D1

Normálové síly použité pro výpočet přípoje jsou hodnoty zatěžovacího stavu ZS 4, který je pro výpočet rozhodující. Výkres detailu viz Detaily 1.

6.1. Návrh šroubů

Vnitřní síly

$$N_{Ed} = 27,20 \text{ kN}$$

Šrouby M16 8.8

$$A_s = 157 \text{ mm}^2$$

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

Styčnickový plech S 235

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

Únosnost šroubů ve stříhu

Smyková rovina prochází závitem.

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 * A_s * f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 * 157 * 800}{1,25} = \mathbf{60,29 \text{ kN}}$$

Únosnost šroubů v otláčení

$$k_1 = \min \left\{ 2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\} = \min \left\{ 2,8 * \frac{35}{18} - 1,7; 2,5 \right\} = \mathbf{2,5}$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0 \right\} = \min \left\{ \frac{10}{3 * 18}; \frac{800}{360}; 2,5 \right\} = \mathbf{0,74}$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 * \alpha_b * d * t * f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 * 0,74 * 16 * 10 * 360}{1,25} = \mathbf{85,25 \text{ kN}}$$

Posouzení únosnosti

n = počet navržených šroubů

$$\text{střih: } \frac{N_{Ed}}{n * F_{v,Rd}} = \frac{27,20}{2 * 60,29} = \mathbf{0,23 \leq 1,0} \quad \text{vyhovuje}$$

$$\text{otlačení: } \frac{N_{Ed}}{n * F_{b,Rd}} = \frac{27,20}{2 * 85,25} = \mathbf{0,16 \leq 1,0} \quad \text{vyhovuje}$$

6.2. Návrh svarů

Vnitřní síly

$$N_{Ed,x} = \cos(45^\circ) * 8,01 + 19,27 + \cos(39,5^\circ) * 2,95 = \mathbf{27,20\ kN}$$

$$N_{Ed,y} = \sin(45^\circ) * 8,01 - \sin(39,5^\circ) * 2,95 = \mathbf{3,79\ kN}$$

6.2.1 Svar HTR a styčnickového plechu

Návrh:

$$\alpha_w = 3\ mm$$

$$L_w = 4 * 50\ mm$$

Posouzení únosnosti

$$\tau_{II} = \frac{N_{Ed,x}}{\alpha_w * L_w} = \frac{27,20 * 10^3}{3 * (4 * 50)} = \mathbf{45,33\ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \mathbf{0\ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \mathbf{0\ MPa}$$

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

$$\sqrt{3 * 45,33^2} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25}$$

$$\mathbf{78,51\ MPa \leq 360\ MPa \quad \text{vyhovuje}}$$

6.2.2 Svar styčnickového plechu, diagonál a vodorovného prvku

Návrh:

$$\alpha_w = 3\ mm$$

$$L_w = 2 * 400\ mm$$

Posouzení únosnosti

$$\tau_{II} = \frac{N_{Ed,y}}{\alpha_w * L_w} = \frac{3,79 * 10^3}{3 * (2 * 400)} = \mathbf{1,58\ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed,x}}{\sqrt{2} * \alpha_w * L_w} = \frac{27,20 * 10^3}{\sqrt{2} * 3 * (2 * 400)} = \mathbf{8,01\ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \mathbf{8,01\ MPa}$$

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

$$\sqrt{8,01^2 + 3 * (8,01^2 + 1,58^2)} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25}$$

$$16,25 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

6.2.3 Svar styčnickového plechu a vodorovného prvku

Návrh:

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

$$L_w = 2 * 150 \text{ mm}$$

Posouzení únosnosti

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

$$\sigma_{\perp} = \frac{N_{Ed,x}}{\sqrt{2} * \alpha_w * L_w} = \frac{27,20 * 10^3}{\sqrt{2} * 3 * (2 * 150)} = 21,37 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 21,37 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{21,37^2 + 3 * (21,37^2)} \leq \frac{360}{0,8 * 1,25}$$

$$42,74 \text{ MPa} \leq 360 \text{ MPa} \quad \text{vyhovuje}$$

Seznam obrázků

Obr.1 - Součinitel expozice $c_{e(z)}$ pro $c_o = 1,0$ a $k_l = 1,0$

Obr.2 – Závislost dynamického tlaku na výšce (Pro $h \leq b$)

Obr.3 - Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny

Obr.4 – Svislé stěny – vítr příčný – oblasti dle ČSN EN 1991-1-4

Obr.5 - Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro svislé stěny

Obr.6 – Svislé stěny – vítr podélný – oblasti dle ČSN EN 1991-1-4

Obr.7 - Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro sedlové střechy

Obr.8 – Sedlové střechy – vítr příčný – oblasti dle ČSN EN 1991-1-4

Obr.9 - Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku pro sedlové střechy

Obr.10 – Sedlové střechy – vítr podélný – oblasti dle ČSN EN 1991-1-4

Obr.11 – Tabulky pro střešní panely ArcelorMittal

Obr.12 – Statické tabulky pro střešní panely ArcelorMittal

Obr.13 – Statické tabulky kovprof.cz

Obr.14 – Tabulky pro obvodové panely ArcelorMittal

Obr.15 – Statické tabulky pro obvodové panely ArcelorMittal

Obr.16 – Statická tabulka C vaznice/paždíku.

Obr.17 – Statická tabulka Z vaznice

Všechny data jsou ze stránek zdrojů. Viz Použité zdroje.

Použité zdroje

- [1] ČSN EN 1990 : Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991 : Zatížení konstrukcí
- [3] ČSN EN 1993 : Navrhování ocelových konstrukcí
- [4] <http://people.fsv.cvut.cz/~xjanderm/teaching.html>
- [5] Jandera, M., Eliášová, M., Vraný, T.: Ocelové konstrukce 1 – Cvičení. ČVUT Praha, 2015.
- [6] Sokol, Z., Wald, F.: Ocelové konstrukce – Tabulky. ČVUT Praha, 2019
- [7] https://construction.arcelormittal.com/medias/sys_master/amc-media/amc-media/hb6/h75/8983909335070/Sendvi-ov-panely-AMC.pdf
- [8] https://construction.arcelormittal.com/medias/sys_master/amc-media/amc-media/h8d/h79/9039933636638/Ondatherm-1001-TS-tablice-obciazen.pdf
- [9] <https://www.kovprof.cz/sortiment/statikaTR/TR135-310-EN-2013.pdf>
- [10] https://construction.arcelormittal.com/medias/sys_master/amc-media/amc-media/h15/he5/8985564086302/Sendvicove-panely-1003-B-PL.pdf
- [11] https://construction.arcelormittal.com/medias/sys_master/amc-media/amc-media/hb0/h1c/9039936913438/Promisol-1003-B-tablice-obciazen.pdf
- [12] <https://adoc.pub/tenkostnne-profily-z-c-a-pro-vaznice-a-padiky.html>

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

JEDNOLODNÍ TENISOVÁ HALA

SINGLE-BAY TENNIS HALL

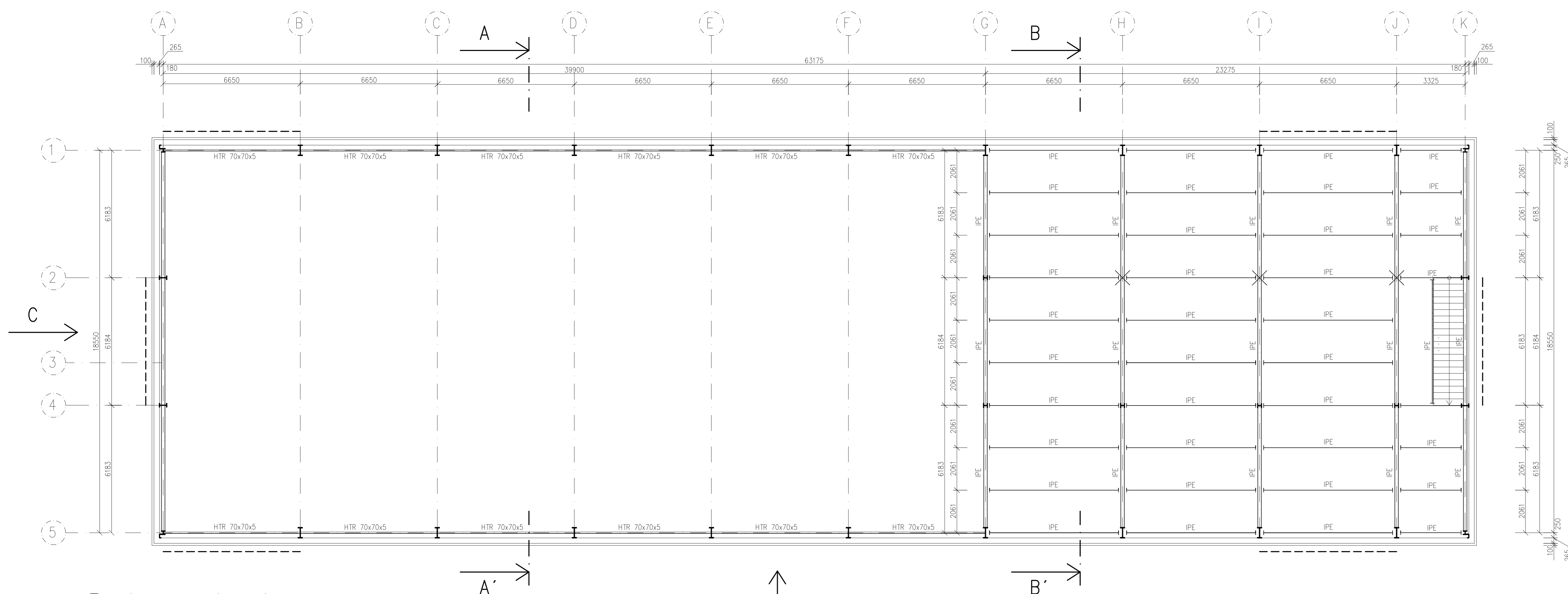
2022

VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

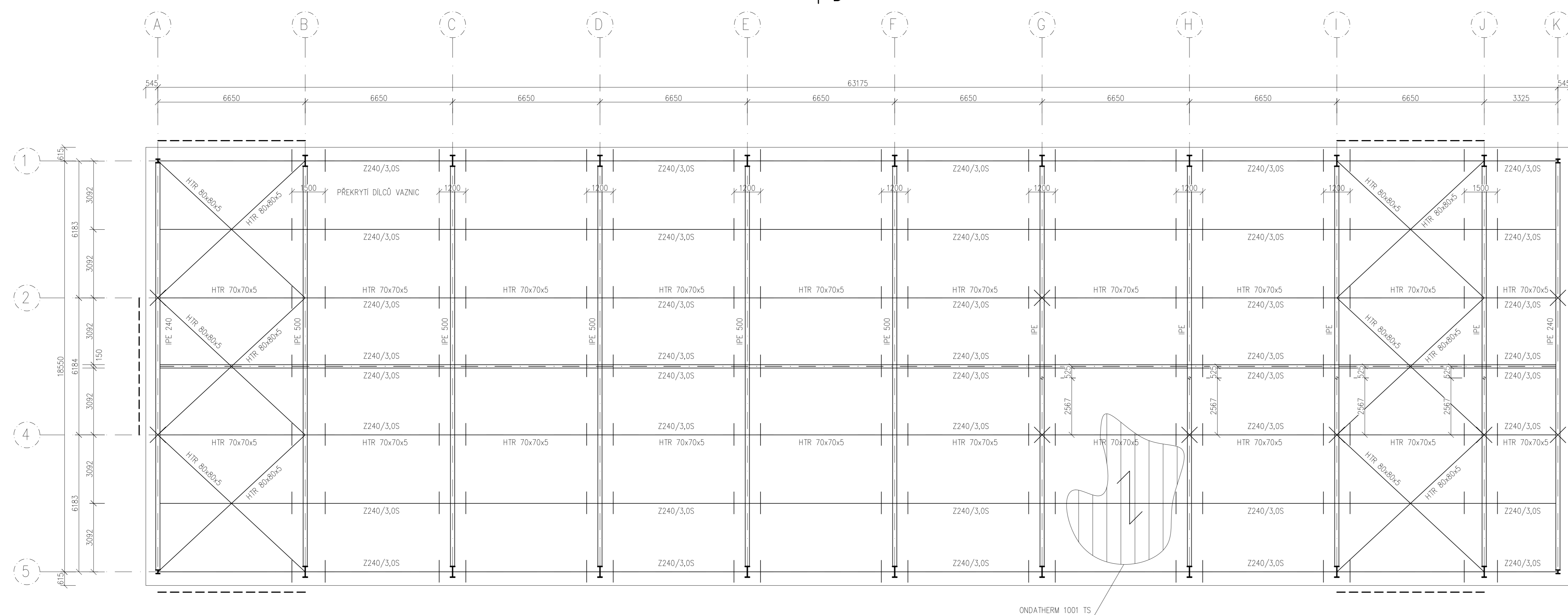
OBSAH

1.	Dispoziční výkresy	2
2.	Detaily 1.....	3
3.	Detaily 2.....	4

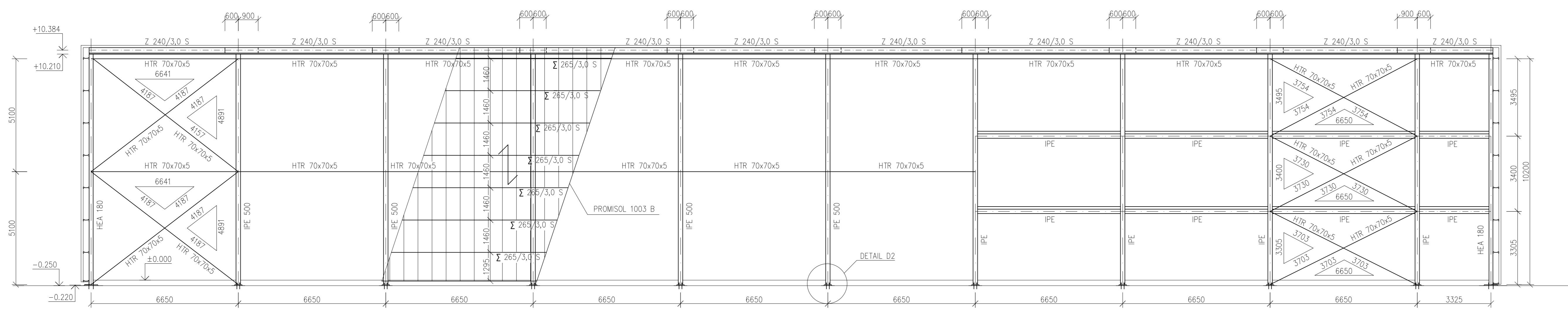
Půdorys +3,400



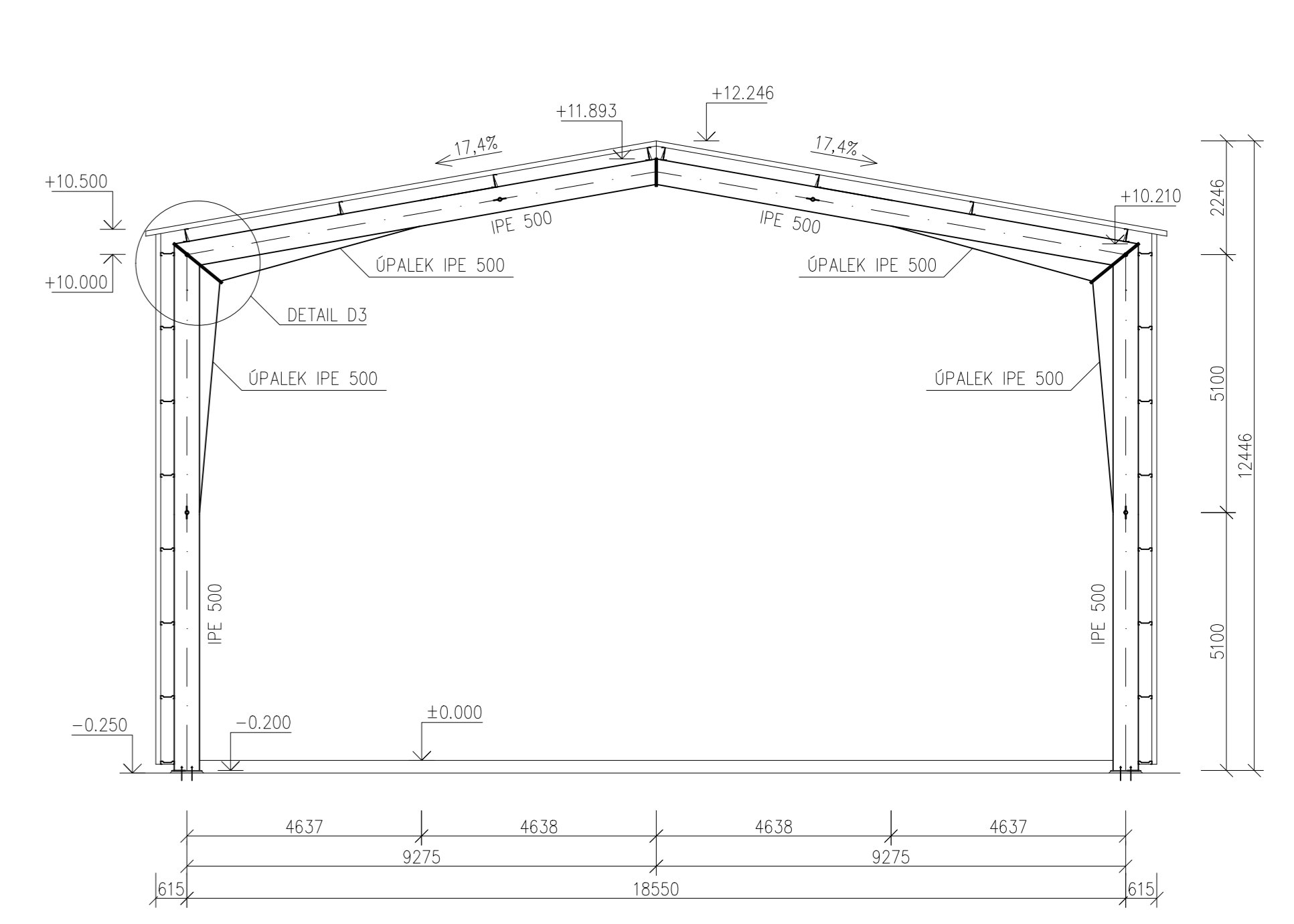
Půdorys střechy



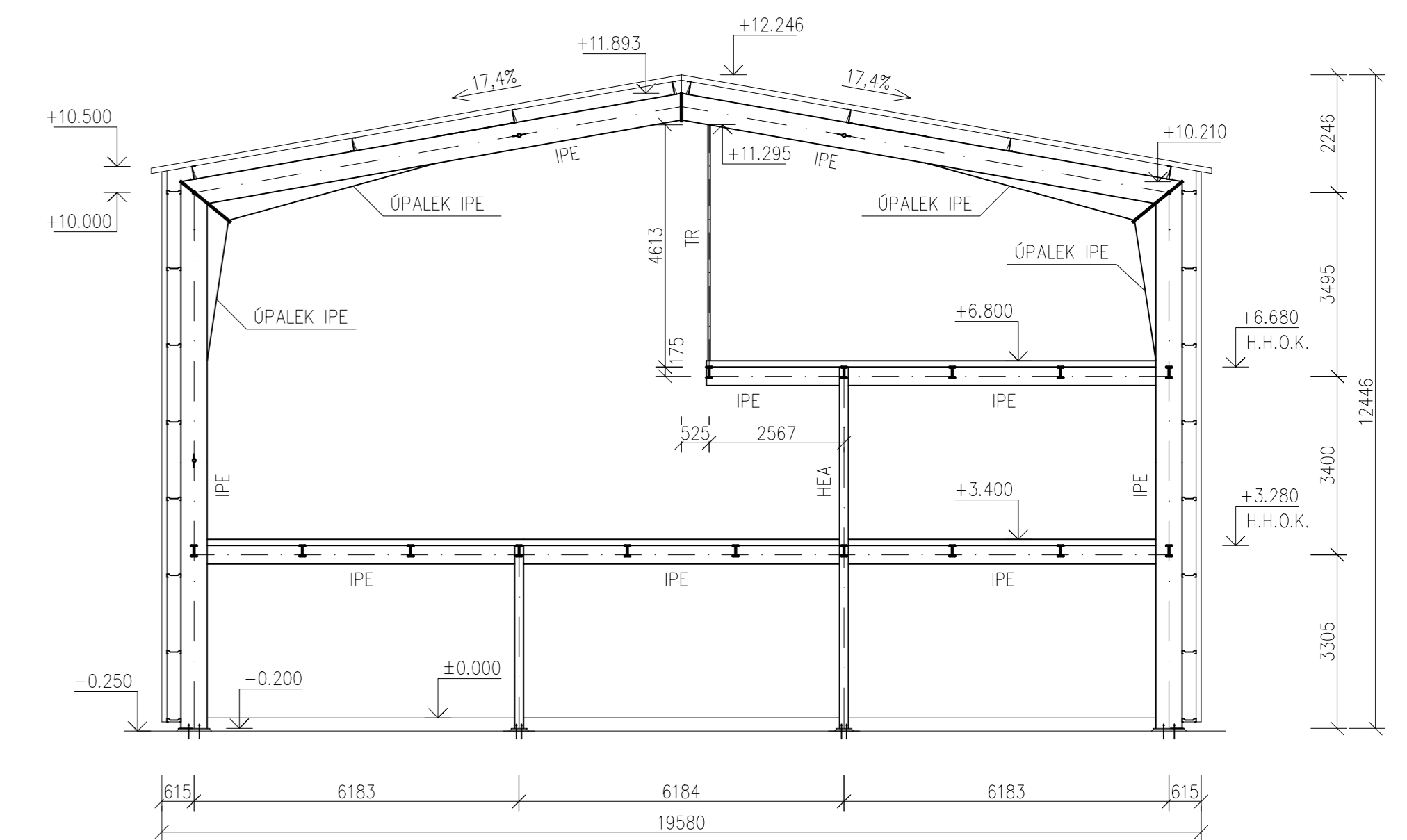
Pohled D



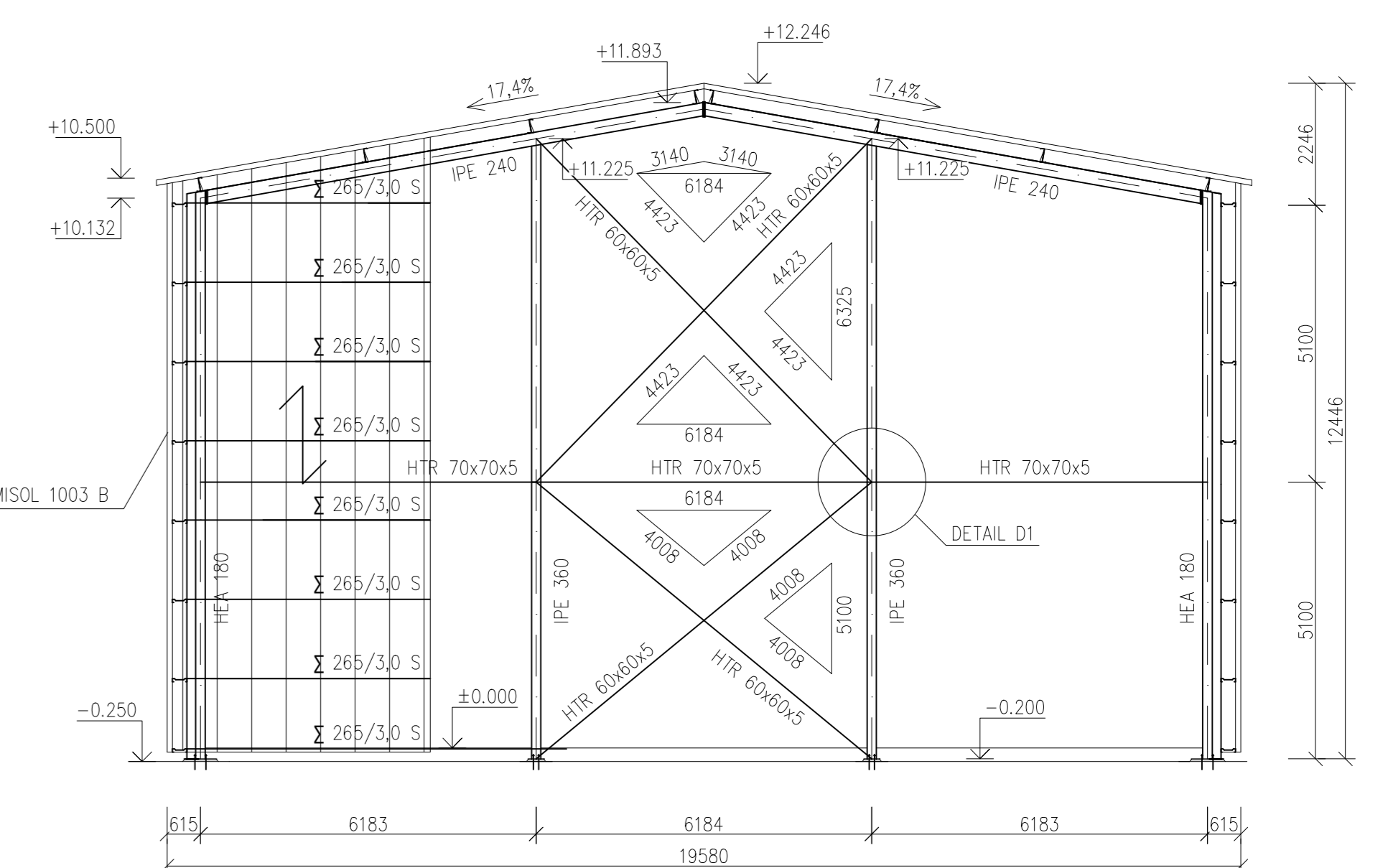
Řez A-A'



Řez B-B'



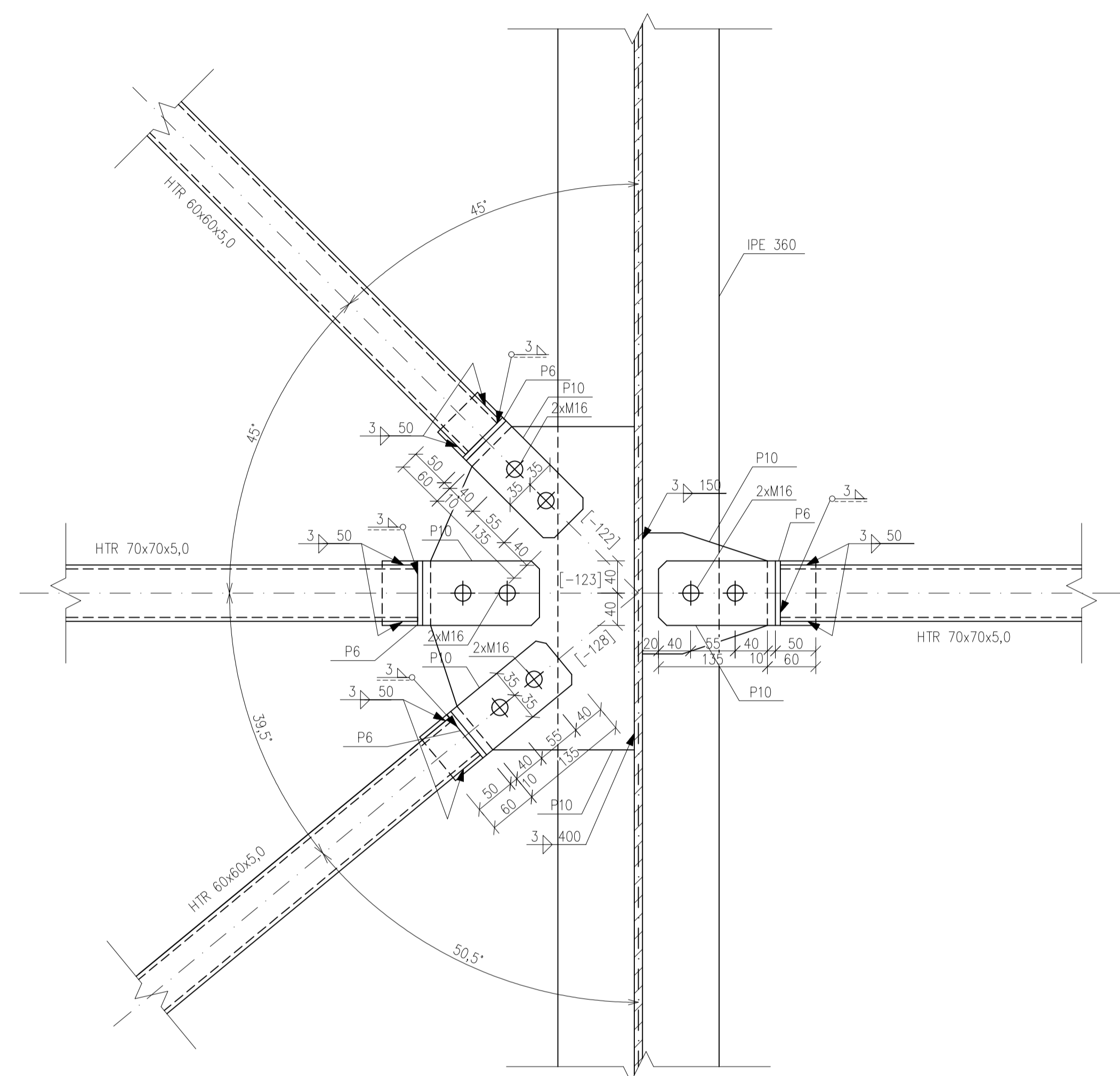
Pohled C



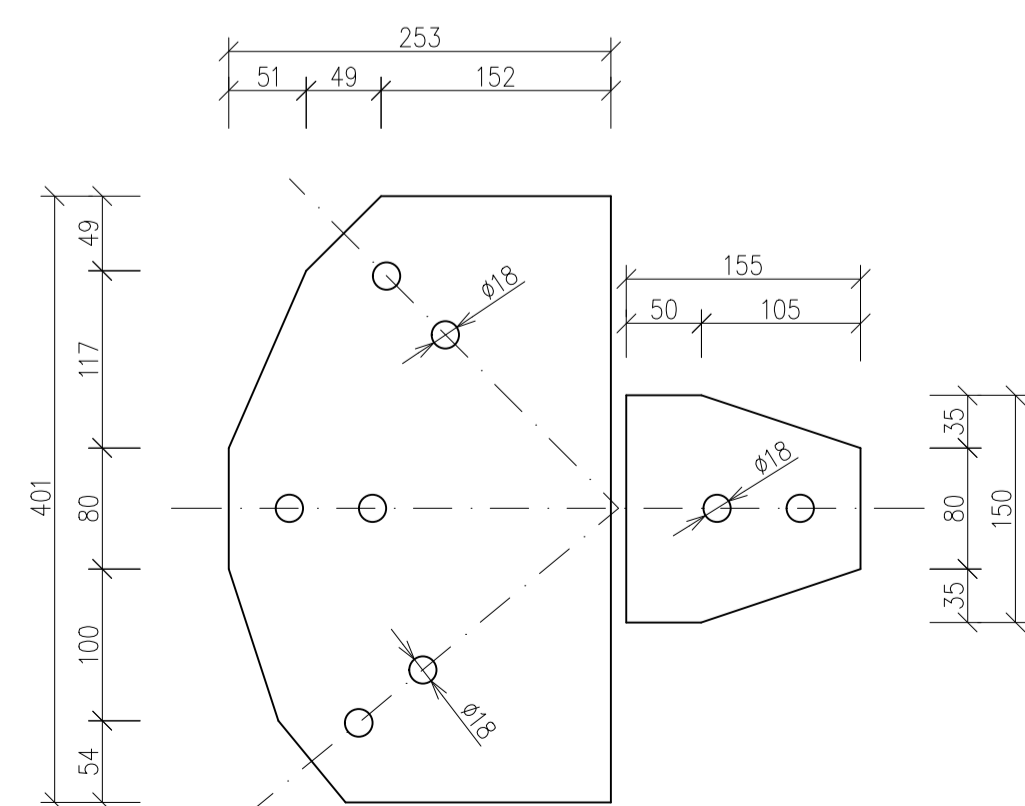
OCEL: S235JR
 BETON: C25/30
 TRÍDA PŘEVODĚNÍ: EXC2

Zpracoval:	Vedoucí práce:	Fakulta stavební
Michal Peukert	doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	ČVUT
Předmět:	134BAPC	Datum:
Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí	04/2022
Projekt:	Bakalářská práce - Tenisová hala	Maštko:
Název výkresu:	Dispoziční výkresy	Číslo výkresu:
		1

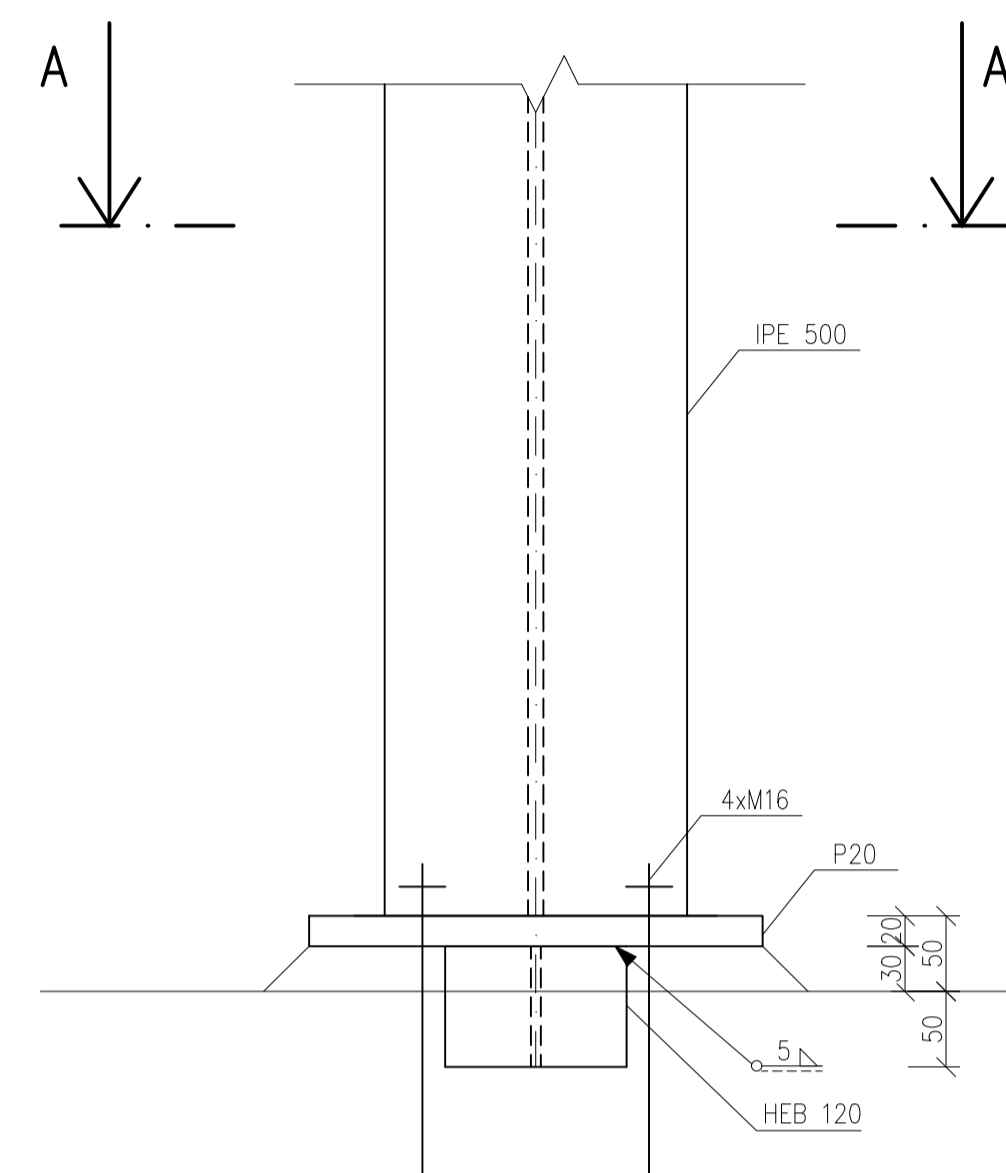
Detail D1 – Příklad ztužidla na sloup



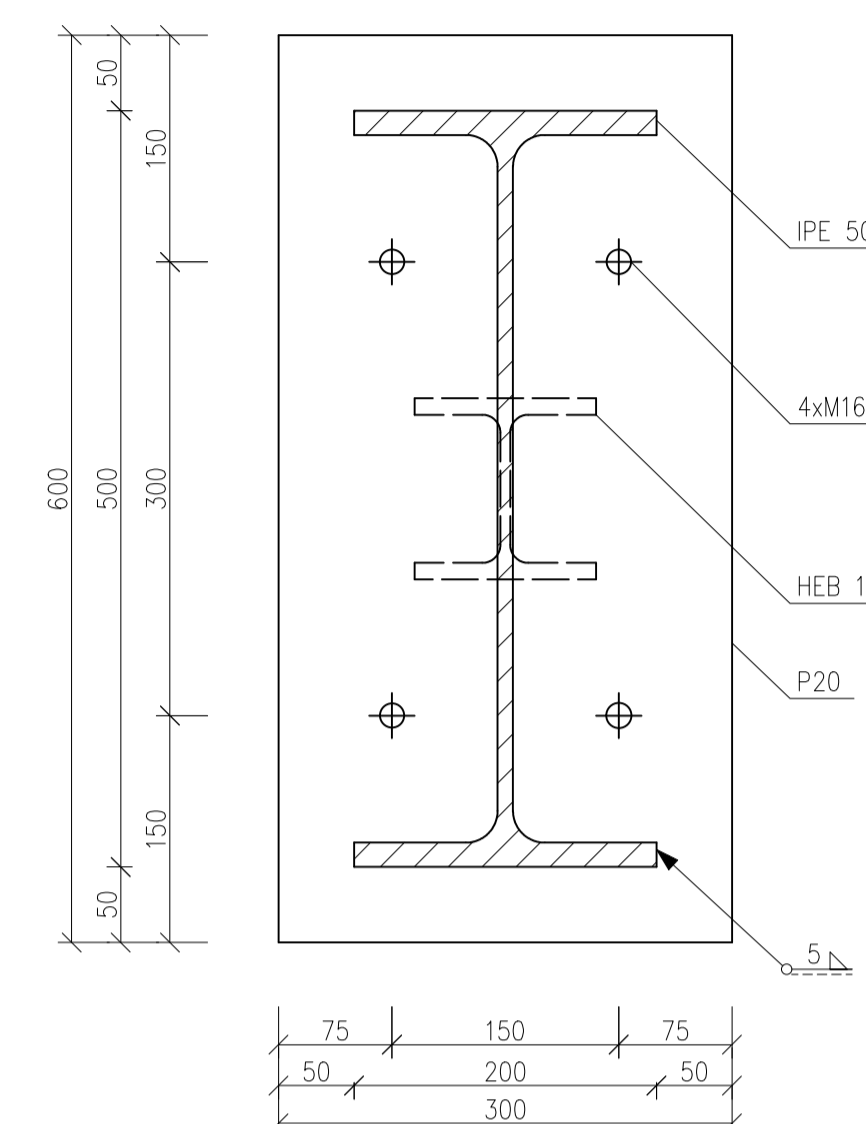
Detail D1 – Rozměry styčnickových plechů



Detail D2 – Detail patky



ŘEZ A-A'



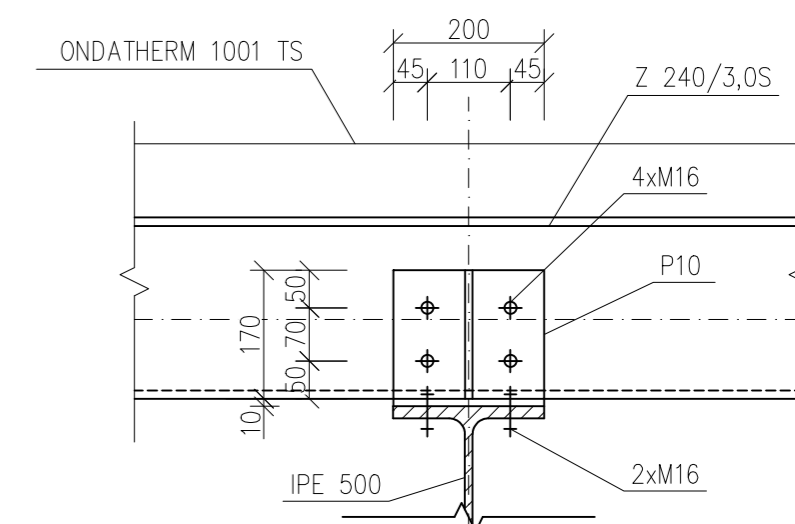
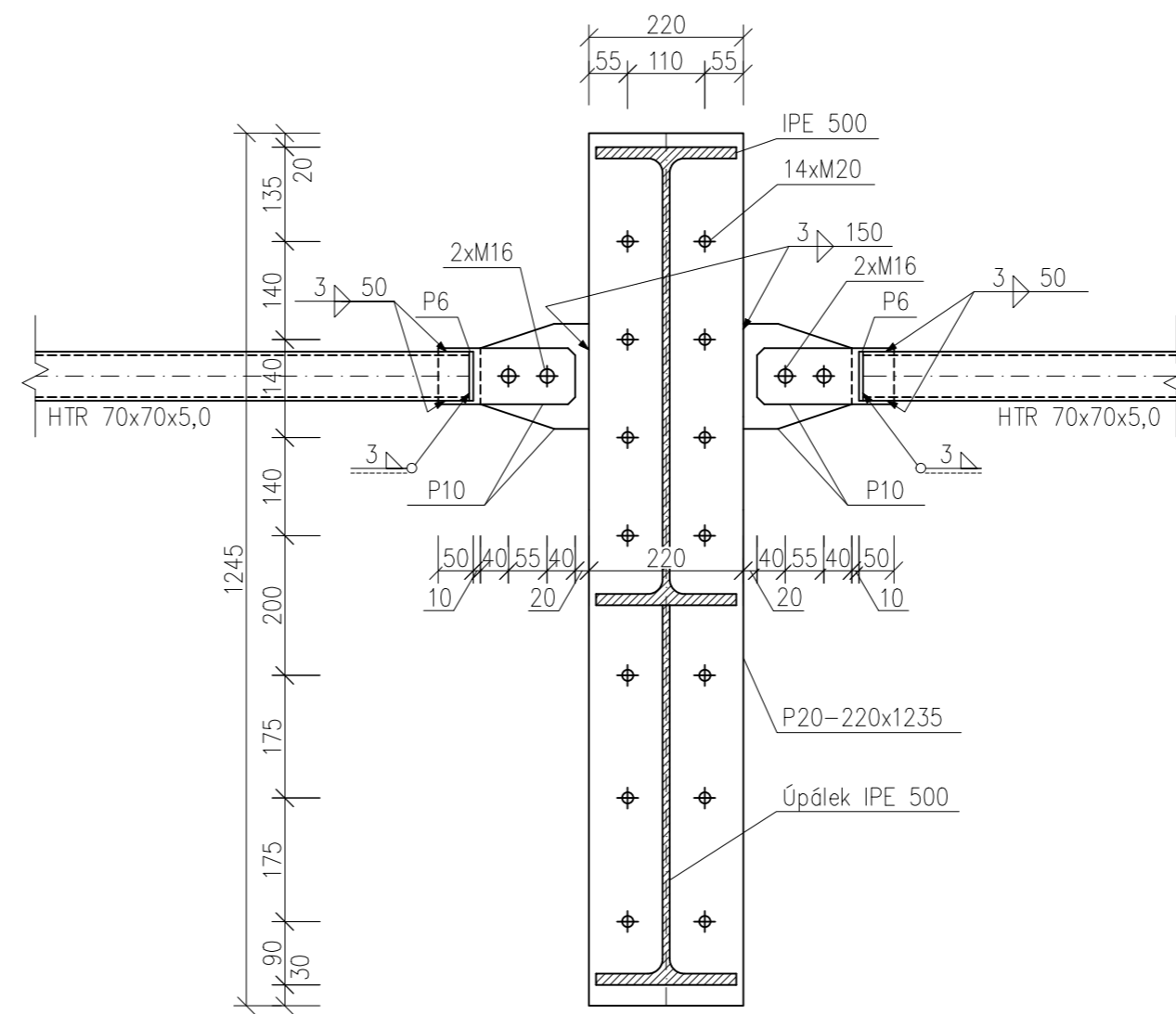
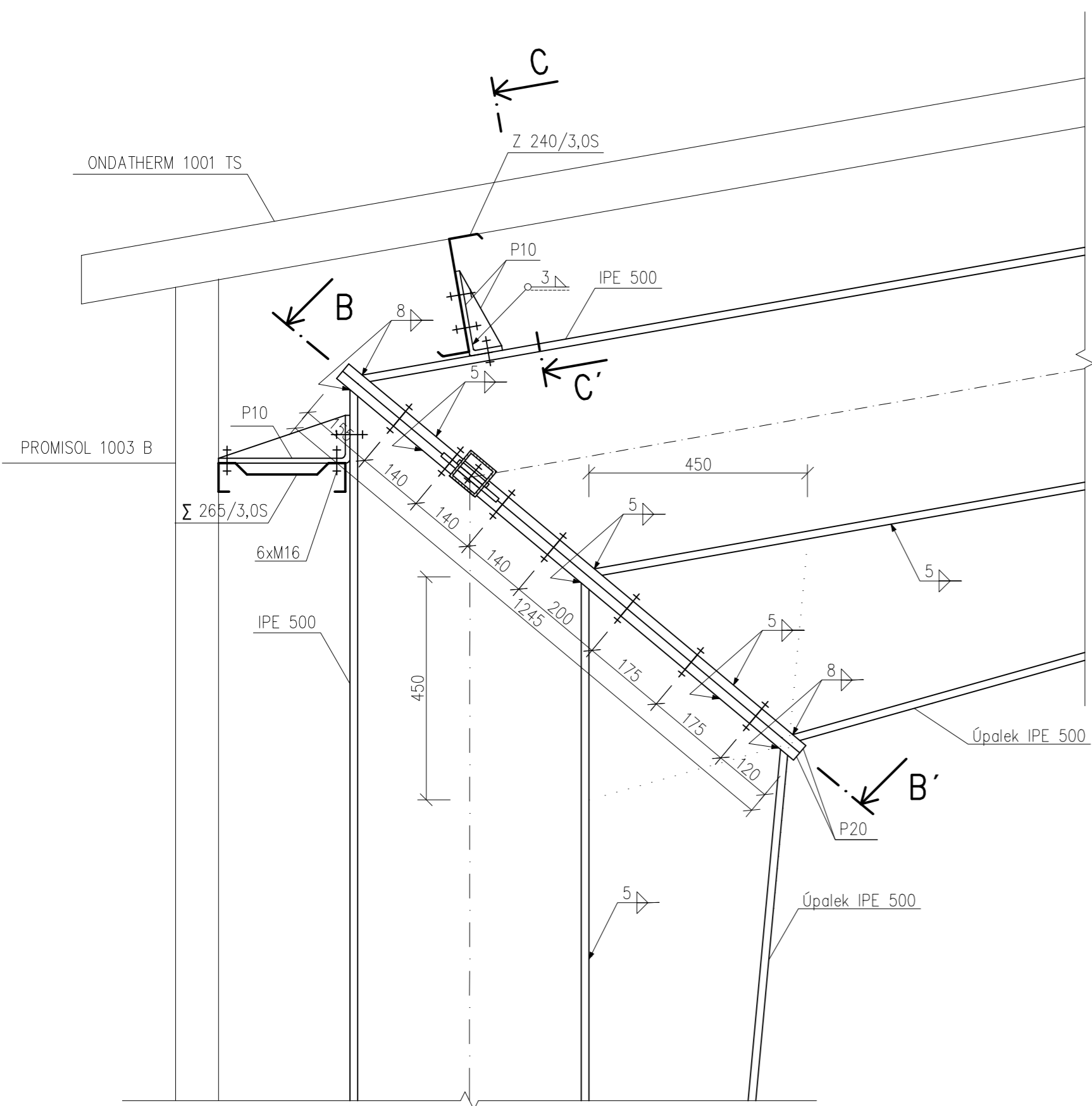
OCEL: S235JR
 ŠROUBY: 8.8
 BETON: C25/30
 TŘÍDA PROVEDENÍ: EXC2

Zpracoval:	Michal Peukert	Vedoucí práce:	doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Fakulta stavební
Předmět:	134BAPC			ČVUT
Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí	Datum:	04/2022	
Projekt:	Bakalářská práce - Tenisová hala	Měřítko:	1:5	
Název výkresu:	Detaily 1	Číslo výkresu:	2	

Detail D3 – Rámový roh

ŘEZ B-B'

ŘEZ C-C'



OCEL: S235JR
 ŠROUBY: 8.8
 BETON: C25/30
 TŘÍDA PROVEDENÍ: EXC2

Zpracoval:	Michal Peukert	Vedoucí práce:	doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.	Fakulta stavební ČVUT	
Předmět:	134BAPC			Datum:	04/2022
Katedra:	Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí			Meřítko:	1:10
Projekt:	Bakalářská práce - Tenisová hala			Číslo výkresu:	3
Název výkresu:	Detaily 2				