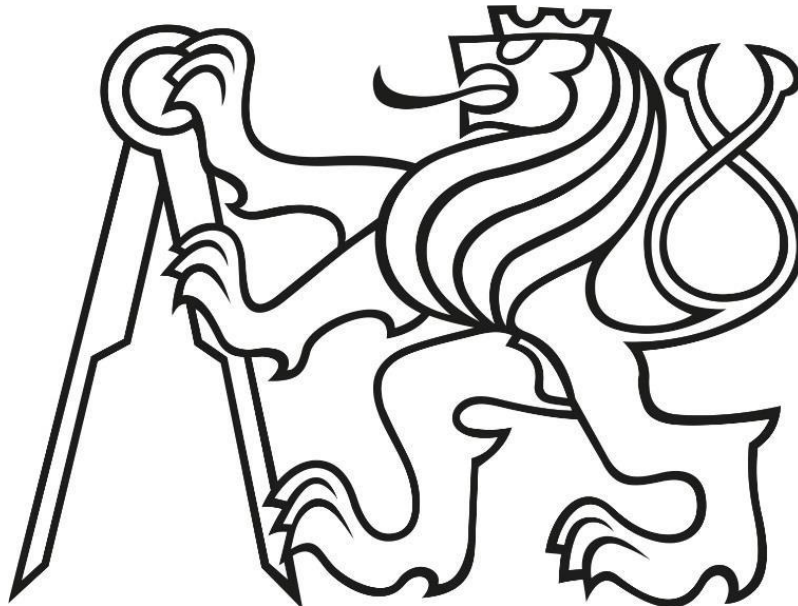


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**TENISOVÁ HALA**

**TENNIS HALL**

**2023**


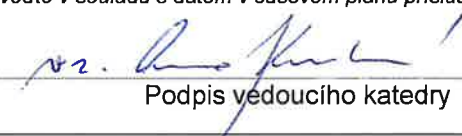
Autor práce: Martin Černý  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb  
Vedoucí práce: Ing. Břetislav Židlický, Ph.D.

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení: Černý	Jméno: Martin	Osobní číslo: 494980
Zadávací katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor/specializace: Konstrukce pozemních staveb		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Tenisová hala	
Název bakalářské práce anglicky: Tennis hall	
Pokyny pro vypracování: Návrh hlavních prvků nosné konstrukce, včetně části zázemí, a vybraných přípojí a detailů. Výkresová dokumentace konstrukce (půdorys, vybrané řezy, pohled, vybrané detaily). Technická zpráva.	
Seznam doporučené literatury: Návrh konstrukce bude proveden dle evropských norem. Tj. zejména využití částí EN 1991 a EN 1993.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Břetislav Židlický	
Datum zadání bakalářské práce: 23.2.2023	Termín odevzdání BP v IS KOS: 22.5.2023 Údaj 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“.*

23.2.2023 Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
------------------------------------	--

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Břetislavu Židlickému, Ph.D. za veškeré konzultace, rady, podklady a odborné vedení. Stejně tak bych rád poděkoval za trpělivost, ochotu a vstřícnost, kterou mi věnoval.

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že předloženou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s využitím pouze citovaných zdrojů a pramenů, které jsou uvedeny v seznamu přiloženém k této 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 15.5.2023

Martin Černý



## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá statickým návrhem ocelové konstrukce jednolodní tenisové haly. Součástí statického výpočtu je návrh rámové konstrukce složené z typických příhradových vazníků, ztužujících prvků a nosných prvků přístavby. Dále jsou navrženy vaznice, paždíky, obvodový plášť a střešní plášť. Návrh obsahuje také vybrané detaily. Součástí práce je i výkresová dokumentace. Celý návrh konstrukce je proveden v souladu s platnými Evropskými normami.

## **Klíčová slova**

Tenisová hala, tenisový kurt, příhradový vazník, statický výpočet, nosná ocelová konstrukce, vetknutá patka

## **Abstract**

The bachelor's thesis deals with a single-bay tennis hall steel structure design. Part of the static calculation is a design of the frame structure consisted of typical lattice trusses, stiffening elements and supporting structure of the extension. As the next part purlins, outer casing and roof sheathing is designed. The design also includes selected details. The work also includes drawing documentation. The entire design of the structure is completed in harmony with valid European standards.

## **Keywords**

Tennis hall, tennis court, lattice truss, static calculation, load-bearing steel structure, woven footing

## **Seznam příloh**

[1] Tabulky únosností od výrobců použitých prvků

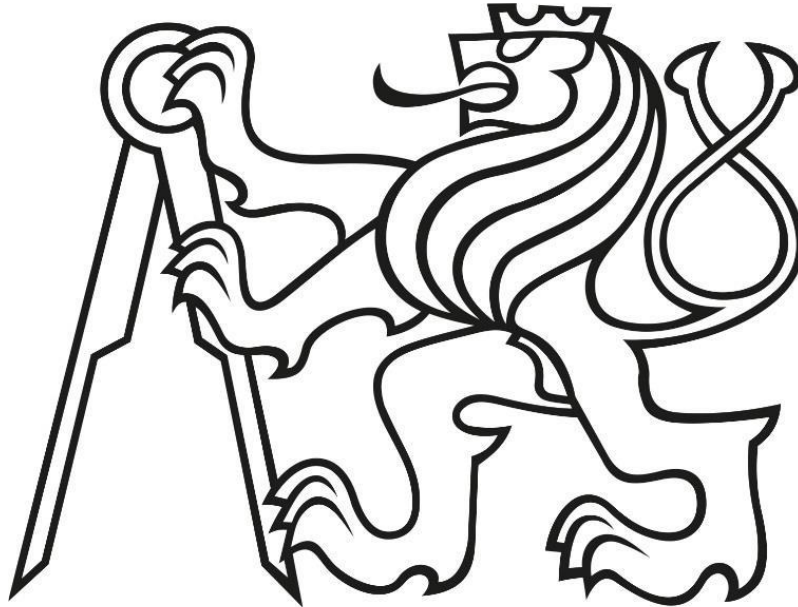
[2] Výstupy z výpočetního programu LTBeamN

[3] Výkresová dokumentace

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**TENISOVÁ HALA**

**TENNIS HALL**

**2023**

**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 .....	2
2.4 Ztužení objektu .....	2
2.4.1 Příčná střešní ztužidla .....	2
2.4.2 Podélná střešní ztužidla .....	3
3. Zatížení .....	3
3.1 Zatížení sněhem .....	3
3.2 Zatížení větrem .....	3
3.3 Stálé zatížení .....	3
4. Konstrukční materiály .....	3
5. Montáž konstrukce .....	3
6. Použité normy .....	3

## 1. Popis budovy

Jde o objekt sportovní haly v Praze na Macharově náměstí. Sportovní hala má půdorysné rozměry 44x66 m a skládá se ze 2 částí. První částí je hlavní jednopodlažní hala se sedlovou střechou, ve které se nachází 3 tenisové kurty. Hala má půdorysné rozměry 36x66 m a výšku k hřebeni 13 m. Druhá část je přístavba s pultovou střechou po celé délce haly. Půdorysné rozměry jsou 8x66 m a výška k vyšší straně 7,7 m. Přístavba má dvě podlaží. V prvním podlaží se nachází vrátnice, klubovna, technická místnost, úklidová místnost, sklad sportovního náčiní, a toalety. V druhém patře přístavby se budou nacházet šatny vybavené toaletou a sprchou.

## 2. Popis konstrukce

### 2.1 Základová konstrukce

Konstrukce je založená na základových patkách z prostého betonu C20/25. Sloupy podírající příhradový vazník jsou do betonových patek uloženy vetknutím. Tyto patky jsou uloženy přes patní plech o tloušťce 30 mm a podlité 50 mm. Kotvy patek jsou navrženy jako 4x M27. Pro přenos smykových sil je navržena smyková zarážka HEB 100. Ostatní sloupy jsou na patkách uloženy kloubově přes patní plech tloušťky 20 mm. Pro přenos smykových sil je opět navržena smyková zarážka HEB 100.

### 2.2 Rámová konstrukce

Rámová konstrukce haly se skládá ze sloupů a příhradového vazníku, který je na sloupech uložený. Pruty příhradového vazníku jsou vyrobeny z čtvercových průřezů různých rozměrů. Příhradový nosník má v hřebeni výšku 3 m. V místě připojení nosníku na sloup je příhrada vysoká 1,5 m a na sloup je uložena přes horní pás. Sloupy rámu jsou na obvodové stěně z profilu HEA280 a na stěně dělicí halu a přístavbu z profilu HEA300. Všechny rámové sloupy jsou vysoké 11,5 m. Vazby jsou od sebe vzdáleny 6 m. Veškeré spoje příhradových prutů a připojení na sloup jsou provedeny šroubovými spoji.

### 2.3 Štítová stěna

Konstrukce štítové stěny bude bez příhradového nosníku. Všechny sloupy nacházející se ve štítové stěně objektu jsou ze stejného profilu HEA280. Stejný profil pro všechny sloupy je navrženy z důvodu uchycení obvodového pláště.

Ve štítových stěnách haly se nachází svislá ztužidla mezi krajními a štítovými sloupy. Příčná ztužidla se skládají z diagonál a vodorovných prvků. Diagonály jsou o průřezu TR 70x5. Tyto ztužidla se nacházejí ve stěnách i v podélném směru.

### 2.4 Ztužení objektu

#### 2.4.1 Příčná střešní ztužidla

Ve střešní rovině jsou navržena 3 příčná střešní ztužidla nacházející se na krajích konstrukce a v prostřední vazbě příhradových vazníků. Střešní ztužidla jsou tvořena z diagonál a svislic střešních ztužidel, která prochází v podélném směru celou konstrukcí objektu. Svislice jsou od sebe vzdálená 6 m. Diagonály jsou navrženy o průřezu TR 76,1x5. Svislice jsou navrženy o průřezu TR 159x4,5.

### 2.4.2 Podélná střešní ztužidla

V podélném směru jsou navržena dvojice diagonální ztužidla, která spojují spodní pás příhradových vazníků se svislicí, která v podélném směru spojuje horní pásy příhradových vazníků. Svislice jsou po 6 metrech. Podélná střešní ztužidla jsou navržena po 12 metrech. Průřez diagonál je TR 70x3.

## 3. Zatížení

Veškerá zatížení konstrukce jsou navržena podle platných norem ČSN. Klimatická zatížení jsou určena podle polohy objektu.

### 3.1 Zatížení sněhem

Zatížení sněhem je uvažováno pro sněhovou oblast I.

### 3.2 Zatížení větrem

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

### 3.3 Stálé zatížení

Stálé zatížení je určeno podle objemové hmotnosti materiálů a jejich rozměrů. Stálé zatížení vlastní tíhou je vypočítáno pomocí programu Dlubal RFEM 6.02.

## 4. Konstrukční materiály

Třída provedení konstrukce je EXC2

Ocel: S355 – nosné válcované prvky

S350 – tenkostěnné vaznice a paždíky

S235 – šrouby navržených přípojí

Šrouby: 8.8

Beton C20/25

## 5. Montáž konstrukce

Konstrukce bude montovaná postupně. Jako první se postaví rám štítové stěny. Poté se budou postupně stavět typické rámy s příhradovým vazníkem. Rámy budou dočasně podepřeny, než dojde k namontování ztužení konstrukce. Poté se k halové části připojí nosná část přístavby. Nakonec se připojí vaznice a paždíky. Jako poslední se bude na konstrukci pokládat střešní a obvodový plášť.

## 6. Použité normy

[1] ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí

[2] ČSN EN 1991-1-3 – Zatížení konstrukcí sněhem

[3] ČSN EN 1991-1-4 – Zatížení konstrukcí větrem

[4] ČSN EN 1993 – Navrhování ocelových konstrukcí

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**TENISOVÁ HALA**

**TENNIS HALL**

**2023**

**Statický výpočet**

## Obsah

1. Varianty řešení příhradové haly .....	4
1.1 Varianta A .....	5
1.2 Varianta B .....	5
1.3 Varianta C .....	5
1.4 Varianta D .....	5
2. Zatížení .....	6
2.1 Zatížení sněhem na střechu haly .....	6
2.1.1 Charakteristická hodnota plošného zatížení sněhem .....	6
2.1.2 Návrhová hodnota plošného zatížení sněhem .....	6
2.2 Zatížení sněhovou návějí .....	6
2.2.1 Charakteristická hodnota plošného zatížení návějí .....	6
2.2.2 Návrhová hodnota plošného zatížení návějí .....	7
2.3 Zatížení větrem .....	7
2.3.1 Základní rychlost větru $v_b$ .....	7
2.3.2 Základní tlak větru .....	7
2.3.3 Maximální dynamický tlak .....	7
2.3.4 Vítr podélný – svislé stěny .....	8
2.3.5 Vítr podélný – střecha ( $\theta = 90^\circ$ ) .....	10
2.3.6 Vítr příčný 1 (strana bez přístavby) – svislé stěny .....	13
2.3.7 Vítr příčný 1 (strana bez přístavby) – střecha ( $\theta = 180^\circ$ ) .....	15
2.3.8 Vítr příčný 2 (strana s přístavbou) – svislé stěny .....	18
2.3.9 Vítr příčný 2 (strana s přístavbou) – střecha ( $\theta = 0^\circ$ ) .....	20
3. Návrh střešního pláště .....	23
3.1 Návrh sendvičového panelu .....	23
3.1.1 Výpočet zatížení sendvičového panelu .....	23
3.1.2 Posouzení sendvičového panelu .....	24
3.2 Návrh trapézového plechu .....	24
3.2.1 Výpočet zatížení trapézového plechu .....	25
3.2.2 Posouzení spodního trapézového plechu .....	25
4. Návrh paždíků .....	26
4.1 Výpočet zatížení paždíku .....	26
4.2 Posouzení paždíku .....	26
5. Návrh vaznice haly .....	26
5.1 Výpočet zatížení vaznice .....	26



5.1.1 Zatížení sněhem.....	26
5.1.2 Zatížení větrem.....	27
5.2 Posouzení vaznice haly.....	27
6. Návrh vaznice přístavby.....	28
6.1 Výpočet zatížení vaznice.....	28
6.1.1 Zatížení sněhem.....	28
6.1.2 Zatížení větrem.....	28
6.2 Posouzení vaznice přístavby.....	29
7. Návrh příhradového vazníku.....	30
7.1 Návrh varianty A.....	31
7.1.1 Výsledky modelu A.....	31
7.1.2 Posouzení prutů varianty A.....	32
7.2 Návrh varianty B.....	33
7.2.1 Výsledky modelu B.....	33
7.2.2 Posouzení prutů varianty B.....	34
7.3 Návrh varianty C.....	35
7.3.1 Výsledky modelu C.....	35
7.3.2 Posouzení prutů varianty C.....	36
7.4 Návrh varianty D.....	37
7.4.1 Výsledky modelu D.....	37
7.4.2 Posouzení prutů varianty D.....	38
7.5 Porovnání variant příhrady.....	38
8. Tvorba 3D modelu.....	39
8.1 Zatížení střechy větrem.....	41
8.1.1 Rozmístění bodů pro bodové síly od sání.....	42
8.1.2 Podélný vítr.....	43
8.1.3 Příčný vítr 1.....	45
8.1.4 Příčný vítr 2.....	47
9. Posouzení nosných prvků konstrukce.....	49
9.1 Příhradový vazník.....	49
9.1.1 Posouzení příhradového vazníku na MSP.....	49
9.1.2 Posouzení příhradového vazníku na MSÚ.....	50
9.2 Sloupy S1.....	51
9.2.1 Posouzení sloupů S1 na MSP.....	51
9.2.2 Posouzení sloupů S1 halové části na MSÚ.....	52
9.2.3 Posouzení sloupů S1 příhradové části na MSÚ.....	55

9.3 Sloupy S2 .....	58
9.3.1 Posouzení sloupů S2 na MSP .....	58
9.3.2 Posouzení sloupů S2 na MSÚ .....	59
9.4 Sloupy S3 .....	62
9.4.1 Posouzení sloupů S3 na MSP .....	62
9.4.2 Posouzení sloupů S3 na MSÚ .....	63
9.5 Sloupy S4 .....	66
9.5.1 Posouzení sloupů S4 na MSP .....	66
9.5.2 Posouzení sloupů S4 na MSÚ .....	67
9.6 Stropnice přístavby.....	70
9.6.1 Posouzení stropnice přístavby na MSP .....	70
9.6.2 Posouzení stropnice přístavby na MSÚ .....	70
9.7 Průvlak přístavby .....	71
9.7.1 Posouzení průvlaku přístavby na MSP .....	71
9.7.2 Posouzení průvlaku přístavby na MSÚ .....	72
9.8 Příčel přístavby .....	72
9.8.1 Posouzení příčle přístavby na MSP .....	73
9.8.2 Posouzení příčle přístavby na MSÚ .....	73
9.9 Svislice haly.....	74
9.9.1 Posouzení svislice haly na MSÚ .....	74
9.10 Svislice příhrady.....	75
9.10.1 Posouzení svislice přístavby na MSÚ .....	76
9.11 Stěnová ztužidla .....	77
9.11.1 Posouzení stěnového ztužidla na MSÚ.....	77
9.12 Příčná ztužidla ve střešní rovině haly .....	78
9.12.1 Posouzení příčných ztužidel haly na MSÚ .....	79
9.13 Příčná ztužidla ve střešní rovině přístavby .....	80
9.13.1 Posouzení příčných ztužidel přístavby na MSÚ .....	80
9.14 Podélná ztužidla ve střešní rovině haly .....	81
9.14.1 Posouzení příčných ztužidel přístavby na MSÚ .....	82
9.15 Vetknutá patka sloupu .....	83
9.16 Návrh přípoje diagonálních ztužidel.....	90
9.17 Návrh přípoje nosných prvků 2.NP přístavby.....	91
10. Použité zdroje.....	92
10.1 Literatura.....	92
10.2 Výpočetní programy .....	92

# Ocelová příhradová hala

## 1. Varianty řešení příhradové haly

Schéma půdorysu

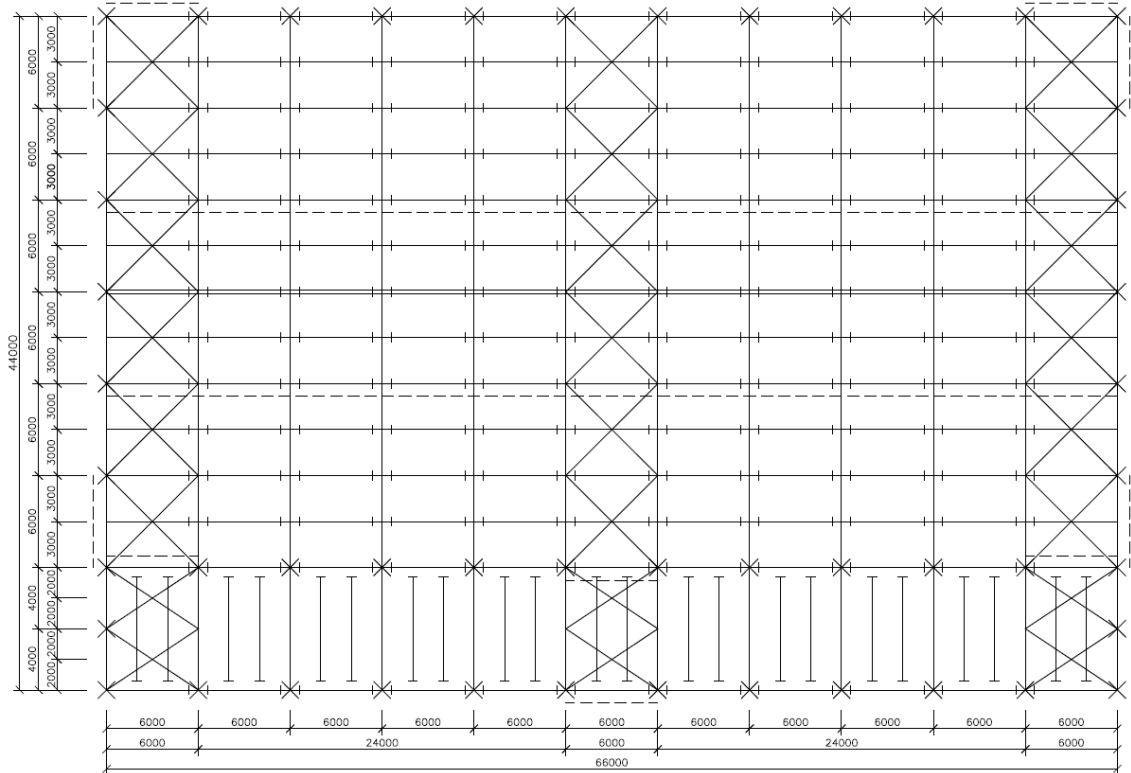
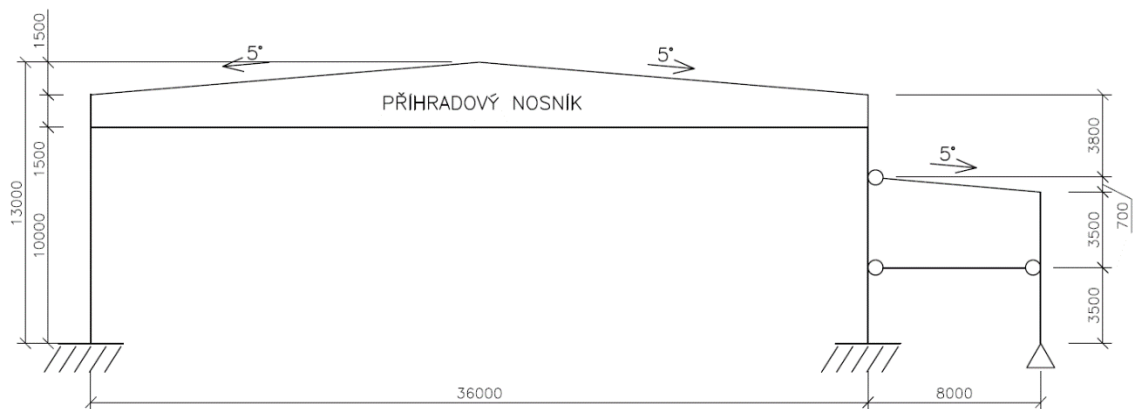
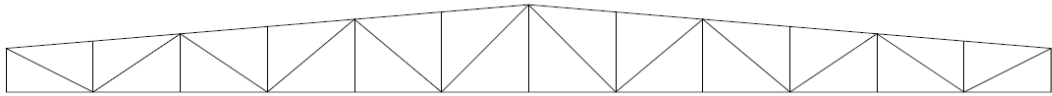


Schéma řezu



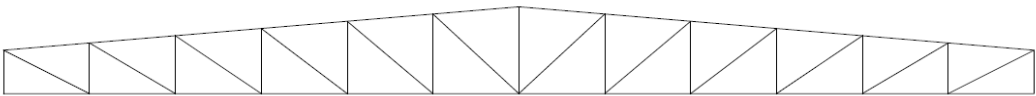
### 1.1 Varianta A

Kombinace tlačných a tažených prutů



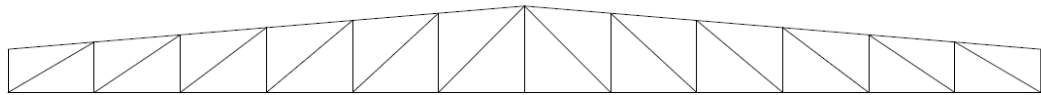
### 1.2 Varianta B

Převážně tažené pruty



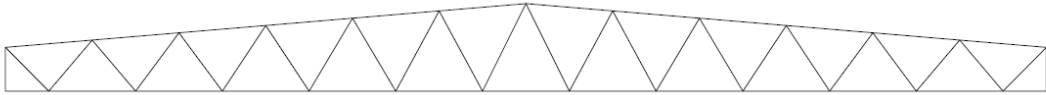
### 1.3 Varianta C

Převážně tlačné pruty



### 1.4 Varianta D

Kombinace tlačných a tažených prutů



## 2. Zatížení

### 2.1 Zatížení sněhem na střechu haly

#### 2.1.1 Charakteristická hodnota plošného zatížení sněhem

Sněhová oblast I – Praha

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  $s = 0,7 \text{ kN/m}^2$

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

$$s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = \mathbf{0,56 \text{ kN/m}^2}$$

#### 2.1.2 Návrhová hodnota plošného zatížení sněhem

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

$$s_d = s_k \cdot \gamma_Q$$

$$s_d = 0,56 \cdot 1,5 = \mathbf{0,84 \text{ kN/m}^2}$$

### 2.2 Zatížení sněhovou návějí

#### 2.2.1 Charakteristická hodnota plošného zatížení návějí

Tvarový součinitel  $\mu_1 = 0,8$

Tvarový součinitel zohledňující sesuv sněhu  $\mu_s = 0$

Tvarový součinitel zohledňující působení větru  $\mu_w = (b_1 + b_2)/(2 \cdot h) \leq \gamma \cdot h/s_k$

Objemová tíha sněhu  $\gamma = 2 \text{ kN/m}^3$

$$\mu_w = (36 + 8)/2 \cdot 3,8 \leq 2 \cdot 3,8/0,7$$

$$\mu_w = 5,79 \leq 10,86 \quad \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w \quad l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 3,8 = \mathbf{7,6m}$$

$$\mu_2 = 0 + 5,79 = 5,79$$

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

Tepelný součinitel  $C_t = 1,0$

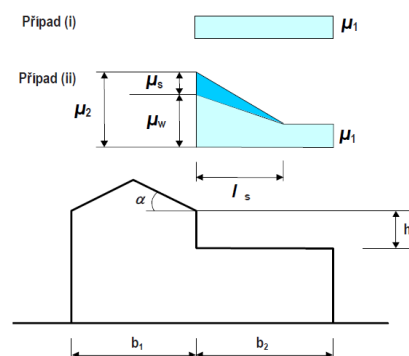
Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi  $s = 0,7 \text{ kN/m}^2$

$$s_{k,1} = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s$$

$$s_{k,1} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = \mathbf{0,56 \text{ kN/m}^2}$$

$$s_{k,w} = \mu_w \cdot C_e \cdot C_t \cdot s$$

$$s_{k,w} = 5,79 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = \mathbf{4,05 \text{ kN/m}^2}$$



### 2.2.2 Návrhová hodnota plošného zatížení návějí

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

$$S_{d;1} = S_{k;1} \cdot \gamma_Q$$

$$S_{d;1} = 0,56 \cdot 1,5 = \mathbf{0,84 \text{ kN/m}^2}$$

$$S_{d;w} = S_{k;w} \cdot \gamma_Q$$

$$S_{d;w} = 4,05 \cdot 1,5 = \mathbf{6,075 \text{ kN/m}^2}$$

### 2.3 Zatížení větrem

Při výpočtu zatížení větrem je objekt uvažován jako celek bez rozlišení haly a přístavby. Uvažována je výška k hřebenu haly i v místě půdorysu přístavby.

#### 2.3.1 Základní rychlost větru $v_b$

Větrná oblast I – Praha

Součinitel větru  $c_{dir} = 1,0$

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

Výchozí základní rychlost větru  $v_{b;0} = 22,5 \text{ m/s}$

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

$$v_b = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 22,5 = \mathbf{22,5 \text{ m/s}}$$

#### 2.3.2 Základní tlak větru

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

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

$$q_{b(z)} = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,5^2 = \mathbf{316,4 \text{ Pa}}$$

#### 2.3.3 Maximální dynamický tlak

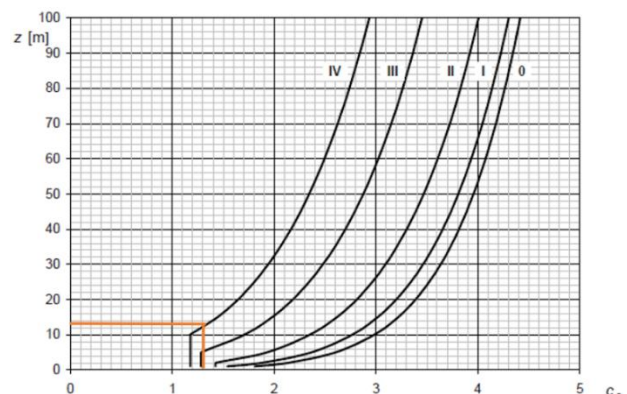
$$q_p(z) = C_{e(z)} \cdot q_{b(z)}$$

$C_{e(z)}$  = součinitel expozice – kategorie terénu IV (Praha)

Výška budovy  $z_{(m)} = 13 \text{ m}$

$$C_{e(z)} = 1,3$$

$$q_p(z) = 1,3 \cdot 316,4 = \mathbf{411,32 \text{ Pa} = 0,411 \text{ kPa}}$$



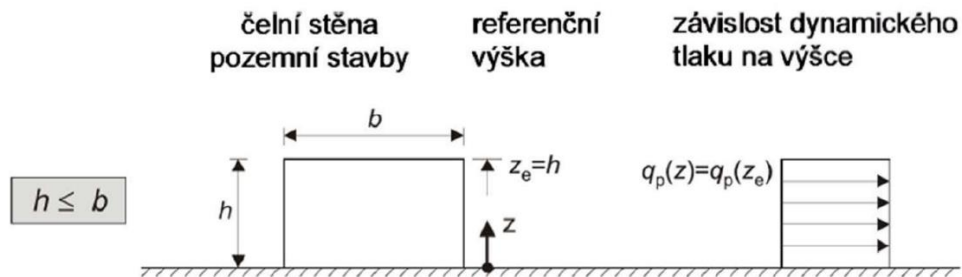
2.3.4 Vítr podélný – svislé stěny

$b = 44$  m

$d = 66$  m

Výška objektu  $h = 13$  m

$h/d = 13/66 = 0,197$



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	-1,4	-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	

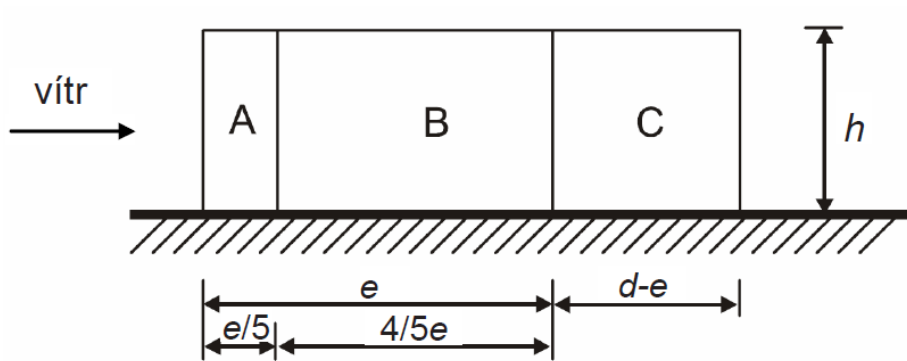
Oblast	$c_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	$W_e$ [kPa]
<b>A</b>	-1,2	0,411	-0,494
<b>B</b>	-0,8	0,411	-0,329
<b>C</b>	-0,5	0,411	-0,206
<b>D</b>	0,7	0,411	0,288
<b>E</b>	-0,3	0,411	-0,123

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

$e = \min (44 \text{ m}; 26 \text{ m}) = 26 \text{ m}$

$d = 66 \text{ m} > e = 26 \text{ m}$

Pohled pro  $d > e$

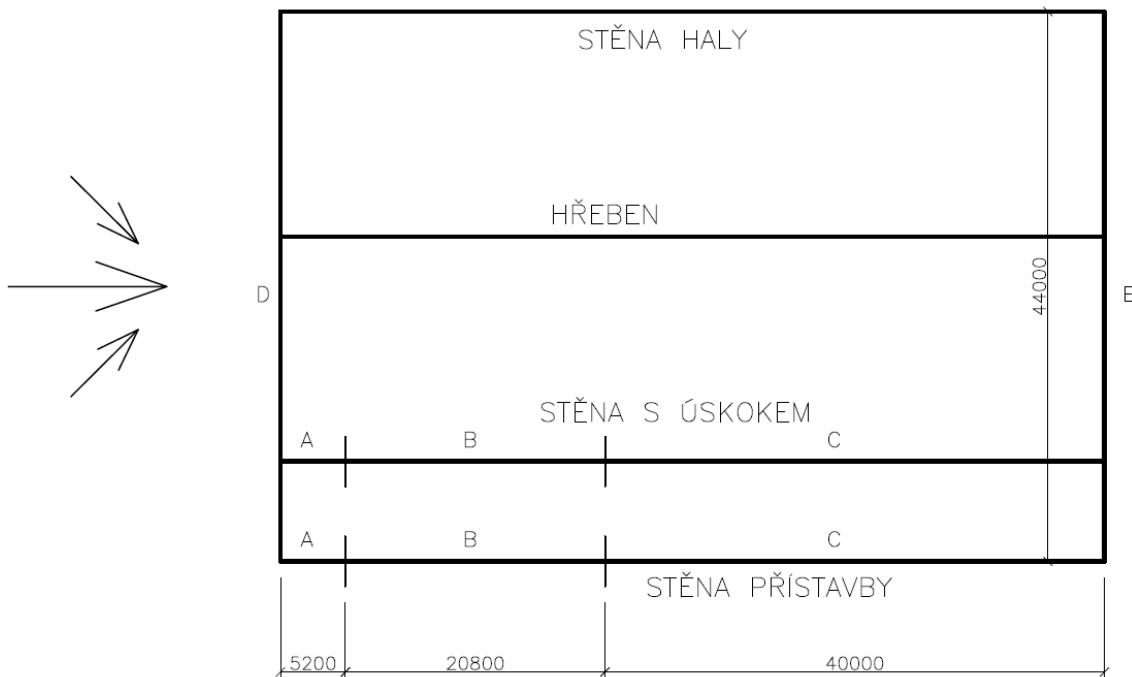


$$e/5 = 26/5 = 5,2 \text{ m}$$

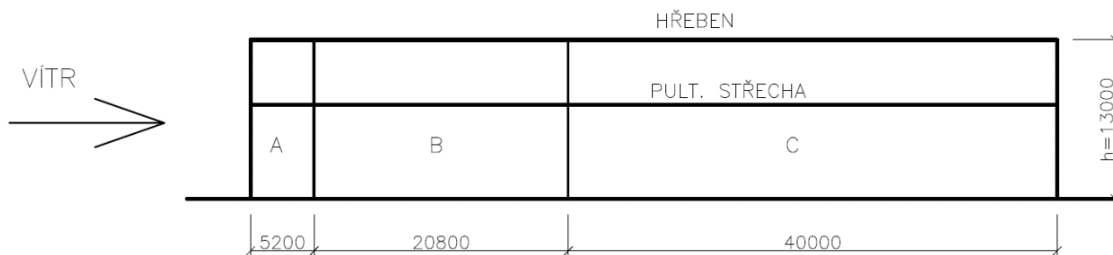
$$4/5e = 4/5 \cdot 26 = 20,8 \text{ m}$$

$$d-e = 66 - 26 = 40 \text{ m}$$

PŮDORYS



POHLED





2.3.5 Vítr podélný – střecha ( $\theta = 90^\circ$ )

Sklon sedlové střechy haly i pultové střechy přístavby je stejný.

$\alpha = 5^\circ$

**Sedlová střecha:**

$b = 36 \text{ m}$

$d = 66 \text{ m}$

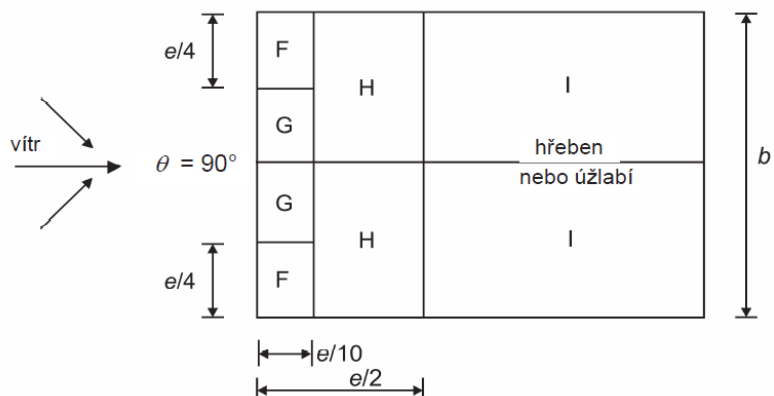
$h = 13 \text{ m}$

Úhel sklonu $\alpha$	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	

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	$W_e$ [kPa]
<b>F</b>	-1,6	0,411	-0,658
<b>G</b>	-1,3	0,411	-0,535
<b>H</b>	-0,7	0,411	-0,288
<b>I</b>	-0,6	0,411	-0,247

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

$e = \min(36 \text{ m} ; 26 \text{ m}) = 26 \text{ m}$



**Pultová střecha:**

$b = 8 \text{ m}$

$d = 66 \text{ m}$

$h = 7,7 \text{ m}$

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

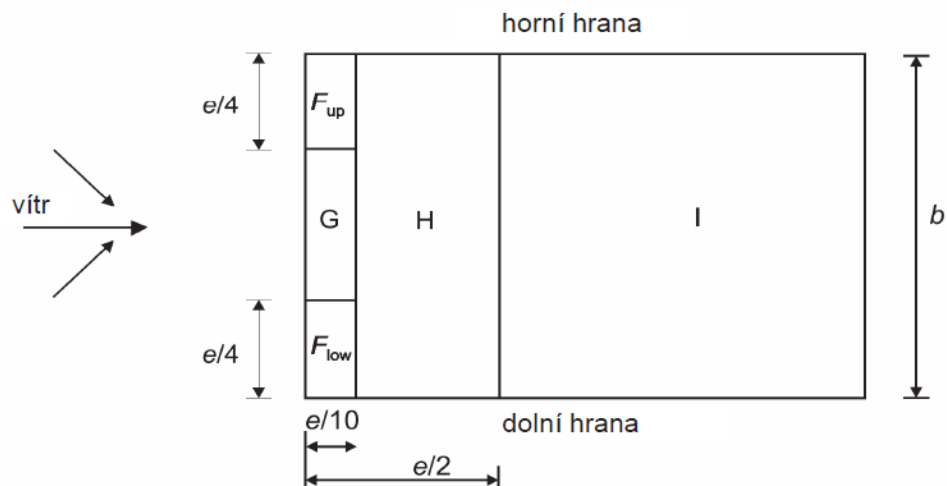
POZNÁMKA 1 Při  $\theta = 0^\circ$  (viz tabulka a) se tlaky prudce mění mezi kladnými a zápornými hodnotami pro úhly sklonu přibližně  $\alpha = +5^\circ$  až  $+45^\circ$ ; proto jsou uvedeny obě kladné a záporné hodnoty. Pro tyto střechy se mají uvažovat dva případy: jeden pro všechny kladné hodnoty a druhý pro všechny záporné hodnoty. Nelze použít smíšené kladné a záporné hodnoty na stejné straně.

POZNÁMKA 2 Pro mezilehlé úhly sklonu lze použít lineární interpolaci mezi hodnotami stejného znaménka. Hodnoty rovné 0,0 jsou uvedeny pro účely interpolace.

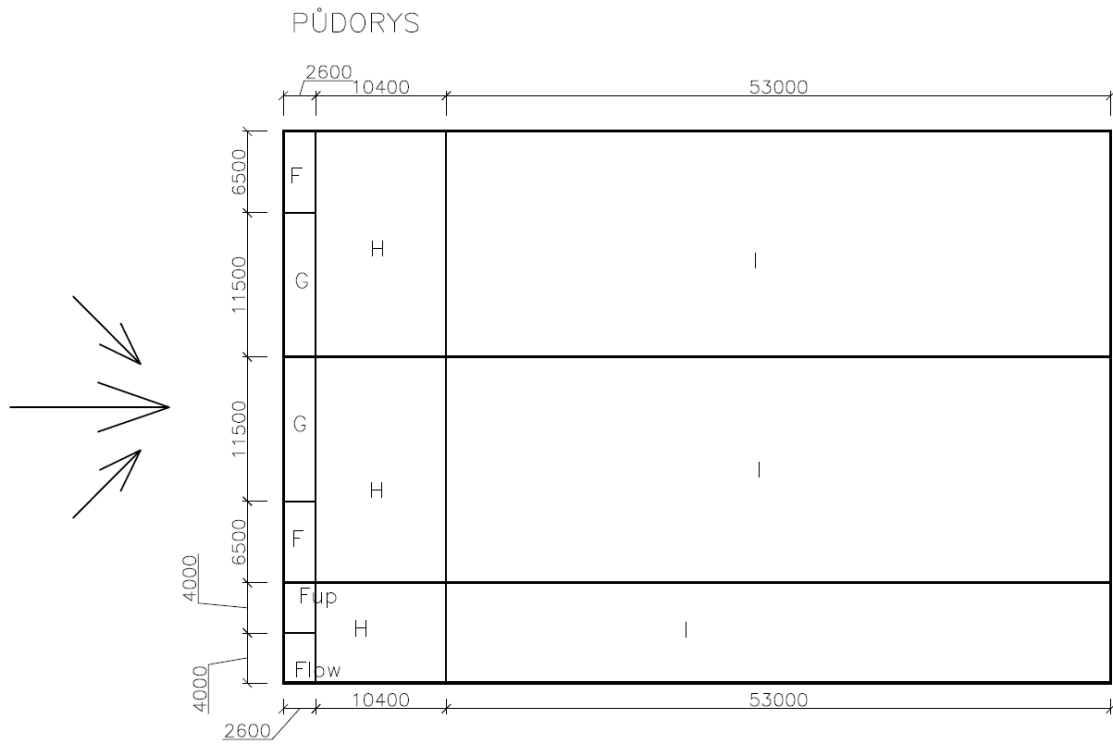
Oblast	$C_{pe,10}$	$qp(z)$ [kPa]	$We$ [kPa]
$F_{up}$	-2,1	0,411	-0,864
$F_{low}$	-2,1	0,411	-0,864
G	-1,8	0,411	-0,740
H	-0,6	0,411	-0,247
I	-0,5	0,411	-0,206

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

$e = \min(8 \text{ m} ; 15,4 \text{ m}) = 8 \text{ m}$



Pro pulotovu střechu přístavby je hodnota  $e$  uvažována stejná jako pro sedlovou střechu halové části  $e = 26 \text{ m}$ . Jde o konzervativní řešení konstrukce, díky kterému dojde ke zjednodušení jejího návrhu.



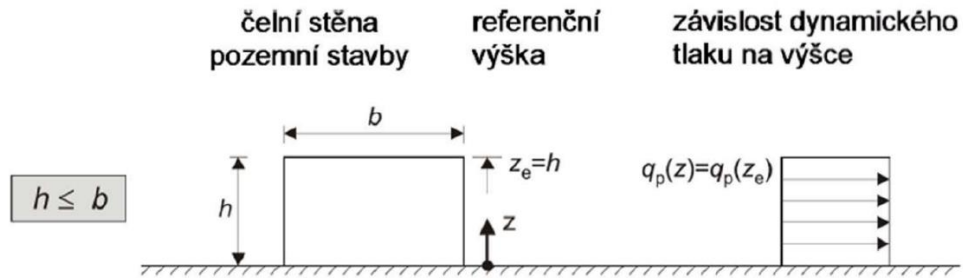
2.3.6 Vítr příčný 1 (strana bez přístavby) – svislé stěny

$b = 66 \text{ m}$

$d = 44 \text{ m}$

Výška objektu  $h = 13 \text{ m}$

$h/d = 13/44 = 0,295$



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	-1,4	-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	

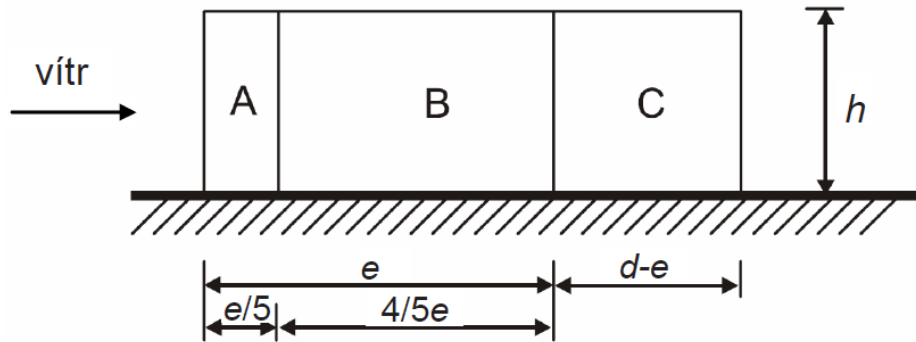
Oblast	$c_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	$W_e$ [kPa]
<b>A</b>	-1,2	0,411	-0,494
<b>B</b>	-0,8	0,411	-0,329
<b>C</b>	-0,5	0,411	-0,206
<b>D</b>	0,7	0,411	0,288
<b>E</b>	-0,3	0,411	-0,123

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

$e = \min (66 \text{ m}; 26 \text{ m}) = 26 \text{ m}$

$d = 44 \text{ m} > e = 26 \text{ m}$

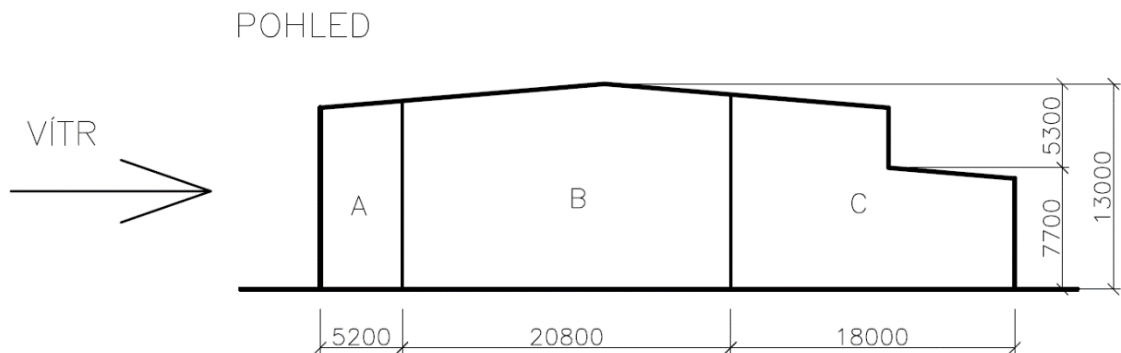
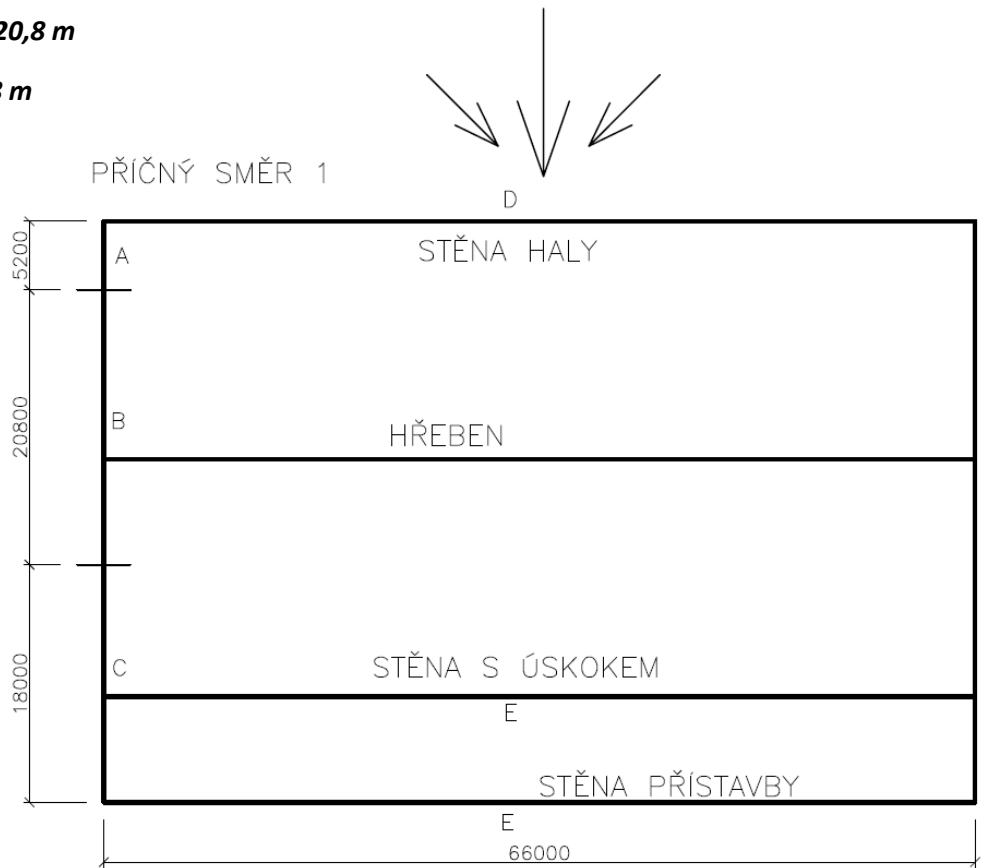
Pohled pro  $d > e$



$$e/5 = 26/5 = 5,2 \text{ m}$$

$$4/5e = 4/5 \cdot 26 = 20,8 \text{ m}$$

$$d-e = 44 - 26 = 18 \text{ m}$$



2.3.7 Vítr příčný 1 (strana bez přístavby) – střecha ( $\theta = 180^\circ$ )

Sklon sedlové střechy haly i pultové střechy přístavby je stejný.

$\alpha = 5^\circ$

**Sedlová střecha:**

**b = 66 m**

**d = 36 m**

**h = 13 m**

Úhel sklonu $\alpha$	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	

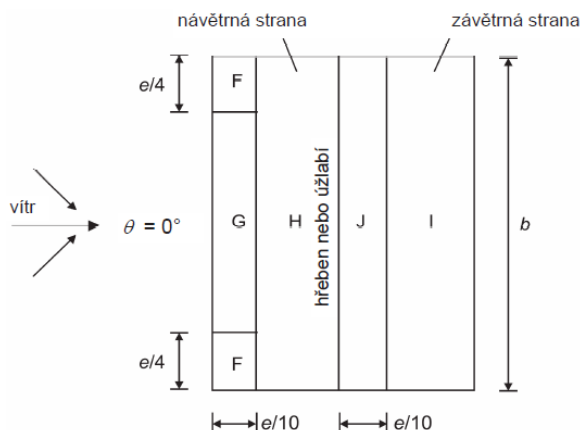
POZNÁMKA 1 Při  $\theta = 0^\circ$  se tlaky prudce mění mezi kladnými a zápornými hodnotami pro úhly sklonu přibližně  $\alpha = -5^\circ$  až  $+45^\circ$ ; proto jsou uvedeny kladné a záporné hodnoty. Pro tyto střechy se mají uvažovat čtyři případy, ve kterých největší a nejmenší hodnoty ze všech oblastí F, G, a H jsou kombinovány s největšími a nejmenšími hodnotami v oblastech I a J. Na stejné straně nelze použít smíšené kladné a záporné hodnoty.

POZNÁMKA 2 Pro mezilehlé úhly sklonu se stejným znaménkem lze použít lineární interpolaci mezi hodnotami se stejným znaménkem. (Není dovoleno interpolovat mezi  $\alpha = +5^\circ$  a  $\alpha = -5^\circ$ , ale použijí se hodnoty pro ploché střechy podle 7.2.3). Hodnoty 0,0 jsou uvedeny pro potřeby interpolace.

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	$W_e$ [kPa]
F	-1,7	0,411	-0,699
G	-1,2	0,411	-0,493
H	-0,6	0,411	-0,247
I	-0,6	0,411	-0,247
J	-0,6	0,411	-0,247

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

$e = \min(66 \text{ m} ; 26 \text{ m}) = 26 \text{ m}$



**Pultová střecha:**

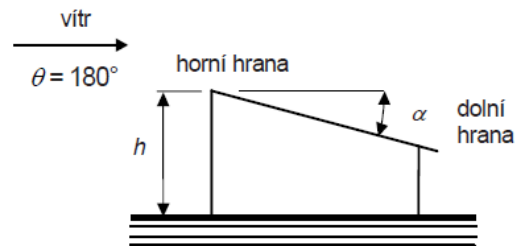
$b = 8 \text{ m}$

$d = 36 \text{ m}$

$h = 7,7 \text{ m}$

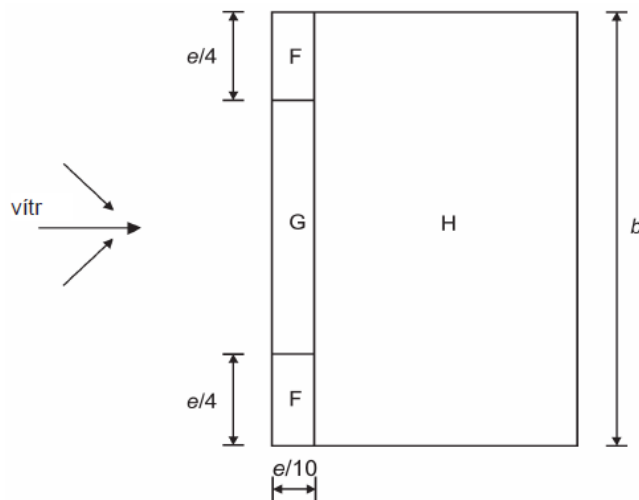
Úhel sklonu $\alpha$	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$						Oblast pro směr větru $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

Oblast	$C_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	$W_e$ [kPa]
F	-2,3	0,411	-0,945
G	-1,3	0,411	-0,534
H	-0,8	0,411	-0,329



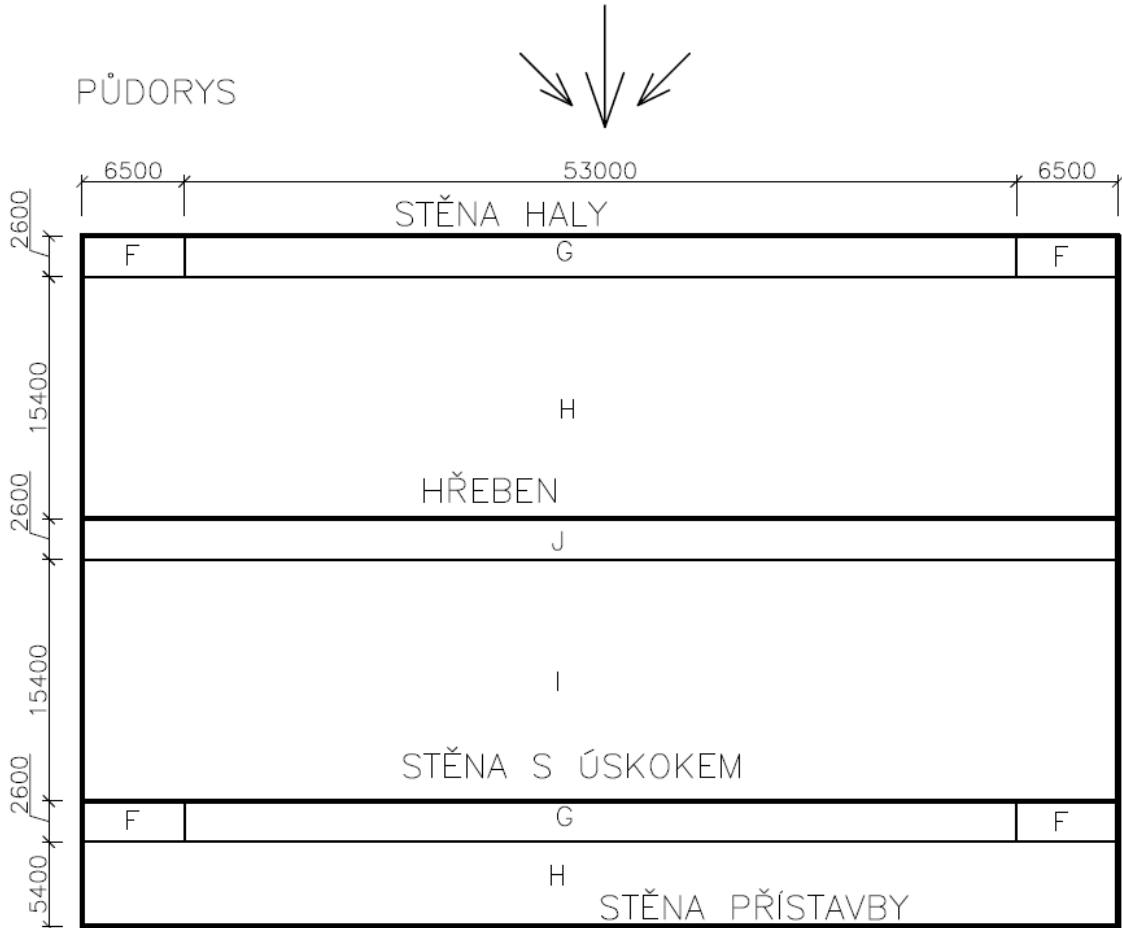
$e = \min(b ; 2h)$

$e = \min(8 \text{ m} ; 15,4 \text{ m}) = 8 \text{ m}$



Pro pultovou střechu přístavby je hodnota  $e$  uvažována stejná jako pro sedlovou střechu halové části  $e = 26 \text{ m}$ . Jde o konzervativní řešení konstrukce, díky kterému dojde ke zjednodušení jejího návrhu.

Výsledné hodnoty pro pultovou střechu přístavby budou v reálném provedení menší, jelikož ve výpočtu není uvažováno snížení působení větru na pultovou střechu, kvůli překážející halové části.





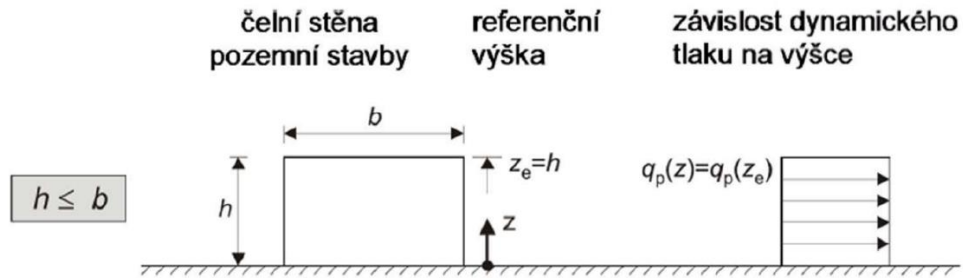
2.3.8 Vítr příčný 2 (strana s přístavbou) – svislé stěny

$b = 66 \text{ m}$

$d = 44 \text{ m}$

Výška objektu  $h = 13 \text{ m}$

$h/d = 13/44 = 0,295$



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	-1,4	-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	

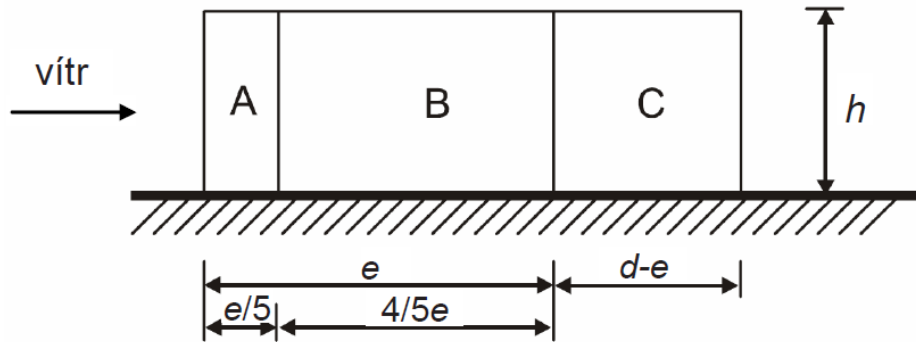
Oblast	$c_{pe,10}$	$q_p(z)$ [kPa]	$W_e$ [kPa]
<b>A</b>	-1,2	0,411	-0,494
<b>B</b>	-0,8	0,411	-0,329
<b>C</b>	-0,5	0,411	-0,206
<b>D</b>	0,7	0,411	0,288
<b>E</b>	-0,3	0,411	-0,123

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

$e = \min (66 \text{ m}; 26 \text{ m}) = 26 \text{ m}$

$d = 44 \text{ m} > e = 26 \text{ m}$

Pohled pro  $d > e$

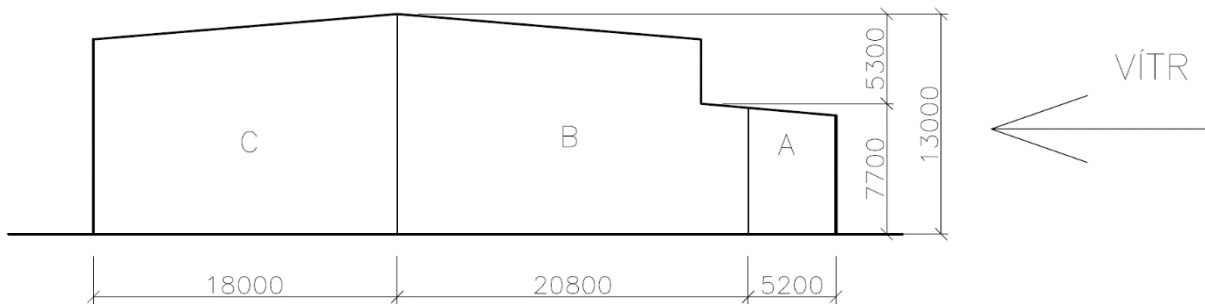
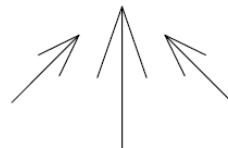
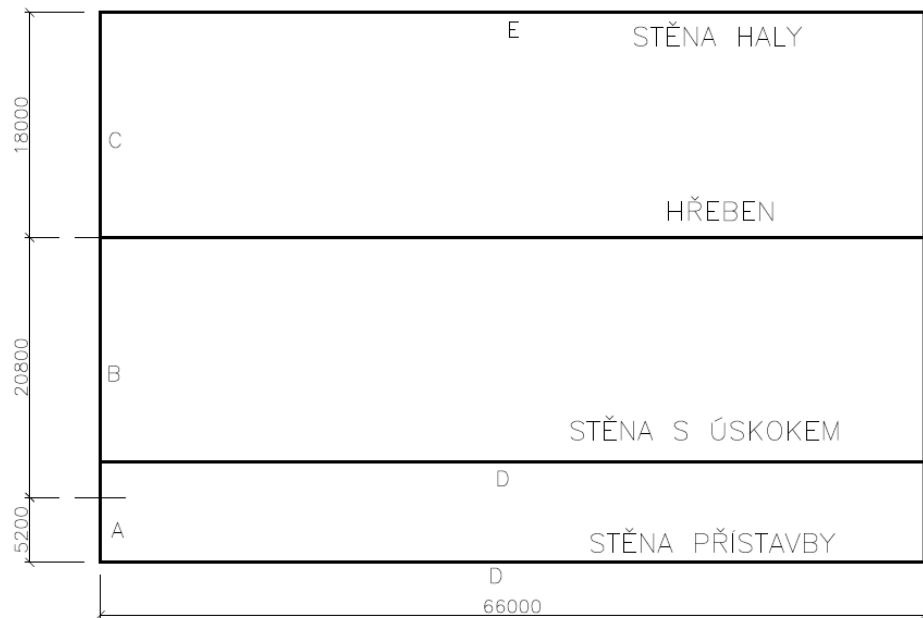


$$e/5 = 26/5 = 5,2 \text{ m}$$

$$4/5e = 4/5 \cdot 26 = 20,8 \text{ m}$$

$$d-e = 44 - 26 = 18 \text{ m}$$

PŘÍČNÝ SMĚR 2



2.3.9 Vítr příčný 2 (strana s přístavbou) – střecha ( $\theta = 0^\circ$ )

Sklon sedlové střechy haly i pultové střechy přístavby je stejný.

$\alpha = 5^\circ$

**Sedlová střecha:**

**$b = 66$  m**

**$d = 36$  m**

**$h = 13$  m**

Úhel sklonu $\alpha$	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	

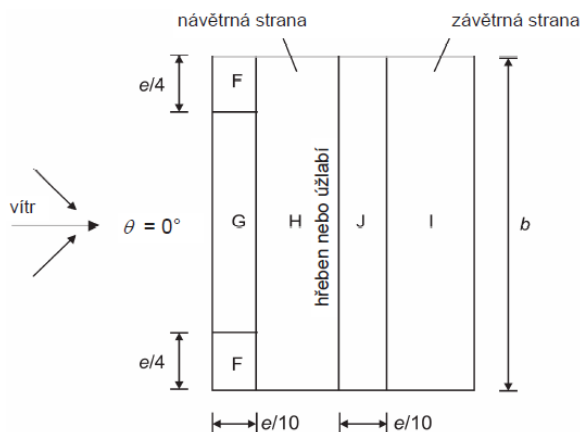
POZNÁMKA 1 Při  $\theta = 0^\circ$  se tlaky prudce mění mezi kladnými a zápornými hodnotami pro úhly sklonu přibližně  $\alpha = -5^\circ$  až  $+45^\circ$ ; proto jsou uvedeny kladné a záporné hodnoty. Pro tyto střechy se mají uvažovat čtyři případy, ve kterých největší a nejmenší hodnoty ze všech oblastí F, G, a H jsou kombinovány s největšími a nejmenšími hodnotami v oblastech I a J. Na stejné straně nelze použít smíšené kladné a záporné hodnoty.

POZNÁMKA 2 Pro mezilehlé úhly sklonu se stejným znaménkem lze použít lineární interpolaci mezi hodnotami se stejným znaménkem. (Není dovoleno interpolovat mezi  $\alpha = +5^\circ$  a  $\alpha = -5^\circ$ , ale použijí se hodnoty pro ploché střechy podle 7.2.3). Hodnoty 0,0 jsou uvedeny pro potřeby interpolace.

Oblast	$C_{pe,10}$	$qp(z)$ [kPa]	$We$ [kPa]
<b>F</b>	-1,7	0,411	-0,699
<b>G</b>	-1,2	0,411	-0,493
<b>H</b>	-0,6	0,411	-0,247
<b>I</b>	-0,6	0,411	-0,247
<b>J</b>	-0,6	0,411	-0,247

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

$e = \min(66 \text{ m} ; 26 \text{ m}) = 26 \text{ m}$



**Pultová střecha:**

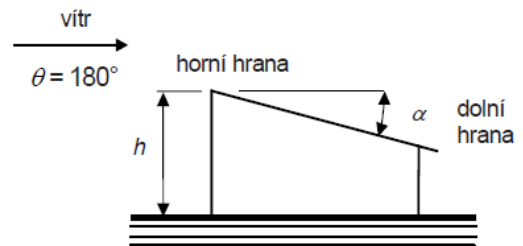
**$b = 8$  m**

**$d = 36$  m**

**$h = 7,7$  m**

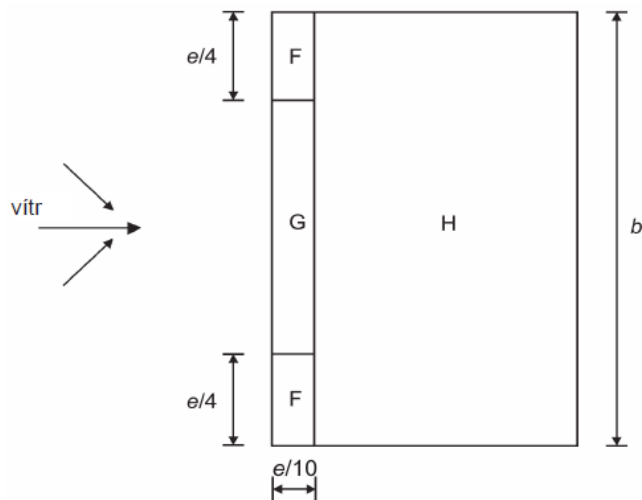
Úhel sklonu $\alpha$	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$						Oblast pro směr větru $\theta = 180^\circ$					
	F		G		H		F		G		H	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-2,3	-2,5	-1,3	-2,0	-0,8	-1,2
	+0,0		+0,0		+0,0							
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2
	+0,2		+0,2		+0,2							
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-1,1	-2,3	-0,8	-1,5	-0,8	
	+0,7		+0,7		+0,4							
45°	-0,0		-0,0		-0,0		-0,6	-1,3	-0,5		-0,7	
	+0,7		+0,7		+0,6							
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,5	-1,0	-0,5		-0,5	

Oblast	$C_{pe,10}$	$qp(z)$ [kPa]	$W_e$ [kPa]
F	-1,7	0,411	-0,699
G	-1,2	0,411	-0,493
H	-0,6	0,411	-0,247



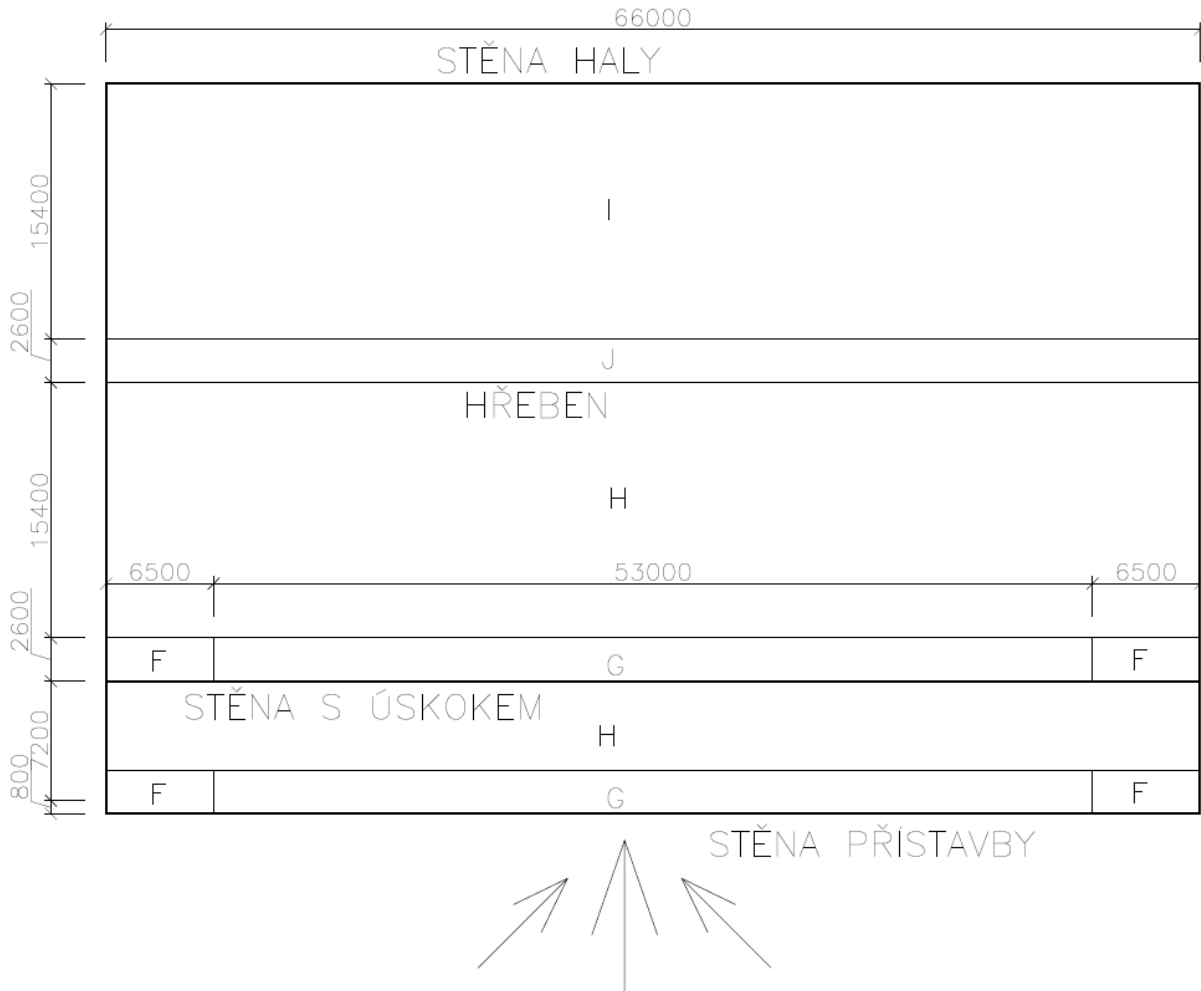
$e = \min(b ; 2h)$

$e = \min(8 \text{ m} ; 15,4 \text{ m}) = 8 \text{ m}$



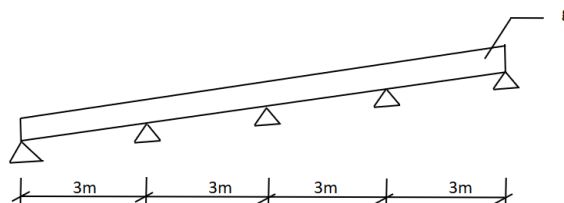
Pro pultovou střechu přístavby je hodnota  $e$  uvažována stejná jako pro sedlovou střechu halové části  $e = 26 \text{ m}$ . Jde o konzervativní řešení konstrukce, díky kterému dojde ke zjednodušení jejího návrhu.

Výsledné hodnoty pro pultovou střechu přístavby budou v reálném provedení menší, jelikož ve výpočtu není uvažováno snížení působení větru na pultovou střechu, kvůli překážející halové části.



### 3. Návrh střešního pláště

Pro střešní plášť jsou navrženy dvě varianty. První variantou je sendvičový panel Kingspan a druhou variantou je návrh střešního pláště z trapézového plechu. Na základě návrhu se poté rozhodne, která varianta se použije. Návrh bude proveden jako spojitý nosník o 4 polích s rozpětím 3 metry.



#### 3.1 Návrh sendvičového panelu

Navržený je panel Kingspan 1000 RW 60. Vlastní tíha panelu je 10,7 kg/m<sup>2</sup>.

##### 3.1.1 Výpočet zatížení sendvičového panelu

Zatížení sněhem:

zatížení	Charakteristické [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$	Návrhové [kN/m <sup>2</sup> ]
stálé (vl. tíha)	0,107	1,35	0,145
sníh	0,70	1,5	1,05
$\Sigma$	0,807		1,195

Zatížení sáním:

zatížení	Charakteristické [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$	Návrhové [kN/m <sup>2</sup> ]
stálé (vl. tíha)	0,107	1	0,107
sníh	-0,95	1,5	-1,42
$\Sigma$	-0,843		-1,313

### 3.1.2 Posouzení sendvičového panelu

Pro posouzení jsou použity tabulky únosností vybraného panelu od výrobce. Celé tabulky viz. příloha.

TLAK																					
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení sněhem [kN/m <sup>2</sup> ]																			
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
prosty nosník ▲	I., II., III.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
		4,86	4,16	3,70	3,17	2,68	2,32	2,04	1,83	1,67	1,53	1,42	1,33	1,26	1,19	1,13	1,08	1,04	1,00	0,97	0,94
		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
spojitý nosník o 2 polích ▲▲	I., II., III.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
		5,81	4,13	3,30	2,80	2,46	2,22	2,03	1,83	1,67	1,53	1,42	1,33	1,26	1,19	1,13	1,08	1,04	1,00	0,97	0,94
		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
spojitý nosník o 3 polích ▲▲▲	I., II., III.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
		6,58	4,68	3,72	3,15	2,68	2,32	2,04	1,83	1,67	1,53	1,42	1,33	1,26	1,19	1,13	1,08	1,04	1,00	0,97	0,94
		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

SÁNÍ																					
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení sání větru [kN/m <sup>2</sup> ]																			
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
prosty nosník ▲	I.	4,86	4,86	4,29	3,78	3,39	3,09	2,86	2,66	2,50	2,37	2,25	2,12	1,98	1,86	1,75	1,65	1,56	1,49	1,42	1,35
	II.	4,86	4,71	4,06	3,62	3,30	3,05	2,85	2,66	2,50	2,37	2,25	2,12	1,98	1,86	1,75	1,65	1,56	1,49	1,42	1,35
	III.	4,40	3,86	3,53	3,28	3,09	2,88	2,70	2,56	2,43	2,32	2,23	2,12	1,98	1,86	1,75	1,65	1,56	1,49	1,42	1,35
spojitý nosník o 2 polích ▲▲	I.	8,54	6,02	4,46	3,58	3,04	2,67	2,39	2,18	2,02	1,88	1,76	1,67	1,58	1,51	1,44	1,39	1,34	1,29	1,24	1,21
	II.	8,54	5,90	4,26	3,42	2,91	2,56	2,30	2,10	1,94	1,81	1,71	1,61	1,54	1,46	1,40	1,35	1,30	1,26	1,22	1,18
	III.	8,54	5,48	3,95	3,18	2,71	2,39	2,16	1,98	1,84	1,72	1,62	1,54	1,47	1,40	1,35	1,30	1,25	1,21	1,18	1,14
spojitý nosník o 3 polích ▲▲▲	I.	7,94	6,02	4,81	4,10	3,46	3,02	2,69	2,44	2,25	2,09	1,96	1,84	1,75	1,66	1,59	1,52	1,47	1,42	1,37	1,32
	II.	7,94	6,02	4,81	3,98	3,36	2,93	2,62	2,38	2,19	2,03	1,90	1,80	1,70	1,62	1,55	1,49	1,44	1,39	1,34	1,30
	III.	7,94	6,02	4,78	3,80	3,20	2,80	2,50	2,28	2,10	1,95	1,83	1,73	1,64	1,57	1,50	1,44	1,39	1,34	1,30	1,26

#### Zatížení sněhem

$$q_{Ek} = 0,7 \text{ kN/m}^2$$

Interpolací hodnot z tabulky získáme maximální rozpon 3,91m. Navržený rozpon jsou 3m. Navržený panel vyhovuje.

#### Zatížení sáním

$$q_{Ek} = -0,95 \text{ kN/m}^2$$

Interpolací hodnot z tabulky získáme maximální rozpon 3,99m. Navržený rozpon jsou 3m. Navržený panel vyhovuje.

Navržený sendvičový panel Kingspan 1000 RW 60 **vyhovuje**.

### 3.2 Návrh trapézového plechu

Navržená skladba

Materiál vrstvy	Vlastní tíha [kN/m <sup>2</sup> ]
Plechová krytina: TR 35/207	0,097
Tepelná izolace Rockwool Monrock Max E, tl. 200mm	0,294
Spodní trapézový plech: TR 50/250	0,10
Σ	0,491

### 3.2.1 Výpočet zatížení trapézového plechu

Zatížení sněhem:

zatížení	Charakteristické [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$	Návrhové [kN/m <sup>2</sup> ]
stálé (vl. tíha)	0,491	1,35	0,662
sníh	0,70	1,5	1,05
$\Sigma$	1,191		1,712

Zatížení sáním:

zatížení	Charakteristické [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$	Návrhové [kN/m <sup>2</sup> ]
stálé (vl. tíha)	0,491	1	0,491
sníh	-0,95	1,5	-1,419
$\Sigma$	-0,455		-0,928

### 3.2.2 Posouzení spodního trapézového plechu

Pro posouzení jsou použity tabulky únosností vybraného trapézového plechu od výrobce. Celé tabulky viz. příloha.

$t_N$ [mm]	g [kg/m <sup>2</sup> ]	Rozpětí [m]																			pro spojité nosníky o třech polích lze únosnost zvýšit o 7%		
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	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	
0,63	6,30	$q_{R1}$	10,24	7,34	5,54	4,34	3,49	2,88	2,41	2,05	1,76	1,54	1,35	1,19	1,06	0,96	0,86	0,77	0,69	0,63	0,57	0,53	0,48
		$q_{Ed}$	7,40	5,92	4,87	3,85	3,13	2,60	2,19	1,87	1,62	1,42	1,25	1,11	0,99	0,89	0,81	0,74	0,67	0,62	0,57	0,52	0,48
		$q_k$	25,00	13,11	7,50	4,78	3,20	2,25	1,64	1,23	0,95	0,75	0,60	0,49	0,40	0,33	0,28	0,24	0,20	0,18	0,15	0,13	0,12
0,75	7,50	$q_{R1}$	14,43	10,32	7,77	6,07	4,88	4,01	3,36	2,85	2,46	2,13	1,87	1,66	1,48	1,31	1,17	1,05	0,95	0,86	0,79	0,72	0,66
		$q_{Ed}$	10,90	8,72	6,84	5,40	4,38	3,63	3,06	2,62	2,26	1,98	1,74	1,55	1,38	1,24	1,12	1,02	0,93	0,85	0,79	0,72	0,66
		$q_k$	32,57	16,08	9,65	6,08	4,07	2,80	2,08	1,57	1,21	0,95	0,76	0,62	0,51	0,42	0,36	0,30	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15
0,88	8,80	$q_{R1}$	19,32	13,72	10,28	8,00	6,41	5,25	4,39	3,72	3,19	2,77	2,43	2,13	1,87	1,66	1,48	1,33	1,20	1,09	0,99	0,91	0,83
		$q_{Ed}$	15,39	11,96	9,08	7,14	5,78	4,77	4,01	3,42	2,95	2,57	2,26	2,01	1,79	1,61	1,45	1,32	1,20	1,09	0,99	0,91	0,83
		$q_k$	40,01	20,79	12,03	7,58	5,08	3,57	2,90	1,95	1,50	1,18	0,95	0,77	0,63	0,53	0,45	0,38	0,32	0,28	0,24	0,21	0,19
1,00	10,00	$q_{R1}$	24,26	17,16	12,80	9,93	7,94	6,49	5,41	4,58	3,93	3,40	2,95	2,57	2,26	2,00	1,79	1,60	1,45	1,31	1,20	1,09	1,00
		$q_{Ed}$	20,17	14,99	11,34	8,89	7,17	5,91	4,96	4,22	3,64	3,17	2,78	2,46	2,20	1,97	1,78	1,60	1,45	1,31	1,20	1,09	1,00
		$q_k$	48,01	24,80	14,40	9,07	6,08	4,27	3,11	2,34	1,80	1,42	1,13	0,92	0,76	0,63	0,53	0,45	0,39	0,34	0,29	0,25	0,23
1,13	11,30	$q_{R1}$	30,06	21,16	15,74	12,17	9,70	7,92	6,59	5,57	4,77	4,08	3,52	3,06	2,69	2,39	2,13	1,91	1,73	1,57	1,43	1,31	1,20
		$q_{Ed}$	25,87	18,52	13,96	10,92	8,79	7,23	6,06	5,15	4,43	3,85	3,38	2,99	2,67	2,39	2,13	1,91	1,73	1,57	1,43	1,31	1,20
		$q_k$	58,00	30,00	17,30	10,93	7,32	5,14	3,75	2,82	2,17	1,71	1,37	1,11	0,92	0,76	0,64	0,55	0,47	0,40	0,35	0,31	0,27
1,25	12,50	$q_{R1}$	35,79	25,10	18,61	14,37	11,43	9,31	7,74	6,53	5,52	4,71	4,06	3,54	3,11	2,76	2,46	2,21	1,99	1,81	1,65	1,51	1,38
		$q_{Ed}$	30,83	22,01	16,54	12,91	10,37	8,51	7,13	6,05	5,20	4,52	3,96	3,50	3,11	2,76	2,46	2,21	1,99	1,81	1,65	1,51	1,38
		$q_k$	68,29	34,90	20,23	12,74	8,54	5,90	4,37	3,28	2,53	1,90	1,50	1,20	1,07	0,89	0,75	0,64	0,55	0,47	0,41	0,36	0,32

$q_{Rd} = 3,64 \text{ kN/m}^2$

$q_{Ed} = 1,712 \text{ kN/m}^2 < q_{Rd} = 3,64 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$  Spodní trapézový plech vyhovuje.

$q_{Rk} = 1,80 \text{ kN/m}^2$

$q_{Ek} = 1,191 \text{ kN/m}^2 < q_{Rk} = 1,8 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$  Spodní trapézový plech vyhovuje.

Navržená skladba střešního pláště s trapézovým plechem TR50/250 **vyhovuje**.



Z návrhu střešního panelu je zřejmé, že navržená skladba střešního pláště s trapézovým plechem je asi čtyřikrát těžší než navržený střešní panel Kingspan. Z tohoto důvodu volím na střešní plášť sendvičové panely Kingspan 1000 RW 60. V dalších výpočtech je uvažována pouze tato varianta.

## 4. Návrh paždíků

Paždíky jsou navrženy pro celou halu ze stejného profilu C240/2,0. Vlastní tíha profilu je 6,2 kg/m. Vzdálenost mezi paždíky je 2 metry.

### 4.1 Výpočet zatížení paždíku

zatížení	Zatěžovací šířka [m]	Charakteristické [kN/m]	$\gamma$	Návrhové [kN/m]
stálé (vl. tíha)	-	0,062	1	0,062
vítr	2	$(-0,58 \cdot 2) = -1,15$	1,5	-1,73
$\Sigma$		-1,090		-1,666

### 4.2 Posouzení paždíku

Pro posouzení je použita tabulka únosností od výrobce. Celá tabulka viz. příloha.

Profil G [kg/m]		Připustné 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
C 240/2,0	1	4.46	3.85	3.49	3.18	2.92	2.68	2.47	2.29	2.12	1.98	1.85	1.73	1.62	1.53	1.44	1.36	1.28
	2	3.78	3.25	2.95	2.69	2.46	2.26	2.08	1.93	1.79	1.66	1.55	1.45	1.36	1.28	1.20	1.14	1.07
	3	-5.17	-4.45	-4.03	-3.67	-3.36	-3.08	-2.84	-2.62	-2.43	-2.26	-2.11	-1.98	-1.86	-1.75	-1.65	-1.56	-1.48
	4	-4.23	-3.60	-3.25	-2.94	-2.67	-2.43	-2.23	-2.04	-1.88	-1.74	-1.62	-1.51	-1.41	-1.33	-1.25	-1.17	-1.11
G =6,20 kg/m	5	21.5	17.7	14.6	12.0	9.99	8.35	7.01	5.92	5.02	5.26	4.60	4.05	3.57	3.16	2.80	2.49	2.22
	6	14.3	11.8	9.70	8.01	6.66	5.57	4.68	3.95	3.35	3.50	3.07	2.70	2.38	2.10	1.87	1.66	1.48

$$q_{Rd} = 1,98 \text{ kN/m}$$

$$q_{Ed} = 1,73 \text{ kN/m} < q_{Rd} = 1,98 \text{ kN/m}$$

Navržený paždík průřezu C240/2,0 **vyhovuje**.

## 5. Návrh vaznice haly

Vaznice na sedlové střeše haly jsou umístěny po 3 metrech. Navržený průřez vaznice je Z240/2,5. Vlastní tíha vaznice je 7,75 kg/m.

### 5.1 Výpočet zatížení vaznice

#### 5.1.1 Zatížení sněhem

zatížení	Zatěžovací šířka [m]	Charakteristické [kN/m]	$\gamma$	Návrhové [kN/m]
vlastní tíha	-	0,0775	1,35	0,105
střešní panel	3	$3 \cdot 0,107 = 0,321$	1,35	0,433
sníh	3	$3 \cdot 0,56 = 1,68$	1,5	2,52
$\Sigma$		2,079		3,058

$$q_{Ed} = 3,058 \text{ kN/m}$$

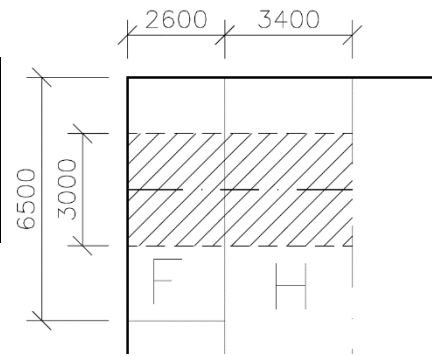
$$q_{Ek} = 2,079 \text{ kN/m}$$

### 5.1.2 Zatížení větrem

Podélný vítr

	Zatěžovací plocha [m <sup>2</sup> ]	W <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Výsledné zatížení w <sub>EK</sub> [kN]
F	3*2,6=7,8	-0,658	7,8*(-0,658)=-5,13
H	3*3,4=10,2	-0,288	10,2*(-0,288)=-2,94
Σ			-8,07

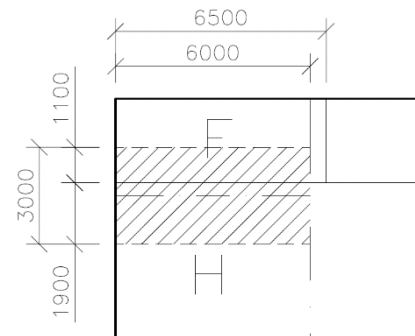
$$q_k = \frac{w_{EK}}{L_{pole}} = \frac{-8,07}{6} = -1,345 \text{ kN/m}$$



Příčný vítr

	Zatěžovací plocha [m <sup>2</sup> ]	W <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Výsledné zatížení w <sub>EK</sub> [kN]
F	6*1,1=6,6	-0,699	6,6*(-0,699)=-4,61
H	6*1,9=11,4	-0,247	11,4*(-0,247)=-2,82
Σ			-7,43

$$q_k = \frac{w_{EK}}{L_{pole}} = \frac{-7,43}{6} = -1,24 \text{ kN/m}$$



Pro návrh vaznice je použita větší hodnota sání q<sub>k</sub>= -1,345 kN/m.

zatížení	Zatěžovací šířka [m]	Charakteristické [kN/m]	γ	Návrhové [kN/m]
vlastní tíha	-	0,0775	1	0,0775
střešní panel	3	3*0,107=0,321	1	0,321
sání		-1,345	1,5	-2,018
Σ				-1,619

$$q_{Ed} = -1,619 \text{ kN/m}$$

### 5.2 Posouzení vaznice haly

Pro posouzení je použita tabulka únosností od výrobce. Celá tabulka viz. příloha.

Profil		Připustné 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

MSÚ: stálé+sníh: q<sub>Ed</sub>= 3,058 kN/m < q<sub>Rd</sub>= 5,23 kN/m -> vyhovuje

stálé+sání: q<sub>Ed</sub>= -1,619 kN/m < q<sub>Rd</sub>= -4,24 kN/m -> vyhovuje

MSP: q<sub>EK</sub>= 2,079 kN/m < q<sub>RK</sub>= 5,73 kN/m -> vyhovuje

Navržená vaznice průřezu Z240/2,5 **vyhovuje**.

## 6. Návrh vaznice přístavby

U přístavby je rozhodujícím faktorem návrhu vaznice sněhová návěj. Kvůli velkému zatížení od návěje dojde v polovině pultové střechy k redukci vzdálenosti mezi vaznicemi ze 2 metrů na 1 metr. Nejméně zatíženější vaznice bude jedna z vaznic V1 a V2. Navržený je průřez Z270/2,5. Vlastní tíha vaznice je 8,34 kg/m.

Zatížení na vaznici V1:

$$q_{V1;snih}=3,59 \text{ kN/m}^2$$

zatěžovací šířka: 1 metr

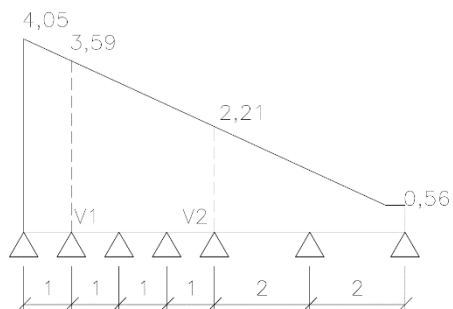
$$q_{V1}=3,59 \cdot 1= \mathbf{3,59 \text{ kN/m}}$$

Zatížení na vaznici V2:

$$q_{V2;snih}=2,21 \text{ kN/m}^2$$

zatěžovací šířka: 1,5 metr

$$q_{V2}=2,21 \cdot 1,5= \mathbf{3,315 \text{ kN/m}}$$



Z výpočtu vychází, že nejméně zatíženější vaznicí bude vaznice V1. Po zbytek výpočtu je uvažována pouze vaznice V1.

### 6.1 Výpočet zatížení vaznice

#### 6.1.1 Zatížení sněhem

zatížení	Zatěžovací šířka [m]	Charakteristické [kN/m]	$\gamma$	Návrhové [kN/m]
vlastní tíha	-	0,0834	1,35	0,113
střešní panel	1	0,107	1,35	0,144
sníh	1	3,59	1,5	5,385
$\Sigma$		3,780		5,642

$$q_{Ed}= 5,642 \text{ kN/m}$$

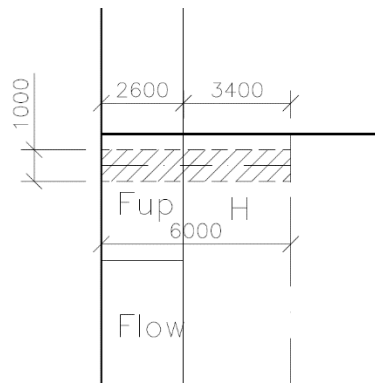
$$q_{Ek}= 3,780 \text{ kN/m}$$

#### 6.1.2 Zatížení větrem

Podélný vítr

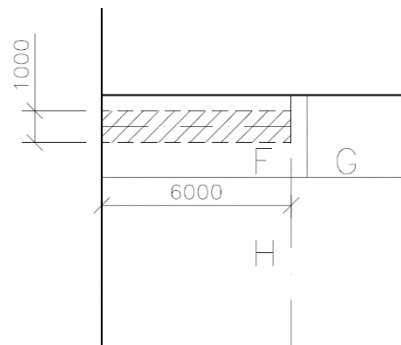
	Zatěžovací plocha [m²]	$W_e$ [kN/m²]	Výsledné zatížení $w_{Ek}$ [kN]
$F_{up}$	$1 \cdot 2,6=2,6$	-0,864	$2,6 \cdot (-0,864)=-2,246$
H	$1 \cdot 3,4=3,4$	-0,247	$3,4 \cdot (-0,247)=-0,830$
$\Sigma$			-3,076

$$q_k = \frac{w_{Ek}}{L_{pole}} = \frac{-3,076}{6} = \mathbf{-0,513 \text{ kN/m}}$$



Příčný vítr

	Zatěžovací plocha [m <sup>2</sup> ]	W <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Výsledné zatížení w <sub>EK</sub> [kN]
F	1*6=6	-0,945	6*(-0,945)=-5,67
Σ			-5,67



$$q_k = \frac{w_{Ek}}{L_{pole}} = \frac{-5,67}{6} = -0,945 \text{ kN/m}$$

Pro návrh vaznice je použita větší hodnota sání q<sub>k</sub>= -0,945 kN/m.

zatížení	Zatěžovací šířka [m]	Charakteristické [kN/m]	γ	Návrhové [kN/m]
vlastní tíha	-	0,0834	1	0,0834
střešní panel	1	0,107	1	0,107
sání		-0,945	1,5	-1,418
Σ				-1,228

q<sub>Ed</sub>= -1,228 kN/m

## 6.2 Posouzení vaznice přístavby

Pro posouzení je použita tabulka únosností od výrobce. Celá tabulka viz. příloha.

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 270/2,5	1	8.16	6.84	5.83	5.32	4.88	4.49	4.14	3.83	3.55	3.30	3.07	2.66	2.32	2.04	1.80	1.60	1.43
	2	6.74	5.72	4.94	4.59	4.28	4.01	3.76	3.54	3.33	3.15	2.98	2.59	2.27	2.00	1.76	1.53	1.34
	3	-6.63	-5.33	-4.36	-3.99	-3.67	-3.39	-3.13	-2.90	-2.70	-2.51	-2.34	-2.05	-1.81	-1.61	-1.43	-1.28	-1.16
vnitřní : Z 270/2,0	4	-4.79	-3.78	-3.04	-2.77	-2.53	-2.32	-2.14	-1.97	-1.82	-1.69	-1.57	-1.36	-1.19	-1.04	-0.92	-0.82	-0.73
	5	12.8	9.65	7.43	6.58	5.85	5.22	4.68	4.21	3.81	3.45	3.14	2.61	2.20	1.87	1.61	1.39	1.21
	6	8.56	6.43	4.96	4.38	3.90	3.48	3.12	2.81	2.54	2.30	2.09	1.74	1.47	1.25	1.07	0.92	0.80

MSÚ: stálé+sníh: q<sub>Ed</sub>= 5,642 kN/m < q<sub>Rd</sub>= 5,83 kN/m -> vyhovuje

stálé+sání: q<sub>Ed</sub>= -1,228 kN/m < q<sub>Rd</sub>= -4,36 kN/m -> vyhovuje

MSP: q<sub>EK</sub>= 3,780 kN/m < q<sub>RK</sub>= 7,43 kN/m -> vyhovuje

Navržená vaznice průřezu Z270/2,5 **vyhovuje**.

## 7. Návrh příhradového vazníku

Pro výběr příhradového vazníku ze 4 variant jsou vytvořeny 2D modely těchto variant v programu Dlubal RFEM 6.02. Všechny 4 příhrady jsou zatíženy stejnými zatěžovacími stavy a jejich kombinacemi. Na konstrukce je zatížení nanesené formou bodových sil do jednotlivých uzlů, na kterých se nachází vaznice. Působící síly a jejich velikosti jsou zavedené na základě výpočtu zatížení a přepočtu z plošného zatížení na bodové síly do uzlů.

Všechny navržené prvky jsou z průřezů od výrobce Feron.

Zatěžovací stavy:

ZS1	vlastní tíha
ZS2	sání 1 (příčný vítr)
ZS3	sání 2 (podélný vítr)
ZS4	sníh

Kombinace zatížení:

KZ1	$1,35 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS4$
KZ2	$1,0 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS2$
KZ3	$1,0 \cdot ZS1 + 1,5 \cdot ZS3$
KZ4	$1,0 \cdot ZS1 + 1,0 \cdot ZS4$

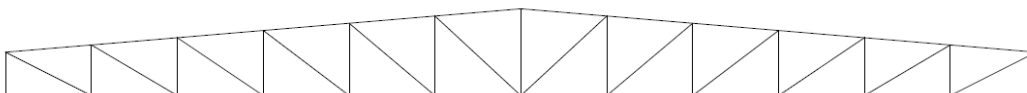
Po nanesení zatížení na konstrukci se optimalizují dílčí pruty příhradoviny, aby došlo k jejich efektivnímu navržení na tlakovou a tahovou sílu. Pro posouzení jsou použity hodnoty z obálky výsledků všech kombinací.

Varianty řešení příhrady:

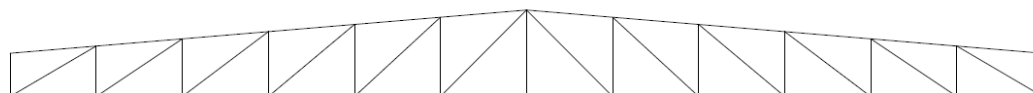
Varianta A - Kombinace tlačných a tažených prutů



Varianta B – Převážně tažené pruty



Varianta C - Převážně tlačné pruty



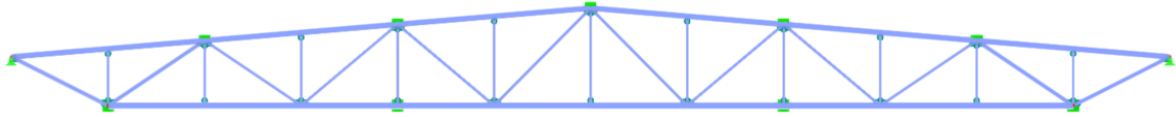
Varianta D - Kombinace tlačných a tažených prutů



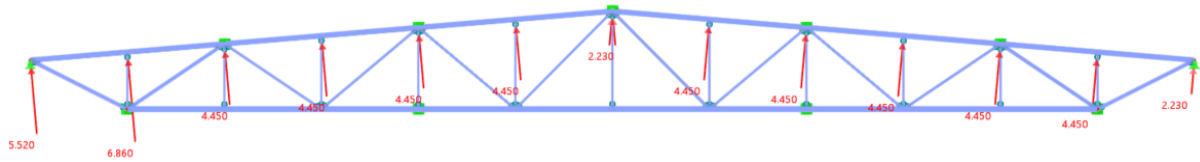
### 7.1 Návrh varianty A

#### 7.1.1 Výsledky modelu A

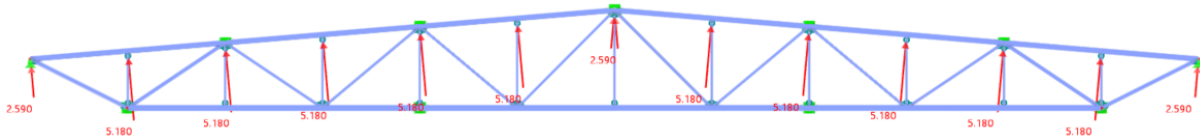
ZS1



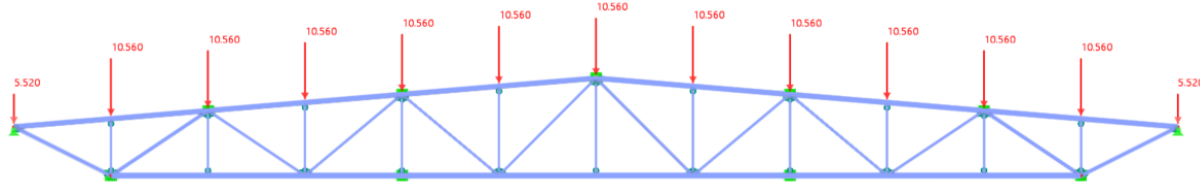
ZS2



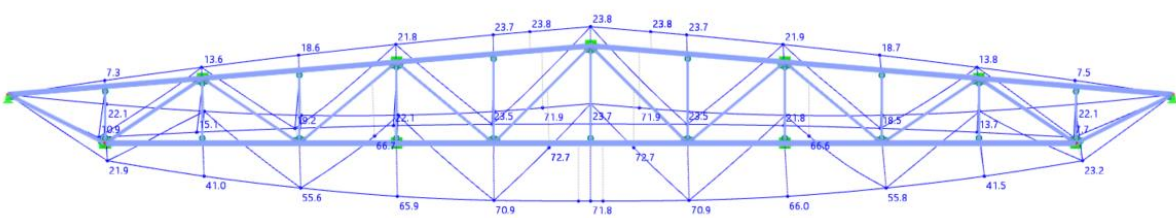
ZS3



ZS4

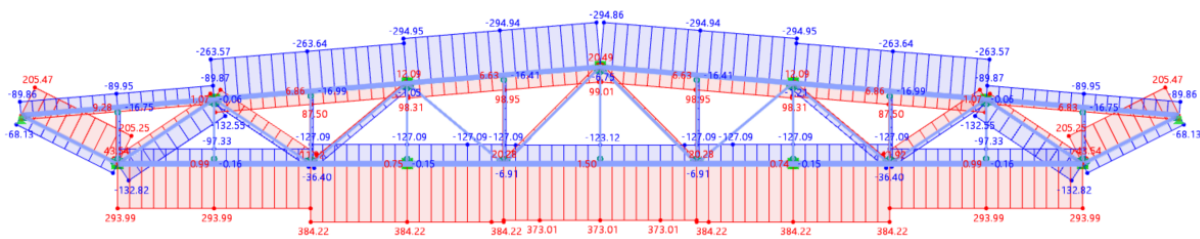


Výsledný průhyb konstrukce:



Průhyb konstrukce ve středu rozpětí  $u = 71,8\text{mm}$

Obálka normálových sil:



7.1.2 Posouzení prutů varianty A

Pro posouzení prutů jsou použity následující vzorce.

$$\text{Maximální tahová síla v prutu: } N_{t,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\text{Vzpěrná délka tlačенého prutu: } L_{cr} = \beta \cdot L_{teor}$$

$$\text{Štíhlost prutu: } \lambda = \frac{L_{cr}}{i} < 200$$

$$\text{Relativní štíhlost: } \lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06 \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

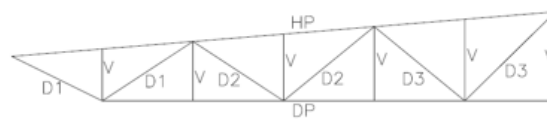
$$\text{Poměrná štíhlost: } \lambda_1 = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_{rel}}$$

$$\text{Maximální tlaková síla v prutu: } N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Vzpěrnostní součinitel  $\chi$  – hodnota získaná z tabulek ocelových konstrukcí na základě  $\lambda_1$

Tabulky posouzení konstrukce:

Posouzení tažených prutů příhrady							
prut	$N_{Ed}$	$f_y$	průřez	A	$\gamma_{M0}$	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$
[-]	[kN]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	[kN]	[%]
HP	99,01	355	140x140x6	3120	1,0	1107,6	8,9
DP	384,22	355	160x160x5	3040	1,0	1079,2	35,6
D1	205,47	355	90x90x4	1330	1,0	472,15	43,5
D2	75,10	355	60x60x4	855	1,0	303,53	24,7
D3	20,49	355	60x60x3	661	1,0	234,66	8,7
V	9,28	355	45x45x3	481	1,0	170,76	5,4



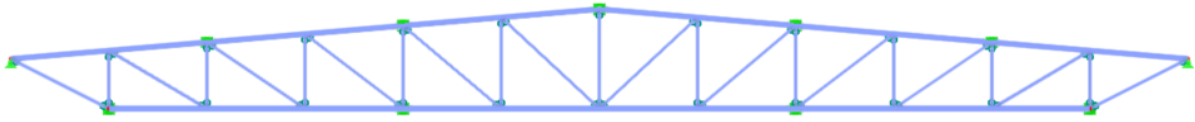
Posouzení tlačенých prutů příhrady															
prut	$N_{Ed}$	$f_y$	průřez	A	$L_{teor}$	$\beta$	$L_{cr}$	i	$\lambda$	$\lambda_{rel}$	$\lambda_1$	$\chi$	$\gamma_{M1}$	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
[-]	[kN]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[%]
HP v rov.	294,95	355	140x140x6	3120	3 000	1	3 000	54,3	55,2	76,06	0,73	0,712	1,0	788,61	37,4
HP z rov.	294,95	355	140x140x6	3120	6 000	1	6 000	54,3	110	76,06	1,45	0,319	1,0	353,32	83,5
DP v rov.	127,09	355	160x160x5	3040	3 000	1	3 000	62,9	47,7	76,06	0,63	0,878	1,0	947,54	13,4
DP z rov.	127,09	355	160x160x5	3040	12 000	1	12 000	62,9	191	76,06	2,51	0,139	1,0	150,01	84,7
D1	132,82	355	90x90x4	1330	3 600	1	3 600	34,8	103	76,06	1,36	0,362	1,0	170,92	77,7
D2	36,40	355	60x60x4	855	3 900	1	3 900	22,6	173	76,06	2,27	0,158	1,0	47,96	75,9
D3	6,91	355	60x60x3	661	4 200	1	4 200	23,1	182	76,06	2,39	0,146	1,0	34,26	20,2
V	17,10	355	45x45x3	481	3 000	1	3 000	16,9	178	76,06	2,33	0,150	1,0	25,61	66,8

Z tabulky je vidět, že pruty příhradové konstrukce jsou navrženy buď na efektivní využití průřezu, nebo na limitní podmínku štíhlosti prutu. U všech prutů konstrukce je rozhodující výhradně tlak.

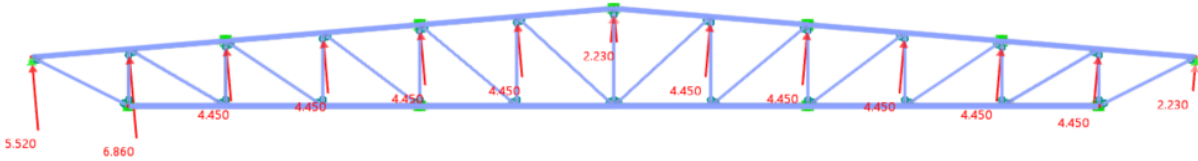
## 7.2 Návrh varianty B

### 7.2.1 Výsledky modelu B

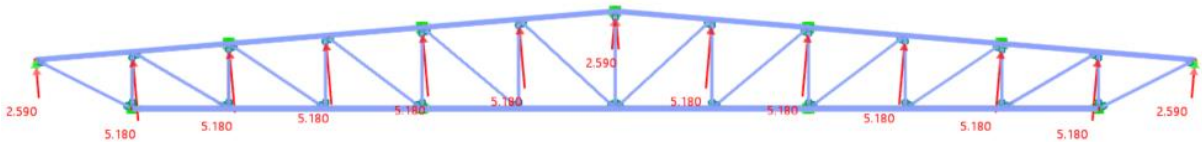
ZS1



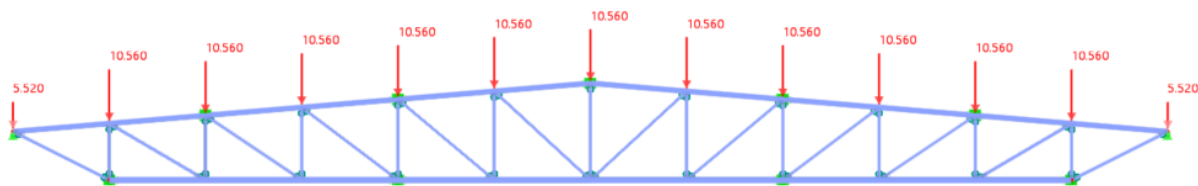
ZS2



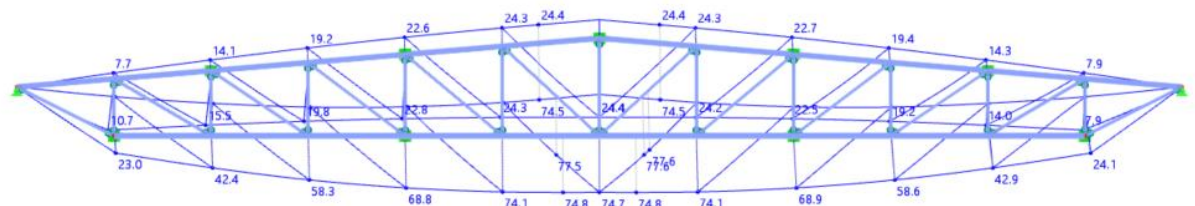
ZS3



ZS4

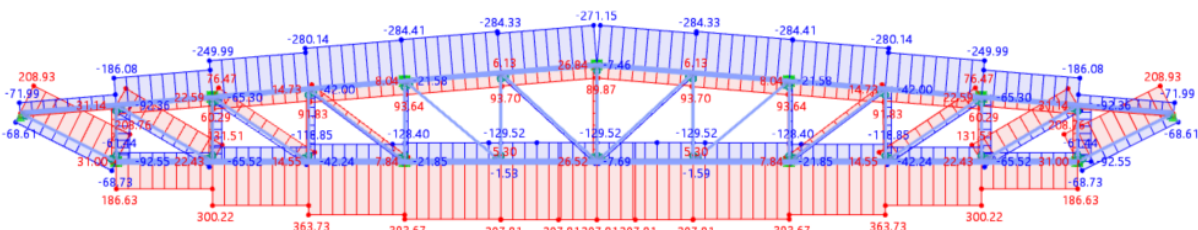


Výsledný průhyb konstrukce:



Průhyb konstrukce ve středu rozpětí  $u = 74,7\text{mm}$

Obálka normálových sil:





7.2.2 Posouzení prutů varianty B

Pro posouzení prutů jsou použity následující vzorce:

$$\text{Maximální tahová síla v prutu: } N_{t,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\text{Vzpěrná délka tlačенého prutu: } L_{cr} = \beta \cdot L_{teor}$$

$$\text{Štíhlost prutu: } \lambda = \frac{L_{cr}}{i} < 200$$

$$\text{Relativní štíhlost: } \lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06 \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

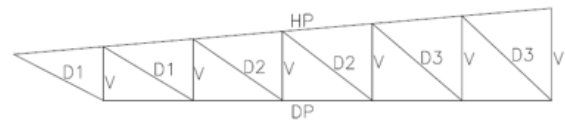
$$\text{Poměrná štíhlost: } \lambda_1 = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_{rel}}$$

$$\text{Maximální tlaková síla v prutu: } N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Vzpěrnostní součinitel  $\chi$  – hodnota získaná z tabulek ocelových konstrukcí na základě  $\lambda_1$

Tabulky posouzení konstrukce:

Posouzení tažených prutů příhrady							
prut	$N_{Ed}$	$f_y$	průřez	A	$\gamma_{M0}$	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$
[-]	[kN]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	[kN]	[%]
HP	93,70	355	140x140x6	3120	1,0	1107,6	8,5
DP	397,81	355	160x160x5	3040	1,0	1079,2	36,9
D1	208,93	355	70x70x4	1010	1,0	358,55	58,3
D2	76,47	355	60x60x3	661	1,0	234,66	32,6
D3	6,13	355	60x60x3	661	1,0	234,66	2,6
V	31,14	355	70x70x4	1010	1,0	358,55	8,7



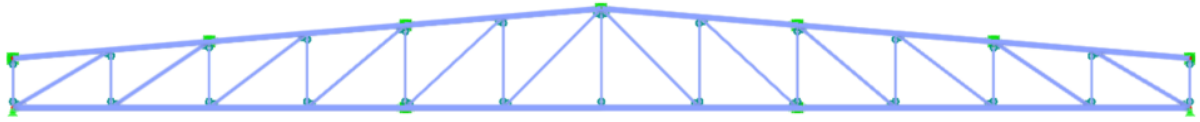
Posouzení tlačných prutů příhrady																
prut	$N_{Ed}$	$f_y$	průřez	A	$L_{teor}$	$\beta$	$L_{cr}$	i	$\lambda$	$\lambda_{rel}$	$\lambda_1$	$\chi$	$\gamma_{M1}$	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$	
[-]	[kN]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[%]	
HP v rov.	284,41	355	140x140x6	3120	3 000	1	3 000	54,3	55,2	76,06	0,73	0,712	1,0	788,61	36,1	
HP z rov.	284,41	355	140x140x6	3120	6 000	1	6 000	54,3	110	76,06	1,45	0,319	1,0	353,32	80,5	
DP v rov.	129,52	355	160x160x5	3440	3 000	1	3 000	62,9	47,7	76,06	0,63	0,878	1,0	1072,21	12,1	
DP z rov.	129,52	355	160x160x5	3440	12 000	1	12 000	62,9	191	76,06	2,51	0,139	1,0	169,75	76,3	
D1	68,73	355	70x70x4	1010	3 600	1	3 600	26,7	135	76,06	1,77	0,243	1,0	87,13	78,9	
D2	24,82	355	60x60x3	661	3 900	1	3 900	23,1	169	76,06	2,22	0,157	1,0	36,84	67,4	
D3	17,87	355	60x60x3	661	4 200	1	4 200	23,1	182	76,06	2,39	0,146	1,0	34,26	52,2	
V	92,55	355	70x70x4	1010	3 000	1	3 000	26,7	112	76,06	1,48	0,321	1,0	115,09	80,4	

Z tabulky je vidět, že pruty příhradové konstrukce jsou navrženy buď na efektivní využití průřezu, nebo na limitní podmínku štíhlosti prutu. U všech prutů konstrukce je rozhodující výhradně tlak.

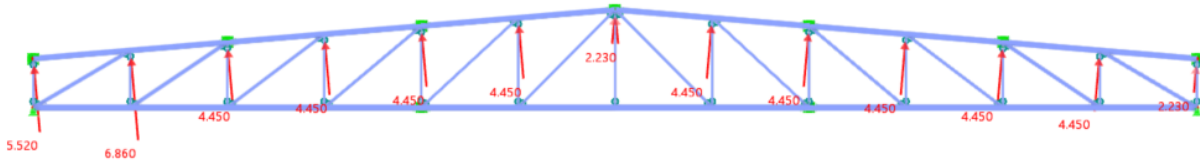
### 7.3 Návrh varianty C

#### 7.3.1 Výsledky modelu C

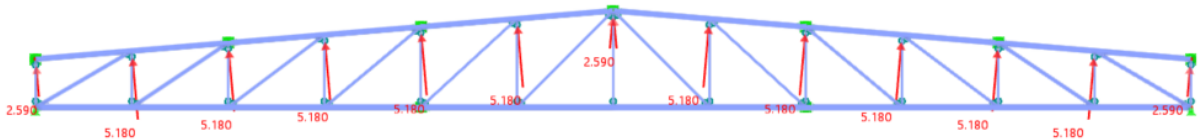
ZS1



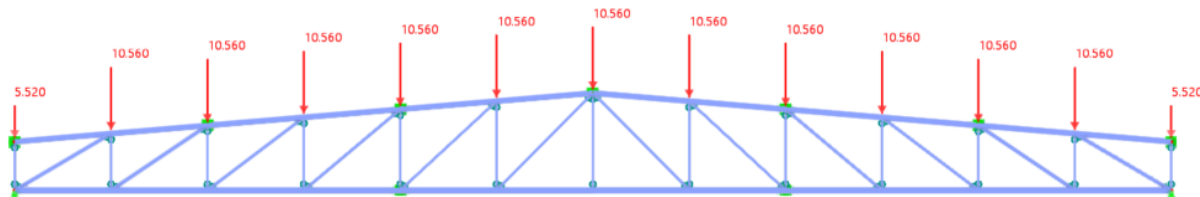
ZS2



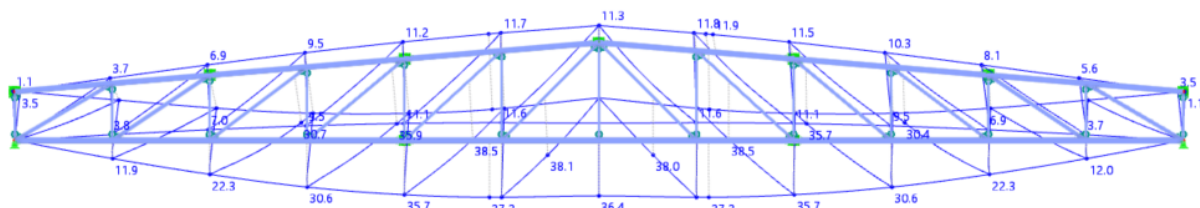
ZS3



ZS4

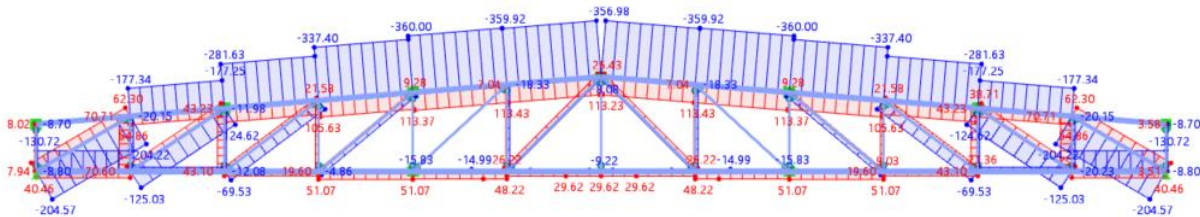


Výsledný průhyb konstrukce:



Průhyb konstrukce ve středu rozpětí  $u = 36,4\text{mm}$

Obálka normálových sil:



### 7.3.2 Posouzení prutů varianty C

Pro posouzení prutů jsou použity následující vzorce:

$$\text{Maximální tahová síla v prutu: } N_{t,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\text{Vzpěrná délka tlačného prutu: } L_{cr} = \beta \cdot L_{teor}$$

$$\text{Štíhlost prutu: } \lambda = \frac{L_{cr}}{i} < 200$$

$$\text{Relativní štíhlost: } \lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06 \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

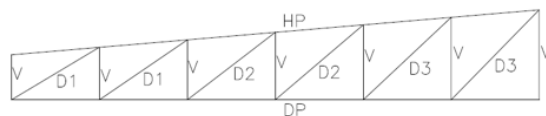
$$\text{Poměrná štíhlost: } \lambda_1 = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_{rel}}$$

$$\text{Maximální tlaková síla v prutu: } N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Vzpěrnostní součinitel  $\chi$  – hodnota získaná z tabulek ocelových konstrukcí na základě  $\lambda_1$

Tabulky posouzení konstrukce:

Posouzení tažených prutů příhrady							
prut	$N_{Ed}$	$f_y$	průřez	A	$\gamma_{M0}$	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$
[-]	[kN]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	[kN]	[%]
HP	113,43	355	150x150x6	3360	1,0	1192,8	9,5
DP	51,07	355	160x160x5	3040	1,0	1079,2	4,7
D1	62,30	355	90x90x6	1920	1,0	681,6	9,1
D2	21,58	355	70x70x5	1240	1,0	440,2	4,9
D3	26,43	355	60x60x3	661	1,0	234,66	11,3
V	70,71	355	45x45x4	615	1,0	218,33	32,4



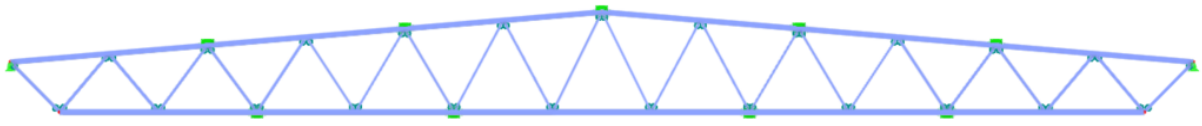
Posouzení tlačných prutů příhrady															
prut	$N_{Ed}$	$f_y$	průřez	A	$L_{teor}$	$\beta$	$L_{cr}$	i	$\lambda$	$\lambda_{rel}$	$\lambda_1$	$\chi$	$\gamma_{M1}$	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
[-]	[kN]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[%]
HP v rov.	360,00	355	150x150x6	3360	3 000	1	3 000	58,4	51,4	76,06	0,68	0,736	1,0	877,90	41,0
HP z rov.	360,00	355	150x150x6	3360	6 000	1	6 000	58,4	103	76,06	1,35	0,359	1,0	428,22	84,1
DP v rov.	130,72	355	160x160x5	3040	3 000	1	3 000	62,9	47,7	76,06	0,63	0,878	1,0	947,54	13,8
DP z rov.	130,72	355	160x160x5	3040	12 000	1	12 000	62,9	191	76,06	2,51	0,139	1,0	150,01	87,1
D1	204,57	355	90x90x6	1920	3 600	1	3 600	33,9	106	76,06	1,40	0,349	1,0	237,88	86,0
D2	69,53	355	70x70x5	1240	3 900	1	3 900	26,2	149	76,06	1,96	0,208	1,0	91,56	75,9
D3	8,24	355	60x60x3	661	4 200	1	4 200	23,1	182	76,06	2,39	0,148	1,0	34,73	23,7
V	20,23	355	45x45x4	615	3 000	1	3 000	16,4	183	76,06	2,41	0,150	1,0	32,75	61,8

Z tabulky je vidět, že pruty příhradové konstrukce jsou navrženy buď na efektivní využití průřezu, nebo na limitní podmínku štíhlosti prutu. U všech prutů konstrukce je rozhodující výhradně tlak.

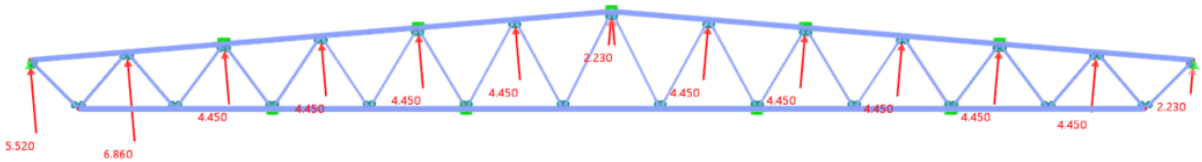
7.4 Návrh varianty D

7.4.1 Výsledky modelu D

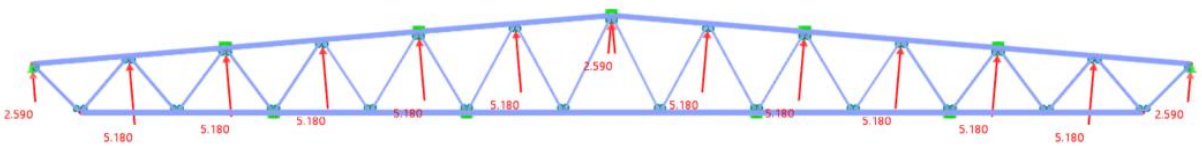
ZS1



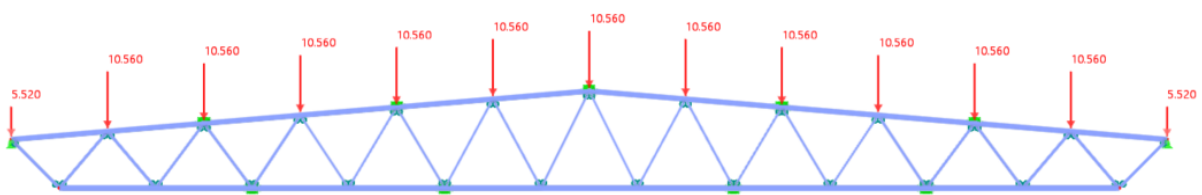
ZS2



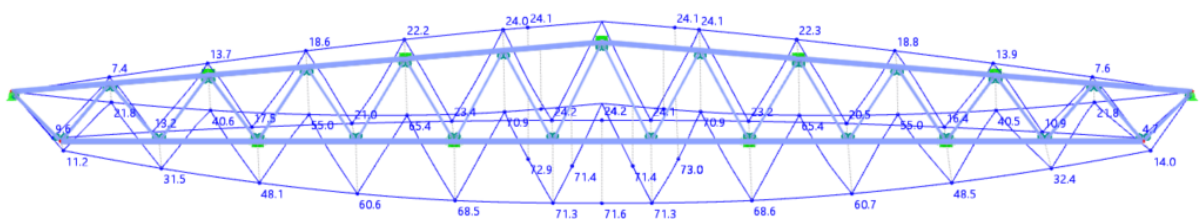
ZS3



ZS4

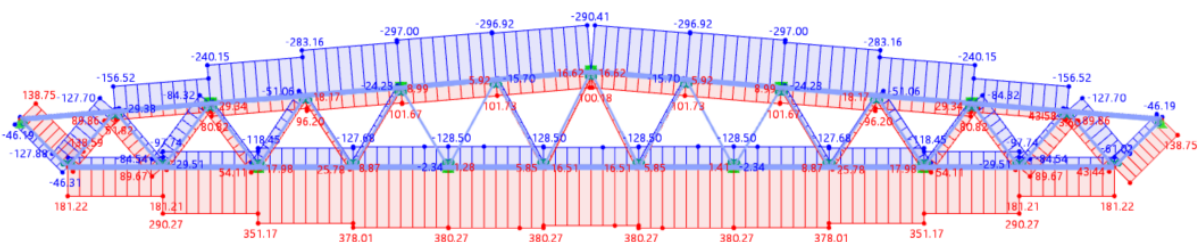


Výsledný průhyb konstrukce:



Průhyb konstrukce ve středu rozpětí  $u = 71,6\text{mm}$

Obálka normálových sil:



### 7.4.2 Posouzení prutů varianty D

Pro posouzení prutů jsou použity následující vzorce:

$$\text{Maximální tahová síla v prutu: } N_{t,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\text{Vzpěrná délka tlačенého prutu: } L_{cr} = \beta \cdot L_{teor}$$

$$\text{Štíhlost prutu: } \lambda = \frac{L_{cr}}{i} < 200$$

$$\text{Relativní štíhlost: } \lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06 \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

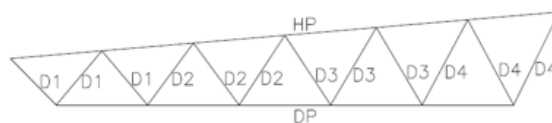
$$\text{Poměrná štíhlost: } \lambda_1 = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_{rel}}$$

$$\text{Maximální tlaková síla v prutu: } N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Vzpěrnostní součinitel  $\chi$  – hodnota získaná z tabulek ocelových konstrukcí na základě  $\lambda_1$

Tabulky posouzení konstrukce:

Posouzení tažených prutů příhrady							
prut	$N_{Ed}$	$f_y$	průřez	A	$\gamma_{M0}$	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$
[-]	[kN]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	[kN]	[%]
HP	101,73	355	140x140x6	3120	1,0	1107,6	9,2
DP	380,27	355	150x150x5	2840	1,0	1008,2	37,7
D1	138,75	355	70x70x4	1010	1,0	358,55	38,7
D2	54,33	355	60x60x5	1040	1,0	369,2	14,7
D3	25,93	355	45x45x4	615	1,0	218,33	11,9
D4	16,62	355	45x45x2	334	1,0	118,57	14,0



Posouzení tlačенých prutů příhrady															
prut	$N_{Ed}$	$f_y$	průřez	A	$L_{teor}$	$\beta$	$L_{cr}$	i	$\lambda$	$\lambda_{rel}$	$\lambda_1$	$\chi$	$\gamma_{M1}$	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
[-]	[kN]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[%]
HP v rov.	297,00	355	140x140x6	3120	3 000	1	3 000	54,3	55,2	76,06	0,73	0,712	1,0	788,61	37,7
HP z rov.	297,00	355	140x140x6	3120	6 000	1	6 000	54,3	110	76,06	1,45	0,319	1,0	353,32	84,1
DP v rov.	128,50	355	150x150x5	2840	3 000	1	3 000	58,9	50,9	76,06	0,67	0,861	1,0	868,06	14,8
DP z rov.	128,50	355	150x150x5	2840	9 000	1	9 000	58,9	153	76,06	2,01	0,208	1,0	209,71	61,3
D1	127,88	355	70x70x4	1010	2 300	1	2 300	26,7	86,1	76,06	1,13	0,477	1,0	171,03	74,8
D2	84,54	355	60x60x5	1040	2 700	1	2 700	22,1	122	76,06	1,61	0,281	1,0	103,75	81,5
D3	24,40	355	45x45x4	615	2 900	1	2 900	16,4	177	76,06	2,32	0,151	1,0	32,97	74,0
D4	13,80	355	45x45x2	334	3 350	1	3 350	17,4	193	76,06	2,53	0,137	1,0	16,24	85,0

Z tabulky je vidět, že pruty příhradové konstrukce jsou navrženy buď na efektivní využití průřezu, nebo na limitní podmínku štíhlosti prutu. U všech prutů konstrukce je rozhodující výhradně tlak.

### 7.5 Porovnání variant příhrady

	Var. A	Var. B	Var. C	Var. D
Max. Průhyb [mm]	71,8	74,7	36,4	71,6
Max. N [kN]	384,22	397,81	-360	380,27
Hmotnost [t]	2,028	2,07	2,398	1,986
Počet výplňových prutů	23	23	23	24

Z tabulky porovnání variant je zřejmé, že nejlepší variantou by byla varianta D, jelikož je nejlehčí, což se projeví na ceně. Pro další návrh haly je ale vybrána varianta A, a to kvůli jednoduššímu řešení podélných ztužidel.

## 8. Tvorba 3D modelu

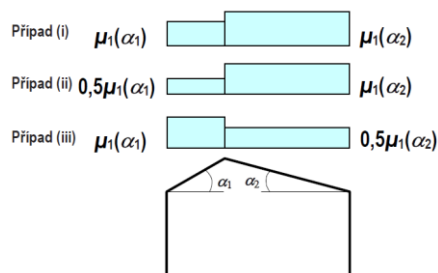
3D model je stejně jako 2D modely příhrady vytvořen v programu Dlubal RFEM 6.02. 3D model je zatížen několika zatěžovacími stavy na základě výpočtu zatížení. Stejně jako u modelů příhradových vazníků se zatížení na příhradu nanáší bodovými silami do uzlů. Tentokrát jsou ale síly zavedeny jen v těch uzlech, kde se diagonály výplně příhrady stýkají s horním pásem. V tomto bodě je také napojena svislá trubka, která spojuje horní pásy sousedících vazníků a tím zajišťuje jejich stabilitu. V podélném směru jsou mezi příhradovými vazníky provedeny 2 ztužidla po 12 metrech. Každý ze zatěžovacích stavů, které odpovídají zatížení větrem, mají navíc zavedené odpovídající imperfekce sloupů. Sloupy, které jsou součástí příhradového rámu mají vetknuté patky, kdežto všechny ostatní sloupy mají patky kloubově uložené.

Všechny navržené prvky jsou z průřezů od výrobce Feron.

Zatěžovací stavy:

ZS1	vlastní tíha
ZS2	vítr podélný
ZS3	vítr příčný 1 (strana bez přístavby)
ZS4	vítr příčný 2 (strana s přístavbou)
ZS5	sníh 1
ZS6	sníh 2
ZS7	sníh 3
ZS8	stálé zatížení
ZS9	užitečné zatížení

Rozložení zatížení sněhem do 3 zatěžovacích stavů:



Kombinace zatížení:

KZ1	$1.35 * ZS1 + 0.75 * ZS5 + 1.35 * ZS9 + 1.50 * ZS10$
KZ2	$1.35 * ZS1 + 0.75 * ZS6 + 1.35 * ZS9 + 1.50 * ZS10$
KZ3	$1.35 * ZS1 + 0.75 * ZS7 + 1.35 * ZS9 + 1.50 * ZS10$
KZ4	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS5 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ5	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS6 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ6	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS7 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ7	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS2 + 1.50 * ZS5 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ8	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS3 + 1.50 * ZS5 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ9	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS4 + 1.50 * ZS5 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ10	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS2 + 1.50 * ZS6 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ11	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS3 + 1.50 * ZS6 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ12	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS4 + 1.50 * ZS6 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ13	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS2 + 1.50 * ZS7 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ14	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS3 + 1.50 * ZS7 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ15	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS4 + 1.50 * ZS7 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ16	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS2 + 0.75 * ZS5 + 1.35 * ZS9 + 1.50 * ZS10$

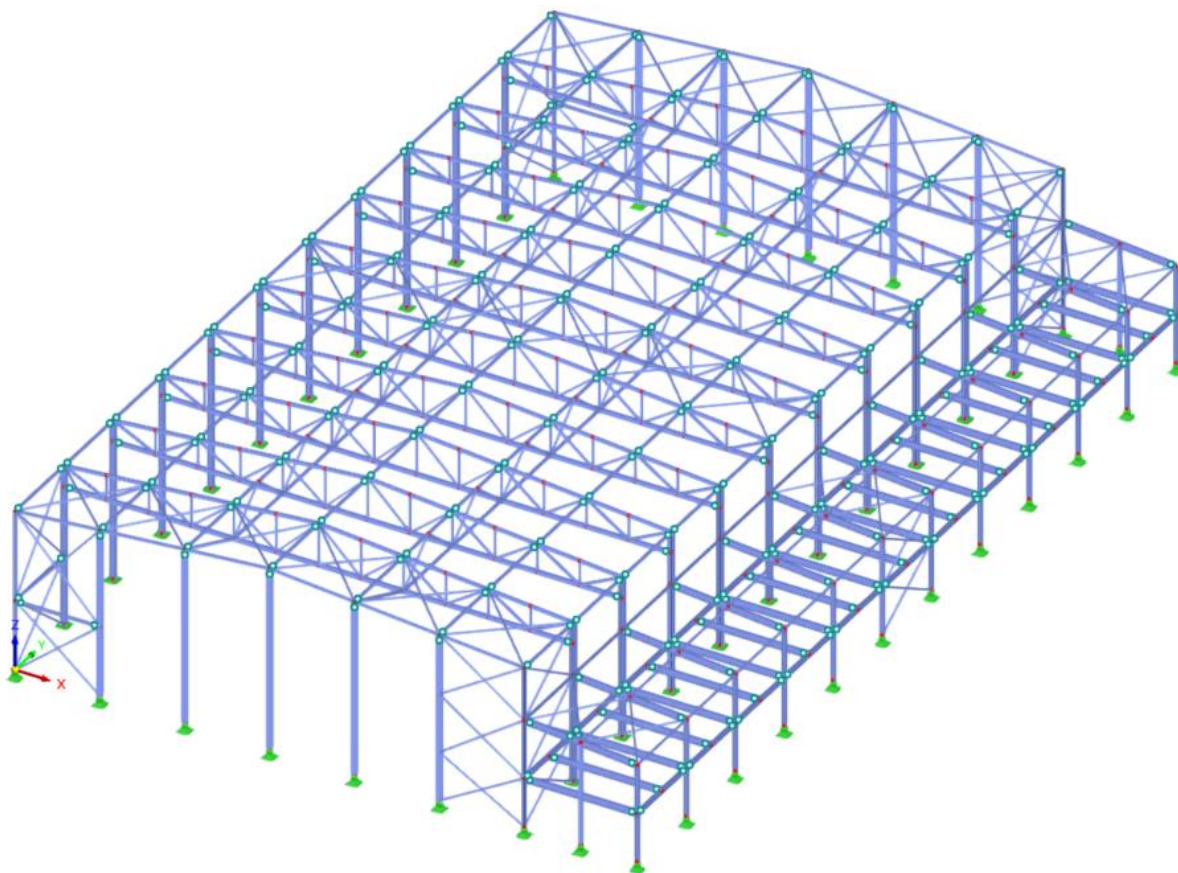
KZ17	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS3 + 0.75 * ZS5 + 1.35 * ZS9 + 1.35 * ZS10$
KZ18	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS4 + 0.75 * ZS5 + 1.35 * ZS9 + 1.35 * ZS10$
KZ19	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS2 + 0.75 * ZS6 + 1.35 * ZS9 + 1.35 * ZS10$
KZ20	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS3 + 0.75 * ZS6 + 1.35 * ZS9 + 1.35 * ZS10$
KZ21	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS4 + 0.75 * ZS6 + 1.35 * ZS9 + 1.35 * ZS10$
KZ22	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS2 + 0.75 * ZS7 + 1.35 * ZS9 + 1.35 * ZS10$
KZ23	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS3 + 0.75 * ZS7 + 1.35 * ZS9 + 1.35 * ZS10$
KZ24	$1.35 * ZS1 + 0.90 * ZS4 + 0.75 * ZS7 + 1.35 * ZS9 + 1.35 * ZS10$
KZ25	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS2 + 0.75 * ZS5 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ26	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS3 + 0.75 * ZS5 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ27	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS4 + 0.75 * ZS5 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ28	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS2 + 0.75 * ZS6 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ29	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS3 + 0.75 * ZS6 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ30	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS4 + 0.75 * ZS6 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ31	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS2 + 0.75 * ZS7 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ32	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS3 + 0.75 * ZS7 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ33	$1.35 * ZS1 + 1.50 * ZS4 + 0.75 * ZS7 + 1.35 * ZS9 + 1.05 * ZS10$
KZ34	$ZS1 + 1.50 * ZS2 + 1.35 * ZS9$
KZ35	$ZS1 + 1.50 * ZS3 + 1.35 * ZS9$
KZ36	$ZS1 + 1.50 * ZS4 + 1.35 * ZS9$
KZ37	$ZS1 + ZS2 + ZS9$
KZ38	$ZS1 + ZS3 + ZS9$
KZ39	$ZS1 + ZS4 + ZS9$
KZ40	$ZS1 + ZS5 + ZS9 + ZS10$
KZ41	$ZS1 + ZS6 + ZS9 + ZS10$
KZ42	$ZS1 + ZS7 + ZS9 + ZS10$
KZ43	$ZS1 + ZS2 + ZS5 + ZS9 + ZS10$
KZ44	$ZS1 + ZS2 + ZS6 + ZS9 + ZS10$
KZ45	$ZS1 + ZS2 + ZS7 + ZS9 + ZS10$
KZ46	$ZS1 + ZS3 + ZS5 + ZS9 + ZS10$
KZ47	$ZS1 + ZS3 + ZS6 + ZS9 + ZS10$
KZ48	$ZS1 + ZS3 + ZS7 + ZS9 + ZS10$
KZ49	$ZS1 + ZS4 + ZS5 + ZS9 + ZS10$
KZ50	$ZS1 + ZS4 + ZS6 + ZS9 + ZS10$
KZ51	$ZS1 + ZS4 + ZS7 + ZS9 + ZS10$

KZ1 – KZ33 jsou kombinace pro MSÚ.

KZ34 – KZ51 jsou kombinace pro MSP.



Po nanesení zatížení na konstrukci se optimalizují dílčí pruty konstrukce, aby došlo k jejich efektivnímu návrhu na MSP a MSÚ. Pro posouzení jsou použity hodnoty z jednotlivých obálek výsledků jak pro MSP, tak pro MSÚ.

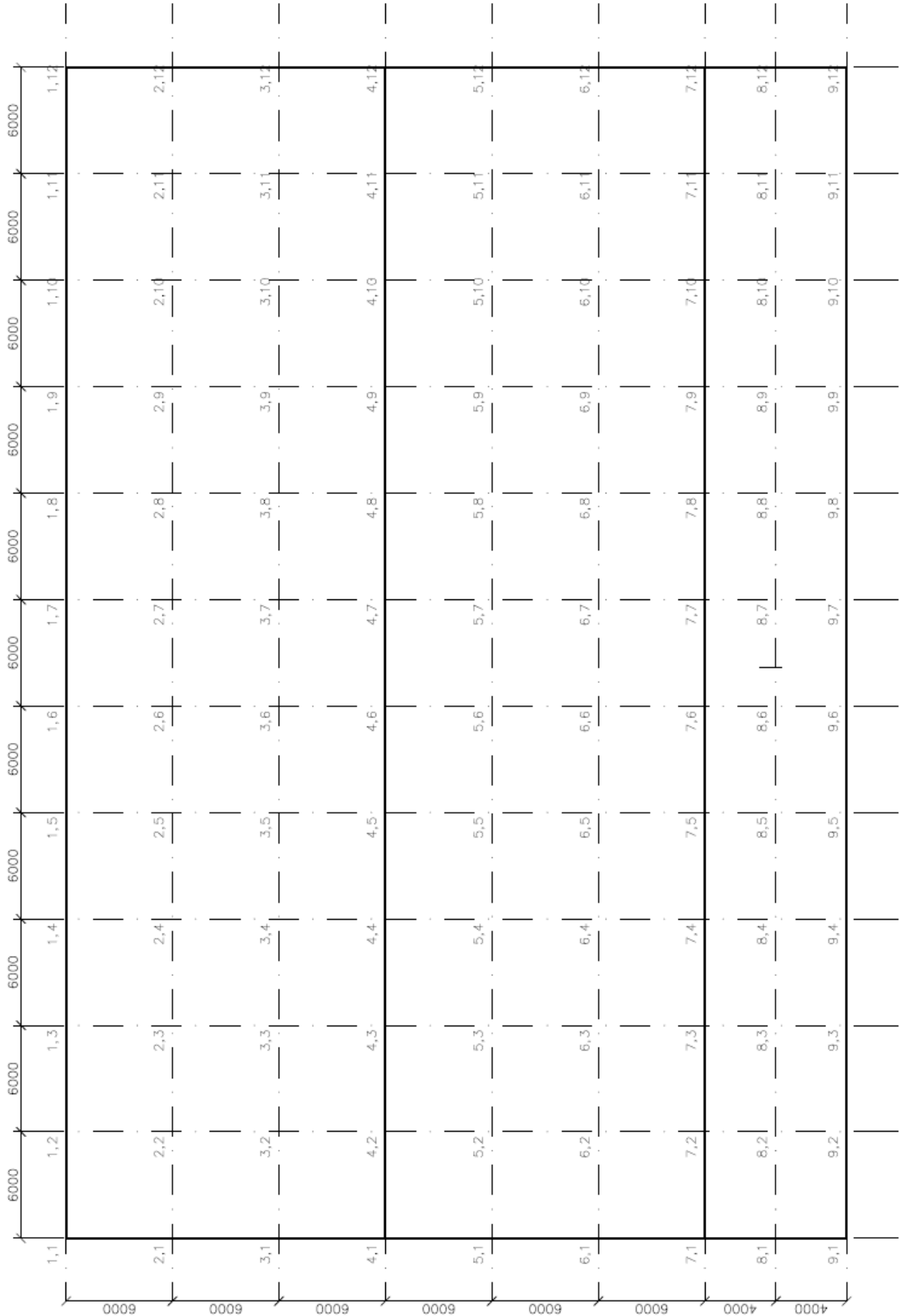


### 8.1 Zatížení střechy větrem

Každé zatížení větrem tvoří jiné bodové síly na uzly ve střeše objektu. Pomocí zatěžovacích ploch kolem každého uzlu jsou určeny síly působící v jednotlivých uzlech.



8.1.1 Rozmístění bodů pro bodové síly od sání



8.1.2 Podélný vítr

[kN/m<sup>2</sup>]

Sedlová stř.:  $F_1=0,658$   $G_1=0,535$   $H_1=0,288$   $l_1=0,247$

Pultová stř.:  $F_2=0,864$   $G_2=0,740$   $H_2=0,247$   $l_2=0,206$

---

$$F_{1,1}=F_1 \cdot 3 \cdot 2,6 + H_1 \cdot 3 \cdot 0,4 = 0,658 \cdot 3 \cdot 2,6 + 0,288 \cdot 3 \cdot 0,4 = \mathbf{5,478 \text{ kN}}$$

$$F_{1,2}=H_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,288 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{5,184 \text{ kN}}$$

$$F_{1,3}=H_1 \cdot 3 \cdot 4 + l_1 \cdot 2 \cdot 3 = 0,288 \cdot 3 \cdot 4 + 0,247 \cdot 2 \cdot 3 = \mathbf{4,938 \text{ kN}}$$

$$F_{1,4}=l_1 \cdot 6 \cdot 3 = 0,247 \cdot 6 \cdot 3 = \mathbf{4,446 \text{ kN}} \rightarrow F_{1,11}$$

$$F_{1,12}=l_1 \cdot 3 \cdot 3 = 0,247 \cdot 3 \cdot 3 = \mathbf{2,223 \text{ kN}}$$


---

$$F_{2,1}=F_2 \cdot 2,6 \cdot 3,5 + G_2 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + H_2 \cdot 6 \cdot 0,4 = 0,864 \cdot 2,6 \cdot 3,5 + 0,740 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + 0,288 \cdot 6 \cdot 0,4 = \mathbf{10,156 \text{ kN}}$$

$$F_{2,2}=H_2 \cdot 6 \cdot 6 = 0,288 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{10,368 \text{ kN}}$$

$$F_{2,3}=H_2 \cdot 4 \cdot 6 + l_2 \cdot 2 \cdot 6 = 0,288 \cdot 4 \cdot 6 + 0,247 \cdot 2 \cdot 6 = \mathbf{9,876 \text{ kN}}$$

$$F_{2,4}=l_2 \cdot 6 \cdot 6 = 0,247 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{8,892 \text{ kN}} \rightarrow F_{2,11}$$

$$F_{2,12}=l_2 \cdot 6 \cdot 3 = 0,247 \cdot 6 \cdot 3 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$


---

$$F_{3,1}=G_1 \cdot 2,6 \cdot 6 + H_1 \cdot 0,4 \cdot 6 = 0,535 \cdot 2,6 \cdot 6 + 0,288 \cdot 0,4 \cdot 6 = \mathbf{9,037 \text{ kN}}$$

$$F_{3,2}=H_1 \cdot 6 \cdot 6 = 0,288 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{10,368 \text{ kN}}$$

$$F_{3,3}=H_1 \cdot 4 \cdot 6 + l_1 \cdot 2 \cdot 6 = 0,288 \cdot 4 \cdot 6 + 0,247 \cdot 2 \cdot 6 = \mathbf{9,876 \text{ kN}}$$

$$F_{3,4}=l_1 \cdot 6 \cdot 6 = 0,247 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{8,892 \text{ kN}} \rightarrow F_{3,11}$$

$$F_{3,12}=l_1 \cdot 6 \cdot 3 = 0,247 \cdot 6 \cdot 3 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$


---

$$F_{4,1}=G_1 \cdot 2,6 \cdot 3 + H_1 \cdot 0,4 \cdot 3 = 0,535 \cdot 2,6 \cdot 3 + 0,288 \cdot 0,4 \cdot 3 = \mathbf{4,512 \text{ kN}}$$

$$F_{4,2}=H_1 \cdot 6 \cdot 3 = 0,288 \cdot 6 \cdot 3 = \mathbf{5,184 \text{ kN}}$$

$$F_{4,3}=H_1 \cdot 4 \cdot 3 + l_1 \cdot 2 \cdot 3 = 0,288 \cdot 4 \cdot 3 + 0,247 \cdot 2 \cdot 3 = \mathbf{4,938 \text{ kN}}$$

$$F_{4,4}=l_1 \cdot 6 \cdot 3 = 0,247 \cdot 6 \cdot 3 = \mathbf{4,446 \text{ kN}} \rightarrow F_{4,11}$$

$$F_{4,12}=l_1 \cdot 3 \cdot 3 = 0,247 \cdot 3 \cdot 3 = \mathbf{2,223 \text{ kN}} \underline{2x} \rightarrow \mathbf{HŘEBEN}$$


---

$$F_{5,1}=G_1 \cdot 2,6 \cdot 6 + H_1 \cdot 0,4 \cdot 6 = 0,535 \cdot 2,6 \cdot 6 + 0,288 \cdot 0,4 \cdot 6 = \mathbf{9,037 \text{ kN}}$$

$$F_{5,2}=H_1 \cdot 6 \cdot 6 = 0,288 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{10,368 \text{ kN}}$$

$$F_{5,3}=H_1 \cdot 4 \cdot 6 + l_1 \cdot 2 \cdot 6 = 0,288 \cdot 4 \cdot 6 + 0,247 \cdot 2 \cdot 6 = \mathbf{9,876 \text{ kN}}$$

$$F_{5,4}=l_1 \cdot 6 \cdot 6 = 0,247 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{8,892 \text{ kN}} \rightarrow F_{5,11}$$

$$F_{5,12}=l_1 \cdot 6 \cdot 3 = 0,247 \cdot 6 \cdot 3 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$


---

$$F_{6,1}=F_1 \cdot 2,6 \cdot 3,5 + G_1 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + H_1 \cdot 6 \cdot 0,4 = 0,658 \cdot 2,6 \cdot 3,5 + 0,535 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + 0,288 \cdot 6 \cdot 0,4 = \mathbf{10,156 \text{ kN}}$$

$$F_{6,2}=H_1 \cdot 6 \cdot 6 = 0,288 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{10,368 \text{ kN}}$$

$$F_{6,3}=H_1 \cdot 4 \cdot 6 + I_1 \cdot 2 \cdot 6 = 0,288 \cdot 4 \cdot 6 + 0,247 \cdot 2 \cdot 6 = \mathbf{9,876 \text{ kN}}$$

$$F_{6,4}=I_1 \cdot 6 \cdot 6 = 0,247 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{8,892 \text{ kN}} \rightarrow F_{6,11}$$

$$F_{6,12}=I_1 \cdot 6 \cdot 3 = 0,247 \cdot 6 \cdot 3 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$


---

#### sedlová střecha

$$F_{7,1}=F_1 \cdot 3 \cdot 2,6 + H_1 \cdot 3 \cdot 0,4 = 0,658 \cdot 3 \cdot 2,6 + 0,288 \cdot 3 \cdot 2,6 = \mathbf{5,478 \text{ kN}}$$

$$F_{7,2}=H_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,288 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{5,184 \text{ kN}}$$

$$F_{7,3}=H_1 \cdot 4 \cdot 3 + I_1 \cdot 2 \cdot 3 = 0,288 \cdot 4 \cdot 3 + 0,247 \cdot 2 \cdot 3 = \mathbf{4,938 \text{ kN}}$$

$$F_{7,4}=I_1 \cdot 6 \cdot 3 = 0,247 \cdot 6 \cdot 3 = \mathbf{4,446 \text{ kN}} \rightarrow F_{7,11}$$

$$F_{7,12}=I_1 \cdot 3 \cdot 3 = 0,247 \cdot 3 \cdot 3 = \mathbf{2,223 \text{ kN}}$$


---

#### pultová střecha

$$F_{7,1}=F_2 \cdot 2 \cdot 2,6 + H_2 \cdot 2 \cdot 0,4 = 0,864 \cdot 2 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 2 \cdot 0,4 = \mathbf{4,690 \text{ kN}}$$

$$F_{7,2}=H_2 \cdot 2 \cdot 6 = 0,247 \cdot 2 \cdot 6 = \mathbf{2,964 \text{ kN}}$$

$$F_{7,3}=H_2 \cdot 4 \cdot 2 + I_2 \cdot 2 \cdot 2 = 0,247 \cdot 4 \cdot 2 + 0,206 \cdot 2 \cdot 2 = \mathbf{2,800 \text{ kN}}$$

$$F_{7,4}=I_2 \cdot 2 \cdot 6 = 0,206 \cdot 2 \cdot 6 = \mathbf{2,472 \text{ kN}} \rightarrow F_{7,11}$$

$$F_{7,12}=I_2 \cdot 2 \cdot 3 = 0,206 \cdot 2 \cdot 3 = \mathbf{1,236 \text{ kN}}$$


---

$$F_{8,1}=F_2 \cdot 4 \cdot 2,6 + H_2 \cdot 4 \cdot 0,4 = 0,864 \cdot 4 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 4 \cdot 0,4 = \mathbf{9,381 \text{ kN}}$$

$$F_{8,2}=H_2 \cdot 4 \cdot 6 = 0,247 \cdot 4 \cdot 6 = \mathbf{5,928 \text{ kN}}$$

$$F_{8,3}=H_2 \cdot 4 \cdot 4 + I_2 \cdot 2 \cdot 4 = 0,247 \cdot 4 \cdot 4 + 0,206 \cdot 2 \cdot 4 = \mathbf{5,600 \text{ kN}}$$

$$F_{8,4}=I_2 \cdot 6 \cdot 4 = 0,206 \cdot 6 \cdot 4 = \mathbf{4,944 \text{ kN}} \rightarrow F_{8,11}$$

$$F_{8,12}=I_2 \cdot 3 \cdot 4 = 0,206 \cdot 3 \cdot 4 = \mathbf{2,472 \text{ kN}}$$


---

$$F_{9,1}=F_2 \cdot 2 \cdot 2,6 + H_2 \cdot 2 \cdot 0,4 = 0,864 \cdot 2 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 2 \cdot 0,4 = \mathbf{4,690 \text{ kN}}$$

$$F_{9,2}=H_2 \cdot 2 \cdot 6 = 0,247 \cdot 2 \cdot 6 = \mathbf{2,964 \text{ kN}}$$

$$F_{9,3}=H_2 \cdot 4 \cdot 2 + I_2 \cdot 2 \cdot 2 = 0,247 \cdot 4 \cdot 2 + 0,206 \cdot 2 \cdot 2 = \mathbf{2,800 \text{ kN}}$$

$$F_{9,4}=I_2 \cdot 6 \cdot 2 = 0,206 \cdot 6 \cdot 2 = \mathbf{2,472 \text{ kN}} \rightarrow F_{9,11}$$

$$F_{9,12}=I_2 \cdot 3 \cdot 2 = 0,206 \cdot 3 \cdot 2 = \mathbf{1,236 \text{ kN}}$$


---

### 8.1.3 Příčný vítr 1

[kN/m<sup>2</sup>]

Sedlová stř.:  $F_1=0,699$   $G_1=0,493$   $H_1, I_1, J_1=0,247$

Pultová stř.:  $F_2=0,945$   $G_2=0,534$   $H_2=0,329$

---

$$F_{1,1}=F_1 \cdot 3 \cdot 2,6 + H_1 \cdot 3 \cdot 0,4 = 0,699 \cdot 3 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 3 \cdot 0,4 = \mathbf{5,749 \text{ kN}}$$

$$F_{1,2}=F_1 \cdot 3,5 \cdot 2,6 + G_1 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + H_1 \cdot 6 \cdot 0,4 = 0,699 \cdot 3,5 \cdot 2,6 + 0,493 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 6 \cdot 0,4 = \mathbf{10,158 \text{ kN}}$$

$$F_{1,3}=G_1 \cdot 2,6 \cdot 6 + H_1 \cdot 6 \cdot 0,4 = 0,493 \cdot 2,6 \cdot 6 + 0,247 \cdot 6 \cdot 0,4 = \mathbf{8,284 \text{ kN}} \rightarrow F_{1,10}$$

$$F_{1,11}=F_1 \cdot 3,5 \cdot 2,6 + G_1 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + H_1 \cdot 6 \cdot 0,4 = 0,699 \cdot 3,5 \cdot 2,6 + 0,493 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 6 \cdot 0,4 = \mathbf{10,158 \text{ kN}}$$

$$F_{1,12}=F_1 \cdot 3 \cdot 2,6 + H_1 \cdot 3 \cdot 0,4 = 0,699 \cdot 3 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 3 \cdot 0,4 = \mathbf{5,749 \text{ kN}}$$


---

$$F_{2,1}=H_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,247 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$

$$F_{2,2}=H_1 \cdot 6 \cdot 6 = 0,247 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{8,892 \text{ kN}} \rightarrow F_{2,11}$$

$$F_{2,12}=H_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,247 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$


---

$$F_{3,1}=H_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,247 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$

$$F_{3,2}=H_1 \cdot 6 \cdot 6 = 0,247 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{8,892 \text{ kN}} \rightarrow F_{3,11}$$

$$F_{3,12}=H_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,247 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$


---

#### **hřeben strana zóny H**

$$F_{4,1}=H_1 \cdot 3 \cdot 3 = 0,247 \cdot 3 \cdot 3 = \mathbf{2,223 \text{ kN}}$$

$$F_{4,2}=H_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,247 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{4,446 \text{ kN}} \rightarrow F_{4,11}$$

$$F_{4,12}=H_1 \cdot 3 \cdot 3 = 0,247 \cdot 3 \cdot 3 = \mathbf{2,223 \text{ kN}}$$


---

#### **hřeben strana zóny J**

$$F_{4,1}=J_1 \cdot 3 \cdot 2,6 + I_1 \cdot 3 \cdot 0,4 = 0,247 \cdot 3 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 3 \cdot 0,4 = \mathbf{2,223 \text{ kN}}$$

$$F_{4,2}=J_1 \cdot 6 \cdot 2,6 + I_1 \cdot 6 \cdot 0,4 = 0,247 \cdot 6 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 6 \cdot 0,4 = \mathbf{4,446 \text{ kN}} \rightarrow F_{4,11}$$

$$F_{4,12}=J_1 \cdot 3 \cdot 2,6 + I_1 \cdot 3 \cdot 0,4 = 0,247 \cdot 3 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 3 \cdot 0,4 = \mathbf{2,223 \text{ kN}}$$


---

$$F_{5,1}=I_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,247 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$

$$F_{5,2}=I_1 \cdot 6 \cdot 6 = 0,247 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{8,892 \text{ kN}} \rightarrow F_{5,11}$$

$$F_{5,12}=I_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,247 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$


---

$$F_{6,1}=I_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,247 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$

$$F_{6,2}=I_1 \cdot 6 \cdot 6 = 0,247 \cdot 6 \cdot 6 = \mathbf{8,892 \text{ kN}} \rightarrow F_{6,11}$$

$$F_{6,12}=I_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,247 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{4,446 \text{ kN}}$$


---

**sedlová střecha**

$$F_{7,1} = l_1 \cdot 3 \cdot 3 = 0,247 \cdot 3 \cdot 3 = \mathbf{2,223 \text{ kN}}$$

$$F_{7,2} = l_1 \cdot 3 \cdot 6 = 0,247 \cdot 3 \cdot 6 = \mathbf{4,446 \text{ kN}} \rightarrow F_{7,11}$$

$$F_{7,12} = l_1 \cdot 3 \cdot 3 = 0,247 \cdot 3 \cdot 3 = \mathbf{2,223 \text{ kN}}$$


---

**pultová střecha**

$$F_{7,1} = F_2 \cdot 3 \cdot 2 = 0,945 \cdot 3 \cdot 2 = \mathbf{5,670 \text{ kN}}$$

$$F_{7,2} = F_2 \cdot 3,5 \cdot 2 + G_2 \cdot 2 \cdot 2,5 = 0,945 \cdot 3,5 \cdot 2 + 0,534 \cdot 2 \cdot 2,5 = \mathbf{9,285 \text{ kN}}$$

$$F_{7,3} = G_2 \cdot 2 \cdot 6 = 0,534 \cdot 2 \cdot 6 = \mathbf{6,408 \text{ kN}} \rightarrow F_{7,10}$$

$$F_{7,11} = F_2 \cdot 3,5 \cdot 2 + G_2 \cdot 2 \cdot 2,5 = 0,945 \cdot 3,5 \cdot 2 + 0,534 \cdot 2 \cdot 2,5 = \mathbf{9,285 \text{ kN}}$$

$$F_{7,12} = F_2 \cdot 3 \cdot 2 = 0,945 \cdot 3 \cdot 2 = \mathbf{5,670 \text{ kN}}$$


---

$$F_{8,1} = F_2 \cdot 0,6 \cdot 3 + H_2 \cdot 3,4 \cdot 3 = 0,945 \cdot 0,6 \cdot 3 + 0,329 \cdot 3,4 \cdot 3 = \mathbf{5,057 \text{ kN}}$$

$$F_{8,2} = F_2 \cdot 0,6 \cdot 3,5 + G_2 \cdot 0,6 \cdot 2,5 + H_2 \cdot 6 \cdot 3,4 = 0,945 \cdot 0,6 \cdot 3,5 + 0,534 \cdot 0,6 \cdot 2,5 + 0,329 \cdot 6 \cdot 3,4 = \mathbf{9,497 \text{ kN}}$$

$$F_{8,3} = G_2 \cdot 0,6 \cdot 6 + H_2 \cdot 3,4 \cdot 6 = 0,534 \cdot 0,6 \cdot 6 + 0,329 \cdot 3,4 \cdot 6 = \mathbf{8,634 \text{ kN}} \rightarrow F_{8,10}$$

$$F_{8,11} = F_2 \cdot 0,6 \cdot 3,5 + G_2 \cdot 0,6 \cdot 2,5 + H_2 \cdot 6 \cdot 3,4 = 0,945 \cdot 0,6 \cdot 3,5 + 0,534 \cdot 0,6 \cdot 2,5 + 0,329 \cdot 6 \cdot 3,4 = \mathbf{9,497 \text{ kN}}$$

$$F_{8,12} = F_2 \cdot 0,6 \cdot 3 + H_2 \cdot 3,4 \cdot 3 = 0,945 \cdot 0,6 \cdot 3 + 0,329 \cdot 3,4 \cdot 3 = \mathbf{5,057 \text{ kN}}$$


---

$$F_{9,1} = H_2 \cdot 2 \cdot 3 = 0,329 \cdot 2 \cdot 3 = \mathbf{1,974 \text{ kN}}$$

$$F_{9,2} = H_2 \cdot 2 \cdot 6 = 0,329 \cdot 2 \cdot 6 = \mathbf{3,948 \text{ kN}} \rightarrow F_{9,11}$$

$$F_{9,12} = H_2 \cdot 2 \cdot 3 = 0,329 \cdot 2 \cdot 3 = \mathbf{1,974 \text{ kN}}$$

### 8.1.4 Příčný vítr 2

[kN/m<sup>2</sup>]

Sedlová stř.:  $F_1=0,699$   $G_1=0,493$   $H_1, I_1, J_1=0,247$

Pultová stř.:  $F_2=0,699$   $G_2=0,493$   $H_2=0,247$

---

$$F_{1,1}=I_1 \cdot 3 \cdot 3=0,247 \cdot 3 \cdot 3=2,223 \text{ kN}$$

$$F_{1,2}=I_1 \cdot 3 \cdot 6=0,247 \cdot 3 \cdot 6=4,446 \text{ kN} \rightarrow F_{1,11}$$

$$F_{1,12}=I_1 \cdot 3 \cdot 3=0,247 \cdot 3 \cdot 3=2,223 \text{ kN}$$


---

$$F_{2,1}=I_1 \cdot 3 \cdot 6=0,247 \cdot 3 \cdot 6=4,446 \text{ kN}$$

$$F_{2,2}=I_1 \cdot 6 \cdot 6=0,247 \cdot 6 \cdot 6=8,892 \text{ kN} \rightarrow F_{2,11}$$

$$F_{2,12}=I_1 \cdot 3 \cdot 6=0,247 \cdot 3 \cdot 6=4,446 \text{ kN}$$


---

$$F_{3,1}=I_1 \cdot 3 \cdot 6=0,247 \cdot 3 \cdot 6=4,446 \text{ kN}$$

$$F_{3,2}=I_1 \cdot 6 \cdot 6=0,247 \cdot 6 \cdot 6=8,892 \text{ kN} \rightarrow F_{3,11}$$

$$F_{3,12}=I_1 \cdot 3 \cdot 6=0,247 \cdot 3 \cdot 6=4,446 \text{ kN}$$


---

#### Hřeben strana zóny J

$$F_{4,1}=I_1 \cdot 0,4 \cdot 3 + J_1 \cdot 2,6 \cdot 3=0,247 \cdot 0,4 \cdot 3 + 0,247 \cdot 2,6 \cdot 3=2,223 \text{ kN}$$

$$F_{4,2}=I_1 \cdot 0,4 \cdot 6 + J_1 \cdot 2,6 \cdot 6=0,247 \cdot 0,4 \cdot 6 + 0,247 \cdot 2,6 \cdot 6=4,446 \text{ kN} \rightarrow F_{4,11}$$

$$F_{4,12}=I_1 \cdot 0,4 \cdot 3 + J_1 \cdot 2,6 \cdot 3=0,247 \cdot 0,4 \cdot 3 + 0,247 \cdot 2,6 \cdot 3=2,223 \text{ kN}$$


---

#### Hřebe strana zóny H

$$F_{4,1}=H_1 \cdot 3 \cdot 3=0,247 \cdot 3 \cdot 3=2,223 \text{ kN}$$

$$F_{4,2}=H_1 \cdot 3 \cdot 6=0,247 \cdot 3 \cdot 6=4,446 \text{ kN} \rightarrow F_{4,11}$$

$$F_{4,12}=H_1 \cdot 3 \cdot 3=0,247 \cdot 3 \cdot 3=2,223 \text{ kN}$$


---

$$F_{5,1}=H_1 \cdot 3 \cdot 6=0,247 \cdot 3 \cdot 6=4,446 \text{ kN}$$

$$F_{5,2}=H_1 \cdot 6 \cdot 6=0,247 \cdot 6 \cdot 6=8,892 \text{ kN} \rightarrow F_{5,11}$$

$$F_{5,12}=H_1 \cdot 3 \cdot 6=0,247 \cdot 3 \cdot 6=4,446 \text{ kN}$$


---

$$F_{6,1}=H_1 \cdot 3 \cdot 6=0,247 \cdot 3 \cdot 6=4,446 \text{ kN}$$

$$F_{6,2}=H_1 \cdot 6 \cdot 6=0,247 \cdot 6 \cdot 6=8,892 \text{ kN} \rightarrow F_{6,11}$$

$$F_{6,12}=H_1 \cdot 3 \cdot 6=0,247 \cdot 3 \cdot 6=4,446 \text{ kN}$$


---

### Sedlová střecha

$$F_{7,1} = F_1 \cdot 3 \cdot 2,6 + H_1 \cdot 0,4 \cdot 3 = 0,699 \cdot 3 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 0,4 \cdot 3 = \mathbf{5,749 \text{ kN}}$$

$$F_{7,2} = F_1 \cdot 3,5 \cdot 2,6 + G_1 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + H_1 \cdot 0,4 \cdot 6 = 0,699 \cdot 3,5 \cdot 2,6 + 0,493 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 0,4 \cdot 6 = \mathbf{10,158 \text{ kN}}$$

$$F_{7,3} = G_1 \cdot 2,6 \cdot 6 + H_1 \cdot 0,4 \cdot 6 = 0,493 \cdot 2,6 \cdot 6 + 0,247 \cdot 0,4 \cdot 6 = \mathbf{8,284 \text{ kN}} \rightarrow F_{7,10}$$

$$F_{7,11} = F_1 \cdot 3,5 \cdot 2,6 + G_1 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + H_1 \cdot 0,4 \cdot 6 = 0,699 \cdot 3,5 \cdot 2,6 + 0,493 \cdot 2,5 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 0,4 \cdot 6 = \mathbf{10,158 \text{ kN}}$$

$$F_{7,12} = F_1 \cdot 3 \cdot 2,6 + H_1 \cdot 0,4 \cdot 3 = 0,699 \cdot 3 \cdot 2,6 + 0,247 \cdot 0,4 \cdot 3 = \mathbf{5,749 \text{ kN}}$$


---

### Pultová střecha

$$F_{7,1} = H_2 \cdot 3 \cdot 2 = 0,247 \cdot 3 \cdot 2 = \mathbf{1,482 \text{ kN}}$$

$$F_{7,2} = H_2 \cdot 6 \cdot 2 = 0,247 \cdot 6 \cdot 2 = \mathbf{2,964 \text{ kN}} \rightarrow F_{7,11}$$

$$F_{7,12} = H_2 \cdot 3 \cdot 2 = 0,247 \cdot 3 \cdot 2 = \mathbf{1,482 \text{ kN}}$$


---

$$F_{8,1} = H_2 \cdot 3,4 \cdot 3 + F_2 \cdot 0,6 \cdot 3 = 0,247 \cdot 3,4 \cdot 3 + 0,699 \cdot 0,6 \cdot 3 = \mathbf{3,778 \text{ kN}}$$

$$F_{8,2} = H_2 \cdot 6 \cdot 3,4 + F_2 \cdot 3,5 \cdot 0,6 + G_2 \cdot 0,6 \cdot 2,5 = 0,247 \cdot 6 \cdot 3,4 + 0,699 \cdot 3,5 \cdot 0,6 + 0,493 \cdot 0,6 \cdot 2,5 = \mathbf{7,246 \text{ kN}}$$

$$F_{8,3} = H_2 \cdot 6 \cdot 3,4 + G_2 \cdot 6 \cdot 0,6 = 0,247 \cdot 6 \cdot 3,4 + 0,493 \cdot 6 \cdot 0,6 = \mathbf{6,814 \text{ kN}} \rightarrow F_{8,10}$$

$$F_{8,11} = H_2 \cdot 6 \cdot 3,4 + F_2 \cdot 3,5 \cdot 0,6 + G_2 \cdot 0,6 \cdot 2,5 = 0,247 \cdot 6 \cdot 3,4 + 0,699 \cdot 3,5 \cdot 0,6 + 0,493 \cdot 0,6 \cdot 2,5 = \mathbf{7,246 \text{ kN}}$$

$$F_{8,12} = H_2 \cdot 3,4 \cdot 3 + F_2 \cdot 0,6 \cdot 3 = 0,247 \cdot 3,4 \cdot 3 + 0,699 \cdot 0,6 \cdot 3 = \mathbf{3,778 \text{ kN}}$$


---

$$F_{9,1} = F_2 \cdot 2 \cdot 3 = 0,699 \cdot 2 \cdot 3 = \mathbf{4,194 \text{ kN}}$$

$$F_{9,2} = F_2 \cdot 3,5 \cdot 2 + G_2 \cdot 2,5 \cdot 2 = 0,699 \cdot 3,5 \cdot 2 + 0,493 \cdot 2,5 \cdot 2 = \mathbf{7,358 \text{ kN}}$$

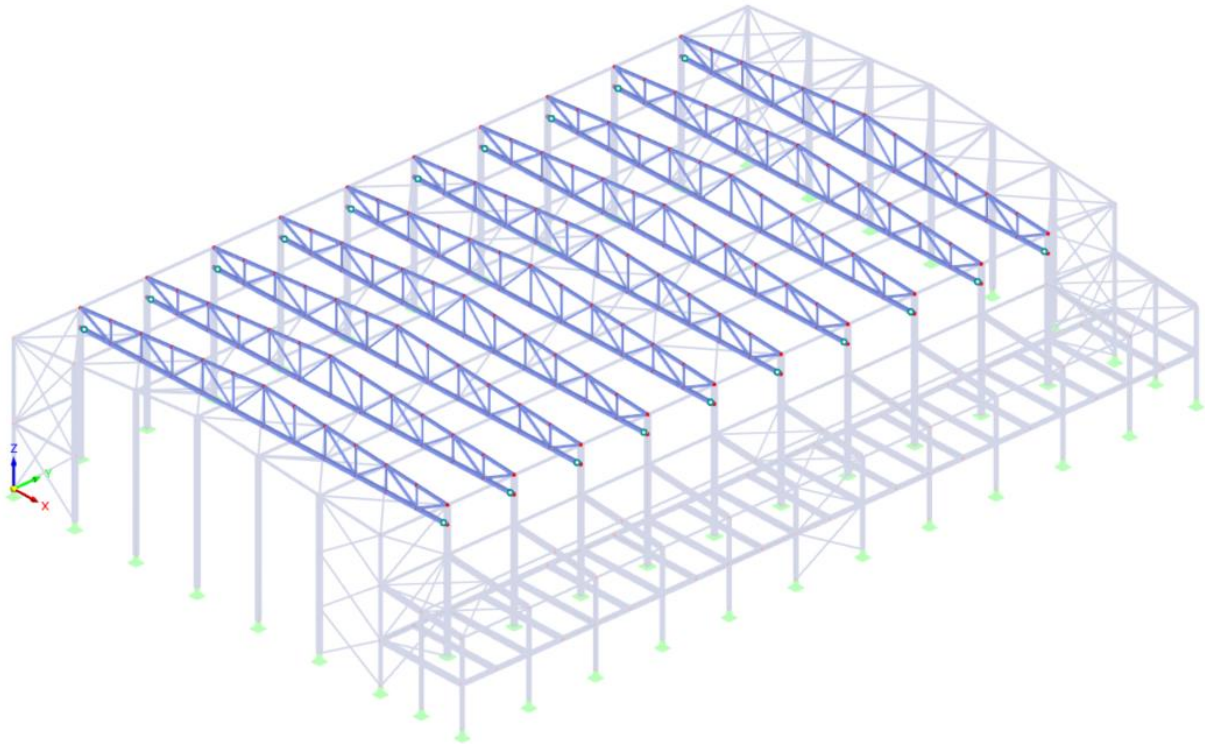
$$F_{9,3} = G_2 \cdot 2 \cdot 6 = 0,493 \cdot 2 \cdot 6 = \mathbf{5,916 \text{ kN}} \rightarrow F_{9,10}$$

$$F_{9,11} = F_2 \cdot 3,5 \cdot 2 + G_2 \cdot 2,5 \cdot 2 = 0,699 \cdot 3,5 \cdot 2 + 0,493 \cdot 2,5 \cdot 2 = \mathbf{7,358 \text{ kN}}$$

$$F_{9,12} = F_2 \cdot 2 \cdot 3 = \mathbf{4,194 \text{ kN}}$$

## 9. Posouzení nosných prvků konstrukce

### 9.1 Příhradový vazník

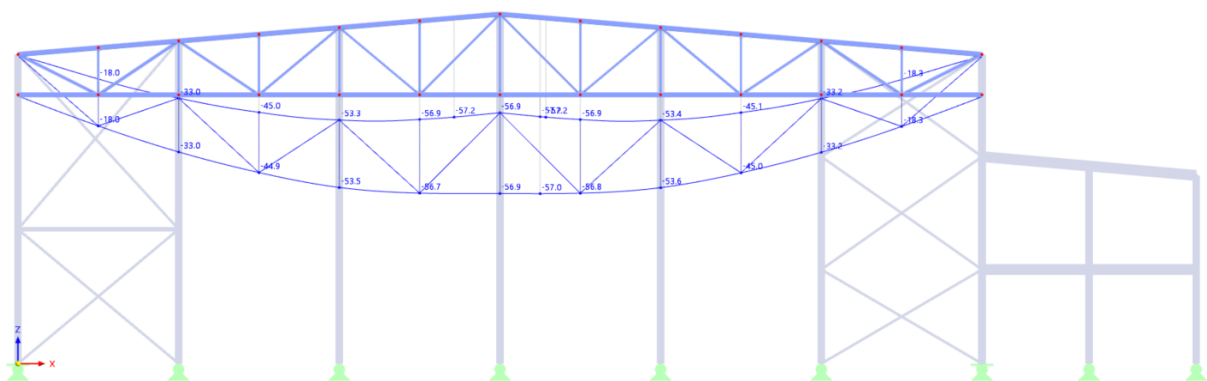


#### 9.1.1 Posouzení příhradového vazníku na MSP

$$\delta \leq \delta_{lim}$$

skutečný průhyb konstrukce –  $\delta$

$$\text{limitní průhyb konstrukce} - \delta_{lim} = \frac{L}{200}$$



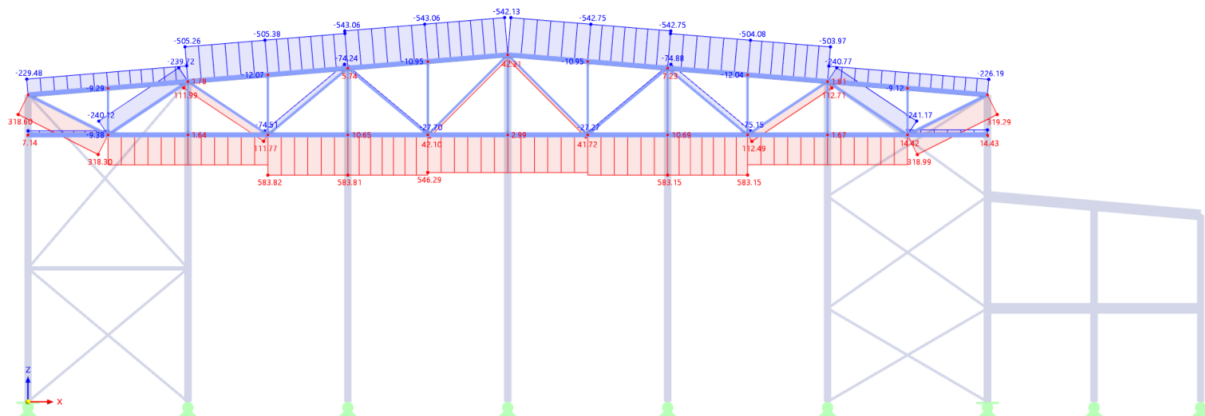
$$\delta = 56,9\text{mm} \leq \delta_{lim} = \frac{36000}{250} = 144\text{mm}$$

Příhradový vazník vyhovuje na MSP.



9.1.2 Posouzení příhradového vazníku na MSÚ

Průběh vnitřních sil na nejzatíženějším vazníku:



Pro posouzení prutů jsou použity následující vzorce:

$$\text{Maximální tahová síla v prutu: } N_{t,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

$$\text{Vzpěrná délka tlačенého prutu: } L_{cr} = \beta \cdot L_{teor}$$

$$\text{Štíhlost prutu: } \lambda = \frac{L_{cr}}{i} < 200$$

$$\text{Relativní štíhlost: } \lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06 \qquad \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

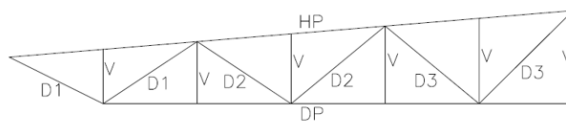
$$\text{Poměrná štíhlost: } \lambda_1 = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_{rel}}$$

$$\text{Maximální tlaková síla v prutu: } N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Vzpěrnostní součinitel  $\chi$  – hodnota získaná z tabulek ocelových konstrukcí na základě  $\lambda_1$

Tabulka posouzení konstrukce:

Posouzení tažených prutů příhrady							
prut	$N_{Ed}$	$f_y$	průřez	A	$\gamma_{M0}$	$N_{t,Rd}$	$N_{Ed}/N_{t,Rd}$
[-]	[kN]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]	[kN]	[%]
HP	0,00	355	160x160x8	4640	1,0	1647,2	0,0
DP	583,82	355	180x180x8	4640	1,0	1647,2	35,4
D1	319,29	355	90x90x5	1920	1,0	681,6	46,8
D2	112,71	355	80x80x4	1010	1,0	358,55	31,4
D3	42,31	355	60x60x3	661	1,0	234,655	18,0
V	10,87	355	60x60x3	661	1,0	234,655	4,6

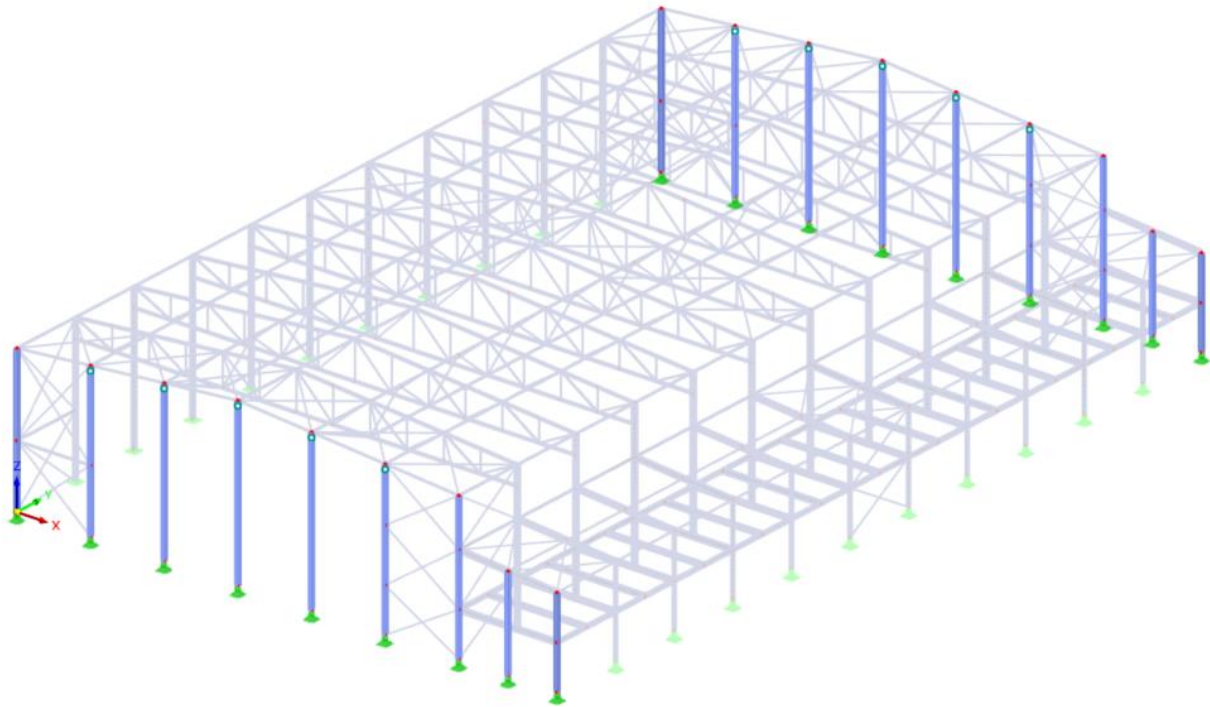


Posouzení tlačných prutů příhrady															
prut	$N_{Ed}$	$f_y$	průřez	A	$L_{teor}$	$\beta$	$L_{cr}$	i	$\lambda$	$\lambda_1$	$\lambda_{rel}$	$\chi$	$\gamma_{M1}$	$N_{b,Rd}$	$N_{Ed}/N_{b,Rd}$
[-]	[kN]	[MPa]	[-]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kN]	[%]
HP v rov.	560,28	355	160x160x8	4640	3 000	1	3 000	61,2	49,02	76,1	0,64	0,874	1,0	1439,65	38,9
HP z rov.	565,39	355	160x160x8	4640	6 000	1	6 000	61,2	98,04	76,1	1,29	0,432	1,0	711,59	79,5
DP v rov.	72,50	355	180x180x8	4640	3 000	1	3 000	61,2	49,02	76,1	0,64	0,874	1,0	1439,65	5,0
DP z rov.	72,50	355	180x180x8	4640	12 000	1	12 000	61,2	196,08	76,1	2,58	0,138	1,0	227,31	31,9
D1	241,17	355	90x90x5	1920	3 600	1	3 600	33,9	106,19	76,1	1,40	0,418	1,0	284,91	84,6
D2	75,15	355	80x80x4	1010	3 900	1	3 900	26,7	146,07	76,1	1,92	0,240	1,0	86,05	87,3
D3	27,70	355	60x60x3	661	4 200	1	4 200	23,1	181,82	76,1	2,39	0,148	1,0	34,73	79,8
V	52,52	355	60x60x3	661	3 000	1	3 000	23,1	129,87	76,1	1,71	0,271	1,0	63,59	82,6

Z tabulky je vidět, že až na dolní pás jsou všechny pruty navrženy na efektivní využití průřezu v tlaku. Dolní pás je navrženy na štíhlost prutu. Některé průřezy se oproti předchozí studii 4 variant příhradoviny liší, což je způsobeno jiným průběhem sil v důsledku prostorového efektu modelu.

## 9.2 Sloupy S1

Jde o všechny sloupy nacházející se v čelní stěně objektu. Všechny sloupy jsou navrženy ze stejného profilu kvůli uchycení obvodového pláště.



### 9.2.1 Posouzení sloupů S1 na MSP

Na MSP je posuzován sloup s největším průhybem. Jde o sloup v místě hřebene haly s délkou 13 m.

Navržený průřez: HEA 280

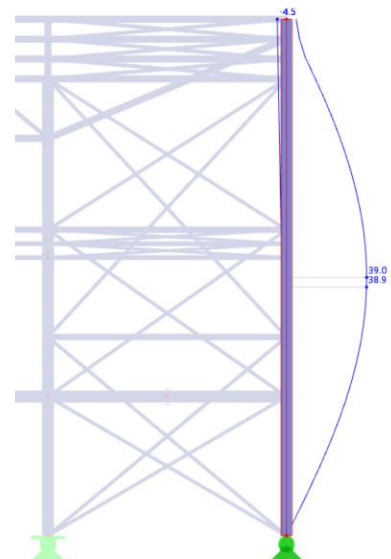
$$\delta \leq \delta_{lim}$$

skutečný průhyb konstrukce –  $\delta$

$$\text{limitní průhyb konstrukce} - \delta_{lim} = \frac{L}{250}$$

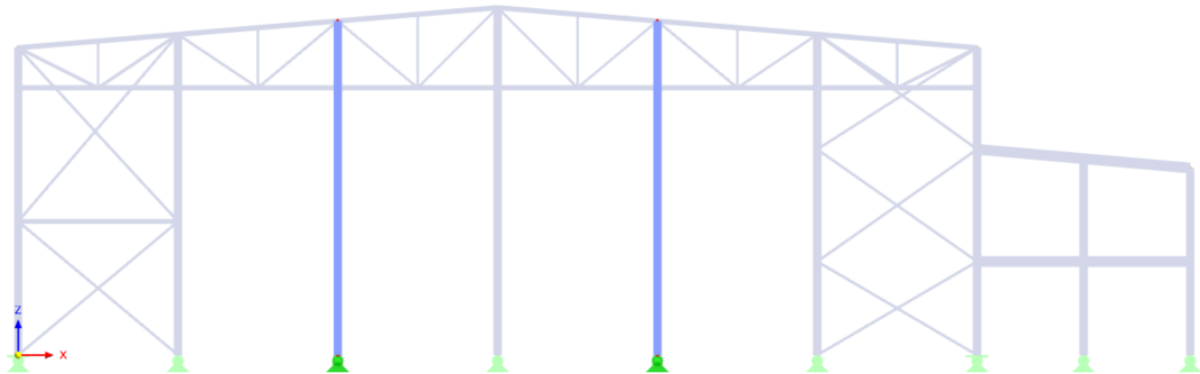
$$\delta = 39\text{mm} \leq \delta_{lim} = \frac{13000}{250} = 52\text{mm}$$

Sloup vyhovuje na MSP.



### 9.2.2 Posouzení sloupů S1 halové části na MSÚ

Na MSÚ je posuzován nejzatíženější sloup, kterými jsou sloupy sousedící se sloupem v místě hřebenu.



Navržený průřez: HEA 280

#### Průřezové charakteristiky

$$A = 9\,726 \text{ mm}^2$$

$$i_y = 118,6 \text{ mm}$$

$$i_z = 70,0 \text{ mm}$$

$$W_{pl,y} = 1\,112\,550 \text{ mm}^3$$

$$M_{y,Ed} = 59,8 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 108,18 \text{ kN}$$

#### Výpočet

Vzpěrná délka z roviny:  $L_{cr,y} = \beta_y \cdot L = 1 \cdot 12,5 = 12,5 \text{ m}$

Vzpěrná délka v rovině:  $L_{cr,z} = \beta_z \cdot L = 1 \cdot 12,5 = 12,5 \text{ m}$

Štíhlost prutu:  $\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{12\,500}{118,6} = 105,40 < 200$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{12\,500}{70} = 178,57 < 200$$

Relativní štíhlost:  $\lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

Poměrná štíhlost prutu:  $\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_{rel}} = \frac{105,40}{76,06} = 1,386$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_{rel}} = \frac{178,57}{76,06} = 2,348$$

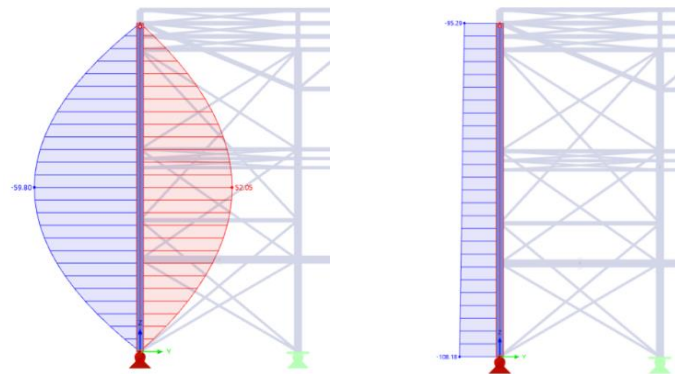
Součinitel vzpěrnosti:

HEA 280

Vybočení kolmo k y-y...křivka b -> z tabulek  $\chi_y = 0,386$

Vybočení kolmo k z-z...křivka c -> z tabulek  $\chi_z = 0,148$

Průběh ohybového momentu    Průběh normálové síly



Kritický moment:

výpočet kritického momentu v programu LTBeamN viz. příloha

$M_{cr} = 181,96 \text{ kNm}$

Poměrná štíhlost:  $\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$

HEA 280 je průřez 3. třídy, proto se ve vzorci místo  $W_{pl,y}$  musí použít  $W_{el,y}$ .

$W_{el,y} = 832\,000 \text{ mm}^3$  – hodnota získaná z programu Dlubal RFEM 6.02.

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{832000 \cdot 355}{181,96 \cdot 10^6}} = 1,623$$

Křivka klopení pro válcovaný profil:  $\frac{h}{b} = \frac{270}{280} = 0,96 < 2$  křivka b  $\rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$

Součinitel klopení:  $\lambda_{LT,0} = 0,4$   $\beta = 0,75$

$$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,623 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,4^2] = 1,696$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{1,696 + \sqrt{1,696^2 - 0,75 \cdot 1,623^2}} = 0,378 < 1,0$$

$$\chi_{LT} = 0,378 \leq \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = \frac{1}{1,623^2} = 0,380 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Součinitele  $C_{my}$ ,  $C_{mz}$  a  $C_{mLT}$

Podle normové tabulky

$C_{my} = 0,4$

$C_{mz} = 0,4$

$C_{mLT} = 0,4$

Průběh momentu	Rozsah		$C_{my}$ a $C_{mz}$ a $C_{mLT}$	
			rovnoměrné zatížení	soustředěné zatížení
	$-1 \leq \psi \leq 1$		$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$	$-0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$	$0,90 + 0,10\alpha_h(1+2\psi)$
Součinitel ekvivalentního konstantního momentu při vybočení s posuvem styčnic se má uvažovat $C_{my} = 0,9$ nebo $C_{mz} = 0,9$ .				
$C_{my}$ , $C_{mz}$ a $C_{mLT}$ se mají stanovit v závislosti na průběhu momentu mezi příslušnými body podepření následovně:				
Součinitel:	osa ohybu:	body podepřené ve směru:		
$C_{my}$	y-y	z-z		
$C_{mz}$	z-z	y-y		
$C_{mLT}$	y-y	y-y		

Interakční součinitele:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 9726 \cdot 355 \cdot 10^{-3} = \mathbf{3452,73 \text{ kN}}$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} c_{my} \cdot \left( 1 + (\bar{\lambda}_y \cdot 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \\ c_{my} \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} 0,4 \cdot \left( 1 + (1,386 \cdot 0,6) \cdot \frac{108,18}{0,386 \cdot 3452,73/1,0} \right) \\ 0,4 \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{108,18}{0,386 \cdot 3452,73/1,0} \right) \end{array} \right) = \mathbf{0,419}$$

$$k_{zy} = \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \\ 1 - \frac{0,05}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,05 \cdot 0,148}{(0,4 - 0,25)} \cdot \frac{108,18}{0,148 \cdot 3452,73/1,0} \\ 1 - \frac{0,05}{(0,4 - 0,25)} \cdot \frac{108,18}{0,148 \cdot 3452,73/1,0} \end{array} \right) = \mathbf{0,929}$$

Podmínky spolehlivosti:

$$M_{y,Rk} = W_{el,y} \cdot f_y = 832000 \cdot 355 \cdot 10^{-6} = \mathbf{295,36 \text{ kNm}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{108,18}{0,386 \cdot 3452,73/1} + 0,419 \cdot \frac{59,8}{0,378 \cdot 295,36/1} = 0,306 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{108,18}{0,148 \cdot 3452,73/1} + 0,929 \cdot \frac{59,8}{0,378 \cdot 295,36/1} = 0,709 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

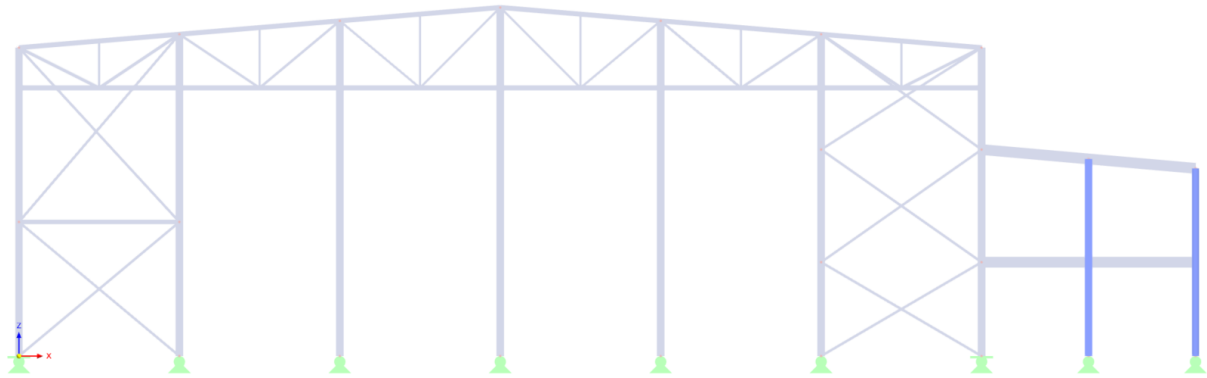
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}/\gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{108,18}{3452,73/1} + \frac{59,8}{295,36/1} = 0,234 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

Rozhodujícím kritériem návrhu je štíhlost prutu.

Navržený průřez HEA 280 **vyhovuje**.

### 9.2.3 Posouzení sloupů S1 příhradové části na MSÚ

Délka sloupu je 7,35 m.



Navržený průřez: HEA 280

#### Průřezové charakteristiky

$$A = 9\,726 \text{ mm}^2$$

$$i_y = 118,6 \text{ mm}$$

$$i_z = 70,0 \text{ mm}$$

$$W_{pl,y} = 1\,112\,550 \text{ mm}^3$$

$$M_{y,Ed} = 19,05 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = 70,65 \text{ kN}$$

#### Výpočet

Vzpěrná délka z roviny:  $L_{cr,y} = \beta_y \cdot L = 1 \cdot 7,35 = \mathbf{7,35 \text{ m}}$

Vzpěrná délka v rovině:  $L_{cr,z} = \beta_z \cdot L = 1 \cdot 7,35 = \mathbf{7,35 \text{ m}}$

Štíhlost prutu:  $\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{7\,350}{118,6} = \mathbf{61,97} < 200$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{7\,350}{70} = \mathbf{105,00} < 200$$

Relativní štíhlost:  $\lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = \mathbf{76,06}$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

Poměrná štíhlost prutu:  $\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_{rel}} = \frac{61,97}{76,06} = \mathbf{0,815}$

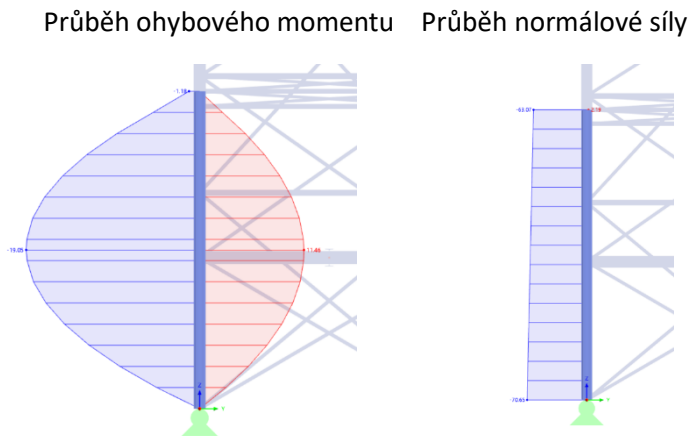
$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_{rel}} = \frac{105,00}{76,06} = \mathbf{1,381}$$

Součinitel vzpěrnosti:

HEA 280

Vybočení kolmo k y-y...křivka b -> z tabulek  $\chi_y = \mathbf{0,715}$

Vybočení kolmo k z-z...křivka c -> z tabulek  $\chi_z = \mathbf{0,357}$



Kritický moment:

výpočet kritického momentu v programu LTBeamN viz. příloha

$M_{cr} = 298,98 \text{ kNm}$

Poměrná štíhlost:  $\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$

HEA 280 je průřez 3. třídy, proto se ve vzorci místo  $W_{pl,y}$  musí použít  $W_{el,y}$ .

$W_{el,y} = 832\,000 \text{ mm}^3$  – hodnota získaná z programu Dlubal RFEM 6.02.

$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{832\,000 \cdot 355}{298,98 \cdot 10^6}} = 0,988$

Křivka klopení pro válcovaný profil:  $\frac{h}{b} = \frac{270}{280} = 0,96 < 2$  křivka b ->  $\alpha_{LT} = 0,34$

Součinitel klopení:  $\lambda_{LT,0} = 0,4$        $\beta = 0,75$

$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2] =$   
 $= 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,988 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,4^2] = 1,010$

$\chi_{LT} = \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{1,010 + \sqrt{1,010^2 - 0,75 \cdot 0,988^2}} = 0,646 < 1,0$

$\chi_{LT} = 0,646 \leq \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = \frac{1}{0,988^2} = 1,025 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Součinitele  $c_{my}$ ,  $c_{mz}$  a  $c_{mLT}$

Podle normové tabulky

$c_{my} = 0,4$

$c_{mz} = 0,4$

$c_{mLT} = 0,4$

Průběh momentu	Rozsah	$C_{my}$ a $C_{mz}$ a $C_{mLT}$	
		rovnorné zatížení	soustředné zatížení
	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_h \geq 0,4$
		$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$
		$0 \leq \psi \leq 1$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$
			$0,90 + 0,10\alpha_h(1+2\psi)$
Součinitel ekvivalentního konstantního momentu při vybočení s posuvem styčniců se má uvažovat $C_{my} = 0,9$ nebo $C_{mz} = 0,9$ .			
$C_{my}$ , $C_{mz}$ a $C_{mLT}$ se mají stanovit v závislosti na průběhu momentu mezi příslušnými body podepření následovně:			
Součinitel:	osa ohybu:	body podepřené ve směru:	
$C_{my}$	y-y	z-z	
$C_{mz}$	z-z	y-y	
$C_{mLT}$	y-y	y-y	

Interakční součinitele:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 9726 \cdot 355 \cdot 10^{-3} = \mathbf{3452,73 \text{ kN}}$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} c_{my} \cdot \left( 1 + (\bar{\lambda}_y \cdot 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \\ c_{my} \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} 0,4 \cdot \left( 1 + (0,815 \cdot 0,6) \cdot \frac{70,65}{0,715 \cdot 3452,73/1,0} \right) \\ 0,4 \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{70,65}{0,715 \cdot 3452,73/1,0} \right) \end{array} \right) = \mathbf{0,407}$$

$$k_{zy} = \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \\ 1 - \frac{0,05}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,05 \cdot 1,381}{(0,4 - 0,25)} \cdot \frac{70,65}{0,357 \cdot 3452,73/1,0} \\ 1 - \frac{0,05}{(0,4 - 0,25)} \cdot \frac{70,65}{0,357 \cdot 3452,73/1,0} \end{array} \right) = \mathbf{0,962}$$

Podmínky spolehlivosti:

$$M_{y,Rk} = W_{el,y} \cdot f_y = 832\,000 \cdot 355 \cdot 10^{-6} = \mathbf{295,36 \text{ kNm}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{70,65}{0,715 \cdot 3452,73/1} + 0,407 \cdot \frac{19,05}{0,646 \cdot 295,36/1} = 0,069 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{70,65}{0,357 \cdot 3452,73/1} + 0,962 \cdot \frac{19,05}{0,646 \cdot 295,36/1} = 0,153 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

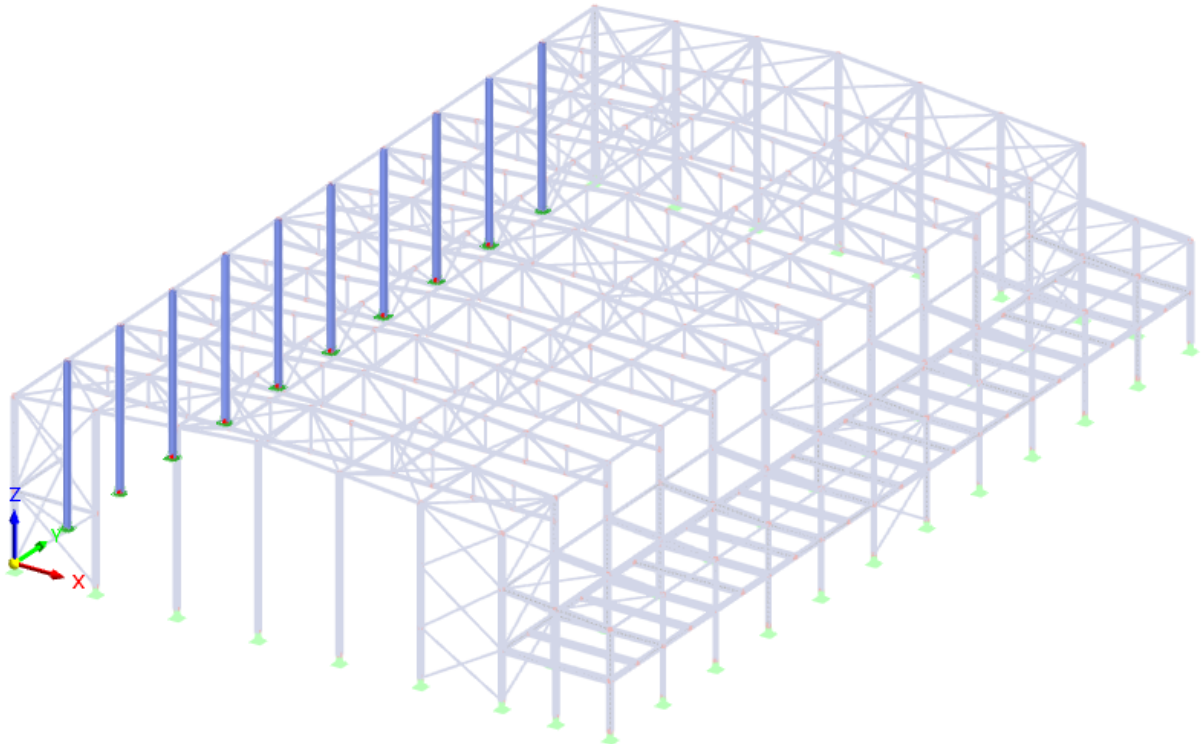
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}/\gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{70,65}{3452,73/1} + \frac{19,05}{295,36/1} = 0,085 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

Navržený průřez HEA 280 **vyhovuje**, ale je předimenzovaný. To je způsobeno velkým průřezem, který je navržený kvůli uchycení obvodového pláště.



### 9.3 Sloupy S2

Jde o sloupy tvořící podélnou stěnu halové části objektu. Na MSP i MSÚ je posuzován stejný sloup nacházející se uprostřed řady sloupů. Všechny sloupy mají stejnou délku 11 m.



#### 9.3.1 Posouzení sloupů S2 na MSP

$L = 11,5 \text{ m}$

Navržený průřez: HEA 280

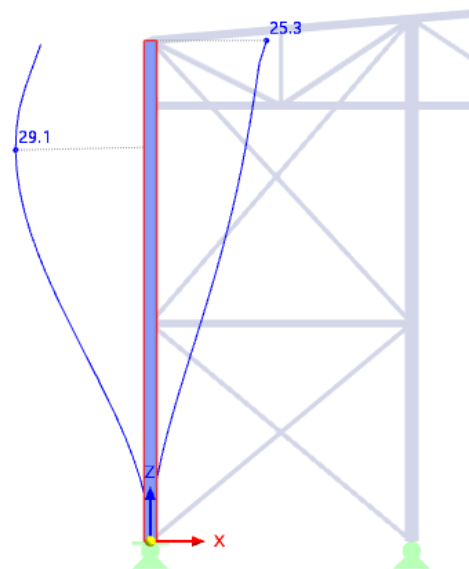
$$\delta \leq \delta_{\text{lim}}$$

skutečný průhyb konstrukce –  $\delta$

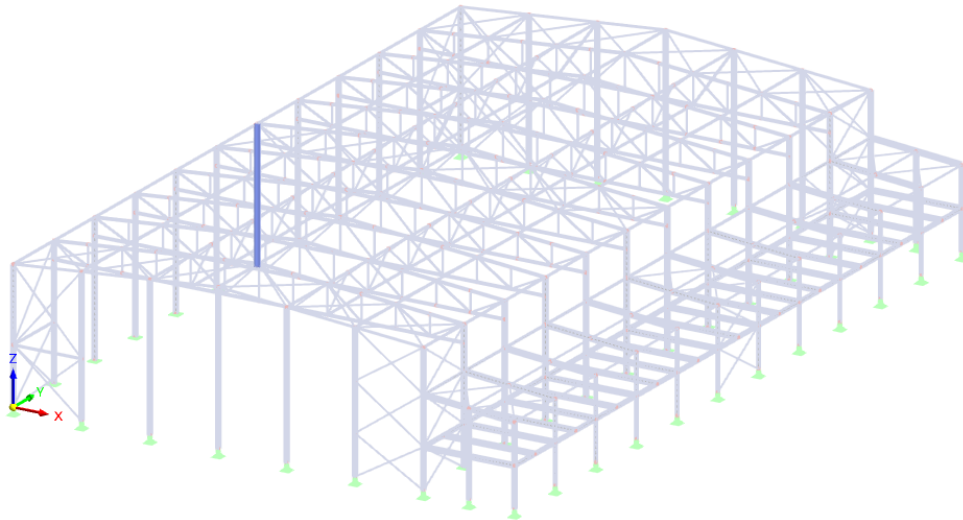
limitní průhyb konstrukce –  $\delta_{\text{lim}} = \frac{L}{150}$

$$\delta = 29,1 \text{ mm} \leq \delta_{\text{lim}} = \frac{11500}{150} = 76,7 \text{ mm}$$

Sloup vyhovuje na MSP.



9.3.2 Posouzení sloupů S2 na MSÚ



Navržený průřez: HEA 280

**Průřezové charakteristiky**

$A = 9\,726 \text{ mm}^2$

$i_y = 118,6 \text{ mm}$

$i_z = 70,0 \text{ mm}$

$W_{pl,y} = 1\,112\,550 \text{ mm}^3$

$M_{V,Ed} = 82,55 \text{ kNm}$

$N_{Ed} = 202,01 \text{ kN}$

**Výpočet**

Vzpěrná délka z roviny:  $L_{cr,y} = \beta_y \cdot L = 2 \cdot 11,5 = \mathbf{23 \text{ m}}$

Vzpěrná délka v rovině:  $L_{cr,z} = \beta_z \cdot L = 1 \cdot 11,5 = \mathbf{11,5 \text{ m}}$

Štíhlost prutu:  $\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{23\,000}{118,6} = \mathbf{193,93} < 200$

$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{11\,500}{70} = \mathbf{164,286} < 200$

Relativní štíhlost:  $\lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = \mathbf{76,06}$

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$

Poměrná štíhlost prutu:  $\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_{rel}} = \frac{193,93}{76,06} = \mathbf{2,550}$

$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_{rel}} = \frac{157,14}{76,06} = \mathbf{2,160}$

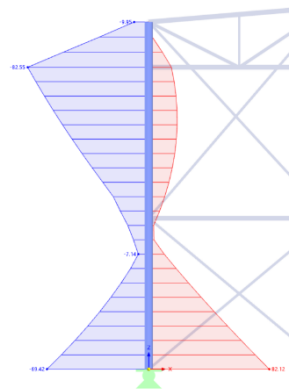
Součinitel vzpěrnosti:

HEA 280

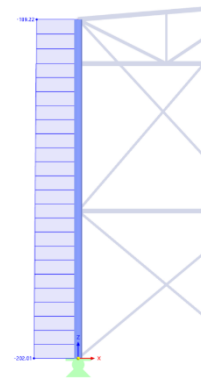
Vybočení kolmo k y-y...křivka b -> z tabulek  $\chi_y = \mathbf{0,135}$

Vybočení kolmo k z-z...křivka c -> z tabulek  $\chi_z = \mathbf{0,172}$

Průběh ohybového momentu



Průběh normálové síly



Kritický moment:

výpočet kritického momentu v programu LTBeamN viz. příloha

$M_{cr} = 271,65 \text{ kNm}$

Poměrná štíhlost:  $\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$

HEA 280 je průřez 3. třídy, proto se ve vzorci místo  $W_{pl,y}$  musí použít  $W_{el,y}$ .

$W_{el,y} = 1\,013\,000 \text{ mm}^3$  – hodnota získaná z programu Dlubal RFEM 6.02.

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1013000 \cdot 355}{271,65 \cdot 10^6}} = 1,324$$

Křivka klopení pro válcovaný profil:  $\frac{h}{b} = \frac{270}{280} = 0,96 < 2$  křivka b  $\rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$

Součinitel klopení:  $\lambda_{LT,0} = 0,4 \quad \beta = 0,75$

$$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,324 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,4^2] = 1,314$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{1,314 + \sqrt{1,314^2 - 0,75 \cdot 1,324^2}} = 0,511 < 1,0$$

$$\chi_{LT} = 0,511 \leq \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = \frac{1}{1,324^2} = 0,571 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Součinitele  $C_{my}$ ,  $C_{mz}$  a  $C_{mLT}$

Podle normové tabulky

$C_{my} = 0,4$

$C_{mz} = 0,4$

$C_{mLT} = 0,4$

Průběh momentu	Rozsah	$C_{my}$ a $C_{mz}$ a $C_{mLT}$	
		rovnomměrné zatížení	soustředěné zatížení
	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$-1 \leq \psi < 0$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_h \geq 0,4$
		$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$
		$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$0 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,90 + 0,10\alpha_h(1+2\psi)$
Součinitel ekvivalentního konstantního momentu při vybočení s posuvem styčniců se má uvažovat $C_{my} = 0,9$ nebo $C_{mz} = 0,9$ .			
$C_{my}$ , $C_{mz}$ a $C_{mLT}$ se mají stanovit v závislosti na průběhu momentu mezi příslušnými body podepření následovně:			
Součinitel:	osa ohybu:	body podepřené ve směru:	
$C_{my}$	y-y	z-z	
$C_{mz}$	z-z	y-y	
$C_{mLT}$	y-y	y-y	

Interakční součinitele:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 9726 \cdot 355 \cdot 10^{-3} = \mathbf{3452,73 \text{ kN}}$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} c_{my} \cdot \left( 1 + (\bar{\lambda}_y \cdot 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \\ c_{my} \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} 0,4 \cdot \left( 1 + (2,55 \cdot 0,6) \cdot \frac{202,01}{0,135 \cdot 3452,73/1,0} \right) \\ 0,4 \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{202,01}{0,135 \cdot 3452,73/1,0} \right) \end{array} \right) = \mathbf{0,498}$$

$$k_{zy} = \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \\ 1 - \frac{0,05}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,05 \cdot 2,16}{(0,4 - 0,25)} \cdot \frac{202,01}{0,172 \cdot 3452,73/1,0} \\ 1 - \frac{0,05}{(0,4 - 0,25)} \cdot \frac{202,01}{0,172 \cdot 3452,73/1,0} \end{array} \right) = \mathbf{0,894}$$

Podmínky spolehlivosti:

$$M_{y,Rk} = W_{el,y} \cdot f_y = 1013000 \cdot 355 \cdot 10^{-6} = \mathbf{359,62 \text{ kNm}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{202,01}{0,135 \cdot 3452,73/1} + 0,498 \cdot \frac{82,55}{0,511 \cdot 359,62/1} = 0,632 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{202,01}{0,172 \cdot 3452,73/1} + 0,894 \cdot \frac{82,55}{0,511 \cdot 359,62/1} = 0,719 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

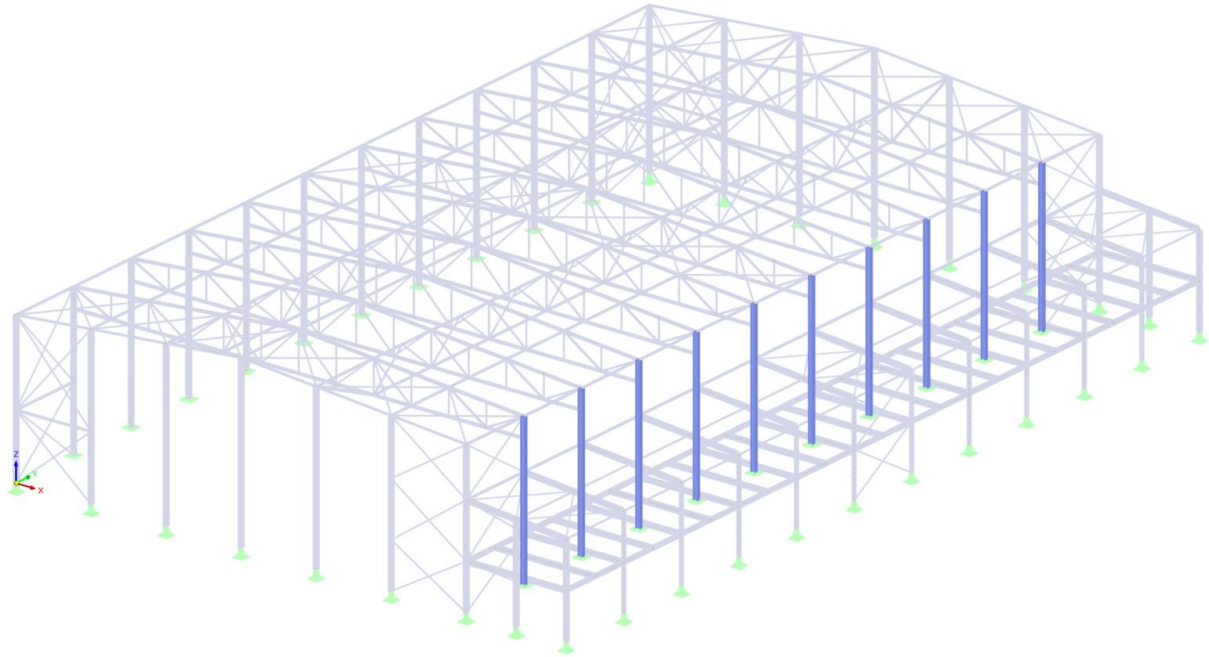
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}/\gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{202,01}{3452,73/1} + \frac{82,55}{359,62/1} = 0,288 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

Rozhodujícím kritériem návrhu je štíhlost prutu.

Navržený průřez HEA 280 **vyhovuje**.

## 9.4 Sloupy S3

Jde o sloupy tvořící podélnou stěnu mezi halou a přístavbou. Na MSP i MSÚ je posuzován stejný sloup nacházející se uprostřed řady sloupů. Všechny sloupy mají stejnou délku 11 m.



### 9.4.1 Posouzení sloupů S3 na MSP

$L = 11,5 \text{ m}$

Navržený průřez: HEA 300

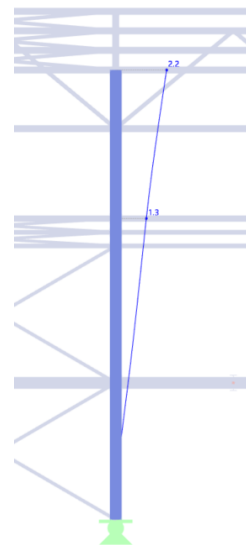
$\delta \leq \delta_{lim}$

skutečný průhyb konstrukce –  $\delta$

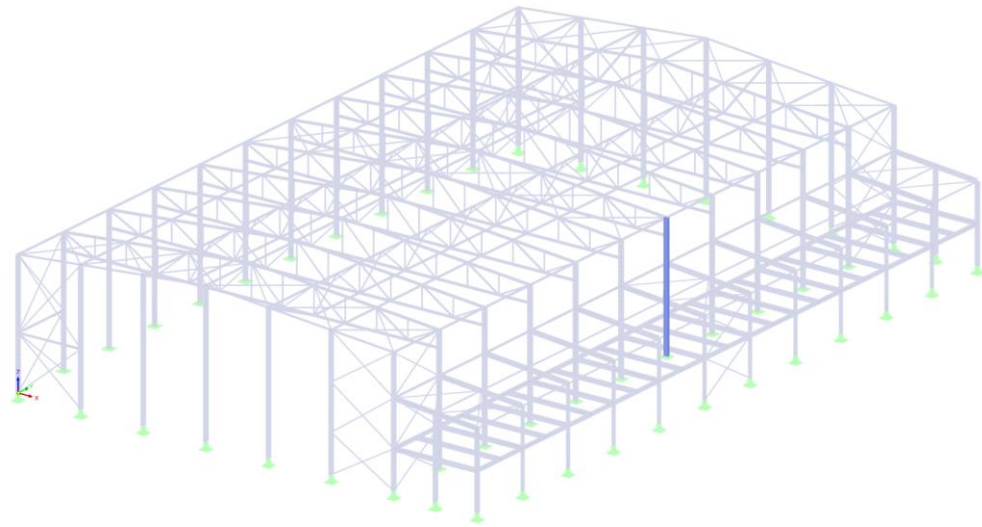
limitní průhyb konstrukce –  $\delta_{lim} = \frac{L}{150}$

$$\delta = 24,9 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{11\,500}{150} = 76,7 \text{ mm}$$

Sloup vyhovuje na MSP.



9.4.2 Posouzení sloupů S3 na MSÚ



Navržený průřez: HEA 300

**Průřezové charakteristiky**

$A = 11\,250 \text{ mm}^2$

$i_y = 127,4 \text{ mm}$

$i_z = 74,9 \text{ mm}$

$W_{pl,y} = 1\,383\,720 \text{ mm}^3$

$M_{y,Ed} = 116,41 \text{ kNm}$

$N_{Ed} = 527,58 \text{ kN}$

**Výpočet**

Vzpěrná délka z roviny:  $L_{cr,y} = \beta_y \cdot L = 1 \cdot 11,5 = \mathbf{11,5 \text{ m}}$

Vzpěrná délka v rovině:  $L_{cr,z} = \beta_z \cdot L = 1 \cdot 11,5 = \mathbf{11,5 \text{ m}}$

Štíhlost prutu:  $\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{11\,500}{127,4} = \mathbf{90,267} < 200$

$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{11\,500}{74,9} = \mathbf{153,538} < 200$

Relativní štíhlost:  $\lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = \mathbf{76,06}$

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$

Poměrná štíhlost prutu:  $\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_{rel}} = \frac{90,267}{76,06} = \mathbf{1,187}$

$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_{rel}} = \frac{153,538}{76,06} = \mathbf{2,019}$

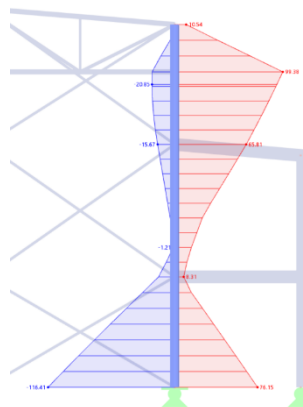
Součinitel vzpěrnosti:

HEA 300

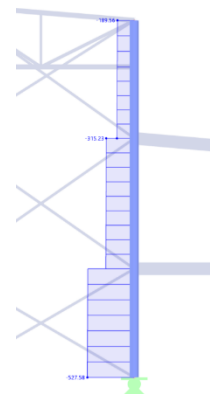
Vybočení kolmo k y-y...křivka b -> z tabulek  $\chi_y = \mathbf{0,484}$

Vybočení kolmo k z-z...křivka c -> z tabulek  $\chi_z = \mathbf{0,193}$

Průběh ohybového momentu



Průběh normálové síly



Kritický moment:

výpočet kritického momentu v programu LTBeamN viz. příloha

$M_{cr} = 923,56 \text{ kNm}$

Poměrná štíhlost:  $\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$

HEA 300 je průřez 3. třídy, proto se ve vzorci místo  $W_{pl,y}$  musí použít  $W_{el,y}$ .

$W_{el,y} = 1\,260\,000 \text{ mm}^3$  – hodnota získaná z programu Dlubal RFEM 6.02.

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{1\,260\,000 \cdot 355}{923,56 \cdot 10^6}} = 0,484$$

Křivka klopení pro válcovaný profil:  $\frac{h}{b} = \frac{290}{300} = 0,97 < 2$  křivka b  $\rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$

Součinitel klopení:  $\lambda_{LT,0} = 0,4$        $\beta = 0,75$

$$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,484 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,4^2] = 0,602$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{0,602 + \sqrt{0,602^2 - 0,75 \cdot 0,484^2}} = 0,967 < 1,0$$

$$\chi_{LT} = 0,967 \leq \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = \frac{1}{0,484^2} = 4,263 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Součinitele  $C_{my}$ ,  $C_{mz}$  a  $C_{mLT}$

Podle normové tabulky

$C_{my} = 0,4$

$C_{mz} = 0,4$

$C_{mLT} = 0,4$

Průběh momentu	Rozsah	$C_{my}$ a $C_{mz}$ a $C_{mLT}$	
		rovnomměrné zatížení	soustředěné zatížení
	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_h \geq 0,4$
		$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_h \geq 0,4$
		$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$
Součinitel ekvivalentního konstantního momentu při vybočení s posuvem styčniců se má uvažovat $C_{my} = 0,9$ nebo $C_{mz} = 0,9$ .			
$C_{my}$ , $C_{mz}$ a $C_{mLT}$ se mají stanovit v závislosti na průběhu momentu mezi příslušnými body podepření následovně: Součinitel:      osa ohybu:      body podepřené ve směru:			
$C_{my}$	$y-y$	$z-z$	
$C_{mz}$	$z-z$	$y-y$	
$C_{mLT}$	$y-y$	$y-y$	

Interakční součinitele:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 11\,250 \cdot 355 \cdot 10^{-3} = \mathbf{3993,75 \text{ kN}}$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} c_{my} \cdot \left( 1 + (\bar{\lambda}_y \cdot 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \\ c_{my} \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} 0,4 \cdot \left( 1 + (1,187 \cdot 0,6) \cdot \frac{527,58}{0,484 \cdot 3993,75/1,0} \right) \\ 0,4 \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{527,58}{0,484 \cdot 3993,75/1,0} \right) \end{array} \right) = \mathbf{0,698}$$

$$k_{zy} = \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \\ 1 - \frac{0,05}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,05 \cdot 2,019}{(0,4 - 0,25)} \cdot \frac{527,58}{0,193 \cdot 3993,75/1,0} \\ 1 - \frac{0,05}{(0,4 - 0,25)} \cdot \frac{527,58}{0,193 \cdot 3993,75/1,0} \end{array} \right) = \mathbf{0,893}$$

Podmínky spolehlivosti:

$$M_{y,Rk} = W_{el,y} \cdot f_y = 1\,260\,000 \cdot 355 \cdot 10^{-6} = \mathbf{447,3 \text{ kNm}}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{527,58}{0,484 \cdot 3993,75/1} + 0,698 \cdot \frac{116,41}{0,967 \cdot 447,3/1} = 0,461 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{527,58}{0,193 \cdot 3993,75/1} + 0,893 \cdot \frac{116,41}{0,967 \cdot 447,3/1} = 0,925 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}/\gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{527,58}{3993,75/1} + \frac{116,41}{447,3/1} = 0,392 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

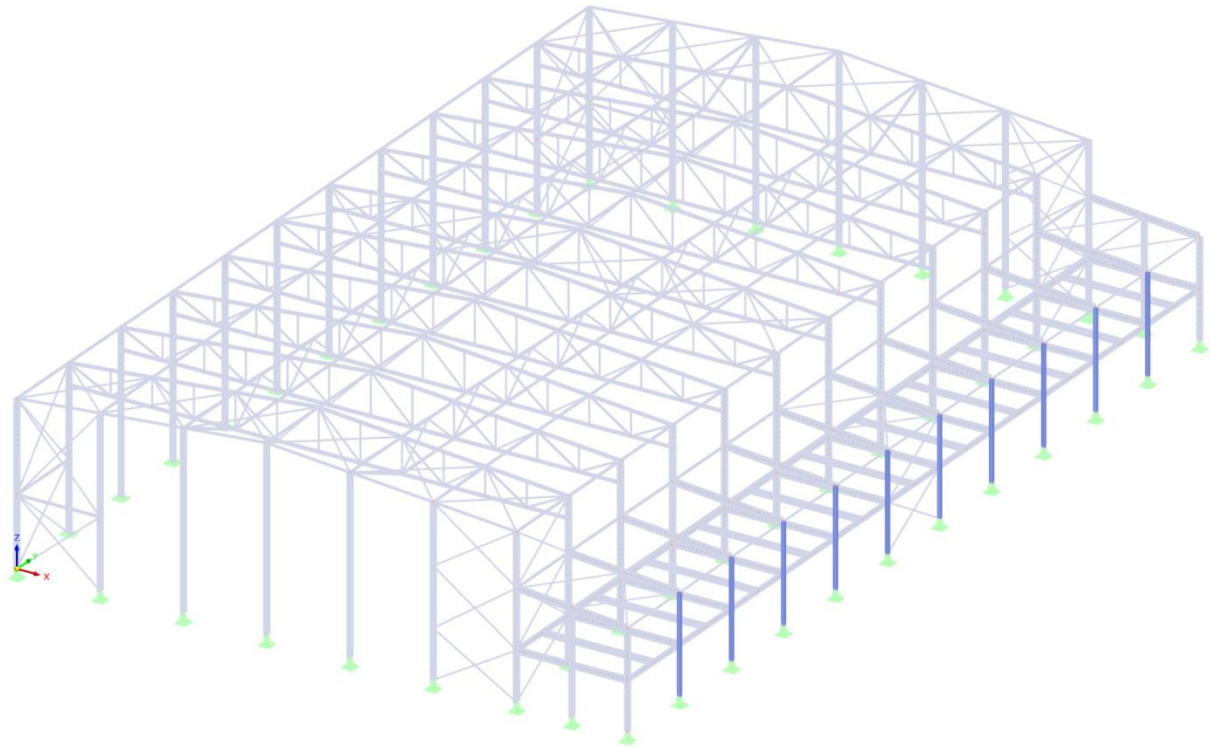
Rozhodujícím kritériem návrhu je využití průřezu.

Navržený průřez HEA 300 **vyhovuje**.



## 9.5 Sloupy S4

Jde o sloupy tvořící podélnou stěnu přístavby. Na MSP i MSÚ je posuzován stejný sloup nacházející se uprostřed řady sloupů. Všechny sloupy mají stejnou délku 7 m.



### 9.5.1 Posouzení sloupů S4 na MSP

$L = 7 \text{ m}$

Navržený průřez: HEA 200

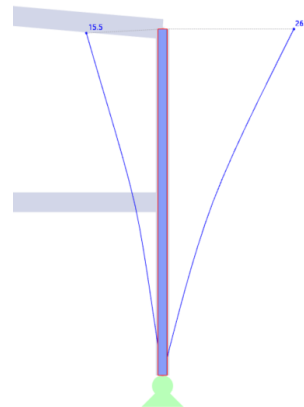
$\delta \leq \delta_{\text{lim}}$

skutečný průhyb konstrukce –  $\delta$

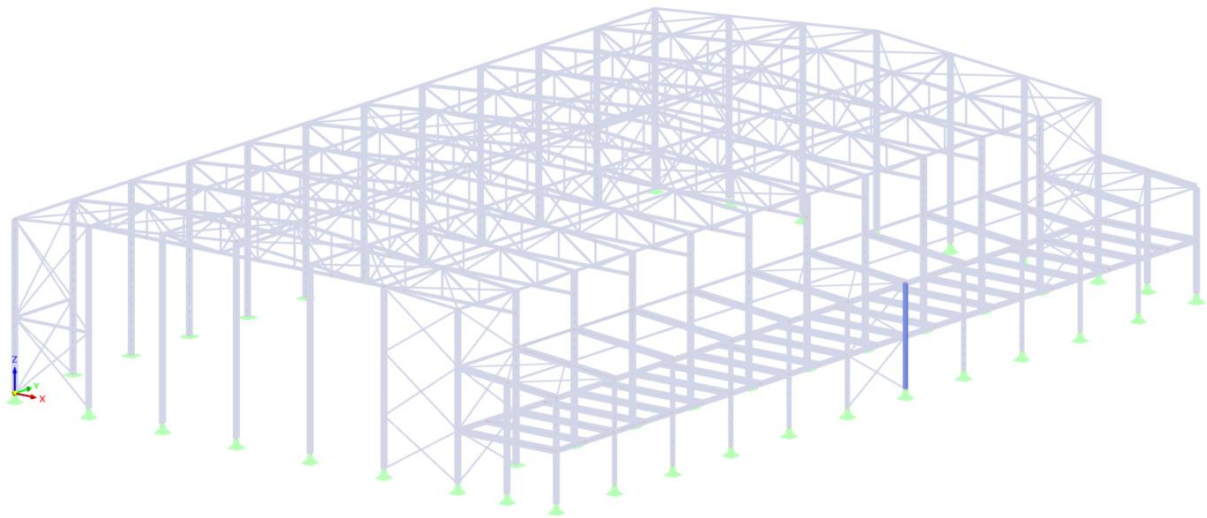
limitní průhyb konstrukce –  $\delta_{\text{lim}} = \frac{L}{250}$

$$\delta = 26,7 \text{ mm} \leq \delta_{\text{lim}} = \frac{7\,000}{250} = 28 \text{ mm}$$

Sloup vyhovuje na MSP.



9.5.2 Posouzení sloupů S4 na MSÚ



Navržený průřez: HEA 200

**Průřezové charakteristiky**

$A = 5\,383 \text{ mm}^2$

$i_y = 82,8 \text{ mm}$

$i_z = 49,8 \text{ mm}$

$W_{pl,y} = 429\,610 \text{ mm}^3$

$M_{y,Ed} = 10,36 \text{ kNm}$

$N_{Ed} = 278,52 \text{ kN}$

**Výpočet**

Vzpěrná délka z roviny:  $L_{cr,y} = \beta_y \cdot L = 1 \cdot 7 = 7 \text{ m}$

Vzpěrná délka v rovině:  $L_{cr,z} = \beta_z \cdot L = 1 \cdot 7 = 7 \text{ m}$

Štíhlost prutu:  $\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{7\,000}{82,8} = 84,541 < 200$

$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{7\,000}{49,8} = 140,562 < 200$

Relativní štíhlost:  $\lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06$

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$

Poměrná štíhlost prutu:  $\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_{rel}} = \frac{84,541}{76,06} = 1,112$

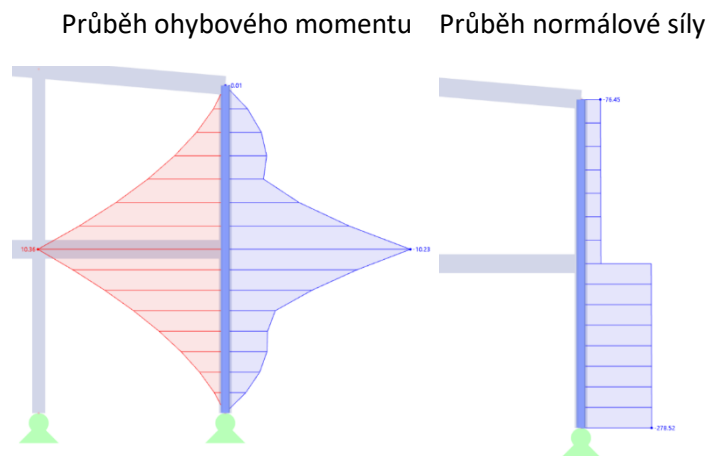
$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_{rel}} = \frac{140,562}{76,06} = 1,848$

Součinitel vzpěrnosti:

HEA 300

Vybočení kolmo k y-y...křivka b -> z tabulek  $\chi_y = 0,529$

Vybočení kolmo k z-z...křivka c -> z tabulek  $\chi_z = 0,224$



Kritický moment:

výpočet kritického momentu v programu LTBeamN viz. příloha

$M_{cr} = 104,05 \text{ kNm}$

Poměrná štíhlost:  $\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$

HEA 200 je průřez 3. třídy, proto se ve vzorci místo  $W_{pl,y}$  musí použít  $W_{el,y}$ .

$W_{el,y} = 388\,600 \text{ mm}^3$  – hodnota získaná z programu Dlubal RFEM 6.02.

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{388\,600 \cdot 355}{104,05 \cdot 10^6}} = 1,326$$

Křivka klopení pro válcovaný profil:  $\frac{h}{b} = \frac{190}{200} = 0,95 < 2$  křivka b  $\rightarrow \alpha_{LT} = 0,34$

Součinitel klopení:  $\lambda_{LT,0} = 0,4 \quad \beta = 0,75$

$$\varphi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \cdot \lambda_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (1,326 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,4^2] = 1,317$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\varphi_{LT} + \sqrt{\varphi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} = \frac{1}{1,317 + \sqrt{1,317^2 - 0,75 \cdot 1,326^2}} = 0,510 < 1,0$$

$$\chi_{LT} = 0,510 \leq \frac{1}{\lambda_{LT}^2} = \frac{1}{1,326^2} = 0,569 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Součinitele  $C_{my}$ ,  $C_{mz}$  a  $C_{mLT}$

Podle normové tabulky

$C_{my} = 0,4$

$C_{mz} = 0,4$

$C_{mLT} = 0,4$

Průběh momentu	Rozsah	$C_{my}$ a $C_{mz}$ a $C_{mLT}$	
		rovnomměrné zatížení	soustředěné zatížení
	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,6 + 0,4\psi \geq 0,4$	
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,2 + 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_s < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,1 - 0,8\alpha_s \geq 0,4$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$-1 \leq \psi \leq 1$	$0,1(1-\psi) - 0,8\alpha_h \geq 0,4$
		$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$0,2(-\psi) - 0,8\alpha_h \geq 0,4$
		$0 \leq \psi \leq 1$	$0,95 + 0,05\alpha_h$
	$-1 \leq \alpha_h < 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	$0,90 + 0,10\alpha_h$
		$-1 \leq \psi < 0$	$0,95 + 0,05\alpha_h(1+2\psi)$
Součinitel ekvivalentního konstantního momentu při vybočení s posuvem styčniců se má uvažovat $C_{my} = 0,9$ nebo $C_{mz} = 0,9$ .			
$C_{my}$ , $C_{mz}$ a $C_{mLT}$ se mají stanovit v závislosti na průběhu momentu mezi příslušnými body podepření následovně: Součinitel:      osa ohybu:      body podepřené ve směru:			
$C_{my}$	$y-y$	$z-z$	
$C_{mz}$	$z-z$	$y-y$	
$C_{mLT}$	$y-y$	$y-y$	

Interakční součinitele:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 5\,383 \cdot 355 \cdot 10^{-3} = \mathbf{1910,97 \text{ kN}}$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} c_{my} \cdot \left( 1 + (\bar{\lambda}_y \cdot 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \\ c_{my} \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \end{array} \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( \begin{array}{l} 0,4 \cdot \left( 1 + (1,112 \cdot 0,6) \cdot \frac{278,52}{0,529 \cdot 1910,97/1,0} \right) \\ 0,4 \cdot \left( 1 + 0,6 \cdot \frac{278,52}{0,529 \cdot 1910,97/1,0} \right) \end{array} \right) = \mathbf{0,546}$$

$$k_{zy} = \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \\ 1 - \frac{0,05}{(c_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} \end{array} \right)$$

$$k_{zy} = \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0,05 \cdot 1,848}{(0,4 - 0,25)} \cdot \frac{278,52}{0,224 \cdot 1910,97/1,0} \\ 1 - \frac{0,05}{(0,4 - 0,25)} \cdot \frac{278,52}{0,224 \cdot 1910,97/1,0} \end{array} \right) = \mathbf{0,851}$$

Podmínky spolehlivosti:

$$M_{y,Rk} = W_{el,y} \cdot f_y = 388\,600 \cdot 355 \cdot 10^{-6} = 137,95 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{278,52}{0,529 \cdot 1910,97/1} + 0,546 \cdot \frac{10,36}{0,569 \cdot 137,95/1} = 0,356 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} =$$

$$= \frac{278,52}{0,224 \cdot 1910,97/1} + 0,851 \cdot \frac{10,36}{0,569 \cdot 137,95/1} = 0,776 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

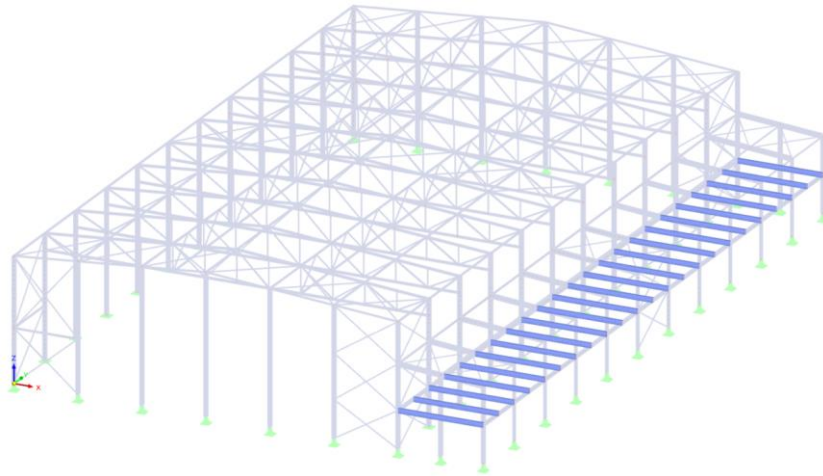
$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}/\gamma_{M1}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}/\gamma_{M1}} = \frac{278,52}{3993,75/1} + \frac{10,36}{137,95/1} = 0,221 < 1,0 \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

Rozhodujícím kritériem návrhu je MSP.

Navržený průřez HEA 200 **vyhovuje**.

## 9.6 Stropnice přístavby

Prvek tvořící nosnou část 2.NP v prostorách přístavby. Rozpětí prvku je 8 m. Prvky jsou od sebe ve vzdálenostech 3 m.



### 9.6.1 Posouzení stropnice přístavby na MSP

$L = 8 \text{ m}$

Navržený průřez: IPE 400

$\delta \leq \delta_{lim}$

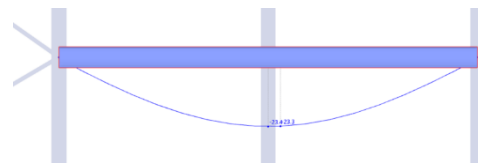
skutečný průhyb konstrukce –  $\delta$

limitní průhyb konstrukce –  $\delta_{lim} = \frac{L}{250}$

$$\delta = 23,4 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{8\,000}{250} = 32 \text{ mm}$$

Využití: **73,13%**

Stropnice vyhovuje na MSP.



### 9.6.2 Posouzení stropnice přístavby na MSÚ

#### Průřezové charakteristiky:

$A_{vz} = 4269 \text{ mm}^2$

$W_{pl,y} = 1\,307\,550 \text{ mm}^3$

#### Výpočet:

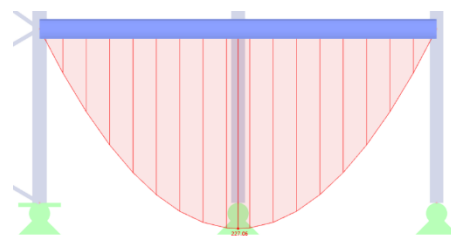
Ohyb:  $M_{Ed} = 227,06 \text{ kNm}$

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1307550 \cdot \frac{355 \cdot 10^{-6}}{1,0} = \mathbf{464,18 \text{ kNm}}$$

$M_{Rd} = 464,18 \text{ kNm} > M_{Ed} = \mathbf{227,06 \text{ kNm}} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$

Využití: **48,92%**

#### Obálka ohybového momentu



Smyk:  $V_{Ed}=113,49 \text{ kN}$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{4269 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 874,97 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 874,97 \text{ kNm} > V_{Ed} = \mathbf{113,49 \text{ kNm}} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

Využití: **12,97%**

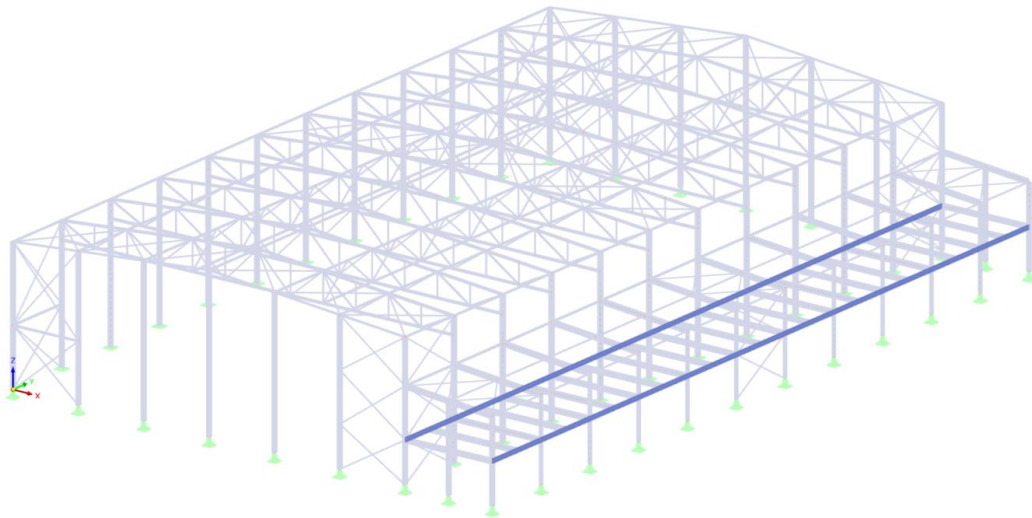
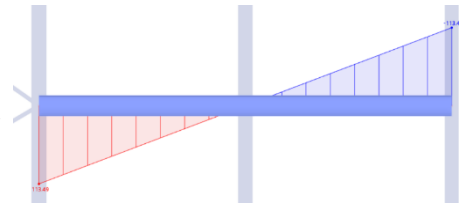
Rozhodujícím kritériem návrhu je MSP.

Průřez IPE 400 **vyhovuje**.

### 9.7 Průvlak přístavby

Prvek tvořící nosnou část 2.NP v prostorách přístavby. Rozpětí prvku je 6 m.

Obálka posouvající síly



#### 9.7.1 Posouzení průvlaku přístavby na MSP

$L = 6 \text{ m}$

Navržený průřez: IPE 300

$$\delta \leq \delta_{lim}$$

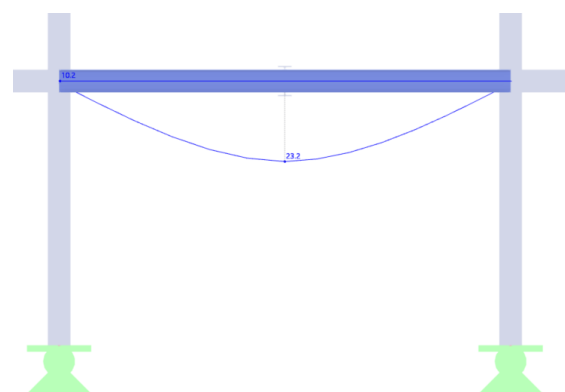
skutečný průhyb konstrukce –  $\delta$

limitní průhyb konstrukce –  $\delta_{lim} = \frac{L}{250}$

$$\delta = 23,2 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{6000}{250} = 24 \text{ mm}$$

Využití: **96,7%**

Stropnice vyhovuje na MSP.



### 9.7.2 Posouzení průvlaku přístavby na MSÚ

#### Průřezové charakteristiky:

$$A_{vz}=2568 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y}=628\,400 \text{ mm}^3$$

#### Výpočet:

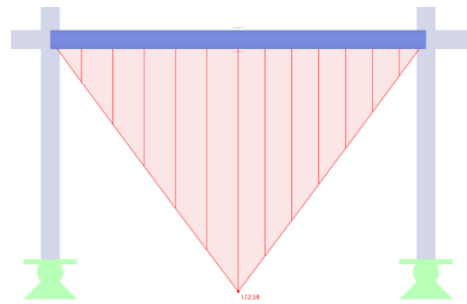
$$\text{Ohyb: } M_{Ed}=172,59 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 628400 \cdot \frac{355 \cdot 10^{-6}}{1,0} = \mathbf{223,08 \text{ kNm}}$$

$$M_{Rd} = 223,08 \text{ kNm} > M_{Ed} = \mathbf{172,59 \text{ kNm}} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Využití: } \mathbf{77,37\%}$$

Obálka ohybového momentu



$$\text{Smyk: } V_{Ed}=58,37 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{2568 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 526,34 \text{ kN}$$

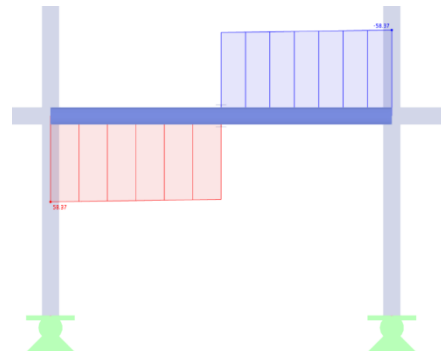
$$V_{Rd} = 526,34 \text{ kN} > V_{Ed} = \mathbf{58,37 \text{ kN}} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\text{Využití: } \mathbf{11,10\%}$$

Rozhodujícím kritériem návrhu je MSP.

Průřez IPE 300 **vyhovuje**.

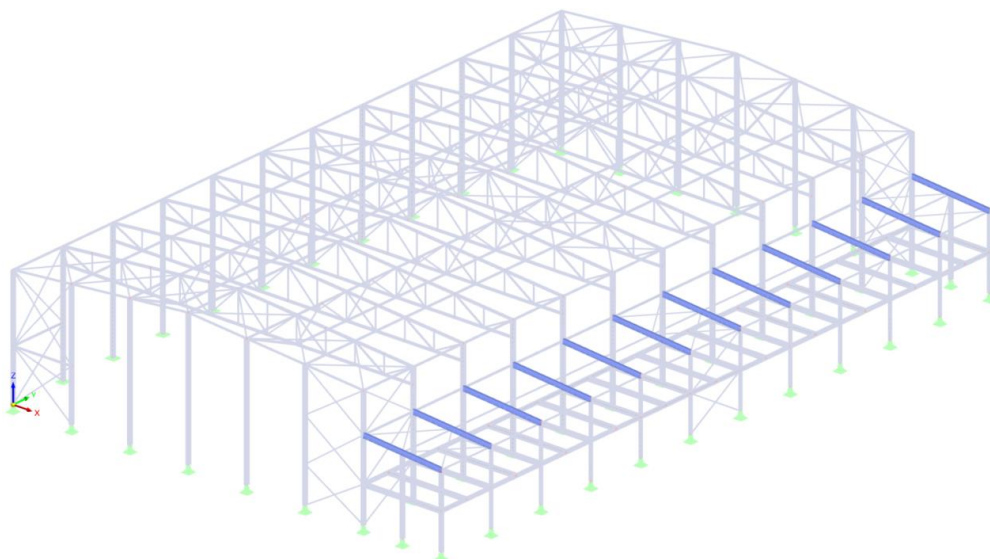
Obálka posouvající síly



### 9.8 Příčel přístavby

Prvek tvořící nosnou část stropní konstrukce pultové střechy přístavby.

Rozpětí prvku je uvažováno 8 m.



9.8.1 Posouzení příčle přístavby na MSP

L= 8 m

Navržený průřez: IPE 360

$\delta \leq \delta_{lim}$

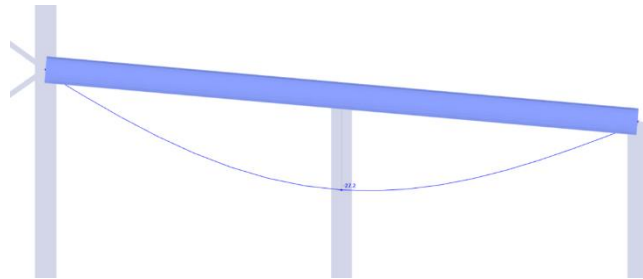
skutečný průhyb konstrukce –  $\delta$

limitní průhyb konstrukce –  $\delta_{lim} = \frac{L}{250}$

$$\delta = 27,2 \text{ mm} \leq \delta_{lim} = \frac{8\,000}{250} = 32\text{mm}$$

Využití: **85%**

Stropnice vyhovuje na MSP.



9.8.2 Posouzení příčle přístavby na MSÚ

**Průřezové charakteristiky:**

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

$W_{pl,y}=1\,019\,000 \text{ mm}^3$

**Výpočet:**

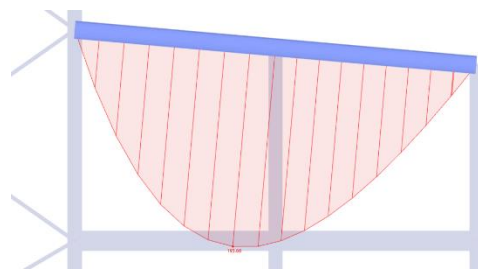
Ohyb:  $M_{Ed}=195,60 \text{ kNm}$

$$M_{Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1019000 \cdot \frac{355 \cdot 10^{-6}}{1,0} = \mathbf{361,75 \text{ kNm}}$$

$M_{Rd} = 361,75 \text{ kNm} > M_{Ed} = \mathbf{195,60 \text{ kNm}} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$

Využití: **54,07%**

Obálka ohybového momentu



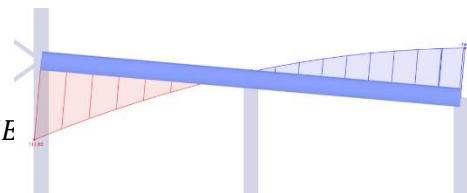
Smyk:  $V_{Ed}=117,90 \text{ kN}$

$$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{3514 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = 720,23 \text{ kN}$$

$V_{Rd} = 720,23 \text{ kN} > V_{Ed} = \mathbf{117,90 \text{ kN}} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$

Využití: **16,37%**

Obálka posouvající síly



Rozhodujícím kritériem návrhu je MSP.

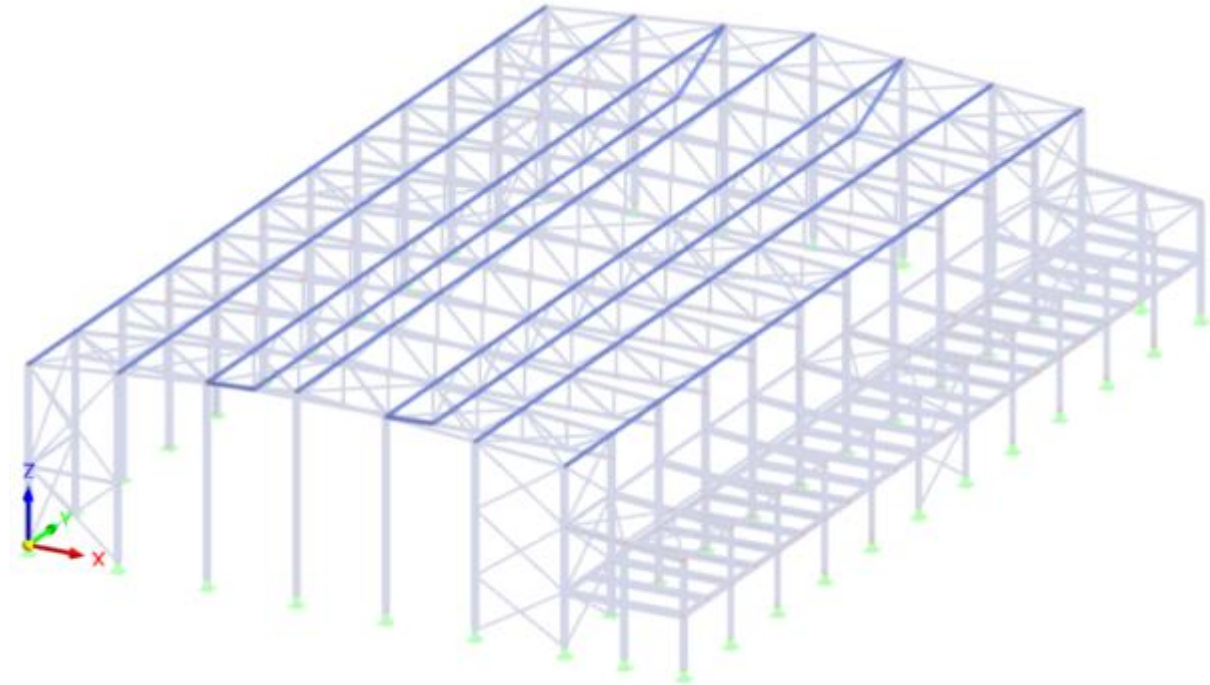
Průřez IPE 360 **vyhovuje**.



## 9.9 Svislice haly

Jedná se o prvek ve střešní rovině halové části konstrukce. Prvky jsou od sebe ve vzdálenostech 6 m. Probíhají podélně celou konstrukcí a zajišťují ztužení střešní konstrukce. Po 12 metrech je stejným průřezem tvořen i spodní pás podélného ztužidla haly.

Rozpětí prvku je 6 m.



### 9.9.1 Posouzení svislice haly na MSÚ

Navržený průřez: TR 159x4,5

#### **Průřezové charakteristiky**

$$A = 2184 \text{ mm}^2$$

$$i_y = i_z = 54,6 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = 173,78 \text{ kN}$$

#### **Výpočet**

$$\text{Vzpěrná délka: } L_{cr} = \beta \cdot L = 1 \cdot 6,5 = \mathbf{6,5 \text{ m}}$$

$$\text{Štíhlost prutu: } \lambda = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{6\,500}{54,6} = \mathbf{119,05} < 200$$

$$\text{Relativní štíhlost: } \lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = \mathbf{76,06}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

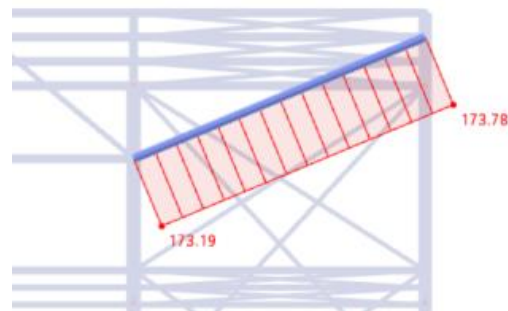
$$\text{Poměrná štíhlost prutu: } \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{119,05}{76,06} = \mathbf{1,565}$$

Součinitel vzpěrnosti:

TR 159x4,5

Vybočení kolmo k y-y=z-z...křivka c -> z tabulek  $\chi = \mathbf{0,293}$

Obálka normálových sil



$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,293 \cdot 2484 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 227,17 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 227,17 \text{ kN} > N_{Ed} = 173,78 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Využití průřezu: **76,50%**

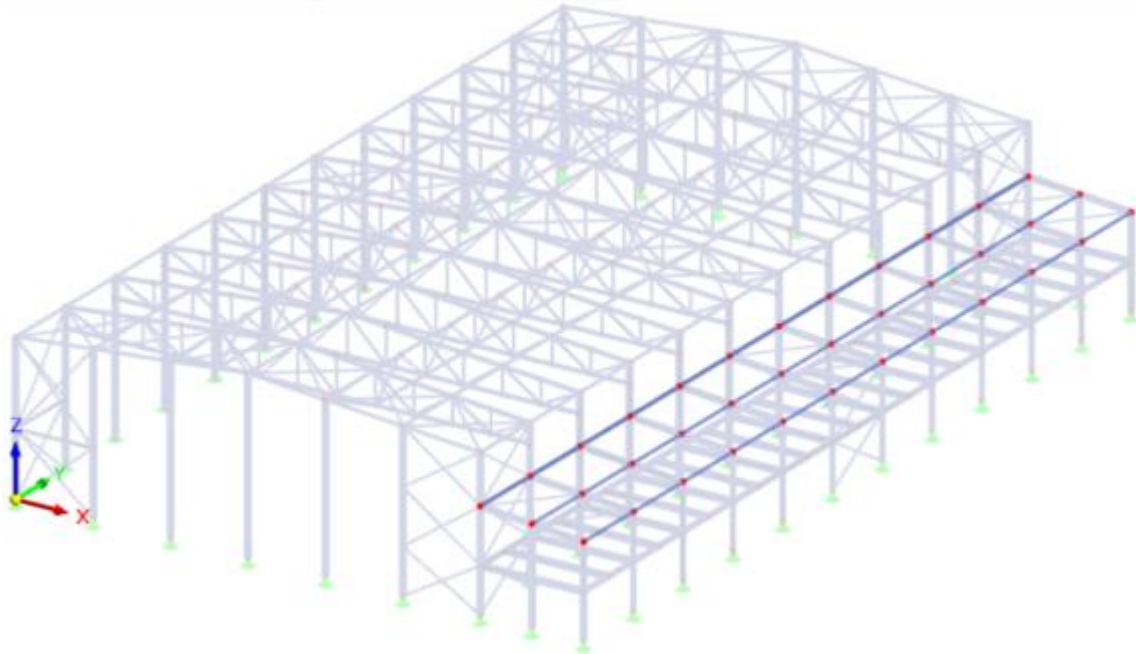
Rozhodujícím kritériem je využití průřezu.

TR 159x4,5 **vyhovuje.**

### 9.10 Svislice příhrady

Jedná se o prvek ve střešní rovině pultové střechy konstrukce. Prvky jsou od sebe ve vzdálenostech 4 m. Probíhají podélně celou konstrukcí a zajišťují ztužení střešní konstrukce.

Rozpětí prvku je 6 m.



9.10.1 Posouzení svislice přístavby na MSÚ

Navržený průřez: TR 102x3

**Průřezové charakteristiky**

$A = 933 \text{ mm}^2$

$i_y = i_z = 35 \text{ mm}$

$N_{Ed} = 13,87 \text{ kN}$

**Výpočet**

Vzpěrná délka:  $L_{cr} = \beta \cdot L = 1 \cdot 6 = 6 \text{ m}$

Štíhlost prutu:  $\lambda = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{6000}{35} = 171,43 < 200$

Relativní štíhlost:  $\lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = 76,06$

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$

Poměrná štíhlost prutu:  $\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{171,43}{76,06} = 2,254$

Součinitel vzpěrnosti:

TR 102x3

Vybočení kolmo k y-y=z-z...křivka c -> z tabulek  $\chi = 0,160$

$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,160 \cdot 933 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 52,99 \text{ kN}$

$N_{b,Rd} = 52,99 \text{ kN} > N_{Ed} = 13,87 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Využití průřezu: **26,2%**

Rozhodujícím kritériem je štíhlost prutu.

TR 102x3 **vyhovuje.**

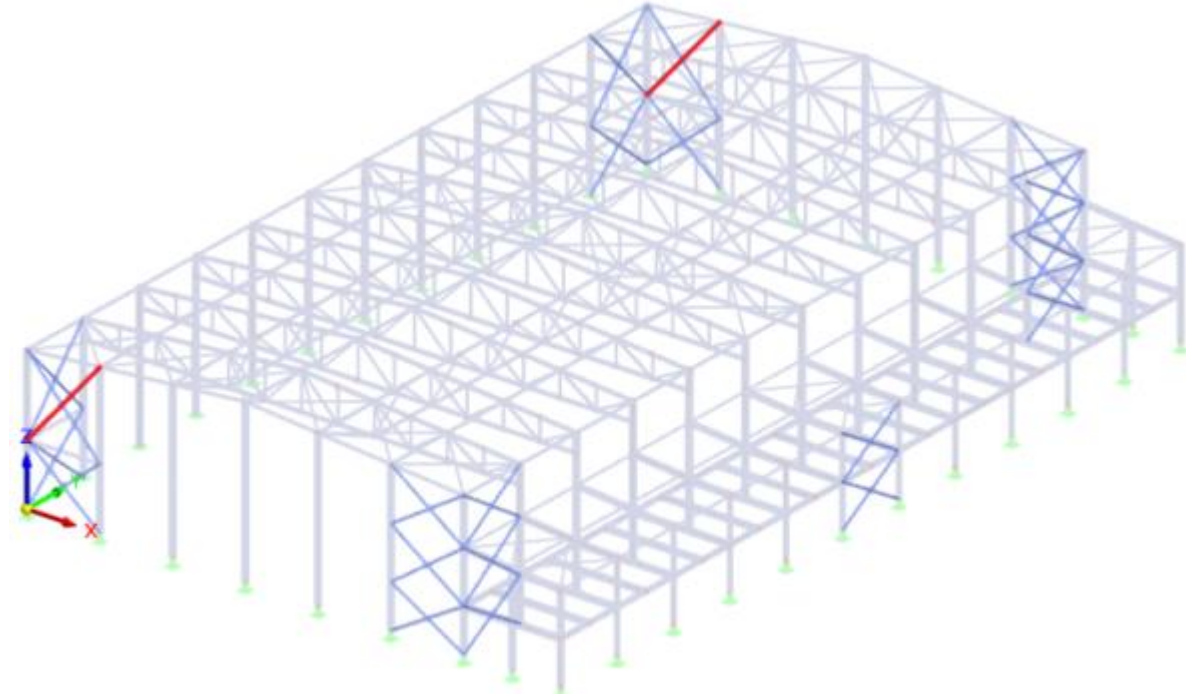
Obálka normálových sil



### 9.11 Stěnová ztužidla

Jedná se o prvky všech diagonál stěnových ztužidel v objektu. Posuzován je nejzatíženější prut pro MSÚ.

Největší rozpětí prvku je 9,22 m. – červeně zvýrazněné prvky



#### 9.11.1 Posouzení stěnového ztužidla na MSÚ

Navržený průřez: TR 70x5

#### Průřezové charakteristiky

$$A = 1021 \text{ mm}^2$$

$$i_y = i_z = 23 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = 25,30 \text{ kN}$$

#### Výpočet

$$\text{Vzpěrná délka: } L_{cr} = \beta \cdot L = 0,5 \cdot 8,85 = \mathbf{4,425 \text{ m}}$$

$$\text{Štíhlost prutu: } \lambda = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{4,425}{0,023} = \mathbf{192,39} < 200$$

$$\text{Relativní štíhlost: } \lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = \mathbf{76,06}$$

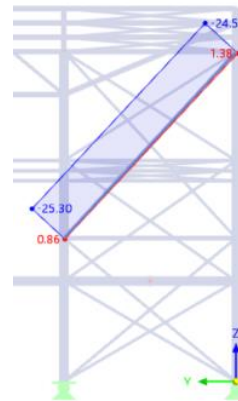
$$\text{Poměrná štíhlost prutu: } \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{192,39}{76,06} = \mathbf{2,530}$$

Součinitel vzpěrnosti:

TR 70x5

Vybočení kolmo k y-y=z-z...křivka c -> z tabulek  $\chi = \mathbf{0,130}$

Obálka normálových sil



$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,130 \cdot 1021 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 47,12 \text{ kN}$$

$$N_{b,Rd} = 47,12 \text{ kN} > N_{Ed} = 25,30 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Využití průřezu: **53,69%**

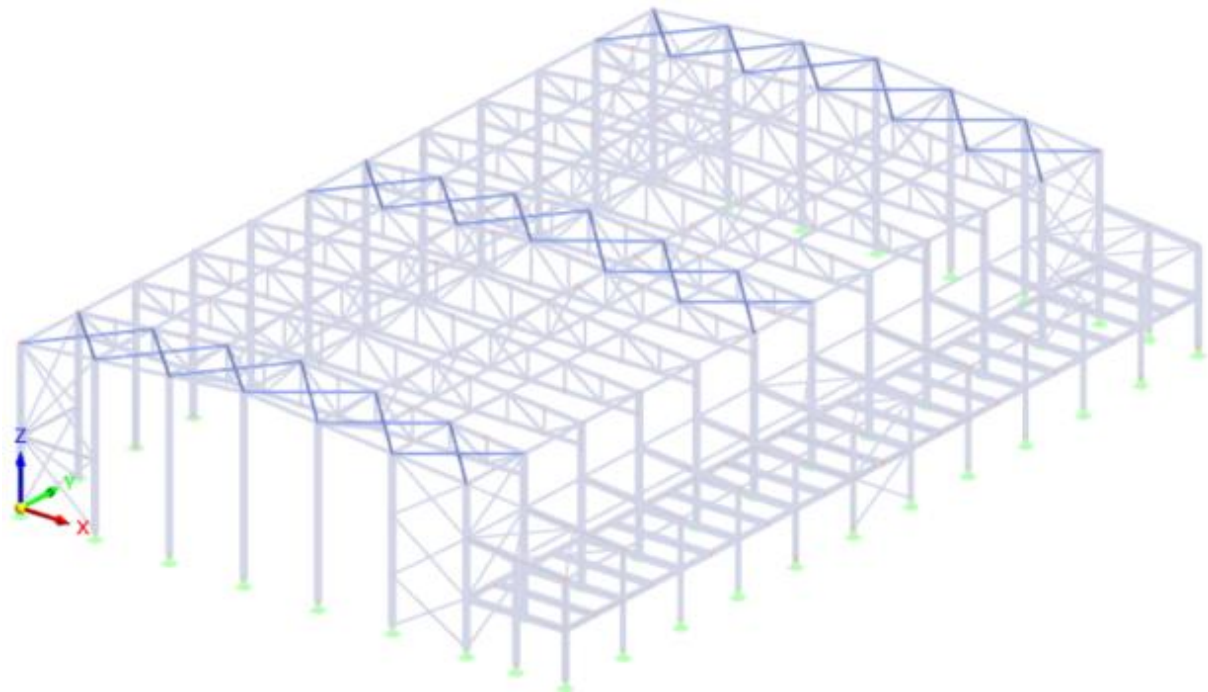
Rozhodujícím kritériem je štíhlost prutu.

TR 70x5 **vyhovuje.**

### 9.12 Příčná ztužidla ve střešní rovině haly

Jedná se o prvky všech příčných diagonálních ztužidel nacházející se v rovině sedlové střechy haly.

Rozpětí prvku je 8,5 m.



9.12.1 Posouzení příčných ztužidel haly na MSÚ

Navržený průřez: TR 76,1x5

**Průřezové charakteristiky**

$A = 1117 \text{ mm}^2$

$i_y = i_z = 25,2 \text{ mm}$

$N_{Ed} = 59,07 \text{ kN}$

**Výpočet**

Vzpěrná délka:  $L_{cr} = \beta \cdot L = 0,5 \cdot 8,5 = \mathbf{8,5 \text{ m}}$

Štíhlost prutu:  $\lambda = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{8\,500}{25,2} = \mathbf{168,65} < 200$

Relativní štíhlost:  $\lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = \mathbf{76,06}$

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$

Poměrná štíhlost prutu:  $\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{168,65}{76,06} = \mathbf{2,217}$

Součinitel vzpěrnosti:

TR 76,1x5

Vybočení kolmo k y-y=z-z...křivka c -> z tabulek  $\chi = \mathbf{0,174}$

$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,174 \cdot 1117 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{1,0} = \mathbf{69,00 \text{ kN}}$

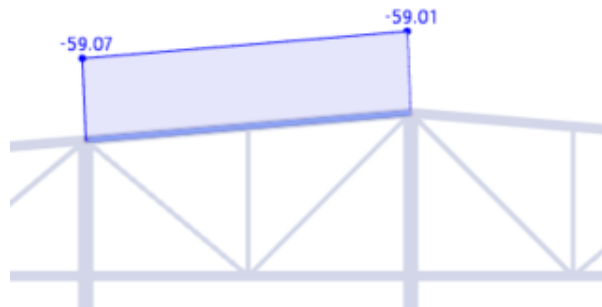
$N_{b,Rd} = 69,00 \text{ kN} > N_{Ed} = 59,07 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$

Využití průřezu: **85,60%**

Rozhodujícím kritériem je využití průřezu.

TR 76,1x5 **vyhovuje.**

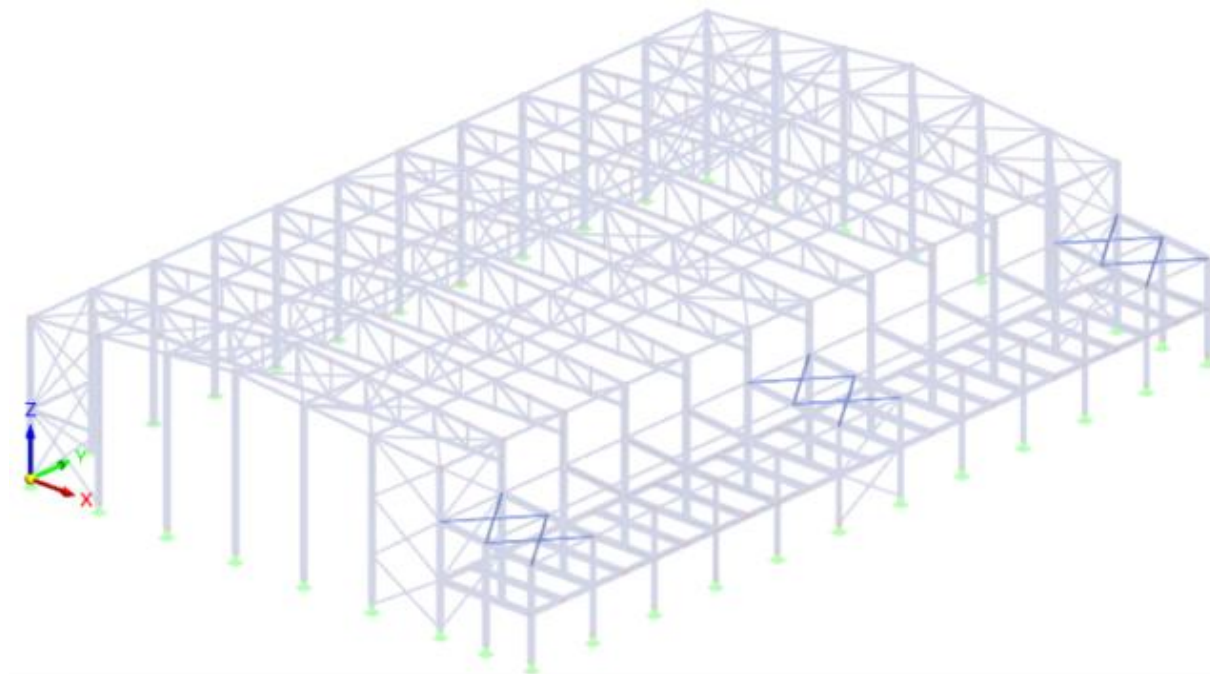
Obálka normálových sil



### 9.13 Příčná ztužidla ve střešní rovině přístavby

Jedná se o prvky všech příčných diagonálních ztužidel nacházející se v rovině pultové střechy přístavby.

Rozpětí prvku je 7,22 m.



#### 9.13.1 Posouzení příčných ztužidel přístavby na MSÚ

Navržený průřez: TR 57x2

#### Průřezové charakteristiky

$$A = 346 \text{ mm}^2$$

$$i_y = i_z = 19,5 \text{ mm}$$

$$N_{Ed} = 11,15 \text{ kN}$$

#### Výpočet

$$\text{Vzpěrná délka: } L_{cr} = \beta \cdot L = 0,5 \cdot 7,22 = \mathbf{3,61 \text{ m}}$$

$$\text{Štíhlost prutu: } \lambda = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{3\,610}{19,5} = \mathbf{185,13} < 200$$

$$\text{Relativní štíhlost: } \lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = \mathbf{76,06}$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

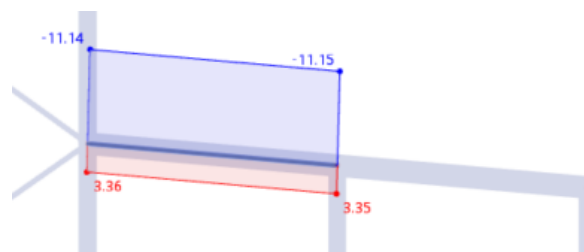
$$\text{Poměrná štíhlost prutu: } \bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{185,13}{76,06} = \mathbf{2,434}$$

Součinitel vzpěrnosti:

TR 57x2

Vybočení kolmo k y-y=z-z...křivka c -> z tabulek  $\chi = \mathbf{0,139}$

Obálka normálových sil





$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,139 \cdot 346 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{1,0} = \mathbf{17,07 \text{ kN}}$$

$$N_{b,Rd} = 17,07 \text{ kN} > N_{Ed} = 11,15 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

Využití průřezu: **65,31%**

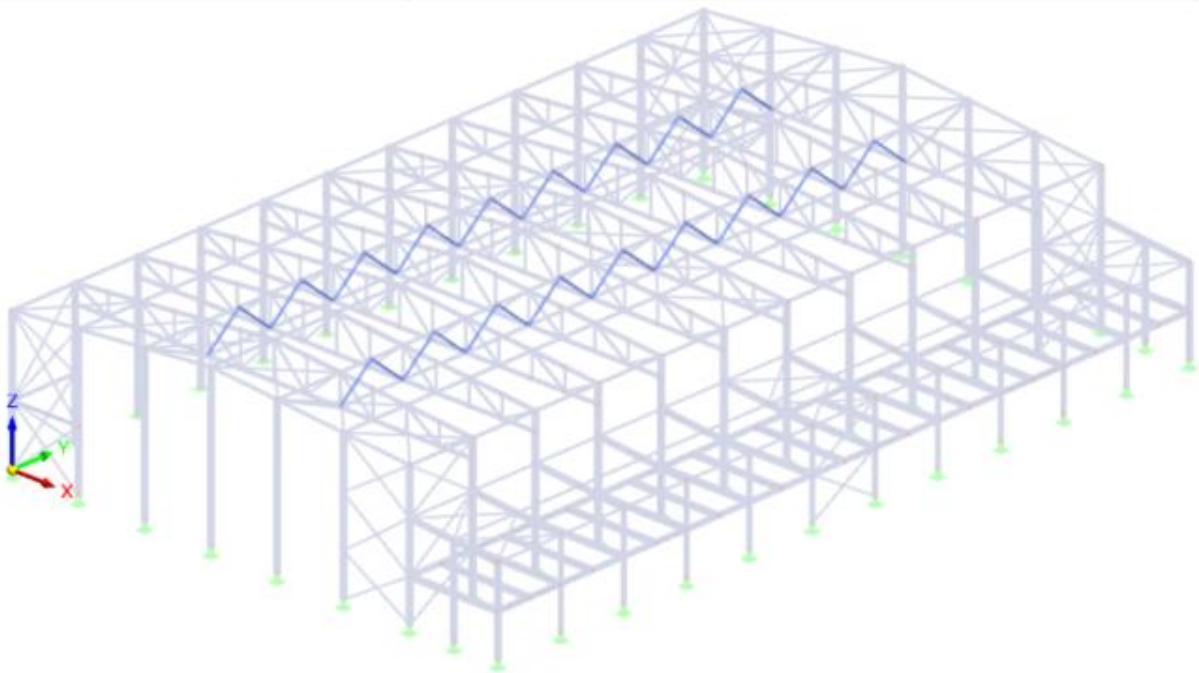
Rozhodujícím kritériem je štíhlost průřezu.

TR 57x2 **vyhovuje.**

#### 9.14 Podélná ztužidla ve střešní rovině haly

Jedná se o prvky všech příčných diagonálních ztužidel procházející podélným směrem střešní konstrukcí. Jsou to diagonálové prvky, které spojují dolní pás příhradového vazníku se svíslicí haly, která prochází horním pásem příhradové konstrukce.

Rozpětí prvku je 3,9 m.





9.14.1 Posouzení příčných ztužidel přístavby na MSÚ

Navržený průřez: TR 70x3

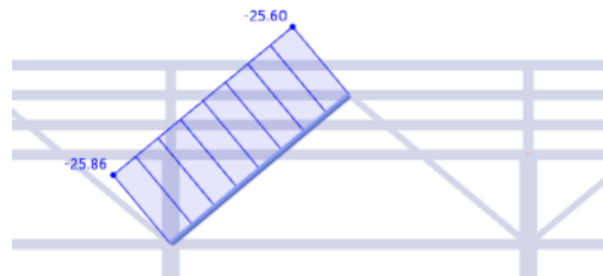
Obálka normálových sil

**Průřezové charakteristiky**

$A = 631 \text{ mm}^2$

$i_y = i_z = 23,7 \text{ mm}$

$N_{Ed} = 25,86 \text{ kN}$



**Výpočet**

Vzpěrná délka:  $L_{cr} = \beta \cdot L = 1 \cdot 3,9 = \mathbf{3,9 \text{ m}}$

Štíhlost prutu:  $\lambda = \frac{L_{cr}}{i_y} = \frac{3\,900}{23,7} = \mathbf{164,56} < 200$

Relativní štíhlost:  $\lambda_{rel} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot 0,81 = \mathbf{76,06}$

$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$

Poměrná štíhlost prutu:  $\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{rel}} = \frac{164,56}{76,06} = \mathbf{2,164}$

Součinitel vzpěrnosti:

TR 70x3

Vybočení kolmo k y-y=z-z...křivka c -> z tabulek  $\chi = \mathbf{0,172}$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,172 \cdot 631 \cdot 355 \cdot 10^{-3}}{1,0} = \mathbf{38,53 \text{ kN}}$$

$N_{b,Rd} = 37,53 \text{ kN} > N_{Ed} = 25,86 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$

Využití průřezu: **67,12%**

Rozhodujícím kritériem je využití průřezu. Při návrhu menšího průřezu, který výrobce nabízí (TR 60x3) došlo k překročení 100% využití průřezu.

TR 70x3 **vyhovuje**.

### 9.15 Vetknutá patka sloupu

Vetknuté jsou pouze patky nacházející se v místech sloupů, které podírají příhradový vazník. Z výpočtu víme, že průřezy těchto sloupů jsou HEA280 a HEA300 viz. 9.3 a 9.4. Posouzení vetknuté patky je řešeno pouze v místě sloupu o průřezu HEA300, což znamená podélná stěna mezi halou a přístavbou. Patka je navržena z betonu C20/25

#### Návrh dimenzí vetknuté patky sloupu

$$a = 3 \cdot h_p = 3 \cdot 290 = \mathbf{870 \text{ mm}}$$

$$b = 2 \cdot 100 + b_p = 2 \cdot 100 + 300 = \mathbf{500 \text{ mm}}$$

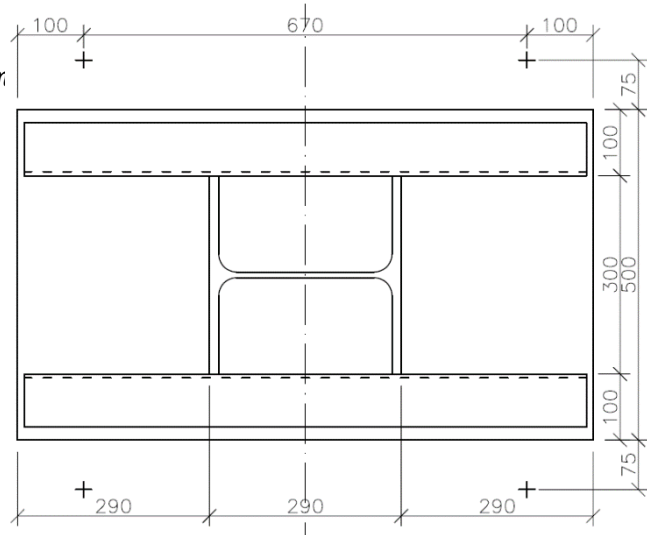
$$\text{výška podlití} = \frac{1}{10} \cdot b = \frac{1}{10} \cdot 500 = \mathbf{50 \text{ mm}}$$

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

$$a_c = 2,5 \cdot a = 2,5 \cdot 870 = \mathbf{2175 \text{ mm}}$$

$$b_c = 3 \cdot b = 3 \cdot 500 = \mathbf{1500 \text{ mm}}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$



$$a_1 = \min(a_c; 3a; a+h) = \min(2175; 2610; 1670) = \mathbf{1670 \text{ mm}}$$

$$b_1 = \min(b_c; 3b; b+h) = \min(1500; 1500; 1300) = \mathbf{1300 \text{ mm}}$$

#### Součinitel koncového napětí

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \cdot b_1}{a \cdot b}} = \sqrt{\frac{1670 \cdot 1300}{870 \cdot 500}} = \mathbf{2,23}$$

#### Přesah desky

$$f_{jd} = \frac{2}{3} \cdot \frac{k_j \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{2}{3} \cdot \frac{2,23 \cdot 20}{1,5} = \mathbf{19,82 \text{ MPa}}$$

$$c = t_p \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \cdot f_{jd}}} = 30 \cdot \sqrt{\frac{355}{3 \cdot 19,82}} = \mathbf{73,29 \text{ mm}}$$

#### Návrh UPE200

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

$$b_{eff} = 2 \cdot b_v + 2 \cdot c = 2 \cdot 100 + 2 \cdot 73,29 = \mathbf{346,58 \text{ mm}}$$

	KZ4	KZ26
$M_{Ed}$ [kNm]	69,97	114,29
$N_{Ed}$ [kN]	529,32	374,27
$e$ [mm]	132,2	305,4
$x_1$ [mm]	1491,74	1493,27
$x_2$ [mm]	48,26	46,73
$N_c$ [mm]	<b>331,54</b>	321,03
$T$ [mm]	<b>197,78</b>	53,24

Vzorce pro výpočet hodnot v tabulce

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

$$b_{eff} \cdot f_{jd} \cdot x^2 - b_{eff} \cdot f_{jd} \cdot (2 \cdot r_t + a) \cdot x + 2 \cdot N_{Ed} \cdot (e + r_t) = 0 \rightarrow x_1; x_2$$

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

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

### Průřez patky

$$A_p = t_p \cdot b = 30 \cdot 500 = 15\,000 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \cdot A_U = 2 \cdot 2901 = 5\,802 \text{ mm}^2$$

$$I_{y,U} = 2 \cdot I_{y,U} = 2 \cdot 1909 \cdot 10^4 = 3818 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$A_{vz,U} = 2 \cdot A_{vz,U} = 2 \cdot 1350 = 2\,700 \text{ mm}^2$$

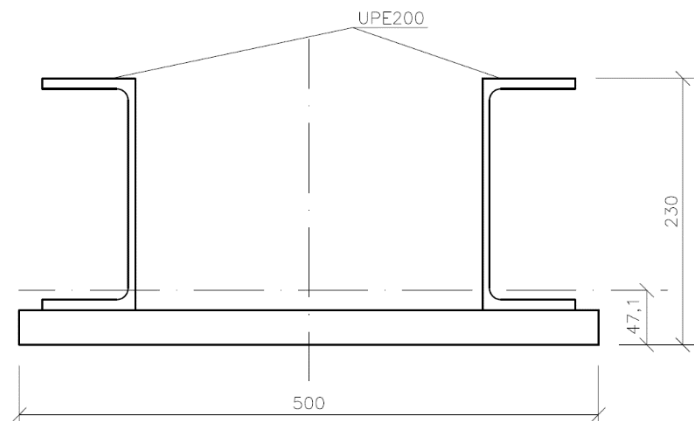
### Svařený průřez

$$A = A_p + A_U = 15\,000 + 5\,802 = 20\,802 \text{ mm}^2$$

$$z_T = \frac{15\,000 \cdot 15 + 5802 \cdot 130}{20\,802} = 47,1 \text{ mm}$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 500 \cdot 30^3 + 30 \cdot 500 \cdot (47,1 - 15)^2 + 3818 \cdot 10^4 + 5802 \cdot (130 - 47,1)^2$$

$$I_y = 94,63 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$



**Tlačená strana patky**

$$d_p = 290 - \frac{48,26}{2} = 265,87 \text{ mm}$$

$$M_p = N_c \cdot d_p = 331,54 \cdot 265,87 = 88,15 \text{ kNm}$$

$$V_p = N_c = 331,54 \text{ kN}$$

**Tažená strana patky**

$$d_l = 335 - \frac{290}{2} = 190 \text{ mm}$$

$$M_l = T \cdot d_l = 197,78 \cdot 190 = 37,58 \text{ kNm}$$

$$V_l = T = 197,78 \text{ kN}$$

$$W_{yh} = \frac{I_y}{z_h} = \frac{94,63 \cdot 10^6}{230 - 47,1} = 51,74 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

$$W_{yd} = \frac{I_y}{z_d} = \frac{94,63 \cdot 10^6}{47,1} = 200,9 \cdot 10^4 \text{ mm}^3$$

**Normálové napětí od ohybového momentu**

$$\sigma_{h,max} = \frac{M_{max}}{W_{yh}} = \frac{88,15 \cdot 10^6}{51,74 \cdot 10^4} = 170,37 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE (48\%)}$$

$$\sigma_{d,max} = \frac{M_{max}}{W_{yd}} = \frac{88,15 \cdot 10^6}{200,9 \cdot 10^4} = 43,88 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE (12,4\%)}$$

**Smykové napětí od posouvající síly**

$$\tau_{max} = \frac{V_{max}}{A_{vz}} = \frac{331,54 \cdot 10^3}{2700} = 122,79 \text{ MPa} < \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = \frac{355}{\sqrt{3}} = 204,96 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = 122,79 \text{ MPa} > \frac{1}{2} \cdot 204,96 = 102,48 \text{ MPa} \rightarrow \text{Kombinace M + V}$$

$$\sigma_2 = \frac{M_{max}}{I_y} \cdot z_2 = \frac{88,15 \cdot 10^6}{94,63 \cdot 10^6} \cdot (230 - 47,1 - 24) = 148,02 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_2^2 + 3 \cdot \tau_{max}^2} = \sqrt{148,02^2 + 3 \cdot 122,79^2} = 259,12 \text{ MPa} < 355 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

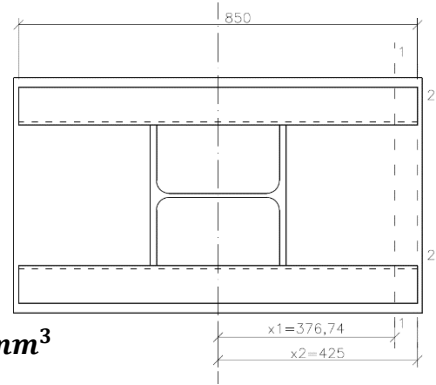
### Připojení podélných výztuh k patnímu plechu

Posouzení svaru  $a_w = 5 \text{ mm}$

$$A_w = 4 \cdot a_w \cdot l_w = 4 \cdot 5 \cdot 850 = 17\,000 \text{ mm}^2$$

$$I_w = 4 \cdot \frac{a_w}{12} \cdot l_w^3 = 1023,56 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$S_{fy} = b \cdot t_p \cdot \left( z_T - \frac{t_p}{2} \right) = 500 \cdot 30 \cdot \left( 47,1 - \frac{30}{2} \right) = 481\,500 \text{ mm}^3$$



#### ŘEZ 1-1

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} + \frac{V_p \cdot S_{fy}}{I_y \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{57,82 \cdot 10^3}{17\,000} + \frac{331,54 \cdot 10^3 \cdot 481\,500}{94,63 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 5} = 212,46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{Ed}}{I_w} \cdot x_1 = \frac{529,32 \cdot 10^3}{17\,000} + \frac{69,97 \cdot 10^6}{1023,56 \cdot 10^6} \cdot 376,74 = 73,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{73,2}{\sqrt{2}} = 51,76 \text{ MPa}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{\perp} = 51,76 \text{ MPa} < \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{51,76^2 + 3 \cdot (51,76^2 + 212,46^2)} = 382,27 \text{ MPa}$$

$$382,27 \text{ MPa} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

#### ŘEZ 2-2

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{A_w} + \frac{V_p \cdot S_{fy}}{I_y \cdot 4 \cdot a_w} = \frac{57,82 \cdot 10^3}{17\,000} + \frac{0 \cdot 481\,500}{94,63 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 5} = 3,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_w = \frac{N_{Ed}}{A_w} + \frac{M_{Ed}}{I_w} \cdot x_1 = \frac{529,32 \cdot 10^3}{17\,000} + \frac{69,97 \cdot 10^6}{1023,56 \cdot 10^6} \cdot 425 = 78,59 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{78,59}{\sqrt{2}} = 55,57 \text{ MPa}$$

$$f_u = 490 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_{\perp} = 55,57 \text{ MPa} < \frac{0,9 \cdot 490}{1,25} = 352,8 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{55,57^2 + 3 \cdot (55,57^2 + 3,4^2)} = 111,29 \text{ MPa}$$

$$111,29 \text{ MPa} < \frac{490}{0,9 \cdot 1,25} = 435,6 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

### Kotevní šrouby

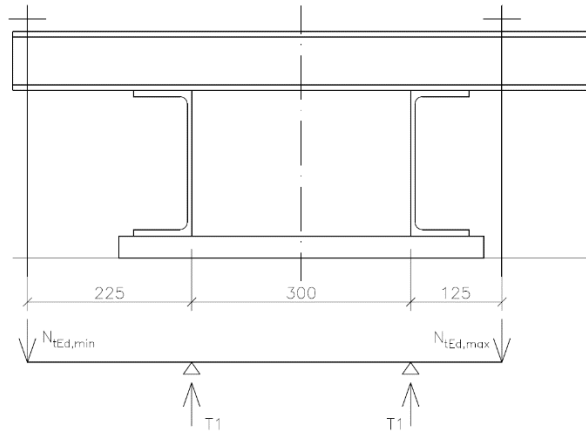
tolerance  $\pm 50$  mm

síla od 1 šroubu

$$T_1 = \frac{T_{max}}{2} = \frac{197,78}{2} = \mathbf{98,89 \text{ kN}}$$

$k = 175$  mm

$b_{f,HEA} = 300$  mm



$$N_{t,Ed,max} = \frac{T_1 \cdot (2 \cdot k + 100 + b_{f,HEA})}{2 \cdot k + b_{f,HEA}} = \frac{98,89 \cdot (2 \cdot 175 + 100 + 300)}{2 \cdot 175 + 300} = \mathbf{114,1 \text{ kN}}$$

$$N_{t,Ed,min} = T_{max} - N_{t,Ed,max} = 197,78 - 114,1 = \mathbf{83,68 \text{ kN}}$$

### Návrh: kotevní šroub s kotevní hlavou, zabetonovaný M27

$A_s = 459 \text{ mm}^2$

$D = 27$  mm

Ocel S235 –  $f_y = 235$  MPa

#### Posouzení v závitě

$$F_{t,Rd} = 0,85 \cdot \frac{0,9 \cdot A_s \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = 0,85 \cdot \frac{0,9 \cdot 459 \cdot 490}{1,25} = \mathbf{137,6 \text{ kN}}$$

$$F_{t,Rd} = 137,6 \text{ kN} > N_{t,Ed,max} = 114,1 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

#### Posouzení v dřívku

$$F_{t,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{\frac{\pi \cdot 27^2}{4} \cdot 235}{1,0} = \mathbf{134,55 \text{ kN}}$$

$$F_{t,Rd} = 134,55 \text{ kN} > N_{t,Ed,max} = 114,1 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

**Kotevní příčník**

Vnitřní síly

$$M_{a;d} = N_{t,Ed,min} \cdot (k + 50) = 83,68 \cdot 225 = \mathbf{18,83 \text{ kNm}}$$

$$V_{a;d} = N_{t,Ed,min} = \mathbf{83,68 \text{ kN}}$$

$$M_{b;d} = N_{t,Ed,max} \cdot (k - 50) = 83,68 \cdot 125 = \mathbf{14,26 \text{ kNm}}$$

$$V_{b;d} = N_{t,Ed,max} = \mathbf{114,1 \text{ kN}}$$

**Návrh profilu 2xUPE 80**

$$A_{vz} = 405 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 31,23 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

**Posouzení příčníků**

$$M_{pl,Rd} = 2 \cdot W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2 \cdot 31,23 \cdot 10^3 \cdot \frac{355}{1,0} = \mathbf{22,17 \text{ kNm}}$$

$$M_{pl,Rd} = 22,17 \text{ kNm} > M_{a;d} = 18,83 \text{ kNm} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$V_{pl,Rd} = 2 \cdot A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 2 \cdot 405 \cdot \frac{355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = \mathbf{166,02 \text{ kN}}$$

$$V_{pl,Rd} = 166,02 \text{ kN} < 2 \cdot V_{b;d} = 2 \cdot 114,1 = 228,2 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{velký smyk}$$

**Kombinace M+V v A**

$$\rho = \left( \frac{2 \cdot V_{a;d}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left( \frac{2 \cdot 83,68}{166,02} - 1 \right)^2 = \mathbf{0,0001}$$

$$M_{v,Rd} = 2 \cdot \left( W_{pl,y} - \frac{\rho \cdot A_{vz}^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2 \cdot \left( 31,23 \cdot 10^3 - \frac{0,0001 \cdot 405^2}{4 \cdot 4} \right) \cdot \frac{355}{1,0} = \mathbf{22,17 \text{ kNm}}$$

$$M_{v,Rd} = 22,17 \text{ kNm} > M_{a;d} = 18,83 \text{ kNm} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

**Kombinace M+V v B**

$$\rho = \left( \frac{2 \cdot V_{b;d}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left( \frac{2 \cdot 114,1}{166,02} - 1 \right)^2 = \mathbf{0,14}$$

$$M_{v,Rd} = 2 \cdot \left( W_{pl,y} - \frac{\rho \cdot A_{vz}^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2 \cdot \left( 31,23 \cdot 10^3 - \frac{0,14 \cdot 405^2}{4 \cdot 4} \right) \cdot \frac{355}{1,0} = \mathbf{22,17 \text{ kNm}}$$

$$M_{v,Rd} = 22,17 \text{ kNm} > M_{b;d} = 14,26 \text{ kNm} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

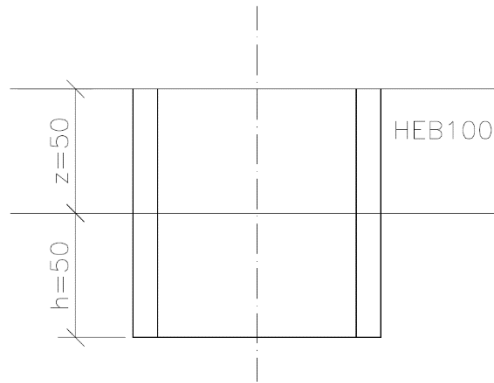
**Návrh smykové zářky**

Průřez HEB 100

$$A_{vz} = 904 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl,y} = 104,2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Beton C20/25



$$h = 50 \text{ mm} > \frac{V_{Ed}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{57,82 \cdot 10^3}{100 \cdot \frac{20}{1,5}} = \mathbf{43,37 \text{ mm}}$$

**Posouzení na smyk**

$$V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 904 \cdot \frac{355}{\sqrt{3} \cdot 1,0} = \mathbf{185,28 \text{ kN}} > V_{Ed} = 57,82 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

$$V_{pl,Rd} = 185,28 \text{ kN} > 2 \cdot V_{Ed} = 2 \cdot 57,82 = \mathbf{115,64 \text{ kN}} \rightarrow \mathbf{malý smyk}$$

**Posouzení na ohyb**

$$M_{pl,Rd} = W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 104,2 \cdot 10^3 \cdot \frac{355}{1,0} = \mathbf{36,99 \text{ kNm}}$$

$$M_{Ed} = V_{Ed} \cdot e = 57,82 \cdot 10^3 \cdot \left(50 + \frac{50}{2}\right) = \mathbf{4,34 \text{ kNm}}$$

$$M_{pl,Rd} = 36,99 \text{ kNm} > M_{Ed} = 4,34 \text{ kNm} \rightarrow \mathbf{VYHOVUJE}$$

Kolem celé zářky bude svar  $a_w = 5 \text{ mm}$ .



### 9.16 Návrh přípoje diagonálních ztužidel

Přípoj bude pro všechny diagonální ztužidla stejný. Navržený přípoj je posouzen na největší normálovou sílu vyvozenou ze všech diagonálních ztužidel viz. 9.11, 9.12, 9.13 a 9.14. Největší normálová síla je vyvozena od příčného ztužidla ve střešní rovině haly viz. 9.12. Přípoj je proveden šrouby z oceli S235.

$$N_{Ed}=59,07 \text{ kN}$$

#### Návrh: šroub M16 8.8

Hodnoty získané z tabulek ocelových konstrukcí

$$\text{Únosnost šroubu ve stříhu: } F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$$

$$\text{Únosnost šroubu v otláčení: } F_{b,Rd} = 85,3 \text{ kN}$$

Tloušťka spojovacího prvku  $t = 8 \text{ mm}$

Tabulková hodnota  $F_{b,Rd}$  je stanovena pro spojovací prvek o tloušťce  $t=10 \text{ mm}$ . Proto je potřeba hodnotu přepočítat pro hodnotu  $t=8 \text{ mm}$ .

$$F_{b,Rd} = \frac{85,3}{10} \cdot 8 = \mathbf{68,24 \text{ kN}}$$

#### Počet šroubů ve spoji

$$n = \frac{N_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = \frac{59,07}{\min(60,3; 68,24)} = \mathbf{0,979} \rightarrow 2 \text{ šrouby}$$

**Spoj ztužidel je tvořen z 2 šroubů M16 8.8.**

### 9.17 Návrh přípoje nosných prvků 2.NP přístavby

Přípoj bude pro všechny prvky stejný. Navržený přípoj je posouzen na největší normálovou sílu vyvozenou ze stropnic, průvlaků a příčlív v přístavbě viz. 9.6, 9.7 a 9.8. Největší normálová síla je vyvozena od příčle ve střešní rovině přístavby viz. 9.8. Přípoj je proveden šrouby z oceli S235.

$$N_{Ed}=19,35 \text{ kN}$$

#### Návrh: šroub M16 8.8

Hodnoty získané z tabulek ocelových konstrukcí

$$\text{Únosnost šroubu ve stříhu: } F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$$

$$\text{Únosnost šroubu v otláčení: } F_{b,Rd} = 85,3 \text{ kN}$$

Tloušťka spojovacího prvku  $t= 8 \text{ mm}$

Tabulková hodnota  $F_{b,Rd}$  je stanovena pro spojovací prvek o tloušťce  $t=10 \text{ mm}$ . Proto je potřeba hodnotu přepočítat pro hodnotu  $t=8 \text{ mm}$ .

$$F_{b,Rd} = \frac{85,3}{10} \cdot 8 = \mathbf{68,24 \text{ kN}}$$

#### Počet šroubů ve spoji

$$n = \frac{N_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = \frac{19,35}{\min(60,3; 68,24)} = \mathbf{0,321} \rightarrow 2 \text{ šrouby}$$

**Spoj ztužidel je tvořen z 2 šroubů M16 8.8.**

## 10. Použité zdroje

### 10.1 Literatura

- [1] ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-3 – Zatížení konstrukcí sněhem
- [3] ČSN EN 1991-1-4 – Zatížení konstrukcí větrem
- [4] ČSN EN 1993 – Navrhování ocelových konstrukcí
- [5] Sokol Z., Wald F.: Ocelové konstrukce – Tabulky. ČVUT Praha, 2019
- [6] <https://kovprof.cz/hlavni-stranka/vaznice-a-pazdiky/technicke-informace/tabulky-unosnosti/>
- [7] <https://kovprof.cz/hlavni-stranka/trapezove-plechy/technicke-informace/tabulky-unosnosti/>
- [8] [https://ks-kentico-prod-cdn-endpoint.azureedge.net/netxstoreviews/assetOriginal/139135\\_Tabulky%20unosnosti%202020.pdf](https://ks-kentico-prod-cdn-endpoint.azureedge.net/netxstoreviews/assetOriginal/139135_Tabulky%20unosnosti%202020.pdf)

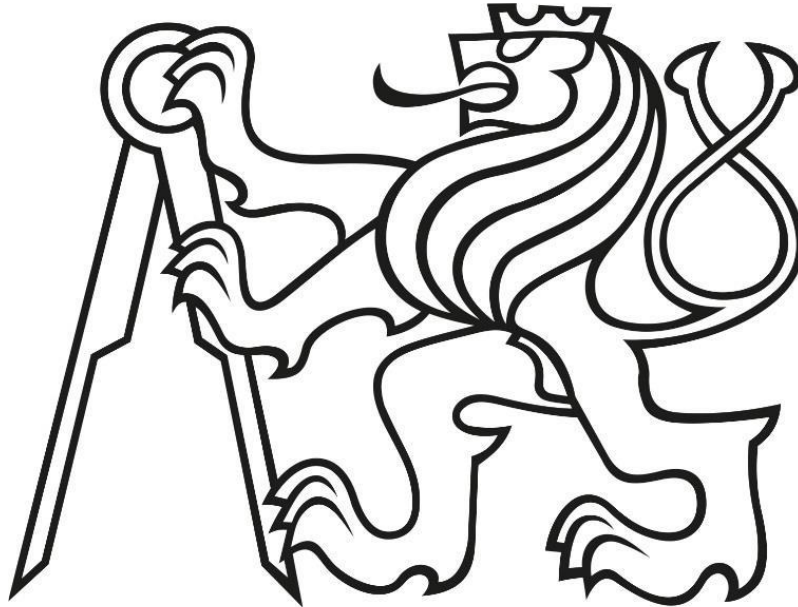
### 10.2 Výpočetní programy

- [1] Dlubal RFEM 6.02
- [2] LTBeamN
- [3] AutoCAD 2022

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

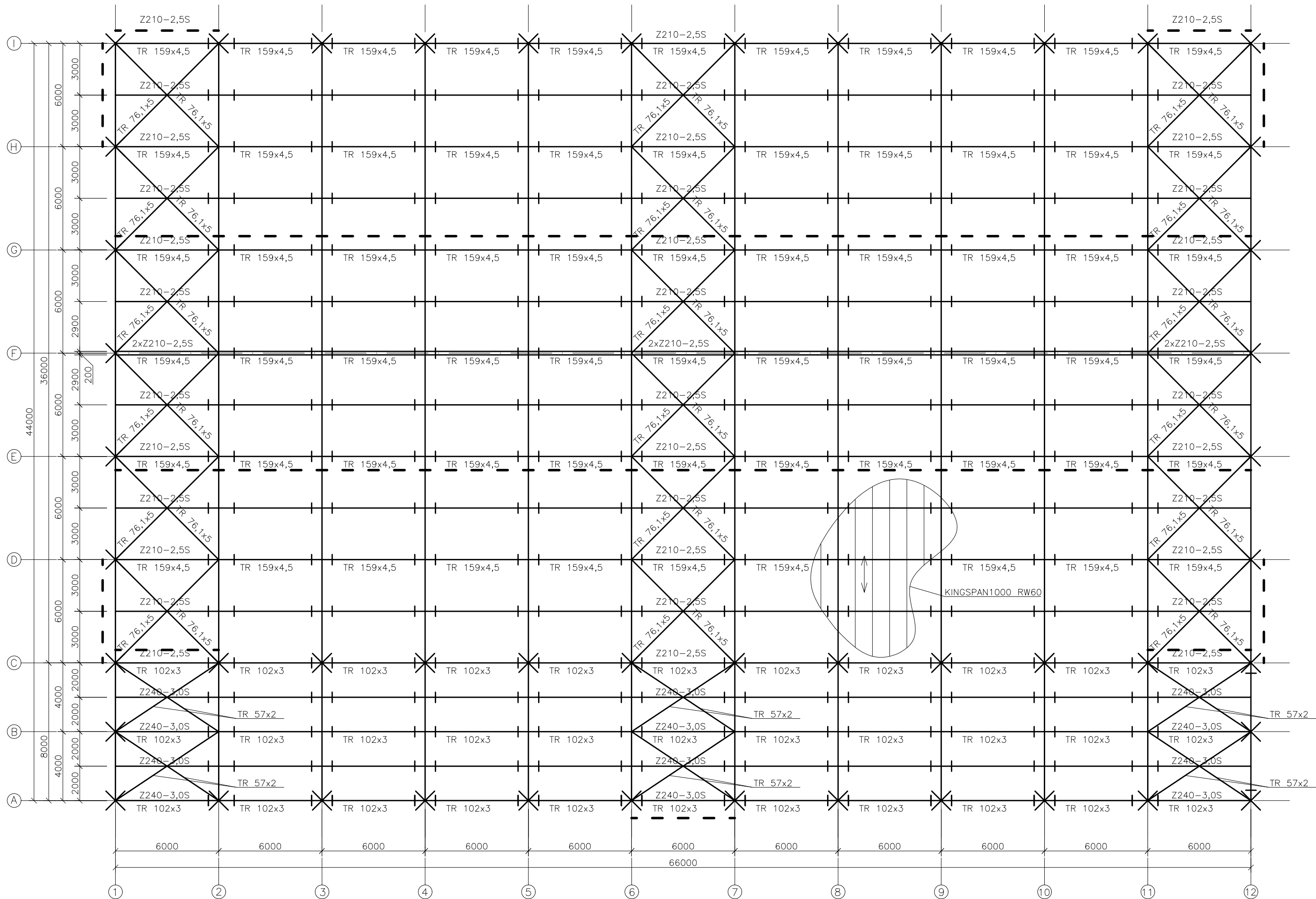
**TENISOVÁ HALA**

**TENNIS HALL**


**2023**

**Výkresová dokumentace**

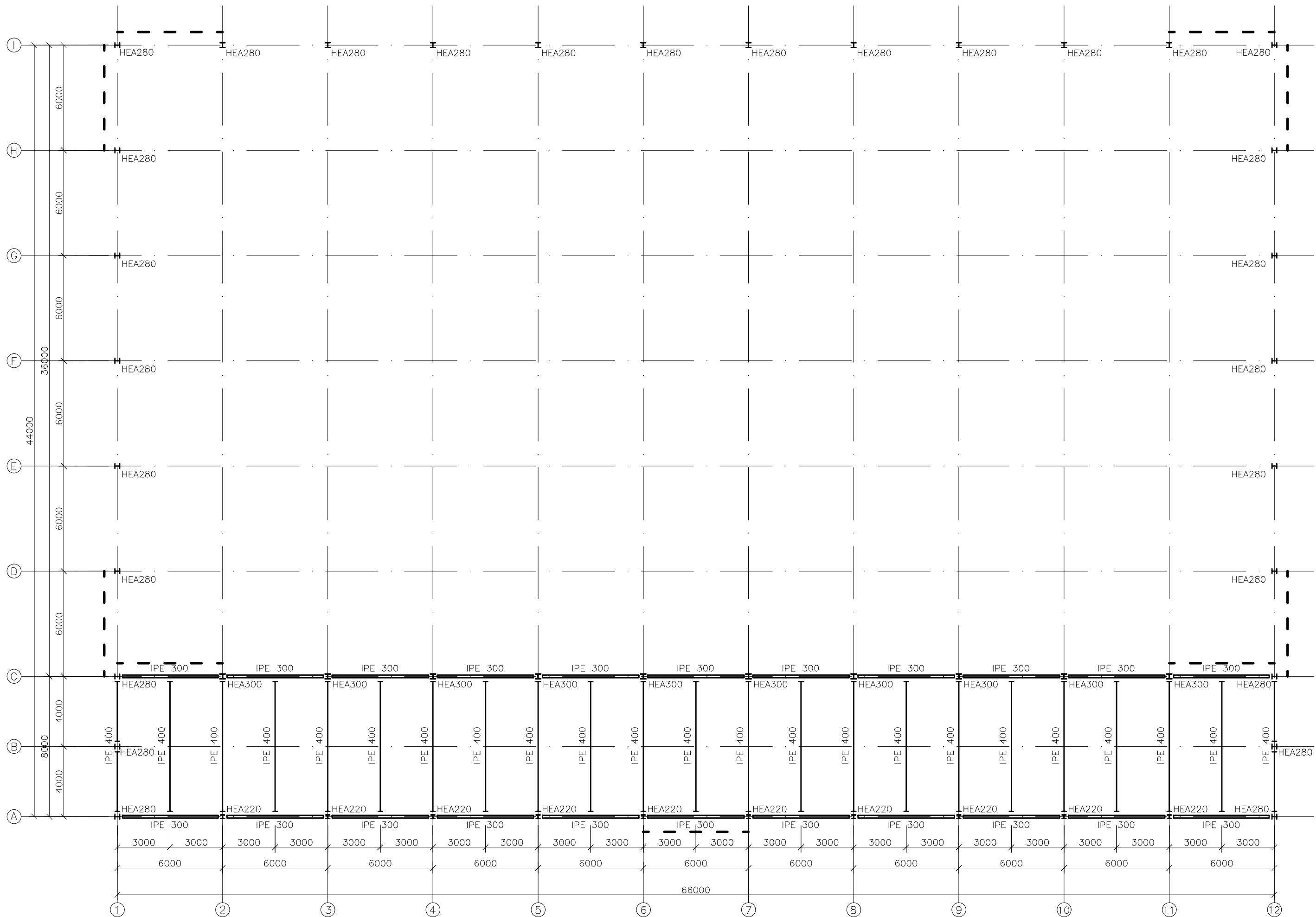
# Půdorys střechy




OCEL: S355  
 BETON C20/25  
 TŘÍDA PROVEDENÍ EXC2

Zpracoval: <b>Martin Černý</b>	Vedoucí práce: <b>Ing. Břetislav Židlický Ph.D.</b>	Fakulta stavební <b>ČVUT</b> 	
Předmět: <b>134BAPC</b>	Katedra: <b>Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí</b>		
Projekt: <b>Bakalářská práce - Tenisová hala</b>		Datum:	05/2023
Výkres: <b>Půdorys střechy</b>		Měřítko:	1:200

Půdorys +4,000

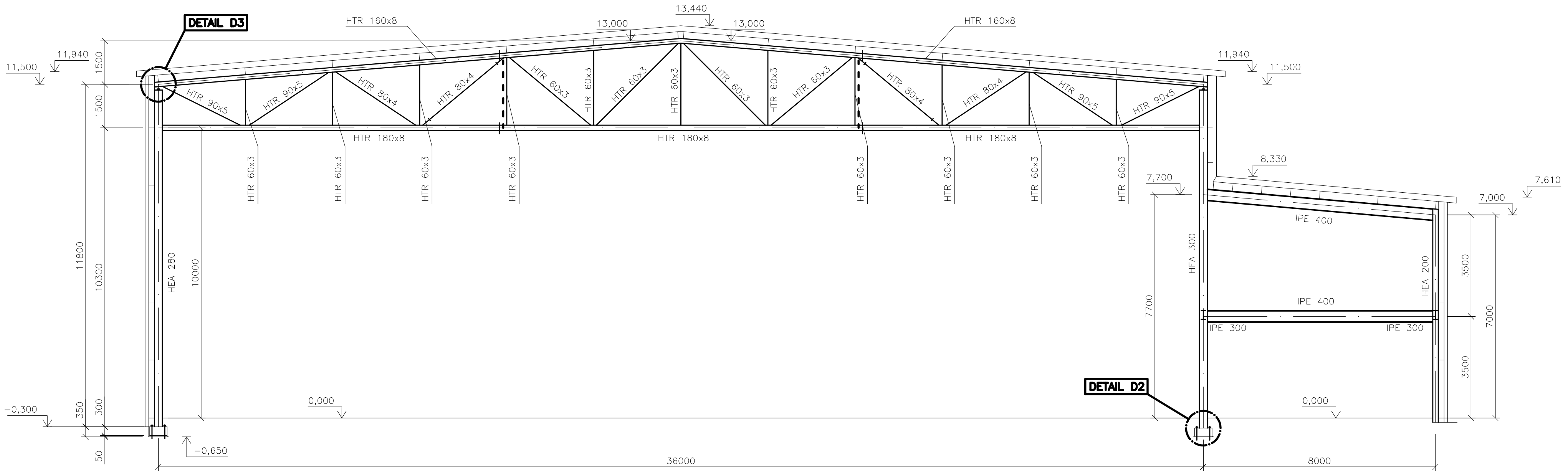


OCEL: S355  
 BETON C20/25  
 TŘÍDA PROVEDENÍ EXC2

Zpracoval: <b>Martin Černý</b>	Vedoucí práce: <b>Ing. Břetislav Židlický Ph.D.</b>	Fakulta stavební <b>ČVUT</b> 	
Předmět: <b>134BAPC</b>	Katedra: <b>Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí</b>		
Projekt: <b>Bakalářská práce - Tenisová hala</b>		Datum:	05/2023
Výkres: <b>Půdorys +4,000</b>		Měřítko:	1:200

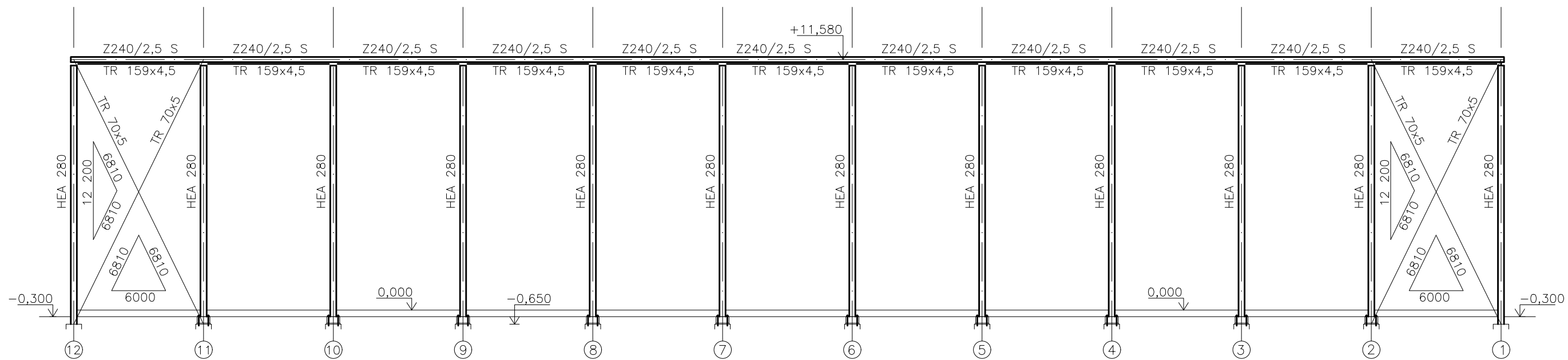
# Příčný řez

M1:100




# Pohled na stěnu haly

M1:200



OCEL: S355  
 BETON C20/25  
 TŘÍDA PROVEDENÍ EXC2

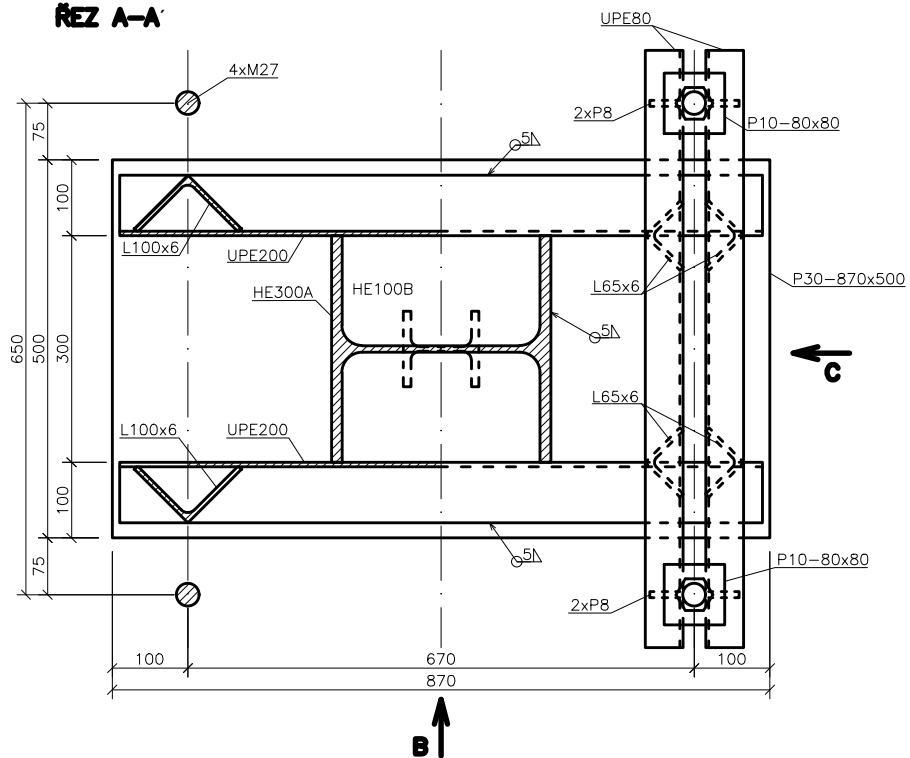
Zpracoval: <b>Martin Černý</b>	Vedoucí práce: <b>Ing. Břetislav Židlický Ph.D.</b>	Fakulta stavební <b>ČVUT</b> 	
Předmět: <b>134BAPC</b>	Katedra: <b>Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí</b>		
Projekt: <b>Bakalářská práce - Tenisová hala</b>		Datum:	<b>05/2023</b>
Výkres: <b>Pohled na podélnou stěnu + příčný řez</b>		Měřítko:	<b>1:100,1:200</b>



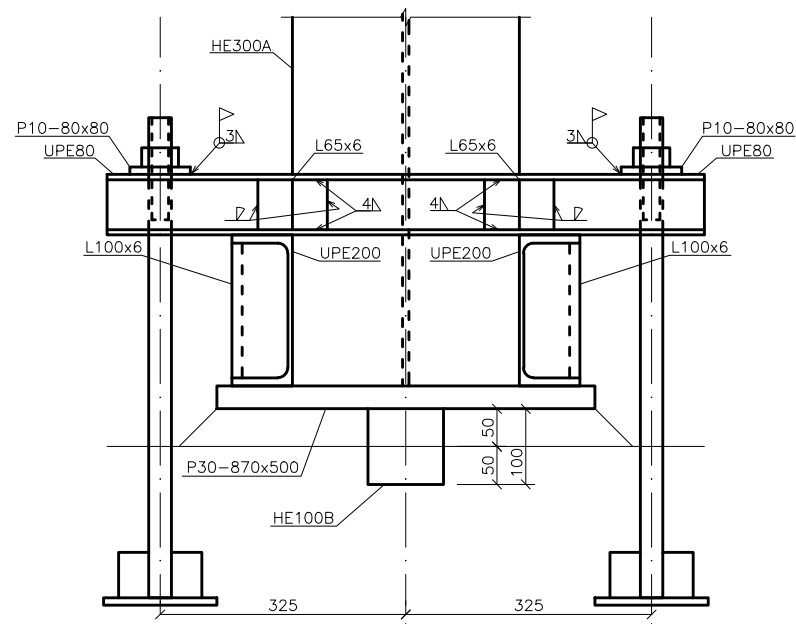


# DETAIL D2

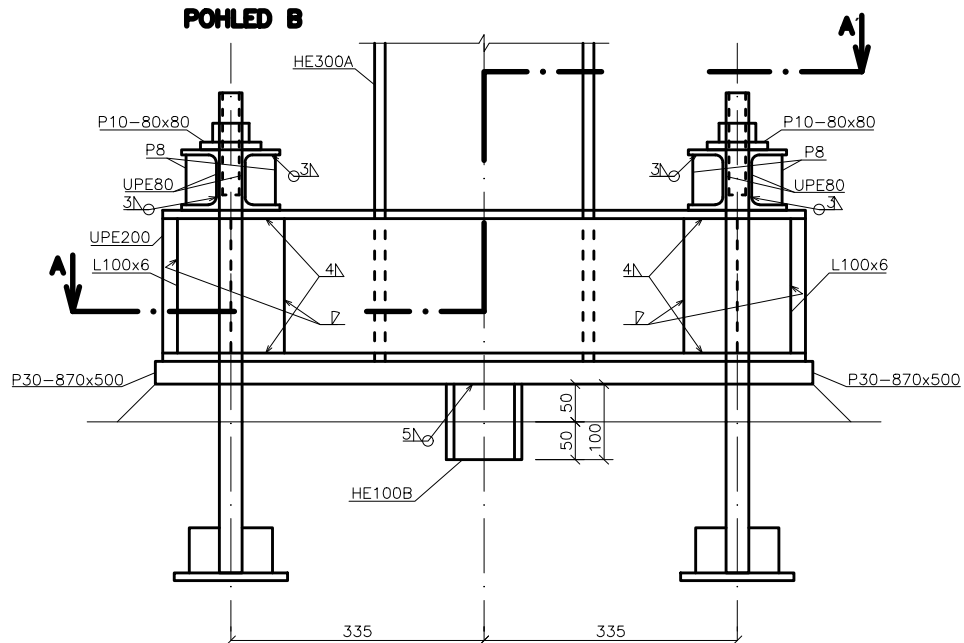
## ŘEZ A-A




## POHLED C



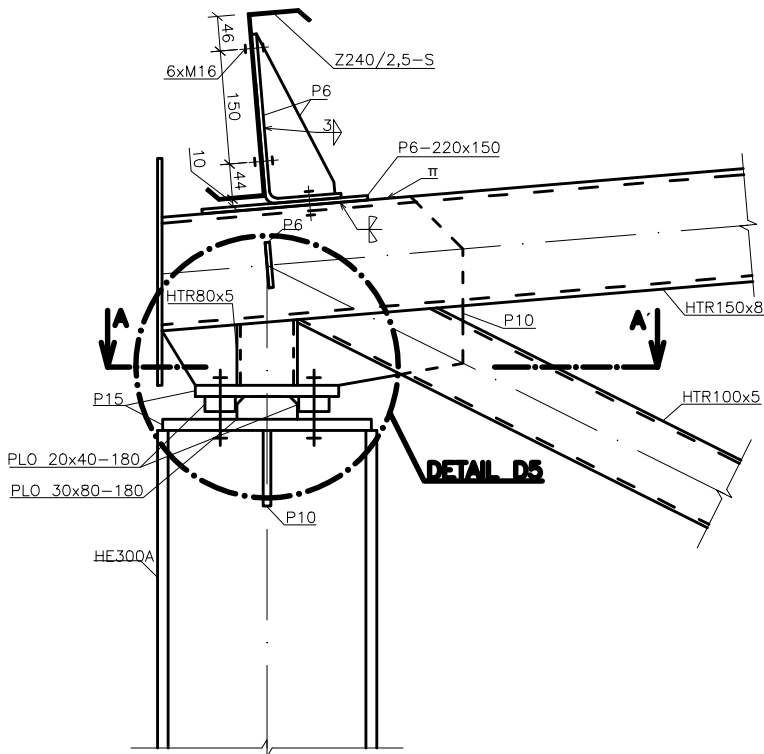
## POHLED B



OCEL: S355  
 BETON: C20/25  
 ŠROUBY 8.8  
 TŘÍDA PROVEDENÍ EXC2

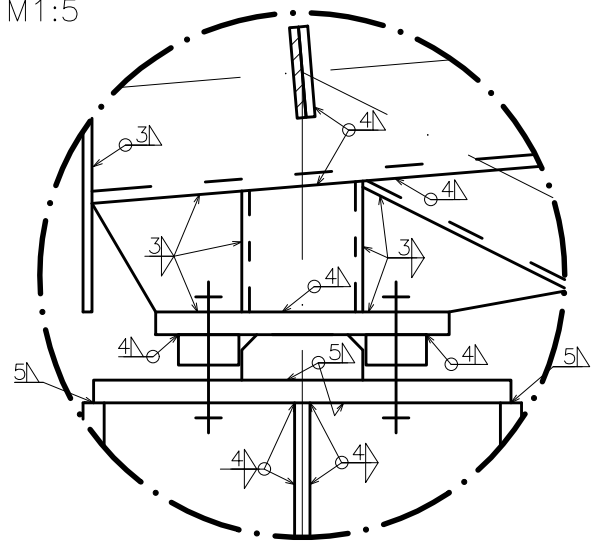
Zpracoval: <b>Martin Černý</b>	Vedoucí práce: <b>Ing. Břetislav Židlický Ph.D.</b>	Fakulta stavební <b>ČVUT</b> 	
Předmět: <b>134BAPC</b>	Katedra: <b>Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí</b>		
Projekt: <b>Bakalářská práce - Tenisová hala</b>		Datum:	05/2023
Výkres: <b>Detail D2 - vetknutá patka sloupu</b>		Měřítko:	1:10
		Formát:	A4

### DETAIL D3

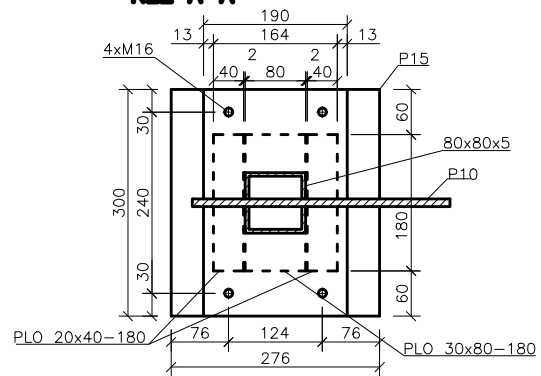


### DETAIL D5

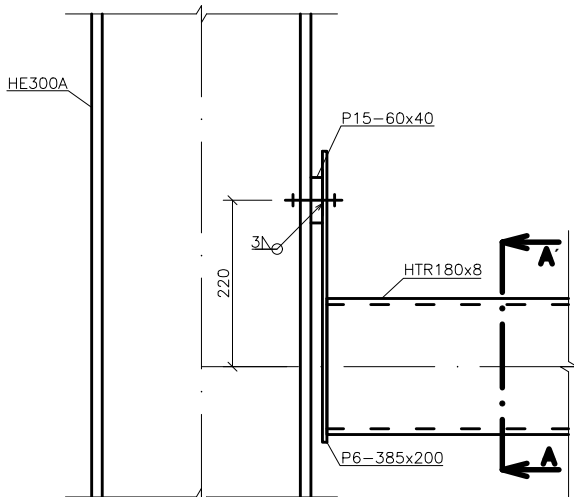
M1:5



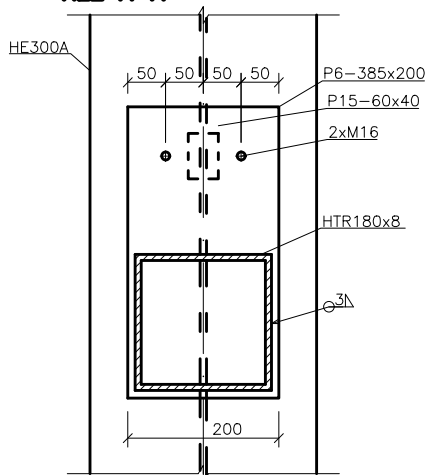
#### ŘEZ A-A'




### DETAIL D4



#### ŘEZ A-A'



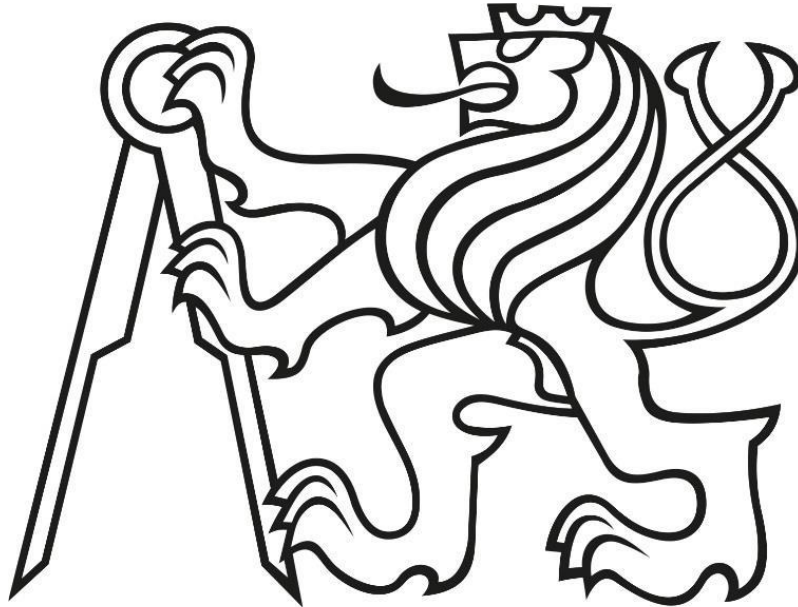
OCEL: S355  
ŠROUBY 8.8  
TRÍDA PROVEDENÍ EXC2

Zpracoval: <b>Martin Černý</b>	Vedoucí práce: <b>Ing. Břetislav Židlický Ph.D.</b>	Fakulta stavební <b>ČVUT</b> 	
Předmět: <b>134BAPC</b>	Katedra: <b>Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí</b>		
Projekt: <b>Bakalářská práce - Tenisová hala</b>		Datum:	<b>05/2023</b>
Výkres: <b>Detail D3-D5 - uložení horního a dolního pásu příhrady</b>		Měřítko:	<b>1:10</b>
		Formát:	<b>A4</b>

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**TENISOVÁ HALA**

**TENNIS HALL**

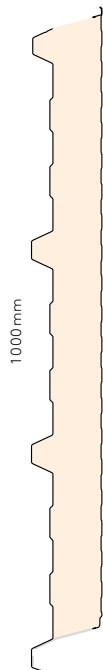
**2023**

**Příloha**

# Střešní panel KS1000 RW 60

## Tabulky únosnosti

**Střešní panel KS1000 RW 60**  
 plech vnější/vnitřní: 0,5/0,4 mm  
 profíle vnější/vnitřní: trapéz 35 mm/Q (mini-box)  
 S320GD/S280GD podle ČSN EN 14509  
 platí pro panely RW dodávané z výrobního závodu v Hradci Králové, Kingspan Česká republika



systém		charakteristické proměnné zatížení sněhem [kN/m <sup>2</sup> ]																		
		TLAK																		
barevná skupina	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
prostý nosník ▲▲▲▲▲	40 4,86	40 4,16	40 3,70	40 3,17	40 2,68	40 2,32	40 2,04	40 1,83	40 1,67	40 1,53	40 1,42	40 1,33	40 1,26	40 1,19	40 1,13	40 1,08	40 1,04	40 1,00	40 0,97	40 0,94
spojitý nosník o 2 polích ▲▲▲▲▲	40 5,81	40 4,13	40 3,30	40 2,80	40 2,46	40 2,22	40 2,03	40 1,83	40 1,67	40 1,53	40 1,42	40 1,33	40 1,26	40 1,19	40 1,13	40 1,08	40 1,04	40 1,00	40 0,97	40 0,94
spojitý nosník o 3 polích ▲▲▲▲▲	40 6,58	40 4,68	40 3,72	40 3,15	40 2,68	40 2,32	40 2,04	40 1,83	40 1,67	40 1,53	40 1,42	40 1,33	40 1,26	40 1,19	40 1,13	40 1,08	40 1,04	40 1,00	40 0,97	40 0,94

systém		charakteristické proměnné zatížení sání větru [kN/m <sup>2</sup> ]																		
		SÁNÍ																		
barevná skupina	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00
prostý nosník ▲▲▲▲▲	I. 4,86	4,86	4,29	3,78	3,39	3,09	2,86	2,66	2,50	2,37	2,25	2,12	1,98	1,86	1,75	1,65	1,56	1,49	1,42	1,35
	II. 4,86	4,71	4,06	3,62	3,30	3,05	2,85	2,66	2,50	2,37	2,25	2,12	1,98	1,86	1,75	1,65	1,56	1,49	1,42	1,35
	III. 4,40	3,86	3,53	3,28	3,09	2,88	2,70	2,56	2,43	2,32	2,23	2,12	1,98	1,86	1,75	1,65	1,56	1,49	1,42	1,35
spojitý nosník o 2 polích ▲▲▲▲▲	I. 8,54	6,02	4,46	3,58	3,04	2,67	2,39	2,18	2,02	1,88	1,76	1,67	1,58	1,51	1,44	1,39	1,34	1,29	1,24	1,21
	II. 8,54	5,90	4,26	3,42	2,91	2,56	2,30	2,10	1,94	1,81	1,71	1,61	1,54	1,46	1,40	1,35	1,30	1,26	1,22	1,18
	III. 8,54	5,48	3,95	3,18	2,71	2,39	2,16	1,98	1,84	1,72	1,62	1,54	1,47	1,40	1,35	1,30	1,25	1,21	1,18	1,14
spojitý nosník o 3 polích ▲▲▲▲▲	I. 7,94	6,02	4,81	4,10	3,46	3,02	2,69	2,44	2,25	2,09	1,96	1,84	1,75	1,66	1,59	1,52	1,47	1,42	1,37	1,32
	II. 7,94	6,02	4,81	3,98	3,36	2,93	2,62	2,38	2,19	2,03	1,90	1,80	1,70	1,62	1,55	1,49	1,44	1,39	1,34	1,30
	III. 7,94	6,02	4,78	3,80	3,20	2,80	2,50	2,28	2,10	1,95	1,83	1,73	1,64	1,57	1,50	1,44	1,39	1,34	1,30	1,26

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplyvá-li z tabulek zatížení v tlaku šířka větší.  
 Tabulka platí pro běžná proměnná klimatická zatížení. Při jiných požadavcích (dlouhodobá zatížení, teplotní zatížení v chladničích apod.) je třeba provést zvláštní výpočet.  
 Výpočty jsou provedeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zatížení uvedené v tabulkách porovnávajíte s charakteristickými hodnotami zatížení.  
 Výpočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelu. Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Mějte prosím na paměti, že tato tabulka nenahrazuje statický výpočet.

### význam hodnot v tabulce:

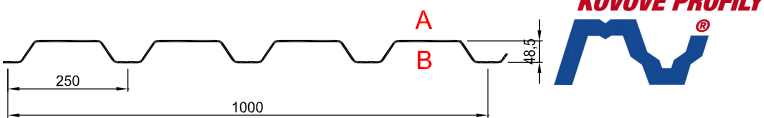
A44	min. šířka krajní podpory [mm]
X, XX	max. rozspan [m]
BBB	min. šířka střední podpory [mm]

### Přípustná deformace:

- pro krátkodobé zatížení L/200
  - pro dlouhodobá zatížení L/100
- kde L je vzdálenost mezi podporami

# TR 50/250

pozitivní



dle ČSN EN 1993-1-3: 2010

$\gamma_{Mo} = 1,00$

Deformace =  $L/200$

t <sub>N</sub> [mm]	g [kg/m <sup>2</sup> ]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]																					
		Rozpětí [m]									Rozpětí [m]												
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	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	
0,63	6,30	q <sub>d1</sub>	14,56	9,32	6,47	4,75	3,64	2,88	2,33	1,93	1,62	1,38	1,19	1,04	0,91	0,81	0,72	0,65	0,58	0,53	0,48	0,44	0,40
		q <sub>d2</sub>	5,92	4,74	3,95	3,38	2,96	2,63	2,33	1,93	1,62	1,38	1,19	1,04	0,91	0,81	0,72	0,65	0,58	0,53	0,48	0,44	0,40
		q <sub>k</sub>	13,47	6,90	3,99	2,51	1,68	1,18	0,86	0,65	0,50	0,39	0,31	0,26	0,21	0,18	0,15	0,13	0,11	0,09	0,08	0,07	0,06
0,75	7,50	q <sub>d1</sub>	19,04	12,19	8,46	6,22	4,76	3,76	3,05	2,52	2,12	1,80	1,55	1,35	1,19	1,05	0,94	0,84	0,76	0,69	0,63	0,58	0,53
		q <sub>d2</sub>	8,72	6,97	5,81	4,98	4,36	3,76	3,05	2,52	2,12	1,80	1,55	1,35	1,19	1,05	0,94	0,84	0,76	0,69	0,63	0,58	0,53
		q <sub>k</sub>	17,13	8,77	5,08	3,20	2,14	1,50	1,10	0,82	0,63	0,50	0,40	0,32	0,27	0,22	0,19	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08
0,88	8,80	q <sub>d1</sub>	24,44	15,64	10,86	7,98	6,11	4,83	3,91	3,23	2,72	2,31	1,99	1,74	1,53	1,35	1,21	1,08	0,98	0,89	0,81	0,74	0,68
		q <sub>d2</sub>	12,31	9,85	8,21	7,03	6,11	4,83	3,91	3,23	2,72	2,31	1,99	1,74	1,53	1,35	1,21	1,08	0,98	0,89	0,81	0,74	0,68
		q <sub>k</sub>	21,36	10,94	6,33	3,99	2,67	1,88	1,37	1,03	0,79	0,62	0,50	0,41	0,33	0,28	0,23	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10
1,00	10,00	q <sub>d1</sub>	29,89	19,13	13,29	9,76	7,47	5,91	4,78	3,95	3,32	2,83	2,44	2,13	1,87	1,66	1,48	1,32	1,20	1,08	0,99	0,90	0,83
		q <sub>d2</sub>	16,13	12,91	10,76	9,22	7,47	5,91	4,78	3,95	3,32	2,83	2,44	2,13	1,87	1,66	1,48	1,32	1,20	1,08	0,99	0,90	0,83
		q <sub>k</sub>	25,57	13,09	7,58	4,77	3,20	2,24	1,64	1,23	0,95	0,74	0,60	0,48	0,40	0,33	0,28	0,24	0,20	0,18	0,15	0,13	0,12
1,13	11,30	q <sub>d1</sub>	36,30	23,23	16,13	11,85	9,08	7,17	5,81	4,80	4,03	3,44	2,96	2,58	2,27	2,01	1,79	1,61	1,45	1,32	1,20	1,10	1,01
		q <sub>d2</sub>	20,83	16,66	13,88	11,85	9,08	7,17	5,81	4,80	4,03	3,44	2,96	2,58	2,27	2,01	1,79	1,61	1,45	1,32	1,20	1,10	1,01
		q <sub>k</sub>	30,82	15,78	9,13	5,75	3,85	2,71	1,97	1,48	1,14	0,90	0,72	0,58	0,48	0,40	0,34	0,29	0,25	0,21	0,19	0,16	0,14
1,25	12,50	q <sub>d1</sub>	42,00	26,88	18,67	13,71	10,50	8,30	6,72	5,55	4,67	3,98	3,43	2,99	2,63	2,33	2,07	1,86	1,68	1,52	1,39	1,27	1,17
		q <sub>d2</sub>	25,65	20,52	17,10	13,71	10,50	8,30	6,72	5,55	4,67	3,98	3,43	2,99	2,63	2,33	2,07	1,86	1,68	1,52	1,39	1,27	1,17
		q <sub>k</sub>	35,92	18,39	10,64	6,70	4,49	3,15	2,30	1,73	1,33	1,05	0,84	0,68	0,56	0,47	0,39	0,34	0,29	0,25	0,22	0,19	0,17

t <sub>N</sub> [mm]	g [kg/m <sup>2</sup> ]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]																					
		Rozpětí [m]									Rozpětí [m]												
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	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	
0,63	6,30	q <sub>d1</sub>	8,99	6,43	4,84	3,78	3,04	2,50	2,09	1,78	1,53	1,33	1,17	1,03	0,92	0,82	0,73	0,66	0,60	0,54	0,49	0,45	0,41
		q <sub>d2</sub>	7,77	5,64	4,29	3,39	2,75	2,28	1,92	1,64	1,42	1,24	1,09	0,97	0,86	0,78	0,70	0,64	0,58	0,53	0,49	0,45	0,41
		q <sub>k</sub>	32,44	16,61	9,61	6,05	4,06	2,85	2,08	1,56	1,20	0,95	0,76	0,62	0,51	0,42	0,36	0,30	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15
0,75	7,50	q <sub>d1</sub>	12,66	9,03	6,78	5,29	4,25	3,49	2,92	2,48	2,13	1,85	1,62	1,43	1,27	1,13	1,01	0,90	0,81	0,74	0,67	0,62	0,57
		q <sub>d2</sub>	10,97	7,93	6,03	4,75	3,85	3,18	2,68	2,28	1,97	1,72	1,52	1,34	1,20	1,08	0,98	0,89	0,81	0,74	0,67	0,62	0,57
		q <sub>k</sub>	41,27	21,13	12,23	7,70	5,16	3,62	2,64	1,98	1,53	1,20	0,96	0,78	0,64	0,54	0,45	0,39	0,33	0,29	0,25	0,22	0,19
0,88	8,80	q <sub>d1</sub>	16,91	11,98	8,96	6,96	5,57	4,56	3,80	3,22	2,76	2,40	2,10	1,83	1,61	1,42	1,27	1,14	1,03	0,93	0,85	0,78	0,72
		q <sub>d2</sub>	14,69	10,56	7,99	6,27	5,06	4,17	3,50	2,98	2,57	2,24	1,97	1,74	1,56	1,40	1,26	1,14	1,03	0,93	0,85	0,78	0,72
		q <sub>k</sub>	51,46	26,35	15,25	9,60	6,43	4,52	3,29	2,47	1,91	1,50	1,20	0,98	0,80	0,67	0,56	0,48	0,41	0,36	0,31	0,27	0,24
1,00	10,00	q <sub>d1</sub>	21,20	14,95	11,14	8,63	6,88	5,63	4,69	3,96	3,39	2,93	2,53	2,20	1,94	1,72	1,53	1,37	1,24	1,12	1,02	0,94	0,86
		q <sub>d2</sub>	18,45	13,21	9,96	7,79	6,27	5,17	4,33	3,68	3,16	2,75	2,42	2,14	1,91	1,71	1,53	1,37	1,24	1,12	1,02	0,94	0,86
		q <sub>k</sub>	61,60	31,54	18,25	11,49	7,70	5,41	3,94	2,96	2,28	1,79	1,44	1,17	0,96	0,80	0,68	0,57	0,49	0,43	0,37	0,32	0,29
1,13	11,30	q <sub>d1</sub>	26,22	18,41	13,67	10,56	8,41	6,86	5,70	4,81	4,10	3,49	3,01	2,63	2,31	2,05	1,83	1,64	1,48	1,34	1,22	1,12	1,03
		q <sub>d2</sub>	22,87	16,31	12,25	9,56	7,68	6,31	5,28	4,48	3,85	3,34	2,93	2,59	2,31	2,05	1,83	1,64	1,48	1,34	1,22	1,12	1,03
		q <sub>k</sub>	74,25	38,02	22,00	13,85	9,28	6,52	4,75	3,57	2,75	2,16	1,73	1,41	1,16	0,97	0,81	0,69	0,59	0,51	0,45	0,39	0,34
1,25	12,50	q <sub>d1</sub>	31,17	21,81	16,15	12,45	9,89	8,06	6,69	5,63	4,73	4,04	3,48	3,03	2,67	2,36	2,11	1,89	1,71	1,55	1,41	1,29	1,19
		q <sub>d2</sub>	27,23	19,35	14,50	11,29	9,05	7,43	6,20	5,26	4,51	3,92	3,43	3,03	2,67	2,36	2,11	1,89	1,71	1,55	1,41	1,29	1,19
		q <sub>k</sub>	86,53	44,30	25,64	16,14	10,82	7,60	5,54	4,16	3,20	2,52	2,02	1,64	1,35	1,13	0,95	0,81	0,69	0,60	0,52	0,46	0,40

t <sub>N</sub> [mm]	g [kg/m <sup>2</sup> ]	Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]																					
		Rozpětí [m]									Rozpětí [m]												
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	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	
0,63	6,30	q <sub>d1</sub>	10,24	7,34	5,54	4,34	3,49	2,88	2,41	2,05	1,76	1,54	1,35	1,19	1,06	0,96	0,86	0,77	0,69	0,63	0,57	0,53	0,48
		q <sub>d2</sub>	7,40	5,92	4,87	3,85	3,13	2,60	2,19	1,87	1,62	1,42	1,25	1,11	0,99	0,89	0,81	0,74	0,67	0,62	0,57	0,52	0,48
		q <sub>k</sub>	25,60	13,11	7,59	4,78	3,20	2,25	1,64	1,23	0,95	0,75	0,60	0,49	0,40	0,33	0,28	0,24	0,20	0,18	0,15	0,13	0,12
0,75	7,50	q <sub>d1</sub>	14,43	10,32	7,77	6,07	4,88	4,01	3,36	2,85	2,46	2,13	1,87	1,66	1,48	1,31	1,17	1,05	0,95	0,86	0,79	0,72	0,66
		q <sub>d2</sub>	10,90	8,72	6,84	5,40	4,38	3,63	3,06	2,62	2,26	1,98	1,74	1,55	1,38	1,24	1,12	1,02	0,93	0,85	0,79	0,72	0,66
		q <sub>k</sub>	32,57	16,68	9,65	6,08	4,07	2,86	2,08	1,57	1,21	0,95	0,76	0,62	0,51	0,42	0,36	0,30	0,26	0,23	0,20	0,17	0,15
0,88	8,80	q <sub>d1</sub>	19,32	13,72	10,28	8,00	6,41	5,25	4,39	3,72	3,19	2,77	2,43	2,13	1,87	1,66	1,48	1,33	1,20	1,09	0,99	0,91	0,83
		q <sub>d2</sub>	15,39	11,96	9,08	7,14	5,78	4,77	4,01	3,42	2,95	2,57	2,26	2,01	1,79	1,61	1,45	1,32	1,20	1,09	0,99	0,91	0,83
		q <sub>k</sub>	40,61	20,79	12,03	7,58	5,08	3,57	2,60	1,95	1,50	1,18	0,95	0,77	0,63	0,53	0,45	0,38	0,32	0,28	0,24	0,21	0,19
1,00	10,00	q <sub>d1</sub>	24,26	17,16	12,80	9,93	7,94	6,49	5,41	4,58	3,93	3,40	2,95	2,57	2,26	2,00	1,79	1,60	1,45	1,31	1,20	1,09	1,00
		q <sub>d2</sub>	20,17	14,99	11,34	8,89	7,17	5,91	4,96	4,22	3,64	3,17	2,78	2,46	2,20	1,97	1,78	1,60	1,45	1,31	1,20	1,09	1,00
		q <sub>k</sub>	48,61	24,89	14,40	9,07	6,08	4,27	3,11	2,34	1,80	1,42	1,13	0,92	0,76	0,63	0,53	0,45	0,39	0,34	0,29	0,26	0,23
1,13	11,30	q <sub>d1</sub>	30,06	21,16	15,74	12,17	9,70	7,92	6,59	5,57	4,77	4,08	3,52	3,06	2,69	2,39	2,13	1,91	1,73	1,57	1,43	1,31	1,20
		q <sub>d2</sub>	25,87	18,52	13,96	10,92	8,79	7,23	6,06	5,15	4,43	3,85	3,38	2,99	2,67								

PROFIL	tl. [mm]	G [kg/m]	Tvar profilu							Průřezové charakteristiky					
			H [mm]	WF(b) [mm]	WFO [mm]	D1 [mm]	φ [mm]	A [mm]	B [mm]	C [mm]	A [mm <sup>2</sup> ]	Aeff [mm <sup>2</sup> ]	Iy [mm <sup>4</sup> ] x10 <sup>6</sup>	Iyeff [mm <sup>4</sup> ] x10 <sup>6</sup>	Wyeff [mm <sup>3</sup> ] x 10 <sup>3</sup>
Z 120	1.5	2.84	120	50	45	15	14	31	60	29	364	246	0.82	0.77	12.40
	2.0	3.78									484	375	1.08	1.05	17.16
Z 140	1.5	3.07	140	50	45	15	14	36	70	34	393	245	1.18	1.08	14.66
	2.0	4.10									523	377	1.55	1.50	21.08
Z 180	1.5	4.02	180	65	60	20	18	46	90	44	495	239	2.48	1.99	19.38
	2.0	5.35									661	299	3.29	2.97	31.20
Z 210	1.5	4.37	210	65	60	20	18	61	90	59	539	237	3.56	2.76	22.55
	2.0	5.82									719	396	4.72	4.15	36.57
	2.5	7.28									898	563	5.85	5.45	49.96
Z 240	2.0	6.61	240	75	70	20	18	46	150	44	817	393	7.03	5.72	42.29
	2.5	8.26									1021	576	8.73	7.74	60.16
	3.0	9.91									1222	767	10.40	9.64	77.68
Z 270	2.0	7.08	270	75	70	20	18	51	170	49	876	391	9.28	7.36	47.47
	2.5	8.85									1095	573	11.54	10.00	67.82
	3.0	10.62									1311	766	13.75	12.52	88.11
Z 300	2.0	7.55	300	75	70	20	18	61	180	59	935	389	11.93	9.22	52.61
	2.5	9.44									1169	571	14.84	12.57	75.39
	3.0	11.33									1400	765	17.70	15.79	98.39
C 140	1.5	3.47	140	60		22	14	20	100	20	435	260	1.36	1.12	15.76
	2.0	4.63									580	421	1.80	1.72	24.30
C 180	1.5	3.94	180	60		22	14	20	140	20	493	258	2.44	2.06	20.53
	2.0	5.26									659	420	3.23	3.03	32.37
C 210	1.5	4.30	210	60		22	14	20	170	20	537	256	3.51	2.88	24.00
	2.0	5.73									717	419	4.65	4.25	38.10
	2.5	7.16									895	585	5.77	5.51	51.35
C 240	2.0	6.20	240	60		22	14	20	200	20	776	417	6.39	5.69	43.74
	2.5	7.75									969	586	7.94	7.42	59.41
	3.0	9.30									1160	768	9.45	9.13	75.37
C 270	2.0	6.67	270	60		22	14	20	230	20	835	414	8.49	7.36	49.30
	2.5	8.34									1043	585	10.54	9.65	67.37
	3.0	10.01									1249	770	12.56	11.93	86.02
C 300	2.0	7.14	300	60		22	14	20	260	20	894	412	10.95	9.26	54.80
	2.5	8.93									1117	584	13.62	12.19	75.24
	3.0	10.72									1338	771	16.23	15.12	96.55
Σ 145	1.5	3.66	145	60		22	14	20	105	20	458	395	1.48	1.34	17.59
	2.0	4.88									611	567	1.96	1.88	25.57
Σ 175	1.5	4.02	175	60		22	14	20	135	20	502	436	2.31	2.09	22.70
	2.0	5.35									670	621	3.06	2.92	32.84
Σ 205	1.5	4.37	205	60		22	14	20	165	20	546	450	3.36	3.04	28.26
	2.0	5.82									729	663	4.46	4.24	40.69
	2.5	7.28									910	862	5.53	5.34	51.72
Σ 235	2.0	6.30	235	60		22	14	20	195	20	787	674	6.18	5.88	49.09
	2.5	7.87									983	893	7.67	7.41	62.47
	3.0	9.44									1177	1115	9.13	8.89	75.48
Σ 275	2.0	6.77	275	60		22	14	20	225	20	846	678	8.26	7.85	58.05
	2.5	8.46									1057	905	10.26	9.90	73.93
	3.0	10.15									1266	1139	12.22	11.90	89.41
Σ 300	2.0	7.32	300	60		22	14	20	260	20	915	679	11.17	10.60	69.19
	2.5	9.15									1143	912	13.89	13.39	88.19
	3.0	10.97									1370	1155	16.55	16.10	106.74

Tab. 2 - Průřezové charakteristiky a velikosti profilů

### 2.3 Konstrukční zásady

„Z“, „C“ a „Σ“ profily se používají jako vaznice, pažďíky nebo stěnové sloupky. V místě podpor je připojení k nosné konstrukci provedeno standardně prostřednictvím botky pro připojení shora vazníku nebo vně sloupu nebo na výztuhu při připojení mezi vazníky resp. sloupy. Botka může být z plechu nebo úhelníku, případně i s výztuhou. Konstrukční řešení a únosnosti vlastních botek jsou podrobně popsány v kapitole č. 5. V místě podpory je připojení k botce realizováno šrouby M12 pro Z 120, Z 140 a všechny profily „C“ a „Σ“ nebo šrouby M16 pro „Z“ profily od Z 180 výše. Používají se šrouby jakosti 5,6 nebo 8,8. Tenkostěnné profily jsou na botky zavěšeny tak, že pásnice profilů nejsou v kontaktu v podpůrnou konstrukcí. Detaily přípojů „Z“ profilů vaznic a pažďíků jsou na obr. 2.3 detaily přípojů „C“ a „Σ“ profilů pažďíků jsou na obr. 2.4.

## Z 240-S

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Rádek č. 1 : Únosnost bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)

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

Rádek č. 3 : Únosnost pro sání bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)

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

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

Rádek 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]																	
		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	
Z 240/2,0	G = 6,61 kg/m	1	4.74	3.91	3.29	3.03	2.80	2.60	2.42	2.25	2.11	1.97	1.85	1.64	1.46	1.31	1.18		
		2	2.89	2.33	1.90	1.72	1.56	1.42	1.30	1.18	1.09	1.00	0.92	0.77	0.65	0.55	0.47		
		3	-2.73	-2.22	-1.83	-1.68	-1.54	-1.42	-1.31	-1.21	-1.12	-1.04	-0.97	-0.85	-0.74	-0.66	-0.58		
		4	-1.60	-1.27	-1.03	-0.93	-0.85	-0.77	-0.71	-0.65	-0.59	-0.55	-0.51	-0.43	-0.38	-0.33	-0.29		
		5	3.89	2.92	2.25	1.99	1.77	1.58	1.42	1.27	1.15	1.04	0.95	0.79	0.67	0.57	0.49		
		6	2.59	1.95	1.50	1.33	1.18	1.05	0.94	0.85	0.77	0.70	0.63	0.53	0.44	0.38	0.32		
Z 240/2,5	G = 8,26 kg/m	1	6.80	5.62	4.72	4.35	4.02	3.73	3.47	3.23	3.02	2.83	2.66	2.35	2.10	1.88	1.70		
		2	4.83	3.91	3.21	2.92	2.65	2.42	2.22	2.04	1.87	1.73	1.60	1.35	1.15	0.98	0.85		
		3	-3.84	-3.13	-2.59	-2.37	-2.18	-2.00	-1.85	-1.71	-1.59	-1.48	-1.37	-1.20	-1.05	-0.93	-0.83		
		4	-2.75	-2.22	-1.82	-1.65	-1.51	-1.38	-1.27	-1.17	-1.08	-1.00	-0.93	-0.78	-0.66	-0.56	-0.48		
		5	5.13	3.85	2.97	2.63	2.33	2.08	1.87	1.68	1.52	1.38	1.25	1.04	0.88	0.75	0.64		
		6	3.42	2.57	1.98	1.75	1.56	1.39	1.25	1.12	1.01	0.92	0.83	0.70	0.59	0.50	0.43		
Z 240/3,0	G = 9,91 kg/m	1	8.79	7.27	6.11	5.63	5.20	4.82	4.49	4.18	3.91	3.66	3.44	3.04	2.71	2.44	2.20		
		2	6.76	5.49	4.53	4.12	3.76	3.44	3.15	2.90	2.67	2.47	2.29	1.95	1.67	1.44	1.25		
		3	-4.86	-3.96	-3.28	-3.00	-2.76	-2.54	-2.34	-2.17	-2.01	-1.87	-1.74	-1.52	-1.34	-1.18	-1.05		
		4	-3.81	-3.08	-2.53	-2.31	-2.11	-1.94	-1.78	-1.64	-1.52	-1.41	-1.31	-1.14	-0.99	-0.87	-0.77		
		5	6.28	4.72	3.63	3.21	2.86	2.55	2.29	2.06	1.86	1.69	1.53	1.28	1.08	0.92	0.78		
		6	4.18	3.14	2.42	2.14	1.90	1.70	1.52	1.37	1.24	1.12	1.02	0.85	0.72	0.61	0.52		

### SPOJITÝ NOSNÍK O 3 NEBO 4 POLÍCH - PŘESAHY 0,6 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
Z 240/2,0	1	5.65	4.69	3.95	3.61	3.31	3.05	2.81	2.60	2.41	2.24	2.09	1.84	1.63	1.45	1.30	1.17	1.06
	2	4.24	3.56	2.99	2.71	2.46	2.24	2.05	1.87	1.72	1.58	1.46	1.23	1.04	0.89	0.76	0.65	0.56
	3	-4.48	-3.62	-2.97	-2.72	-2.50	-2.31	-2.13	-1.97	-1.83	-1.71	-1.59	-1.39	-1.23	-1.09	-0.97	-0.87	-0.78
	4	-2.76	-2.17	-1.74	-1.58	-1.45	-1.32	-1.21	-1.11	-1.03	-0.95	-0.88	-0.76	-0.66	-0.58	-0.51	-0.45	-0.40
	5	7.36	5.53	4.26	3.77	3.35	2.99	2.68	2.41	2.18	1.98	1.80	1.50	1.26	1.07	0.92	0.79	0.69
	6	4.90	3.68	2.84	2.51	2.23	1.99	1.79	1.61	1.45	1.32	1.20	1.00	0.84	0.72	0.61	0.53	0.46
Z 240/2,5	1	7.74	6.44	5.45	4.99	4.58	4.22	3.90	3.61	3.36	3.12	2.91	2.57	2.28	2.03	1.83	1.65	1.49
	2	6.80	5.83	5.04	4.58	4.18	3.82	3.50	3.22	2.96	2.73	2.53	2.15	1.84	1.58	1.37	1.17	1.01
	3	-6.26	-5.07	-4.18	-3.83	-3.53	-3.25	-3.01	-2.79	-2.59	-2.41	-2.25	-1.97	-1.74	-1.54	-1.38	-1.23	-1.11
	4	-4.62	-3.69	-3.00	-2.74	-2.51	-2.31	-2.13	-1.96	-1.82	-1.68	-1.57	-1.36	-1.19	-1.05	-0.93	-0.83	-0.74
	5	9.71	7.30	5.62	4.97	4.42	3.95	3.54	3.18	2.88	2.61	2.37	1.98	1.66	1.42	1.21	1.05	0.91
	6	6.47	4.86	3.75	3.31	2.95	2.63	2.36	2.12	1.92	1.74	1.58	1.32	1.11	0.94	0.81	0.70	0.61
Z 240/3,0	1	9.69	8.07	6.84	6.27	5.76	5.31	4.92	4.56	4.24	3.95	3.68	3.25	2.89	2.58	2.32	2.09	1.89
	2	9.09	7.82	6.84	6.25	5.74	5.28	4.87	4.51	4.18	3.88	3.62	3.09	2.66	2.30	2.00	1.72	1.49
	3	-7.91	-6.41	-5.29	-4.85	-4.46	-4.11	-3.80	-3.53	-3.28	-3.06	-2.85	-2.50	-2.20	-1.95	-1.74	-1.56	-1.41
	4	-6.33	-5.09	-4.15	-3.80	-3.48	-3.20	-2.95	-2.73	-2.53	-2.35	-2.19	-1.91	-1.67	-1.48	-1.31	-1.17	-1.05
	5	11.9	8.93	6.88	6.08	5.41	4.83	4.33	3.90	3.52	3.19	2.90	2.42	2.04	1.67	1.49	1.28	1.12
	6	7.92	5.95	4.58	4.06	3.61	3.22	2.89	2.60	2.35	2.13	1.93	1.61	1.36	1.12	0.99	0.86	0.74

### 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 vnitřní : Z 240/2,0	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
	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 vnitřní : Z 240/2,5	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
	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



### Z 270-S

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Rádek č. 1 : Únosnost bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)

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

Rádek č. 3 : Únosnost pro sání bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)

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

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

Rádek 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]																
		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
Z 270/2,0 G = 7,08 kg/m	1	5.32	4.39	3.69	3.40	3.15	2.92	2.71	2.53	2.36	2.21	2.08	1.84	1.64	1.47	1.33		
	2	3.36	2.71	2.23	2.03	1.85	1.69	1.55	1.43	1.31	1.21	1.12	0.96	0.82	0.71	0.62		
	3	-2.80	-2.27	-1.87	-1.71	-1.57	-1.44	-1.33	-1.23	-1.14	-1.06	-0.99	-0.86	-0.76	-0.67	-0.59		
	4	-1.54	-1.21	-0.97	-0.88	-0.79	-0.72	-0.66	-0.60	-0.55	-0.51	-0.47	-0.40	-0.34	-0.30	-0.26		
	5	5.02	3.77	2.90	2.57	2.28	2.04	1.83	1.65	1.49	1.35	1.22	1.02	0.86	0.73	0.63		
	6	3.34	2.51	1.93	1.71	1.52	1.36	1.22	1.10	0.99	0.90	0.82	0.68	0.57	0.49	0.42		
Z 270/2,5 G = 8,85 kg/m	1	7.66	6.33	5.32	4.90	4.53	4.20	3.91	3.64	3.40	3.19	2.99	2.65	2.36	2.12	1.91		
	2	5.59	4.54	3.75	3.42	3.13	2.87	2.64	2.43	2.25	2.08	1.93	1.66	1.43	1.24	1.09		
	3	-3.96	-3.22	-2.66	-2.43	-2.23	-2.06	-1.90	-1.76	-1.63	-1.52	-1.41	-1.23	-1.08	-0.96	-0.85		
	4	-2.75	-2.20	-1.79	-1.63	-1.49	-1.36	-1.25	-1.15	-1.06	-0.98	-0.91	-0.78	-0.68	-0.60	-0.53		
	5	6.65	5.00	3.85	3.40	3.03	2.70	2.42	2.18	1.97	1.79	1.62	1.35	1.14	0.97	0.83		
	6	4.43	3.33	2.57	2.27	2.02	1.80	1.62	1.45	1.31	1.19	1.08	0.90	0.76	0.65	0.55		
Z 270/3,0 G = 10,62 kg/m	1	9.97	8.24	6.92	6.38	5.90	5.47	5.09	4.74	4.43	4.15	3.89	3.45	3.08	2.76	2.49		
	2	7.84	6.39	5.29	4.83	4.43	4.07	3.74	3.46	3.20	2.97	2.76	2.38	2.06	1.80	1.58		
	3	-5.03	-4.09	-3.39	-3.10	-2.84	-2.62	-2.42	-2.24	-2.08	-1.93	-1.80	-1.57	-1.38	-1.22	-1.09		
	4	-3.87	-3.11	-2.55	-2.32	-2.12	-1.95	-1.79	-1.65	-1.53	-1.41	-1.31	-1.14	-0.99	-0.87	-0.77		
	5	8.29	6.22	4.79	4.24	3.77	3.37	3.02	2.72	2.46	2.23	2.02	1.69	1.42	1.21	1.04		
	6	5.52	4.15	3.20	2.83	2.51	2.25	2.01	1.81	1.64	1.48	1.35	1.12	0.95	0.81	0.69		

#### SPOJITÝ NOSNÍK O 3 NEBO 4 POLÍCH - PŘESAHY 0,6 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
Z 270/2,0	1	6.30	5.18	4.33	3.95	3.61	3.31	3.05	2.81	2.60	2.41	2.24	1.96	1.74	1.55	1.39	1.25	1.13
	2	4.63	3.90	3.34	3.05	2.78	2.55	2.34	2.16	2.00	1.85	1.71	1.49	1.30	1.13	0.99	0.85	0.74
	3	-4.66	-3.73	-3.04	-2.78	-2.56	-2.36	-2.18	-2.02	-1.87	-1.74	-1.62	-1.42	-1.25	-1.11	-0.99	-0.89	-0.80
	4	-2.76	-2.13	-1.68	-1.52	-1.38	-1.26	-1.15	-1.06	-0.97	-0.89	-0.83	-0.71	-0.61	-0.53	-0.47	-0.41	-0.36
	5	9.49	7.13	5.49	4.86	4.32	3.86	3.46	3.11	2.81	2.55	2.32	1.93	1.63	1.38	1.19	1.03	0.89
	6	6.33	4.75	3.66	3.24	2.88	2.57	2.31	2.08	1.88	1.70	1.55	1.29	1.09	0.92	0.79	0.68	0.59
Z 270/2,5	1	8.69	7.16	6.00	5.48	5.02	4.62	4.25	3.93	3.64	3.38	3.14	2.77	2.45	2.19	1.96	1.77	1.60
	2	7.45	6.32	5.46	4.98	4.56	4.18	3.85	3.55	3.29	3.05	2.83	2.46	2.15	1.90	1.68	1.48	1.31
	3	-6.53	-5.26	-4.30	-3.94	-3.62	-3.34	-3.09	-2.86	-2.66	-2.48	-2.31	-2.03	-1.79	-1.58	-1.41	-1.27	-1.14
	4	-4.72	-3.73	-2.99	-2.73	-2.50	-2.29	-2.11	-1.94	-1.80	-1.66	-1.54	-1.34	-1.17	-1.03	-0.91	-0.81	-0.72
	5	12.6	9.46	7.28	6.44	5.73	5.11	4.59	4.13	3.73	3.38	3.07	2.56	2.16	1.83	1.57	1.36	1.18
	6	8.39	6.30	4.85	4.30	3.82	3.41	3.06	2.75	2.49	2.25	2.05	1.71	1.44	1.22	1.05	0.91	0.79
Z 270/3,0	1	10.96	9.04	7.58	6.93	6.36	5.85	5.39	4.99	4.62	4.29	4.00	3.52	3.13	2.79	2.51	2.26	2.05
	2	10.07	8.57	7.42	6.78	6.21	5.70	5.25	4.85	4.49	4.17	3.88	3.38	2.96	2.61	2.31	2.07	1.86
	3	-8.29	-6.67	-5.46	-5.00	-4.60	-4.25	-3.93	-3.64	-3.39	-3.16	-2.95	-2.58	-2.28	-2.02	-1.80	-1.62	-1.45
	4	-6.55	-5.20	-4.20	-3.84	-3.52	-3.23	-2.98	-2.75	-2.55	-2.37	-2.20	-1.92	-1.68	-1.48	-1.31	-1.17	-1.05
	5	15.7	11.8	9.08	8.03	7.14	6.37	5.72	5.15	4.65	4.21	3.83	3.21	2.72	2.32	1.98	1.70	1.47
	6	10.5	7.85	6.05	5.35	4.76	4.25	3.81	3.43	3.10	2.81	2.55	2.14	1.81	1.55	1.32	1.13	0.98

#### 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 270/2,5 vnitřní : Z 270/2,0	1	8.16	6.84	5.83	5.32	4.88	4.49	4.14	3.83	3.55	3.30	3.07	2.66	2.32	2.04	1.80	1.60	1.43
	2	6.74	5.72	4.94	4.59	4.28	4.01	3.76	3.54	3.33	3.15	2.98	2.59	2.27	2.00	1.76	1.53	1.34
	3	-6.63	-5.33	-4.36	-3.99	-3.67	-3.39	-3.13	-2.90	-2.70	-2.51	-2.34	-2.05	-1.81	-1.61	-1.43	-1.28	-1.16
	4	-4.79	-3.78	-3.04	-2.77	-2.53	-2.32	-2.14	-1.97	-1.82	-1.69	-1.57	-1.36	-1.19	-1.04	-0.92	-0.82	-0.73
	5	12.8	9.65	7.43	6.58	5.85	5.22	4.68	4.21	3.81	3.45	3.14	2.61	2.20	1.87	1.61	1.39	1.21
	6	8.56	6.43	4.96	4.38	3.90	3.48	3.12	2.81	2.54	2.30	2.09	1.74	1.47	1.25	1.07	0.92	0.80
krajní : Z 270/3,0 vnitřní : Z 270/2,5	1	10.57	8.90	7.61	7.02	6.50	6.03	5.61	5.23	4.89	4.59	4.31	3.73	3.24	2.84	2.51	2.23	2.00
	2	9.38	7.99	6.91	6.41	5.97	5.57	5.21	4.89	4.60	4.33	4.09	3.56	3.11	2.74	2.43	2.15	1.91
	3	-8.44	-6.79	-5.55	-5.09	-4.68	-4.32	-4.00	-3.71	-3.45	-3.21	-3.00	-2.63	-2.32	-2.06	-1.83	-1.64	-1.48
	4	-6.67	-5.30	-4.28	-3.91	-3.58	-3.29	-3.03	-2.80	-2.60	-2.41	-2.24	-1.95	-1.71	-1.51	-1.34	-1.19	-1.07
	5	16.1	12.1	9.32	8.24	7.33	6.54	5.87	5.28	4.77	4.32	3.93	3.28	2.76	2.35	2.01	1.74	1.51
	6	10.7	8.07	6.21	5.50	4.88	4.36	3.91	3.52	3.18	2.88	2.62	2.18	1.84	1.56	1.34	1.16	1.01



**C 240-S**

Únosnost dle ČSN EN 1993-1-3:

Rádek č. 1 : Únosnost bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)

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

Rádek č. 3 : Únosnost pro sání bez vlivu osově síly (návrhová hodnota)

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

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

Rádek 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
C 240/2,0	1	8.71	7.65	6.78	6.05	5.43	4.90	4.44	4.05	3.70	3.40	3.13	2.90	2.69	2.50	2.33	2.18	2.04
	2	7.15	6.25	5.50	4.87	4.35	3.90	3.50	3.17	2.87	2.61	2.39	2.19	2.01	1.86	1.71	1.58	1.46
	3	-2.93	-2.63	-2.38	-2.16	-1.98	-1.82	-1.67	-1.54	-1.42	-1.32	-1.23	-1.15	-1.08	-1.01	-0.94	-0.88	-0.82
	4	-2.32	-2.06	-1.85	-1.67	-1.52	-1.38	-1.26	-1.16	-1.07	-0.99	-0.91	-0.85	-0.79	-0.74	-0.69	-0.64	-0.59
G = 6,20 kg/m	5	8.95	7.38	6.15	5.18	4.41	3.78	3.26	2.84	2.48	2.19	1.93	1.72	1.54	1.38	1.24	1.12	1.01
	6	5.97	4.92	4.10	3.46	2.94	2.52	2.18	1.89	1.66	1.46	1.29	1.15	1.02	0.92	0.83	0.75	0.68
C 240/2,5	1	11.83	10.40	9.21	8.22	7.38	6.66	6.04	5.50	5.03	4.62	4.26	3.94	3.65	3.39	3.16	2.96	2.77
	2	10.25	8.97	7.90	7.01	6.26	5.63	5.07	4.58	4.16	3.80	3.47	3.19	2.94	2.71	2.50	2.31	2.14
	3	-3.81	-3.42	-3.09	-2.82	-2.58	-2.38	-2.18	-2.01	-1.87	-1.73	-1.62	-1.51	-1.42	-1.34	-1.24	-1.16	-1.09
	4	-3.23	-2.89	-2.60	-2.35	-2.15	-1.97	-1.80	-1.65	-1.53	-1.42	-1.32	-1.23	-1.15	-1.08	-1.00	-0.93	-0.87
G = 7,75 kg/m	5	11.7	9.61	8.01	6.75	5.74	4.92	4.25	3.70	3.23	2.85	2.52	2.24	2.00	1.79	1.61	1.46	1.32
	6	7.77	6.41	5.34	4.50	3.83	3.28	2.83	2.46	2.16	1.90	1.68	1.49	1.33	1.19	1.08	0.97	0.88
C 240/3,0	1	15.01	13.19	11.68	10.42	9.35	8.44	7.66	6.98	6.38	5.86	5.40	4.99	4.63	4.31	4.01	3.75	3.51
	2	13.43	11.75	10.37	9.21	8.23	7.40	6.67	6.04	5.49	5.01	4.59	4.22	3.89	3.59	3.32	3.07	2.85
	3	-4.60	-4.13	-3.73	-3.40	-3.11	-2.87	-2.63	-2.43	-2.25	-2.10	-1.96	-1.83	-1.72	-1.62	-1.51	-1.41	-1.32
	4	-4.06	-3.63	-3.26	-2.96	-2.70	-2.47	-2.27	-2.09	-1.93	-1.79	-1.67	-1.56	-1.46	-1.37	-1.28	-1.19	-1.11
G = 9,30 kg/m	5	14.1	11.6	9.66	8.14	6.92	5.93	5.13	4.46	3.90	3.43	3.04	2.70	2.41	2.16	1.95	1.76	1.59
	6	9.38	7.73	6.44	5.43	4.61	3.96	3.42	2.97	2.60	2.29	2.03	1.80	1.61	1.44	1.30	1.17	1.06

**PROSTÝ NOSNÍK**

Profil G [kg/m]		Přípustné rovnoměrné zatížení [kN/m] pro pole rozpětí L [m]																
		8.00	8.25	8.50	8.75	9.00	9.25	9.50	9.75	10.00	10.25	10.50	10.75	11.00	11.25	11.50	11.75	12.00
C 240/2,0	1	1.91	1.80	1.70	1.60	1.51	1.43	1.36	1.29	1.22	1.17	1.11	1.06	1.01				
	2	1.35	1.25	1.16	1.08	1.01	0.94	0.87	0.81	0.76	0.71	0.66	0.62	0.58				
	3	-0.77	-0.72	-0.68	-0.64	-0.60	-0.57	-0.53	-0.50	-0.48	-0.45	-0.43	-0.41	-0.39				
	4	-0.55	-0.52	-0.49	-0.46	-0.43	-0.40	-0.38	-0.35	-0.33	-0.31	-0.30	-0.28	-0.27				
G = 6,20 kg/m	5	0.92	0.84	0.77	0.70	0.65	0.60	0.55	0.51	0.47	0.44	0.41	0.38	0.35				
	6	0.61	0.56	0.51	0.47	0.43	0.40	0.37	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.24				
C 240/2,5	1	2.60	2.44	2.30	2.17	2.05	1.94	1.84	1.75	1.66	1.58	1.51	1.44	1.38				
	2	1.99	1.85	1.72	1.61	1.50	1.40	1.31	1.22	1.14	1.07	1.00	0.94	0.88				
	3	-1.02	-0.96	-0.90	-0.85	-0.80	-0.75	-0.71	-0.67	-0.63	-0.60	-0.57	-0.54	-0.51				
	4	-0.81	-0.76	-0.71	-0.67	-0.63	-0.59	-0.56	-0.53	-0.50	-0.47	-0.44	-0.42	-0.40				
G = 7,75 kg/m	5	1.20	1.09	1.00	0.92	0.84	0.78	0.72	0.66	0.61	0.57	0.53	0.49	0.46				
	6	0.80	0.73	0.67	0.61	0.56	0.52	0.48	0.44	0.41	0.38	0.35	0.33	0.31				
C 240/3,0	1	3.30	3.10	2.92	2.76	2.61	2.47	2.34	2.22	2.11	2.01	1.91	1.83	1.74				
	2	2.65	2.47	2.30	2.15	2.01	1.88	1.76	1.65	1.54	1.45	1.36	1.28	1.21				
	3	-1.24	-1.16	-1.09	-1.03	-0.97	-0.92	-0.86	-0.82	-0.77	-0.73	-0.69	-0.66	-0.62				
	4	-1.04	-0.97	-0.92	-0.86	-0.81	-0.76	-0.72	-0.68	-0.64	-0.60	-0.57	-0.54	-0.51				
G = 9,30 kg/m	5	1.45	1.32	1.21	1.11	1.02	0.94	0.87	0.80	0.74	0.69	0.64	0.60	0.56				
	6	0.97	0.88	0.81	0.74	0.68	0.62	0.58	0.53	0.49	0.46	0.43	0.40	0.37				

**SPOJITÝ NOSNÍK O 2 POLÍCH**

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
C 240/2,0	1	4.46	3.85	3.49	3.18	2.92	2.68	2.47	2.29	2.12	1.98	1.85	1.73	1.62	1.53	1.44	1.36	1.28
	2	3.78	3.25	2.95	2.69	2.46	2.26	2.08	1.93	1.79	1.66	1.55	1.45	1.36	1.28	1.20	1.14	1.07
	3	-5.17	-4.45	-4.03	-3.67	-3.36	-3.08	-2.84	-2.62	-2.43	-2.26	-2.11	-1.98	-1.86	-1.75	-1.65	-1.56	-1.48
	4	-4.23	-3.60	-3.25	-2.94	-2.67	-2.43	-2.23	-2.04	-1.88	-1.74	-1.62	-1.51	-1.41	-1.33	-1.25	-1.17	-1.11
G = 6,20 kg/m	5	21.5	17.7	14.6	12.0	9.99	8.35	7.01	5.92	5.02	5.26	4.60	4.05	3.57	3.16	2.80	2.49	2.22
	6	14.3	11.8	9.70	8.01	6.66	5.57	4.68	3.95	3.35	3.50	3.07	2.70	2.38	2.10	1.87	1.66	1.48
C 240/2,5	1	5.83	5.02	4.57	4.17	3.82	3.51	3.24	3.00	2.79	2.60	2.43	2.28	2.14	2.01	1.90	1.79	1.70
	2	5.19	4.46	4.05	3.70	3.39	3.11	2.87	2.66	2.47	2.30	2.15	2.01	1.89	1.78	1.68	1.58	1.50
	3	-6.68	-5.75	-5.22	-4.76	-4.35	-4.00	-3.69	-3.41	-3.17	-2.95	-2.76	-2.59	-2.44	-2.30	-2.17	-2.05	-1.95
	4	-5.80	-4.96	-4.48	-4.07	-3.71	-3.39	-3.12	-2.87	-2.65	-2.46	-2.29	-2.15	-2.01	-1.89	-1.78	-1.68	-1.59
G = 7,75 kg/m	5	28.0	23.1	19.0	15.7	13.1	11.0	9.24	7.82	6.65	6.91	6.04	5.29	4.66	4.11	3.64	3.23	2.87
	6	18.7	15.4	12.6	10.5	8.73	7.31	6.16	5.21	4.43	4.60	4.02	3.53	3.10	2.74	2.42	2.15	1.92
C 240/3,0	1	7.13	6.13	5.57	5.09	4.66	4.29	3.96	3.67	3.41	3.17	2.97	2.78	2.61	2.46	2.32	2.20	2.08
	2	6.52	5.60	5.09	4.64	4.25	3.91	3.61	3.34	3.10	2.89	2.70	2.53	2.38	2.24	2.11	2.00	1.89
	3	-8.10	-6.96	-6.31	-5.75	-5.26	-4.83	-4.45	-4.12	-3.82	-3.55	-3.33	-3.12	-2.94	-2.77	-2.62	-2.48	-2.35
	4	-7.27	-6.22	-5.62	-5.10	-4.65	-4.26	-3.91	-3.60	-3.33	-3.08	-2.88	-2.70	-2.54	-2.39	-2.25	-2.13	-2.02
G = 9,30 kg/m	5	33.8	27.8	22.8	18.9	15.7	13.1	11.0	9.30	7.89	8.26	7.23	6.36	5.61	4.96	4.40	3.92	3.49
	6	22.5	18.6	15.2	12.6	10.5	8.74	7.35	6.20	5.26	5.50	4.82	4.24	3.74	3.31	2.93	2.61	2.33

***LTBeamN***

v 1.0.2

**CALCULATION SHEET**

**I - PARAMETERS*****I.1 - General parameters***

Projected total length :	$L = 12,5 \text{ m}$
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100 \text{ elements}$

***I.2 - Material***

Name :	Steel
Young modulus :	$E = 210000 \text{ MPa}$
Shear modulus :	$G = 80769 \text{ MPa}$
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

***I.3 - Sections***

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

*Figure 1 : Profile in long with section numbers.*

**- Section No. 1 : HEA 280**Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Type : In catalogue (OTUA)

*Figure 2 : Section No. 1 (HEA 280).*

## Main geometrical properties :

$z_S$	= 0 cm
$z_G$	= 13,5 cm
$I_y$	= 13673 cm <sup>4</sup>
$I_z$	= 4762,6 cm <sup>4</sup>
$I_t$	= 60,55 cm <sup>4</sup> (Villette)
$I_w$	= 786419 cm <sup>6</sup>

## Other geometrical properties :

A	= 97,26 cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y}$	= 72,8 cm <sup>2</sup>	$A_{v,z}$ = 31,74 cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	$W_{el,z}$ = 340,19 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	= 1112,2 cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$ = 518,13 cm <sup>3</sup>

## Stiffness relaxations :

$\theta$	: Continuous
$v'$	: Continuous
$\theta'$	: Continuous
$w'$	: Continuous

**- Section No. 2 : HEA 280**Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12,5$  m

Type : In catalogue (OTUA)

*Figure 3 : Section No. 2 (HEA 280).*

## Main geometrical properties :

$z_S$	= 0 cm
$z_G$	= 13,5 cm
$I_y$	= 13673 cm <sup>4</sup>
$I_z$	= 4762,6 cm <sup>4</sup>
$I_t$	= 60,55 cm <sup>4</sup> (Villette)
$I_w$	= 786419 cm <sup>6</sup>

## Other geometrical properties :

A	= 97,26 cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y}$	= 72,8 cm <sup>2</sup>	$A_{v,z}$ = 31,74 cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	$W_{el,z}$ = 340,19 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	= 1112,2 cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$ = 518,13 cm <sup>3</sup>

## Stiffness relaxations :

$\theta$	: Continuous
$v'$	: Continuous
$\theta'$	: Continuous
$w'$	: Continuous

**I.4 - Lateral restraints**

Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

**- Restraint No. 1 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 2 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12,5$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**I.5 - Supports**

Figure 5 : Profile in long with support numbers.

**- Support No. 1 :**

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Support conditions :

u : Fixed  
w : Fixed  
w' : Free

**- Support No. 2 :**

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12,5$  m

Support conditions :

u : Free  
w : Fixed  
w' : Free

**I.6 - Loads**

Type of loading :

Internal

**- Moment diagram :***Figure 6 : Moment diagram.*

Active :

Yes

*Table 1 : Moment diagram.*

x(m)	M(kN.m)
0	0
6,25	-59,8
12,5	0

**- Axial force diagram :***Figure 7 : Axial force diagram.*

Active :

Yes

*Table 2 : Axial force diagram.*



x(m)	N(kN)
0	-108,18
12,5	-95,29

**- Eccentric concentrated loads :**

No load has been defined.

**- Eccentric distributed loads :**

No load has been defined.

## II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1

Blocked moment diagram : No

Blocked axial force diagram : No

### II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	$\mu_{cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	3,043	-181,96	6,25	-329,16	0

### II.2 - Mode shapes

#### - Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	$\mu_{cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	3,043	-181,96	6,25	-329,16	0

Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

*Figure 9 : Lateral displacement compopent of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 12 : Warping compopent of the shear centre (Mode 1).*

Table 5 : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
0	-1,947E-30	0,0023	2,91E-27	0,0059
0,125	0,0293	0,0023	7,374E-4	0,0059
0,25	0,0587	0,0023	0,0015	0,0059
0,375	0,088	0,0023	0,0022	0,0059
0,5	0,1172	0,0023	0,0029	0,0059
0,625	0,1464	0,0023	0,0037	0,0059
0,75	0,1755	0,0023	0,0044	0,0058
0,875	0,2045	0,0023	0,0051	0,0058
1	0,2334	0,0023	0,0059	0,0058
1,125	0,2621	0,0023	0,0066	0,0057
1,25	0,2907	0,0023	0,0073	0,0057
1,375	0,319	0,0023	0,008	0,0057
1,5	0,3472	0,0022	0,0087	0,0056
1,625	0,3751	0,0022	0,0094	0,0056
1,75	0,4028	0,0022	0,0101	0,0055
1,875	0,4302	0,0022	0,0108	0,0055
2	0,4573	0,0022	0,0115	0,0054
2,125	0,4841	0,0021	0,0121	0,0053
2,25	0,5105	0,0021	0,0128	0,0053
2,375	0,5365	0,0021	0,0135	0,0052
2,5	0,5621	0,002	0,0141	0,0051
2,625	0,5873	0,002	0,0147	0,005
2,75	0,612	0,002	0,0153	0,0049
2,875	0,6362	0,0019	0,0159	0,0048
3	0,6599	0,0019	0,0165	0,0047
3,125	0,683	0,0018	0,0171	0,0046
3,25	0,7056	0,0018	0,0177	0,0045
3,375	0,7275	0,0017	0,0182	0,0043
3,5	0,7489	0,0017	0,0188	0,0042
3,625	0,7695	0,0016	0,0193	0,0041
3,75	0,7894	0,0016	0,0198	0,0039
3,875	0,8087	0,0015	0,0203	0,0038
4	0,8271	0,0014	0,0207	0,0036
4,125	0,8448	0,0014	0,0212	0,0035
4,25	0,8617	0,0013	0,0216	0,0033
4,375	0,8777	0,0012	0,022	0,0031
4,5	0,8929	0,0012	0,0224	0,0029

Table 5 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
4,625	0,9072	0,0011	0,0227	0,0028
4,75	0,9205	0,001	0,0231	0,0026
4,875	0,9329	9,535E-4	0,0234	0,0024
5	0,9443	8,746E-4	0,0237	0,0022
5,125	0,9548	7,937E-4	0,0239	0,002
5,25	0,9642	7,11E-4	0,0241	0,0018
5,375	0,9725	6,264E-4	0,0244	0,0015
5,5	0,9798	5,4E-4	0,0245	0,0013
5,625	0,986	4,52E-4	0,0247	0,0011
5,75	0,9911	3,623E-4	0,0248	8,863E-4
5,875	0,9951	2,712E-4	0,0249	6,611E-4
6	0,9979	1,787E-4	0,025	4,341E-4
6,125	0,9995	8,48E-5	0,025	2,058E-4
6,25	1	-1,026E-5	0,025	-2,305E-5
6,375	0,9993	-1,053E-4	0,025	-2,518E-4
6,5	0,9974	-1,99E-4	0,025	-4,798E-4
6,625	0,9943	-2,914E-4	0,0249	-7,063E-4
6,75	0,9901	-3,822E-4	0,0248	-9,309E-4
6,875	0,9848	-4,715E-4	0,0247	-0,0012
7	0,9783	-5,591E-4	0,0245	-0,0014
7,125	0,9708	-6,449E-4	0,0243	-0,0016
7,25	0,9622	-7,289E-4	0,0241	-0,0018
7,375	0,9526	-8,11E-4	0,0239	-0,002
7,5	0,9419	-8,911E-4	0,0236	-0,0022
7,625	0,9303	-9,692E-4	0,0233	-0,0024
7,75	0,9177	-0,001	0,023	-0,0026
7,875	0,9042	-0,0011	0,0227	-0,0028
8	0,8897	-0,0012	0,0223	-0,003
8,125	0,8744	-0,0013	0,0219	-0,0031
8,25	0,8582	-0,0013	0,0215	-0,0033
8,375	0,8412	-0,0014	0,0211	-0,0035
8,5	0,8234	-0,0015	0,0206	-0,0036
8,625	0,8049	-0,0015	0,0202	-0,0038
8,75	0,7856	-0,0016	0,0197	-0,0039
8,875	0,7656	-0,0016	0,0192	-0,0041
9	0,7449	-0,0017	0,0187	-0,0042
9,125	0,7235	-0,0017	0,0181	-0,0043

Table 5 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
9,25	0,7015	-0,0018	0,0176	-0,0045
9,375	0,679	-0,0018	0,017	-0,0046
9,5	0,6558	-0,0019	0,0165	-0,0047
9,625	0,6322	-0,0019	0,0159	-0,0048
9,75	0,608	-0,002	0,0153	-0,0049
9,875	0,5833	-0,002	0,0146	-0,005
10	0,5582	-0,002	0,014	-0,0051
10,13	0,5327	-0,0021	0,0134	-0,0052
10,25	0,5068	-0,0021	0,0127	-0,0052
10,38	0,4805	-0,0021	0,0121	-0,0053
10,5	0,4539	-0,0021	0,0114	-0,0054
10,63	0,4269	-0,0022	0,0107	-0,0054
10,75	0,3997	-0,0022	0,01	-0,0055
10,88	0,3722	-0,0022	0,0093	-0,0055
11	0,3444	-0,0022	0,0087	-0,0056
11,13	0,3164	-0,0022	0,008	-0,0056
11,25	0,2882	-0,0023	0,0072	-0,0057
11,38	0,2599	-0,0023	0,0065	-0,0057
11,5	0,2314	-0,0023	0,0058	-0,0057
11,63	0,2027	-0,0023	0,0051	-0,0058
11,75	0,174	-0,0023	0,0044	-0,0058
11,88	0,1451	-0,0023	0,0037	-0,0058
12	0,1162	-0,0023	0,0029	-0,0058
12,13	0,0872	-0,0023	0,0022	-0,0058
12,25	0,0582	-0,0023	0,0015	-0,0058
12,38	0,0291	-0,0023	7,318E-4	-0,0059
12,5	1,305E-30	-0,0023	2,911E-27	-0,0059

***LTBeamN***

v 1.0.2

**CALCULATION SHEET**

## I - PARAMETERS

### ***I.1 - General parameters***

Projected total length :	$L = 7,35 \text{ m}$
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100 \text{ elements}$

### ***I.2 - Material***

Name :	Steel
Young modulus :	$E = 210000 \text{ MPa}$
Shear modulus :	$G = 80769 \text{ MPa}$
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

### ***I.3 - Sections***

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

*Figure 1 : Profile in long with section numbers.*



**- Section No. 1 : HEA 280**Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Type : In catalogue (OTUA)

*Figure 2 : Section No. 1 (HEA 280).*

## Main geometrical properties :

$z_S$	= 0 cm
$z_G$	= 13,5 cm
$I_y$	= 13673 cm <sup>4</sup>
$I_z$	= 4762,6 cm <sup>4</sup>
$I_t$	= 60,55 cm <sup>4</sup> (Villette)
$I_w$	= 786419 cm <sup>6</sup>

## Other geometrical properties :

A	= 97,26 cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y}$	= 72,8 cm <sup>2</sup>	$A_{v,z}$ = 31,74 cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	$W_{el,z}$ = 340,19 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	= 1112,2 cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$ = 518,13 cm <sup>3</sup>

## Stiffness relaxations :

$\theta$	: Continuous
$v'$	: Continuous
$\theta'$	: Continuous
$w'$	: Continuous

**- Section No. 2 : HEA 280**Abscissa from the left end of the beam :  $x = 7,35$  m

Type : In catalogue (OTUA)

*Figure 3 : Section No. 2 (HEA 280).*

## Main geometrical properties :

$z_S$	= 0 cm
$z_G$	= 13,5 cm
$I_y$	= 13673 cm <sup>4</sup>
$I_z$	= 4762,6 cm <sup>4</sup>
$I_t$	= 60,55 cm <sup>4</sup> (Villette)
$I_w$	= 786419 cm <sup>6</sup>

## Other geometrical properties :

A	= 97,26 cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y}$	= 72,8 cm <sup>2</sup>	$A_{v,z}$ = 31,74 cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	$W_{el,z}$ = 340,19 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	= 1112,2 cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$ = 518,13 cm <sup>3</sup>

## Stiffness relaxations :

$\theta$	: Continuous
$v'$	: Continuous
$\theta'$	: Continuous
$w'$	: Continuous

**I.4 - Lateral restraints**

Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

**- Restraint No. 1 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 2 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 7,35$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**I.5 - Supports**

Figure 5 : Profile in long with support numbers.

**- Support No. 1 :**

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Support conditions :

u : Fixed  
w : Fixed  
w' : Free

**- Support No. 2 :**

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 7,35$  m

Support conditions :

u : Free  
w : Fixed  
w' : Free

**I.6 - Loads**

Type of loading :

Internal

**- Moment diagram :***Figure 6 : Moment diagram.*

Active :

Yes

*Table 1 : Moment diagram.*

x(m)	M(kN.m)
0	0
3,675	-19,05
7,35	0

**- Axial force diagram :***Figure 7 : Axial force diagram.*

Active :

Yes

*Table 2 : Axial force diagram.*

x(m)	N(kN)
0	-70,65
7,35	-63,07

**- Eccentric concentrated loads :**

No load has been defined.

**- Eccentric distributed loads :**

No load has been defined.

## II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1

Blocked moment diagram : No

Blocked axial force diagram : No

### II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	$\mu_{cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	15,69	-298,98	3,675	-1108,8	0

### II.2 - Mode shapes

#### - Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	$\mu_{cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	15,69	-298,98	3,675	-1108,8	0

Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

*Figure 9 : Lateral displacement compopent of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 12 : Warping compopent of the shear centre (Mode 1).*



Table 5 : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
0	-1,009E-29	0,004	8,088E-27	0,0152
0,0735	0,0297	0,004	0,0011	0,0152
0,147	0,0594	0,004	0,0022	0,0152
0,2205	0,0891	0,004	0,0034	0,0152
0,294	0,1187	0,004	0,0045	0,0151
0,3675	0,1483	0,004	0,0056	0,0151
0,441	0,1777	0,004	0,0067	0,015
0,5145	0,207	0,004	0,0078	0,0149
0,588	0,2362	0,004	0,0089	0,0148
0,6615	0,2652	0,0039	0,01	0,0147
0,735	0,2941	0,0039	0,011	0,0146
0,8085	0,3227	0,0039	0,0121	0,0145
0,882	0,3511	0,0038	0,0132	0,0143
0,9555	0,3793	0,0038	0,0142	0,0142
1,029	0,4071	0,0038	0,0152	0,014
1,103	0,4347	0,0037	0,0163	0,0138
1,176	0,4619	0,0037	0,0173	0,0136
1,25	0,4888	0,0036	0,0183	0,0134
1,323	0,5153	0,0036	0,0192	0,0132
1,397	0,5414	0,0035	0,0202	0,0129
1,47	0,567	0,0035	0,0211	0,0127
1,544	0,5922	0,0034	0,0221	0,0124
1,617	0,6169	0,0033	0,023	0,0121
1,691	0,6411	0,0033	0,0239	0,0119
1,764	0,6647	0,0032	0,0247	0,0116
1,838	0,6877	0,0031	0,0256	0,0112
1,911	0,7102	0,003	0,0264	0,0109
1,985	0,732	0,0029	0,0272	0,0106
2,058	0,7531	0,0028	0,0279	0,0102
2,132	0,7736	0,0027	0,0287	0,0098
2,205	0,7934	0,0026	0,0294	0,0095
2,279	0,8124	0,0025	0,03	0,0091
2,352	0,8306	0,0024	0,0307	0,0087
2,426	0,8481	0,0023	0,0313	0,0083
2,499	0,8647	0,0022	0,0319	0,0078
2,573	0,8805	0,0021	0,0325	0,0074
2,646	0,8954	0,002	0,033	0,007

Table 5 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
2,72	0,9094	0,0018	0,0335	0,0065
2,793	0,9225	0,0017	0,034	0,006
2,867	0,9346	0,0016	0,0344	0,0056
2,94	0,9458	0,0015	0,0348	0,0051
3,014	0,956	0,0013	0,0351	0,0046
3,087	0,9652	0,0012	0,0354	0,0041
3,161	0,9733	0,001	0,0357	0,0036
3,234	0,9804	8,935E-4	0,036	0,0031
3,308	0,9865	7,468E-4	0,0362	0,0026
3,381	0,9914	5,977E-4	0,0364	0,002
3,455	0,9953	4,464E-4	0,0365	0,0015
3,528	0,998	2,932E-4	0,0366	9,867E-4
3,602	0,9996	1,38E-4	0,0366	4,588E-4
3,675	1	-1,889E-5	0,0366	-6,979E-5
3,749	0,9993	-1,757E-4	0,0366	-5,981E-4
3,822	0,9974	-3,306E-4	0,0366	-0,0011
3,896	0,9944	-4,835E-4	0,0365	-0,0016
3,969	0,9903	-6,343E-4	0,0363	-0,0022
4,043	0,9851	-7,827E-4	0,0361	-0,0027
4,116	0,9788	-9,286E-4	0,0359	-0,0032
4,19	0,9715	-0,0011	0,0357	-0,0037
4,263	0,9631	-0,0012	0,0354	-0,0042
4,337	0,9536	-0,0014	0,035	-0,0047
4,41	0,9432	-0,0015	0,0347	-0,0052
4,484	0,9318	-0,0016	0,0343	-0,0057
4,557	0,9195	-0,0017	0,0338	-0,0061
4,631	0,9062	-0,0019	0,0334	-0,0066
4,704	0,892	-0,002	0,0329	-0,007
4,778	0,8769	-0,0021	0,0323	-0,0075
4,851	0,861	-0,0022	0,0318	-0,0079
4,925	0,8442	-0,0023	0,0312	-0,0083
4,998	0,8266	-0,0024	0,0306	-0,0087
5,072	0,8083	-0,0025	0,0299	-0,0091
5,145	0,7892	-0,0026	0,0292	-0,0095
5,219	0,7693	-0,0027	0,0285	-0,0099
5,292	0,7488	-0,0028	0,0278	-0,0102
5,366	0,7276	-0,0029	0,027	-0,0106

Table 5 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
5,439	0,7058	-0,003	0,0262	-0,0109
5,513	0,6833	-0,0031	0,0254	-0,0112
5,586	0,6603	-0,0032	0,0246	-0,0115
5,66	0,6367	-0,0032	0,0237	-0,0118
5,733	0,6126	-0,0033	0,0228	-0,0121
5,807	0,5879	-0,0034	0,0219	-0,0124
5,88	0,5628	-0,0034	0,021	-0,0126
5,954	0,5373	-0,0035	0,0201	-0,0129
6,027	0,5113	-0,0036	0,0191	-0,0131
6,101	0,4849	-0,0036	0,0181	-0,0133
6,174	0,4582	-0,0037	0,0171	-0,0135
6,248	0,4311	-0,0037	0,0161	-0,0137
6,321	0,4037	-0,0037	0,0151	-0,0139
6,395	0,376	-0,0038	0,0141	-0,0141
6,468	0,3481	-0,0038	0,0131	-0,0142
6,542	0,3199	-0,0039	0,012	-0,0144
6,615	0,2915	-0,0039	0,0109	-0,0145
6,689	0,2628	-0,0039	0,0099	-0,0146
6,762	0,2341	-0,0039	0,0088	-0,0147
6,836	0,2051	-0,0039	0,0077	-0,0148
6,909	0,176	-0,004	0,0066	-0,0149
6,983	0,1469	-0,004	0,0055	-0,0149
7,056	0,1176	-0,004	0,0044	-0,015
7,13	0,0883	-0,004	0,0033	-0,015
7,203	0,0589	-0,004	0,0022	-0,0151
7,277	0,0294	-0,004	0,0011	-0,0151
7,35	9,377E-30	-0,004	8,182E-27	-0,0151

***LTBeamN***

v 1.0.2

**CALCULATION SHEET**

## I - PARAMETERS

### *I.1 - General parameters*

Projected total length :	$L = 11,5 \text{ m}$
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100 \text{ elements}$

### *I.2 - Material*

Name :	Steel
Young modulus :	$E = 210000 \text{ MPa}$
Shear modulus :	$G = 80769 \text{ MPa}$
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

### *I.3 - Sections*

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

*Figure 1 : Profile in long with section numbers.*

**- Section No. 1 : HEA 280**Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Type : In catalogue (OTUA)

*Figure 2 : Section No. 1 (HEA 280).*

## Main geometrical properties :

$z_S$	= 0 cm
$z_G$	= 13,5 cm
$I_y$	= 13673 cm <sup>4</sup>
$I_z$	= 4762,6 cm <sup>4</sup>
$I_t$	= 60,55 cm <sup>4</sup> (Villette)
$I_w$	= 786419 cm <sup>6</sup>

## Other geometrical properties :

A	= 97,26 cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y}$	= 72,8 cm <sup>2</sup>	$A_{v,z}$ = 31,74 cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	$W_{el,z}$ = 340,19 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	= 1112,2 cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$ = 518,13 cm <sup>3</sup>

## Stiffness relaxations :

$\theta$	: Continuous
$v'$	: Continuous
$\theta'$	: Continuous
$w'$	: Continuous

**- Section No. 2 : HEA 280**Abscissa from the left end of the beam :  $x = 11,5$  m

Type : In catalogue (OTUA)

*Figure 3 : Section No. 2 (HEA 280).*

## Main geometrical properties :

$z_S$	= 0 cm
$z_G$	= 13,5 cm
$I_y$	= 13673 cm <sup>4</sup>
$I_z$	= 4762,6 cm <sup>4</sup>
$I_t$	= 60,55 cm <sup>4</sup> (Villette)
$I_w$	= 786419 cm <sup>6</sup>

## Other geometrical properties :

A	= 97,26 cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y}$	= 72,8 cm <sup>2</sup>	$A_{v,z}$ = 31,74 cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	$W_{el,z}$ = 340,19 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	= 1112,2 cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$ = 518,13 cm <sup>3</sup>

## Stiffness relaxations :

$\theta$	: Continuous
$v'$	: Continuous
$\theta'$	: Continuous
$w'$	: Continuous

***I.4 - Lateral restraints***

*Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.*

**- Restraint No. 1 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 2 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 11,5$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free



**I.5 - Supports**

Figure 5 : Profile in long with support numbers.

**- Support No. 1 :**

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Support conditions :

u : Fixed

w : Fixed

w' : Fixed

**- Support No. 2 :**

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 11,5$  m

Support conditions :

u : Free

w : Fixed

w' : Free

**I.6 - Loads**

Type of loading :

Internal

**- Moment diagram :***Figure 6 : Moment diagram.*

Active :

Yes

*Table 1 : Moment diagram.*

x(m)	M(kN.m)
0	82,12
10	-82,55
11,5	-9,95

**- Axial force diagram :***Figure 7 : Axial force diagram.*

Active :

Yes

*Table 2 : Axial force diagram.*

x(m)	N(kN)
0	-202,01
11,5	-189,22

**- Eccentric concentrated loads :**

No load has been defined.

**- Eccentric distributed loads :**

No load has been defined.

## II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1

Blocked moment diagram : No

Blocked axial force diagram : No

### II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	$\mu_{cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	3,3	-271,65	10,01	-666,72	0

### II.2 - Mode shapes

#### - Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	$\mu_{cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	3,3	-271,65	10,01	-666,72	0

Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

*Figure 9 : Lateral displacement compopent of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 12 : Warping compopent of the shear centre (Mode 1).*

Table 5 : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
0	-6,133E-30	0,0023	6,894E-27	0,0023
0,115	0,027	0,0023	2,614E-4	0,0023
0,23	0,0539	0,0023	5,232E-4	0,0023
0,345	0,0808	0,0023	7,855E-4	0,0023
0,46	0,1077	0,0023	0,001	0,0023
0,575	0,1345	0,0023	0,0013	0,0023
0,69	0,1612	0,0023	0,0016	0,0023
0,805	0,1879	0,0023	0,0018	0,0023
0,92	0,2144	0,0023	0,0021	0,0023
1,035	0,2408	0,0023	0,0024	0,0024
1,15	0,2671	0,0023	0,0027	0,0024
1,265	0,2932	0,0023	0,0029	0,0024
1,38	0,3191	0,0022	0,0032	0,0024
1,495	0,3449	0,0022	0,0035	0,0025
1,61	0,3704	0,0022	0,0038	0,0025
1,725	0,3957	0,0022	0,0041	0,0025
1,84	0,4208	0,0022	0,0044	0,0025
1,955	0,4456	0,0021	0,0047	0,0026
2,07	0,4701	0,0021	0,005	0,0026
2,185	0,4943	0,0021	0,0053	0,0026
2,3	0,5182	0,0021	0,0056	0,0027
2,415	0,5417	0,002	0,0059	0,0027
2,53	0,5649	0,002	0,0062	0,0027
2,645	0,5877	0,002	0,0065	0,0027
2,76	0,6101	0,0019	0,0068	0,0028
2,875	0,6321	0,0019	0,0071	0,0028
2,99	0,6537	0,0019	0,0074	0,0028
3,105	0,6748	0,0018	0,0078	0,0028
3,22	0,6954	0,0018	0,0081	0,0028
3,335	0,7155	0,0017	0,0084	0,0028
3,45	0,7352	0,0017	0,0087	0,0029
3,565	0,7542	0,0016	0,0091	0,0029
3,68	0,7728	0,0016	0,0094	0,0029
3,795	0,7907	0,0015	0,0097	0,0029
3,91	0,8081	0,0015	0,0101	0,0029
4,025	0,8248	0,0014	0,0104	0,0029
4,14	0,8409	0,0014	0,0107	0,0028

Table 5 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
4,255	0,8564	0,0013	0,011	0,0028
4,37	0,8711	0,0013	0,0114	0,0028
4,485	0,8852	0,0012	0,0117	0,0028
4,6	0,8986	0,0011	0,012	0,0027
4,715	0,9112	0,0011	0,0123	0,0027
4,83	0,9231	9,987E-4	0,0126	0,0026
4,945	0,9342	9,305E-4	0,0129	0,0026
5,06	0,9445	8,605E-4	0,0132	0,0025
5,175	0,954	7,889E-4	0,0135	0,0024
5,29	0,9626	7,156E-4	0,0138	0,0024
5,405	0,9704	6,407E-4	0,014	0,0023
5,52	0,9773	5,642E-4	0,0143	0,0022
5,635	0,9834	4,861E-4	0,0145	0,0021
5,75	0,9885	4,066E-4	0,0148	0,002
5,865	0,9927	3,255E-4	0,015	0,0019
5,98	0,996	2,43E-4	0,0152	0,0018
6,095	0,9983	1,591E-4	0,0154	0,0016
6,21	0,9996	7,382E-5	0,0156	0,0015
6,325	1	-1,271E-5	0,0158	0,0014
6,44	0,9994	-1,005E-4	0,0159	0,0012
6,555	0,9977	-1,894E-4	0,016	0,0011
6,67	0,995	-2,794E-4	0,0161	8,889E-4
6,785	0,9913	-3,703E-4	0,0162	7,178E-4
6,9	0,9865	-4,622E-4	0,0163	5,398E-4
7,015	0,9806	-5,55E-4	0,0164	3,552E-4
7,13	0,9737	-6,484E-4	0,0164	1,643E-4
7,245	0,9657	-7,425E-4	0,0164	-3,28E-5
7,36	0,9566	-8,371E-4	0,0164	-2,356E-4
7,475	0,9465	-9,32E-4	0,0163	-4,439E-4
7,59	0,9352	-0,001	0,0163	-6,572E-4
7,705	0,9228	-0,0011	0,0162	-8,75E-4
7,82	0,9094	-0,0012	0,0161	-0,0011
7,935	0,8948	-0,0013	0,0159	-0,0013
8,05	0,8792	-0,0014	0,0158	-0,0016
8,165	0,8624	-0,0015	0,0156	-0,0018
8,28	0,8446	-0,0016	0,0154	-0,002
8,395	0,8257	-0,0017	0,0151	-0,0023

Table 5 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
8,51	0,8057	-0,0018	0,0148	-0,0025
8,625	0,7847	-0,0019	0,0145	-0,0027
8,74	0,7626	-0,002	0,0142	-0,003
8,855	0,7395	-0,0021	0,0139	-0,0032
8,97	0,7154	-0,0021	0,0135	-0,0034
9,085	0,6903	-0,0022	0,0131	-0,0036
9,2	0,6643	-0,0023	0,0126	-0,0039
9,315	0,6373	-0,0024	0,0122	-0,0041
9,43	0,6094	-0,0025	0,0117	-0,0043
9,545	0,5806	-0,0025	0,0112	-0,0045
9,66	0,5509	-0,0026	0,0107	-0,0047
9,775	0,5204	-0,0027	0,0101	-0,0049
9,89	0,4892	-0,0028	0,0095	-0,0051
10,01	0,4572	-0,0028	0,0089	-0,0053
10,12	0,4244	-0,0029	0,0083	-0,0054
10,24	0,3911	-0,0029	0,0077	-0,0056
10,35	0,3572	-0,003	0,0071	-0,0057
10,47	0,3228	-0,003	0,0064	-0,0058
10,58	0,2879	-0,003	0,0057	-0,0059
10,7	0,2527	-0,0031	0,005	-0,006
10,81	0,2171	-0,0031	0,0043	-0,0061
10,93	0,1813	-0,0031	0,0036	-0,0062
11,04	0,1453	-0,0031	0,0029	-0,0063
11,16	0,1091	-0,0032	0,0022	-0,0063
11,27	0,0728	-0,0032	0,0015	-0,0063
11,39	0,0364	-0,0032	7,307E-4	-0,0063
11,5	-4,993E-30	-0,0032	2,948E-27	-0,0064



***LTBeamN***

v 1.0.2

**CALCULATION SHEET**

## I - PARAMETERS

### *I.1 - General parameters*

Projected total length :	$L = 11,5 \text{ m}$
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100 \text{ elements}$

### *I.2 - Material*

Name :	Steel
Young modulus :	$E = 210000 \text{ MPa}$
Shear modulus :	$G = 80769 \text{ MPa}$
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

### *I.3 - Sections*

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

*Figure 1 : Profile in long with section numbers.*

**- Section No. 1 : HEA 280**Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Type : In catalogue (OTUA)

*Figure 2 : Section No. 1 (HEA 280).*

## Main geometrical properties :

$z_S$	= 0 cm
$z_G$	= 13,5 cm
$I_y$	= 13673 cm <sup>4</sup>
$I_z$	= 4762,6 cm <sup>4</sup>
$I_t$	= 60,55 cm <sup>4</sup> (Villette)
$I_w$	= 786419 cm <sup>6</sup>

## Other geometrical properties :

A	= 97,26 cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y}$	= 72,8 cm <sup>2</sup>	$A_{v,z}$ = 31,74 cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	$W_{el,z}$ = 340,19 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	= 1112,2 cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$ = 518,13 cm <sup>3</sup>

## Stiffness relaxations :

$\theta$	: Continuous
$v'$	: Continuous
$\theta'$	: Continuous
$w'$	: Continuous

**- Section No. 2 : HEA 280**Abscissa from the left end of the beam :  $x = 11,5 \text{ m}$ 

Type : In catalogue (OTUA)

*Figure 3 : Section No. 2 (HEA 280).*

## Main geometrical properties :

$z_S$	= 0 cm
$z_G$	= 13,5 cm
$I_y$	= 13673 cm <sup>4</sup>
$I_z$	= 4762,6 cm <sup>4</sup>
$I_t$	= 60,55 cm <sup>4</sup> (Villette)
$I_w$	= 786419 cm <sup>6</sup>

## Other geometrical properties :

A	= 97,26 cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y}$	= 72,8 cm <sup>2</sup>	$A_{v,z}$ = 31,74 cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf}$	= 1012,8 cm <sup>3</sup>	$W_{el,z}$ = 340,19 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	= 1112,2 cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$ = 518,13 cm <sup>3</sup>

## Stiffness relaxations :

$\theta$	: Continuous
$v'$	: Continuous
$\theta'$	: Continuous
$w'$	: Continuous

**I.4 - Lateral restraints**

Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

**- Restraint No. 1 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 2 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 3,5$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Free

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 3 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 7,7$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

v : Fixed  
 $\theta$  : Free  
v' : Free  
 $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 4 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : x = 11,5 m

Vertical position from the shear centre : z = 0 cm

## Restraint conditions :

v : Fixed  
 $\theta$  : Fixed  
v' : Free  
 $\theta'$  : Free

**I.5 - Supports**

Figure 5 : Profile in long with support numbers.

**- Support No. 1 :**

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Support conditions :

u : Fixed

w : Fixed

w' : Fixed

**- Support No. 2 :**

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 11,5$  m

Support conditions :

u : Free

w : Fixed

w' : Free

**I.6 - Loads**

Type of loading :

Internal

**- Moment diagram :***Figure 6 : Moment diagram.*

Active :

Yes

*Table 1 : Moment diagram.*

x(m)	M(kN.m)
0	-116,41
10	99,38
11,5	10,54

**- Axial force diagram :***Figure 7 : Axial force diagram.*

Active :

Yes

*Table 2 : Axial force diagram.*



x(m)	N(kN)
0	-527,58
3,5	-527,58
3,5	-315,23
7,7	-315,23
7,7	-189,56
11,5	-189,56

**- Eccentric concentrated loads :**

No load has been defined.

**- Eccentric distributed loads :**

No load has been defined.

## II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1

Blocked moment diagram : No

Blocked axial force diagram : No

### II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	$\mu_{cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	6,11	-711,28	0	-3223,6	0

### II.2 - Mode shapes

#### - Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	$\mu_{cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	6,11	-711,28	0	-3223,6	0

Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

*Figure 9 : Lateral displacement compopent of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 12 : Warping compopent of the shear centre (Mode 1).*

Table 5 : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
0	3,596E-27	-0,0097	1,163E-26	-0,1455
0,115	-0,1118	-0,0097	-0,0167	-0,1452
0,23	-0,222	-0,0095	-0,0334	-0,1443
0,345	-0,3293	-0,0092	-0,0499	-0,1428
0,46	-0,4321	-0,0087	-0,0662	-0,1407
0,575	-0,5293	-0,0082	-0,0822	-0,138
0,69	-0,6197	-0,0075	-0,0979	-0,1348
0,805	-0,7022	-0,0068	-0,1132	-0,1312
0,92	-0,7759	-0,006	-0,1281	-0,127
1,035	-0,8401	-0,0051	-0,1424	-0,1225
1,15	-0,894	-0,0042	-0,1562	-0,1176
1,265	-0,9373	-0,0033	-0,1695	-0,1124
1,38	-0,9695	-0,0023	-0,1821	-0,1069
1,495	-0,9904	-0,0013	-0,194	-0,1012
1,61	-1	-3,419E-4	-0,2053	-0,0953
1,725	-0,9983	6,314E-4	-0,216	-0,0893
1,84	-0,9856	0,0016	-0,2259	-0,0831
1,955	-0,9621	0,0025	-0,2351	-0,077
2,07	-0,9283	0,0034	-0,2436	-0,0708
2,185	-0,8849	0,0042	-0,2514	-0,0647
2,3	-0,8325	0,0049	-0,2585	-0,0586
2,415	-0,772	0,0056	-0,2649	-0,0526
2,53	-0,7042	0,0062	-0,2706	-0,0468
2,645	-0,6302	0,0067	-0,2756	-0,0411
2,76	-0,5509	0,0071	-0,28	-0,0355
2,875	-0,4677	0,0074	-0,2838	-0,0302
2,99	-0,3817	0,0076	-0,287	-0,025
3,105	-0,2941	0,0076	-0,2896	-0,0201
3,22	-0,2063	0,0076	-0,2916	-0,0153
3,335	-0,1197	0,0074	-0,2931	-0,0108
3,45	-0,0355	0,0072	-0,2941	-0,0065
3,5	-6,903E-27	0,007	-0,2944	-0,0047
3,565	0,0449	0,0068	-0,2946	-0,0024
3,68	0,1207	0,0064	-0,2946	0,0014
3,795	0,1919	0,006	-0,2943	0,0051
3,91	0,2583	0,0056	-0,2935	0,0086
4,025	0,3198	0,0051	-0,2923	0,0118

Table 5 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
4,14	0,3763	0,0047	-0,2908	0,0149
4,255	0,4277	0,0042	-0,2889	0,0179
4,37	0,4739	0,0038	-0,2867	0,0206
4,485	0,5148	0,0033	-0,2841	0,0233
4,6	0,5503	0,0029	-0,2813	0,0257
4,715	0,5805	0,0024	-0,2782	0,0281
4,83	0,6053	0,0019	-0,2749	0,0303
4,945	0,6247	0,0015	-0,2713	0,0324
5,06	0,6388	9,904E-4	-0,2674	0,0343
5,175	0,6475	5,331E-4	-0,2634	0,0362
5,29	0,651	8,456E-5	-0,2591	0,0379
5,405	0,6495	-3,526E-4	-0,2547	0,0395
5,52	0,643	-7,759E-4	-0,25	0,041
5,635	0,6317	-0,0012	-0,2452	0,0425
5,75	0,6159	-0,0016	-0,2403	0,0437
5,865	0,5957	-0,0019	-0,2352	0,0449
5,98	0,5715	-0,0023	-0,2299	0,046
6,095	0,5435	-0,0026	-0,2246	0,047
6,21	0,5121	-0,0029	-0,2191	0,0479
6,325	0,4777	-0,0031	-0,2136	0,0486
6,44	0,4406	-0,0033	-0,208	0,0492
6,555	0,4013	-0,0035	-0,2023	0,0498
6,67	0,3602	-0,0036	-0,1965	0,0502
6,785	0,3179	-0,0037	-0,1907	0,0505
6,9	0,2748	-0,0038	-0,1849	0,0506
7,015	0,2315	-0,0038	-0,1791	0,0507
7,13	0,1885	-0,0037	-0,1733	0,0506
7,245	0,1465	-0,0036	-0,1674	0,0504
7,36	0,1059	-0,0034	-0,1617	0,0501
7,475	0,0676	-0,0032	-0,1559	0,0497
7,59	0,0321	-0,0029	-0,1502	0,0492
7,705	6,309E-27	-0,0026	-0,1446	0,0486
7,82	-0,0281	-0,0023	-0,1391	0,0479
7,935	-0,0524	-0,002	-0,1336	0,0472
8,05	-0,0733	-0,0017	-0,1282	0,0465
8,165	-0,0909	-0,0014	-0,1229	0,0458
8,28	-0,1056	-0,0012	-0,1177	0,045

Table 5 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
8,395	-0,1176	-9,345E-4	-0,1125	0,0443
8,51	-0,1271	-7,341E-4	-0,1075	0,0435
8,625	-0,1345	-5,539E-4	-0,1025	0,0428
8,74	-0,14	-3,928E-4	-0,0976	0,042
8,855	-0,1436	-2,499E-4	-0,0928	0,0413
8,97	-0,1458	-1,24E-4	-0,0881	0,0406
9,085	-0,1465	-1,414E-5	-0,0835	0,0399
9,2	-0,1461	8,059E-5	-0,079	0,0392
9,315	-0,1447	1,612E-4	-0,0745	0,0385
9,43	-0,1425	2,288E-4	-0,0701	0,0379
9,545	-0,1395	2,842E-4	-0,0658	0,0373
9,66	-0,136	3,285E-4	-0,0615	0,0367
9,775	-0,132	3,627E-4	-0,0574	0,0361
9,89	-0,1277	3,877E-4	-0,0532	0,0356
10,01	-0,1231	4,053E-4	-0,0492	0,0351
10,12	-0,1183	4,316E-4	-0,0452	0,0346
10,24	-0,1131	4,784E-4	-0,0412	0,0342
10,35	-0,1073	5,416E-4	-0,0373	0,0338
10,47	-0,1006	6,172E-4	-0,0334	0,0334
10,58	-0,093	7,01E-4	-0,0296	0,0331
10,7	-0,0845	7,891E-4	-0,0258	0,0328
10,81	-0,0749	8,776E-4	-0,0221	0,0325
10,93	-0,0643	9,627E-4	-0,0183	0,0323
11,04	-0,0528	0,001	-0,0146	0,0321
11,16	-0,0404	0,0011	-0,011	0,0319
11,27	-0,0274	0,0012	-0,0073	0,0318
11,39	-0,0138	0,0012	-0,0036	0,0317
11,5	-2,067E-27	0,0012	-4,385E-27	0,0317

***LTBeamN***

v 1.0.2

**CALCULATION SHEET**

**I - PARAMETERS*****I.1 - General parameters***

Projected total length :	$L = 7 \text{ m}$
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100 \text{ elements}$

***I.2 - Material***

Name :	Steel
Young modulus :	$E = 210000 \text{ MPa}$
Shear modulus :	$G = 80769 \text{ MPa}$
Poisson factor :	$\nu = 0,3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

***I.3 - Sections***

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

*Figure 1 : Profile in long with section numbers.*



**- Section No. 1 : HEA 200**Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Type : In catalogue (OTUA)

*Figure 2 : Section No. 1 (HEA 200).*

## Main geometrical properties :

$z_S$	= 0 cm
$z_G$	= 9,5 cm
$I_y$	= 3692,2 cm <sup>4</sup>
$I_z$	= 1335,5 cm <sup>4</sup>
$I_t$	= 20,28 cm <sup>4</sup> (Villette)
$I_w$	= 108176 cm <sup>6</sup>

## Other geometrical properties :

A	= 53,83 cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y}$	= 40 cm <sup>2</sup>	$A_{v,z}$ = 18,08 cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup}$	= 388,65 cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf}$	= 388,65 cm <sup>3</sup>	$W_{el,z}$ = 133,55 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	= 429,48 cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$ = 203,82 cm <sup>3</sup>

## Stiffness relaxations :

$\theta$	: Continuous
$v'$	: Continuous
$\theta'$	: Continuous
$w'$	: Continuous

**- Section No. 2 : HEA 200**Abscissa from the left end of the beam :  $x = 7 \text{ m}$ 

Type : In catalogue (OTUA)

*Figure 3 : Section No. 2 (HEA 200).*

## Main geometrical properties :

$z_S$	= 0 cm
$z_G$	= 9,5 cm
$I_y$	= 3692,2 cm <sup>4</sup>
$I_z$	= 1335,5 cm <sup>4</sup>
$I_t$	= 20,28 cm <sup>4</sup> (Villette)
$I_w$	= 108176 cm <sup>6</sup>

## Other geometrical properties :

A	= 53,83 cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y}$	= 40 cm <sup>2</sup>	$A_{v,z}$ = 18,08 cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup}$	= 388,65 cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf}$	= 388,65 cm <sup>3</sup>	$W_{el,z}$ = 133,55 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	= 429,48 cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z}$ = 203,82 cm <sup>3</sup>

## Stiffness relaxations :

$\theta$	: Continuous
$v'$	: Continuous
$\theta'$	: Continuous
$w'$	: Continuous

**I.4 - Lateral restraints**

Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

**- Restraint No. 1 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 2 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 3,5$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Free

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 3 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 7$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed  
 $\theta$  : Fixed  
 $v'$  : Free  
 $\theta'$  : Free

**I.5 - Supports**

Figure 5 : Profile in long with support numbers.

**- Support No. 1 :**

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0$  m

Support conditions :

u : Fixed  
w : Fixed  
w' : Free

**- Support No. 2 :**

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 7$  m

Support conditions :

u : Free  
w : Fixed  
w' : Free

**I.6 - Loads**

Type of loading :

Internal

**- Moment diagram :***Figure 6 : Moment diagram.*

Active :

Yes

*Table 1 : Moment diagram.*

x(m)	M(kN.m)
0	0
3,5	10,36
7	0

**- Axial force diagram :***Figure 7 : Axial force diagram.*

Active :

Yes

*Table 2 : Axial force diagram.*

x(m)	N(kN)
0	-278,52
3,5	-278,52
3,5	-76,45
7	-76,45

**- Eccentric concentrated loads :**

No load has been defined.

**- Eccentric distributed loads :**

No load has been defined.

## II - LTB CALCULATION

Requested number of modes : 1

Blocked moment diagram : No

Blocked axial force diagram : No

### II.1 - LTB modes

Table 3 : LTB modes.

Mode	$\mu_{cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	10,04	104,05	3,5	-2797,3	0

### II.2 - Mode shapes

#### - Mode 1

Table 4 : Mode 1.

Mode	$\mu_{cr}$	$M_{max,cr}$ [kN.m]	$x(M_{max})$ [m]	$N_{max,cr}$ [kN]	$x(N_{max})$ [m]
1	10,04	104,05	3,5	-2797,3	0

Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).



*Figure 9 : Lateral displacement compopent of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).*

*Figure 12 : Warping compopent of the shear centre (Mode 1).*

Table 5 : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
0	3,12E-30	-0,0094	7,005E-27	0,0324
0,07	-0,066	-0,0094	0,0023	0,0323
0,14	-0,1317	-0,0094	0,0045	0,0321
0,21	-0,1969	-0,0093	0,0068	0,0318
0,28	-0,2612	-0,0091	0,009	0,0314
0,35	-0,3243	-0,0089	0,0112	0,0308
0,42	-0,3861	-0,0087	0,0133	0,0301
0,49	-0,4462	-0,0084	0,0154	0,0293
0,56	-0,5043	-0,0082	0,0174	0,0283
0,63	-0,5602	-0,0078	0,0193	0,0273
0,7	-0,6137	-0,0075	0,0212	0,0261
0,77	-0,6645	-0,0071	0,023	0,0248
0,84	-0,7124	-0,0066	0,0247	0,0234
0,91	-0,7571	-0,0062	0,0262	0,0219
0,98	-0,7986	-0,0057	0,0277	0,0203
1,05	-0,8365	-0,0052	0,0291	0,0186
1,12	-0,8708	-0,0046	0,0303	0,0169
1,19	-0,9013	-0,0041	0,0315	0,0151
1,26	-0,9279	-0,0035	0,0324	0,0132
1,33	-0,9504	-0,0029	0,0333	0,0112
1,4	-0,9688	-0,0023	0,034	0,0092
1,47	-0,983	-0,0017	0,0346	0,0072
1,54	-0,9929	-0,0011	0,035	0,0051
1,61	-0,9986	-5,048E-4	0,0353	0,003
1,68	-1	1,051E-4	0,0354	9,048E-4
1,75	-0,9971	7,108E-4	0,0354	-0,0012
1,82	-0,9901	0,0013	0,0353	-0,0033
1,89	-0,9788	0,0019	0,035	-0,0053
1,96	-0,9635	0,0025	0,0345	-0,0074
2,03	-0,9443	0,003	0,0339	-0,0093
2,1	-0,9212	0,0036	0,0332	-0,0113
2,17	-0,8944	0,0041	0,0324	-0,0131
2,24	-0,8641	0,0046	0,0314	-0,0149
2,31	-0,8304	0,005	0,0303	-0,0165
2,38	-0,7936	0,0055	0,0291	-0,0181
2,45	-0,754	0,0059	0,0277	-0,0196
2,52	-0,7116	0,0062	0,0263	-0,0209

Table 5 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
2,59	-0,6668	0,0066	0,0248	-0,0221
2,66	-0,6199	0,0068	0,0232	-0,0232
2,73	-0,5711	0,0071	0,0216	-0,0241
2,8	-0,5208	0,0073	0,0199	-0,0249
2,87	-0,4692	0,0075	0,0181	-0,0256
2,94	-0,4166	0,0076	0,0163	-0,026
3,01	-0,3634	0,0076	0,0144	-0,0263
3,08	-0,3098	0,0077	0,0126	-0,0265
3,15	-0,2563	0,0076	0,0107	-0,0264
3,22	-0,2031	0,0076	0,0089	-0,0263
3,29	-0,1505	0,0074	0,0071	-0,0259
3,36	-0,0989	0,0073	0,0053	-0,0254
3,43	-0,0487	0,0071	0,0035	-0,0247
3,5	-4,948E-27	0,0068	0,0018	-0,0239
3,57	0,0468	0,0065	1,826E-4	-0,023
3,64	0,0916	0,0063	-0,0014	-0,022
3,71	0,1344	0,006	-0,0029	-0,021
3,78	0,1751	0,0057	-0,0043	-0,02
3,85	0,2137	0,0054	-0,0057	-0,019
3,92	0,2502	0,0051	-0,007	-0,0179
3,99	0,2845	0,0047	-0,0082	-0,0168
4,06	0,3166	0,0044	-0,0093	-0,0157
4,13	0,3465	0,0041	-0,0104	-0,0146
4,2	0,3742	0,0038	-0,0114	-0,0135
4,27	0,3997	0,0035	-0,0123	-0,0123
4,34	0,4229	0,0032	-0,0131	-0,0112
4,41	0,4439	0,0028	-0,0139	-0,0101
4,48	0,4626	0,0025	-0,0145	-0,009
4,55	0,4792	0,0022	-0,0151	-0,0079
4,62	0,4935	0,0019	-0,0156	-0,0068
4,69	0,5057	0,0016	-0,0161	-0,0057
4,76	0,5157	0,0013	-0,0164	-0,0046
4,83	0,5235	9,726E-4	-0,0167	-0,0035
4,9	0,5293	6,747E-4	-0,0169	-0,0025
4,97	0,533	3,822E-4	-0,0171	-0,0015
5,04	0,5347	9,541E-5	-0,0171	-5,214E-4
5,11	0,5343	-1,851E-4	-0,0171	4,349E-4

Table 5 (Next) : Mode 1.

x [m]	v [cm]	v' [rd]	$\theta$ [rd]	$\theta'$ [rd/m]
5,18	0,5321	-4,588E-4	-0,0171	0,0014
5,25	0,5279	-7,253E-4	-0,0169	0,0023
5,32	0,522	-9,842E-4	-0,0168	0,0031
5,39	0,5142	-0,0012	-0,0165	0,004
5,46	0,5047	-0,0015	-0,0162	0,0048
5,53	0,4935	-0,0017	-0,0158	0,0055
5,6	0,4808	-0,0019	-0,0154	0,0063
5,67	0,4664	-0,0022	-0,015	0,007
5,74	0,4507	-0,0024	-0,0145	0,0076
5,81	0,4335	-0,0026	-0,0139	0,0083
5,88	0,415	-0,0027	-0,0133	0,0088
5,95	0,3952	-0,0029	-0,0127	0,0094
6,02	0,3742	-0,0031	-0,012	0,0099
6,09	0,3522	-0,0032	-0,0113	0,0104
6,16	0,3291	-0,0034	-0,0105	0,0108
6,23	0,305	-0,0035	-0,0098	0,0113
6,3	0,2801	-0,0036	-0,009	0,0116
6,37	0,2544	-0,0037	-0,0081	0,012
6,44	0,2279	-0,0038	-0,0073	0,0123
6,51	0,2008	-0,0039	-0,0064	0,0125
6,58	0,1732	-0,004	-0,0055	0,0127
6,65	0,145	-0,004	-0,0046	0,0129
6,72	0,1165	-0,0041	-0,0037	0,0131
6,79	0,0877	-0,0041	-0,0028	0,0132
6,86	0,0586	-0,0042	-0,0019	0,0133
6,93	0,0293	-0,0042	-9,356E-4	0,0134
7	1,467E-27	-0,0042	-2,255E-27	0,0134