

**ČESKÉ VYSOKÉ  
UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE**

**FAKULTA  
STAVEBNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ  
PRÁCE**

**2025**

**FRANTIŠEK  
HOVORKA**

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Nosná konstrukce jednolodní skladové haly**

**Load-bearing structure of a single-bay storage hall**

**Technická zpráva a statický výpočet**

Vypracoval: František Hovorka

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

Květen 2025

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hovorka**

Jméno: **František**

Osobní číslo: **506532**

Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**

Zadávací katedra/ústav: **Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**

Studijní program: **Stavební inženýrství**

Specializace: **Pozemní stavby**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Nosná konstrukce jednolodní skladové haly**

Název bakalářské práce anglicky:

**Load-bearing structure of a single-bay storage hall**

Pokyny pro vypracování:

Návrh nosné ocelové konstrukce haly, jejích hlavních prvků (běžná vazba, štítová stěna, ztužení). Návrh vybraných detailů konstrukce. Výkresová dokumentace konstrukce (půdorys, řez, navržené detaily). Technická zpráva.

Seznam doporučené literatury:

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

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D. katedra ocelových a dřevěných konstrukcí FSv**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **12.02.2025**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19.05.2025**

*Pavel Ryjáček*

Digitálně podepsal(a)

Pavel Ryjáček

Datum: 12.02.2025

21:00:38

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

*Jiří Máca*

Digitálně podepsal(a)

Jiří Máca

Datum: 13.02.2025

12:40:25

podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jmen vedoucích a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

16.02.2025

Datum převzetí zadání

Hovorka František

Podpis studenta

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci názvem Nosná konstrukce jednolodní skladové haly vypracoval samostatně a uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací a Rámcovými pravidly používání umělé inteligence na ČVUT pro studijní a pedagogické účely v Bc a NM studiu.

Prohlašuji, že jsem v průběhu příprav a psaní závěrečné práce použil nástroje umělé inteligence. Vygenerovaný obsah jsem ověřil. Stvrzuji, že jsem si vědom, že za obsah závěrečné práce plně zodpovídám.

V Praze dne 18.5.2025

František Hovorka

## **Poděkování**

V první řadě bych chtěl poděkovat prof. Ing. Michalu Janderovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce a vstřícnost při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat svojí rodině, přítelkyni a přátelům, kteří mě v mém studiu plně podporovali.

## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem nosné ocelové konstrukce skladovací haly. V úvodní části byla provedena analýza zatížení, na jejímž základě byl následně navržen střešní a stěnový plášť, hlavní příčná vazba, štítová stěna, ztužidla a nosné prvky dělicí stěny. Posouzeny byly také vybrané detaily. Součástí práce je rovněž technická zpráva a výkresová dokumentace.

## **Klíčová slova:**

Ocelová konstrukce, skladovací hala, rámový roh, momentový přípoj s náběhy, portálový rám

**Annotation**

This bachelor thesis focuses on the design of a storage hall load-bearing steel structure. The initial part includes a load analysis, which served as the basis for the subsequent design of the roof and wall cladding, the main transverse frame, gable wall, bracing, and load-bearing elements of the partition wall. Selected structural details were also designed. The thesis further includes a technical report and drawing documentation.

**Keywords:**

Steel structure, storage hall, frame corner, moment-resisting connection with haunches, portal frame

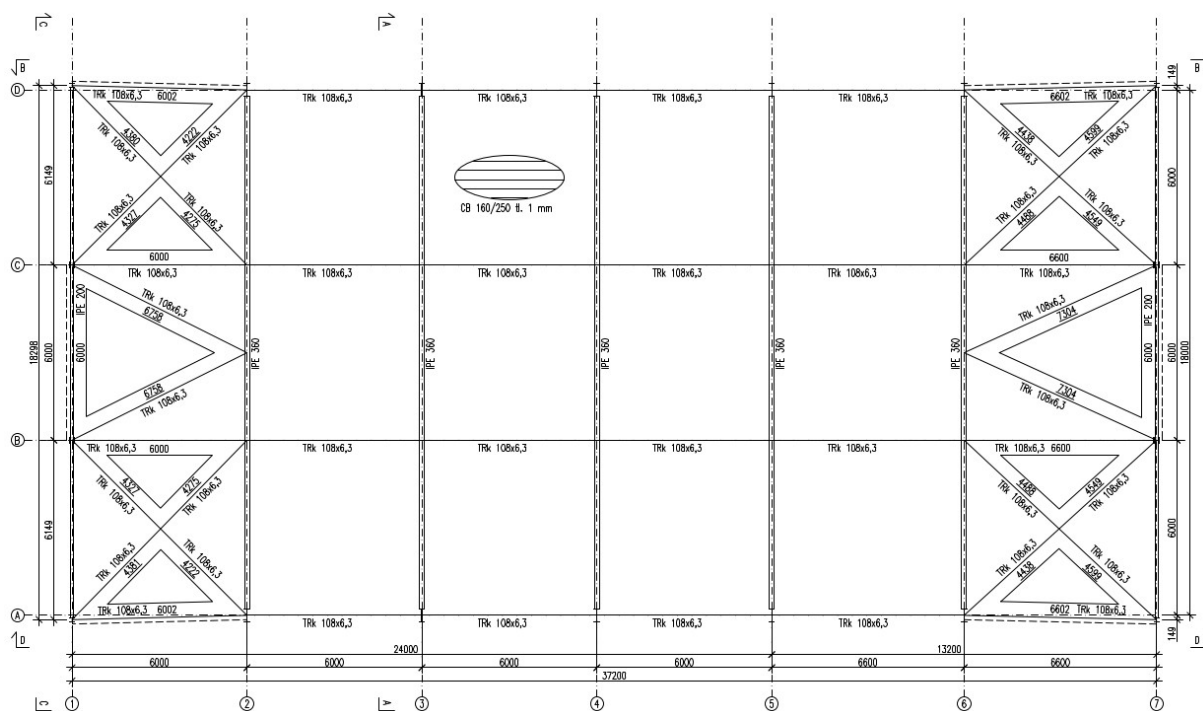
# OBSAH

|     |                                                                            |    |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|----|
| I.  | TECHNICKÁ ZPRÁVA .....                                                     | 8  |
| II. | STATICKÝ VÝPOČET .....                                                     | 12 |
| 1   | Výpočet zatížení .....                                                     | 12 |
| 1.1 | Zatížení sněhem.....                                                       | 12 |
| 1.2 | Zatížení větrem.....                                                       | 13 |
| 1.3 | Zatížení vnitřní příčky přetlakem .....                                    | 17 |
| 1.4 | Kombinace zatížení pro rovinný (2D) statický model.....                    | 17 |
| 1.5 | Kombinace zatížení pro prostorový (3D) statický model .....                | 18 |
| 2   | Statické modely.....                                                       | 19 |
| 2.1 | Dvakrát staticky neurčitý rám vnitřní vazby.....                           | 19 |
| 2.2 | Jednou staticky neurčitý rám vnitřní vazby .....                           | 22 |
| 2.3 | Staticky určitý rám vnitřní vazby .....                                    | 25 |
| 2.4 | Volba statického schématu vnitřní vazby .....                              | 28 |
| 2.5 | Štítová stěna bez ztužidel.....                                            | 29 |
| 2.6 | Štítová stěna se ztužidly.....                                             | 31 |
| 2.7 | Volba statického schématu štítové stěny .....                              | 33 |
| 3   | Návrh a posouzení prvků obalových konstrukcí.....                          | 34 |
| 3.1 | Střešní plášť – varianta panely .....                                      | 34 |
| 3.2 | Střešní plášť – varianta trapézový plech .....                             | 35 |
| 3.3 | Obvodová stěna – varianta panely .....                                     | 37 |
| 3.4 | Obvodová stěna – varianta tenkostěnné kazety.....                          | 38 |
| 3.5 | Volba konstrukcí opláštění .....                                           | 39 |
| 3.6 | Posouzení vnitřní příčky .....                                             | 40 |
| 4   | Posouzení prvků nosné konstrukce.....                                      | 41 |
| 4.1 | Posouzení sloupu IPE 450 (osa A) na interakci tlaku s ohybem .....         | 41 |
| 4.2 | Posouzení příčle IPE 360 (u osy A) na interakci tlaku s ohybem.....        | 45 |
| 4.3 | Posouzení sloupu HEA 160 (osa A) na interakci tlaku s ohybem.....          | 48 |
| 4.4 | Posouzení příčle IPE 200 (u osy A) na interakci tlaku s ohybem.....        | 52 |
| 4.5 | Posouzení ztužidel TRk 82,5×5 ve štítové stěně na vzpěrný tlak.....        | 55 |
| 4.6 | Posouzení příčných ztužidel TRk 89×5 v podélné stěně na vzpěrný tlak ..... | 57 |
| 4.7 | Posouzení střešních ztužidel TRk 108×6,3 na vzpěrný tlak.....              | 59 |
| 4.8 | Posouzení sloupu štítové stěny z HEA 200 na interakci tlaku s ohybem ..... | 60 |
| 5   | Návrh a posouzení vybraných detailů.....                                   | 64 |
| 5.1 | Detail 1 .....                                                             | 64 |
| 5.2 | Detail 2 .....                                                             | 68 |
| 5.3 | Detail 3 .....                                                             | 72 |
| 5.4 | Detail 4 .....                                                             | 74 |

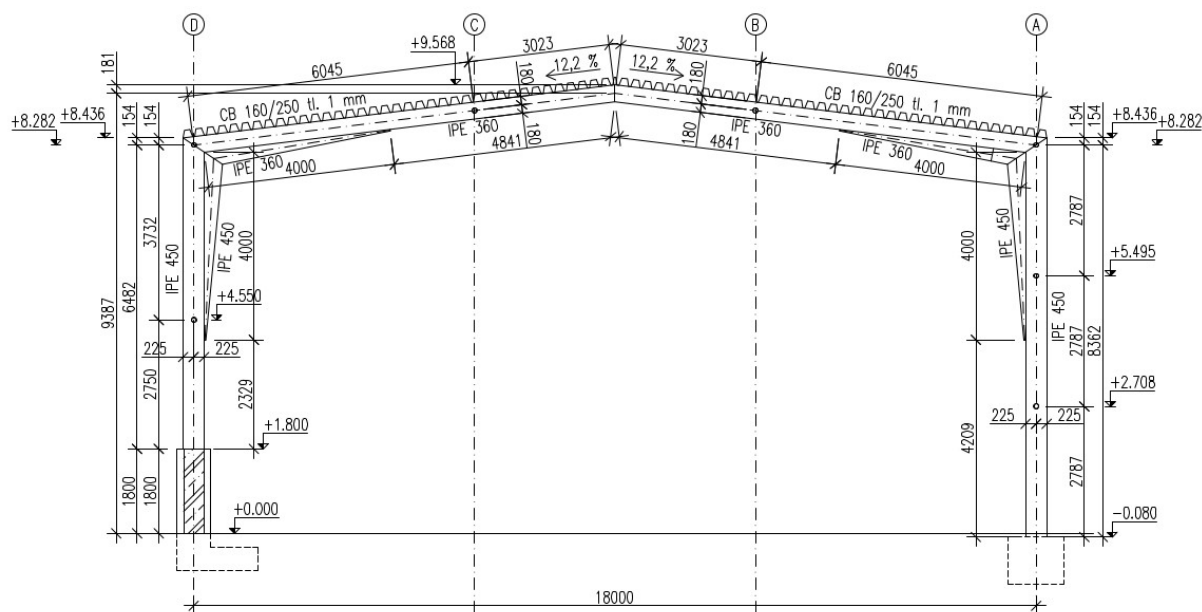
# I. TECHNICKÁ ZPRÁVA

## Údaje o stavbě

Předmětem řešení je novostavba jednopodlažní skladovací haly v průmyslové zóně v Brně. Objekt je dispozičně rozdělen na dvě skladovací části v poměru 2:1, oddělené příčkou po celé výšce podlaží. Půdorys haly má obdélníkový tvar o rozměrech  $18 \times 37,2$  metru, přičemž výška objektu je navržena 10 metrů. Z jedné podélné strany (osa D) je hala částečně zasypána stávajícím terénem, což vyžaduje provedení opěrné stěny v této části objektu. Výška opěrné stěny se pohybuje v rozmezí od 1,5 do 4,5 metru v závislosti na výškovém rozdílu terénu.



Obrázek 1 - Půdorys skladovací haly



Obrázek 2 - Řez skladovací halou

## Popis nosné konstrukce

Nosný systém haly je navržen jako rámový, přičemž každá rámová vazba přenáší svislé i vodorovné zatížení v rámci své zatěžovací šířky. Vnitřní rámové vazby jsou v místech vysokých ohybových momentů, zejména ve styku sloupu a příčle, zesíleny náběhy za účelem efektivnějšího přenosu zatížení. Štítové vazby jsou navrženy obdobným způsobem, přičemž zároveň zajišťují přenos podélného větru prostřednictvím sloupů umístěných ve štítové části. Všechny rámové vazby jsou vzájemně propojeny čtyřmi podélnými kruhovými trubkami, umístěnými ve středu průřezu příčle ve všech podélných osách, a to po celé délce objektu. Standardní osová vzdálenost mezi jednotlivými vazbami v první části skladu činí 6 metrů, s výjimkou druhé části skladu, kde je tato vzdálenost zvětšena na 6,6 metru. Sloupy rámových vazeb v podélné ose A jsou uloženy na základových patkách, zatímco sloupy v ose D jsou osazeny na opěrnou stěnu, která je v místech uložení sloupů konstrukčně zesílena.

## Zatížení konstrukce

Skladovací hala se nachází v II. sněhové oblasti a v II. větrné oblasti, pro kterou je uvažována III. kategorie terénu. Zatížení sněhem bylo uvažováno 0,72 kPa a jednotlivé hodnoty zatížení větrem jsou uvedeny ve statickém výpočtu. Jednotlivé hodnoty zatížení skladeb a nosných prvků jsou též uvedeny ve statickém výpočtu.

## **Použité materiály**

Použitá třída konstrukční oceli pro hlavní prvky nosné konstrukce je S235JR. Použité šrouby budou jakosti 8.8. Střešní trapézový plech a obvodové tenkostěnné kazety jsou z oceli S320GD. Beton pro základové patky bude použit C30/37 – XA1, XC2.

## **Použité normy**

- [1] ČSN EN 1990 – Zásady navrhování konstrukcí
- [2] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- [3] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem
- [4] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem
- [5] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [6] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků
- [7] ČSN EN ISO 12944 Nátěrové hmoty – Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy

## **Výroba a montáž ocelové konstrukce**

Třída provedení konstrukce je EXC2. Jednotlivé prvky budou vyrobeny a opatřeny proti korozi mimo staveniště.

Montáž ocelové konstrukce bude probíhat postupným osazováním jednotlivých rámových vazeb. V každé vazbě budou nejprve ukotveny sloupy do základových patek a sloupů, na které budou následně osazeny příčle. Montáž začne od štítové stěny a bude pokračovat podélným směrem po jednotlivých vazbách. Prvním montovaným rámem bude štítová vazba, ke které budou po jejím sestavení připojena příslušná štítová ztužidla. Následně bude osazena druhá vazba v podélném směru, mezi první a druhou vazbou budou instalována stěnová a střešní ztužidla. Tímto způsobem bude postupně smontována celá nosná konstrukce. V závěrečné fázi budou k hotové konstrukci připevněny prvky opláštění. Celá konstrukce je navržena s maximálním možným podílem šroubovaných spojů, aby byla montáž co nejjednodušší a bylo minimalizováno následné ošetření spojů po montáži.

## **Ochrana proti korozi**

Z hlediska korozní agresivity dle normy ISO 12944 je pro daný objekt uvažována kategorie C2, odpovídající nízkému stupni korozního agresivity. Životnost protikorozní ochrany je rovněž stanovena touto normou a pro navrhovaný objekt spadá do kategorie H, což odpovídá životnosti 15 až 25 let. Pro řešený objekt je navržena celková tloušťka nátěrové vrstvy 120  $\mu\text{m}$ .

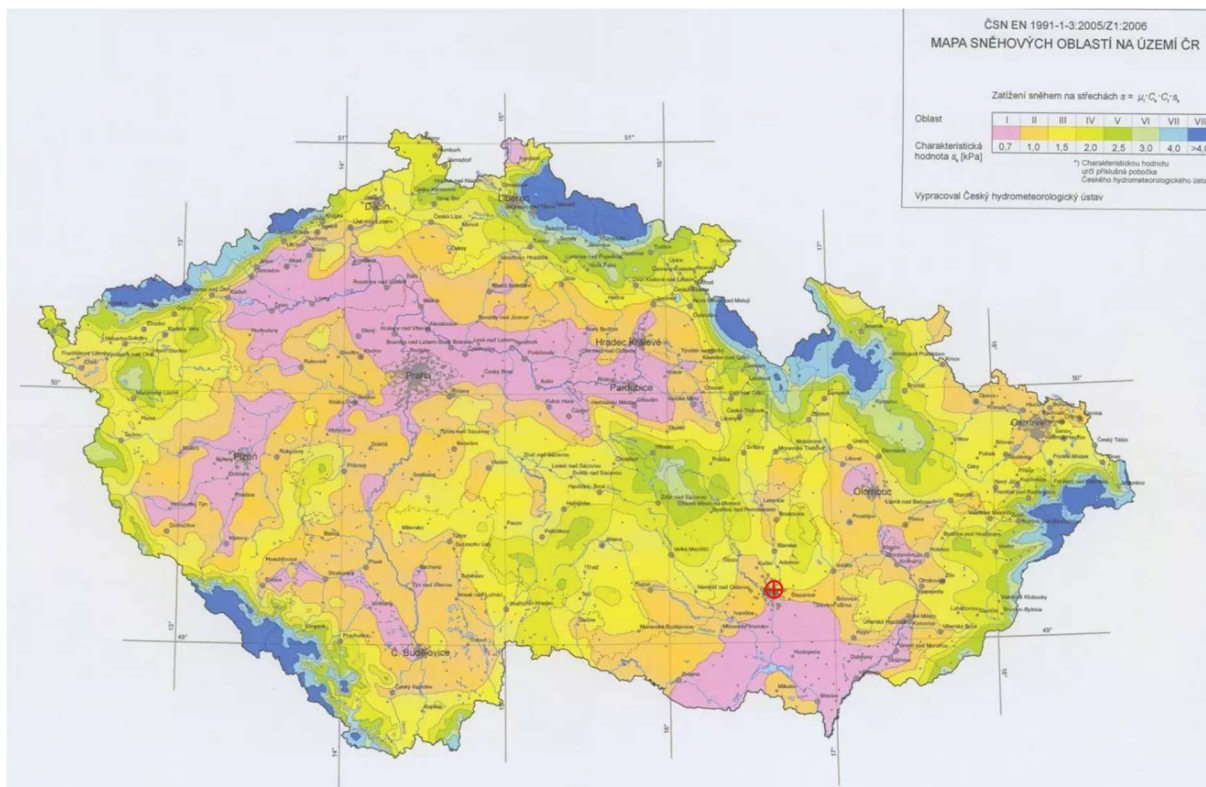
## **Ochrana proti požáru**

Posouzení konstrukce z hlediska požární bezpečnosti nebylo součástí této práce.

## II. STATICKÝ VÝPOČET

### 1 Výpočet zatížení

#### 1.1 Zatížení sněhem



Obrázek 3 - Umístění objektu v mapě sněhových oblastí

#### Obecné zatížení v ploše

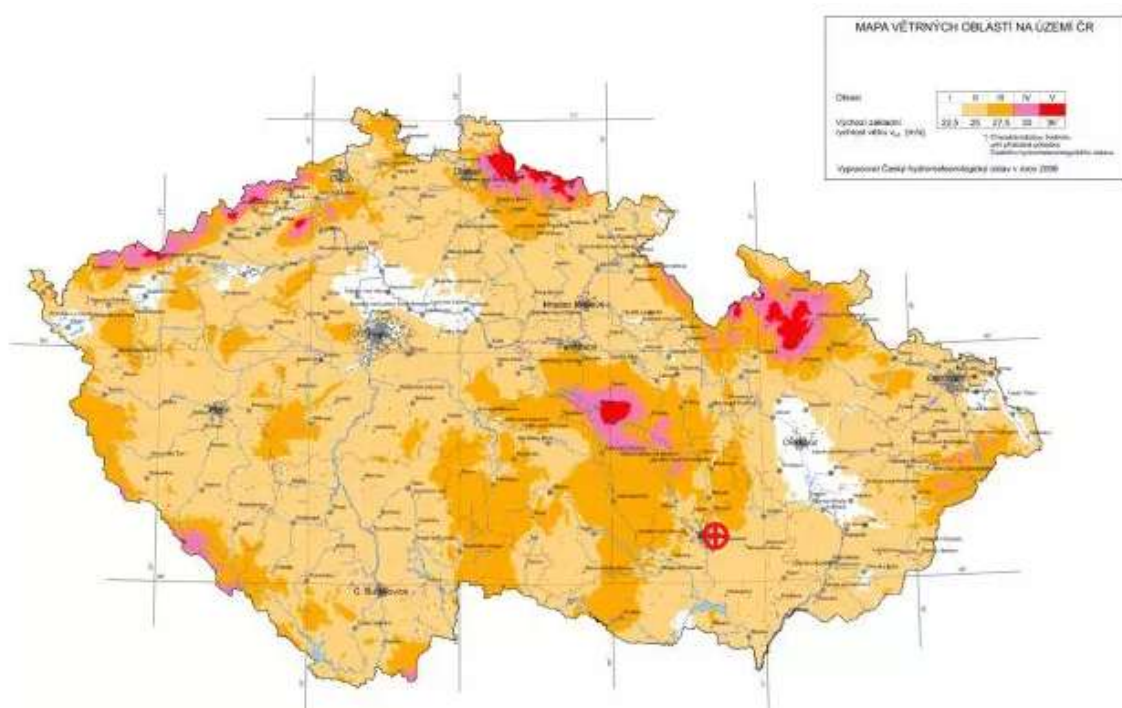
Lokalita: Brno

Sněhová oblast: II kategorie ( $s_k = 1 \text{ kPa}$ )

$$s = \mu_i \times c_e \times c_t \times s_k = 0,8 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,8 \text{ kPa}$$

**Zatížení sněhem je 0,8 kPa.**

## 1.2 Zatížení větrem



Obrázek 4 - Umístění objektu v mapě větrných oblastí

Větrná oblast: II kategorie ( $v_b = 25 \text{ m/s}$ )

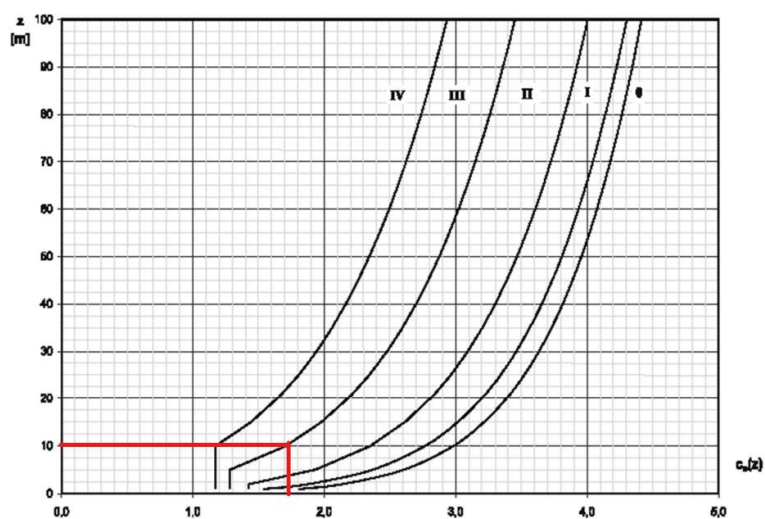
Kategorie terénu: III

Lokalita: Brno

Základní dynamický tlak větru

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 0,39 \text{ kPa}$$

Součinitel expozice  $c_e(z)$



Obrázek 5 - Graf součinitele expozice

Hodnota součinitele expozice z grafu:  $c_e(z) = 1,75$

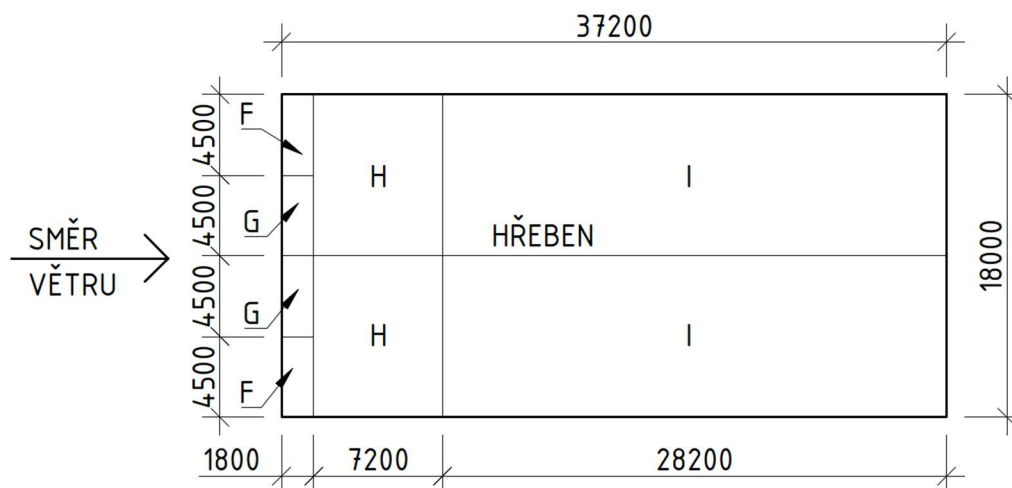
Maximální dynamický tlak větru

$$q_p(z) = q_b \times c_e(z) = 0,39 \times 1,75 = 0,683 \text{ kPa}$$

Jedná se o sedlovou střechu se sklonem  $7^\circ$ , proto hodnoty jednotlivých součinitelů vnějšího tlaku pro sedlové střechy jsou uvažovány dle tabulky 7.4a v ČSN EN 1991-1-4.

Střecha – vítr podélný

$$h = 10 \text{ m}, b = 18 \text{ m} \Rightarrow e = 18 \text{ m}$$



Obrázek 6 - Schéma oblastí součinitelů vnějšího tlaku pro podélný vítr

Hodnoty součinitelů vnějšího tlaku jsou interpolované hodnoty pro  $7^\circ$ .

$$\text{Oblast F: } w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,F} = 0,683 \times (-1,54) = -1,052 \text{ kPa}$$

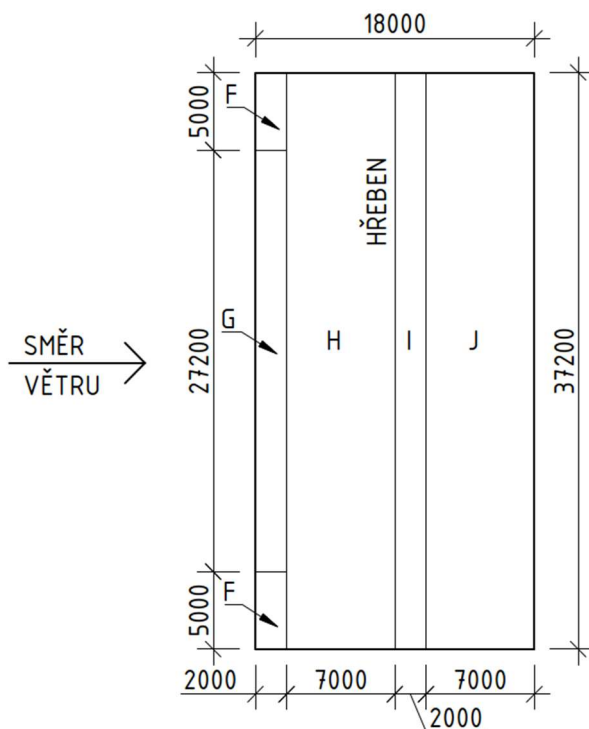
$$\text{Oblast G: } w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,G} = 0,683 \times (-1,3) = -0,888 \text{ kPa}$$

$$\text{Oblast H: } w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,H} = 0,683 \times (-0,68) = -0,464 \text{ kPa}$$

$$\text{Oblast I: } w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,I} = 0,683 \times (-0,58) = -0,396 \text{ kPa}$$

### Střecha – vítr příčný

$h = 10 \text{ m}, b = 18 \text{ m} \Rightarrow e = 18 \text{ m}$



Obrázek 7 - Schéma oblastí součinitelů vnějšího tlaku pro příčný vítr

Hodnoty součinitelů vnějšího tlaku jsou interpolované hodnoty pro 7°.

Oblast F:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,F} = 0,683 \times (-1,54/0,04) = -1,052/0,03 \text{ kPa}$

Oblast G:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,G} = 0,683 \times (-1,12/0,04) = -0,765/0,03 \text{ kPa}$

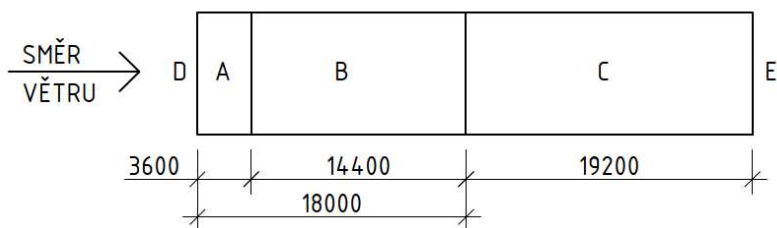
Oblast H:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,H} = 0,683 \times (-0,54/0,04) = -0,369/0,03 \text{ kPa}$

Oblast I:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,I} = 0,683 \times (-0,56/-0,48) = -0,382/-0,328 \text{ kPa}$

Oblast J:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,J} = 0,683 \times (-0,68/-0,48) = -0,464/-0,328 \text{ kPa}$

### Stěny – vítr podélný

$h/d = 10/37,2 = 0,27$  – uvažuji poslední oblast tzn.  $h/d < 0,25$



Obrázek 8 - Schéma oblastí součinitelů vnějšího tlaku pro podélný vítr

Oblast A:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,A} = 0,683 \times (-1,2) = -0,82 \text{ kPa}$

Oblast B:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,B} = 0,683 \times (-0,8) = -0,546 \text{ kPa}$

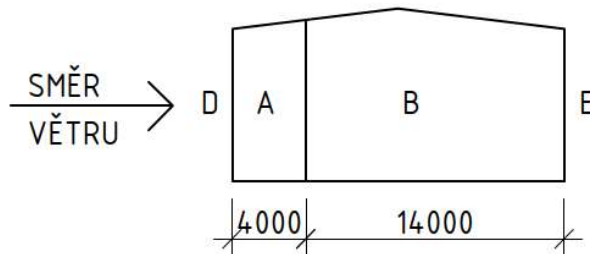
Oblast C:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,C} = 0,683 \times (-0,5) = -0,342 \text{ kPa}$

Oblast D:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,D} = 0,683 \times 0,7 = 0,478 \text{ kPa}$

Oblast E:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,E} = 0,683 \times (-0,3) = -0,205 \text{ kPa}$

### Stěny – vítr příčný

$h/d = 10/18 = 0,55$  – jednotlivé hodnoty součinitelů vnějšího tlaku jsou interpolovány pro hodnotu 0,55



Obrázek 9 - Schéma oblastí součinitelů vnějšího tlaku pro příčný vítr

Oblast A:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,A} = 0,683 \times (-1,2) = -0,82 \text{ kPa}$

Oblast B:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,B} = 0,683 \times (-0,8) = -0,546 \text{ kPa}$

Oblast C:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,C} = 0,683 \times (-0,5) = -0,342 \text{ kPa}$

Oblast D:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,D} = 0,683 \times 0,74 = 0,505 \text{ kPa}$

Oblast E:  $w_e = q_p(z) \times c_{pe,10,E} = 0,683 \times (-0,38) = -0,26 \text{ kPa}$

### 1.3 Zatížení vnitřní příčky přetlakem

Uvažuji situaci, kdy budou otevřená obě vrata na osách 1 a 7. Fasády, na kterých jsou otevřená vrata uvažuji jako rozhodující.

Tlak na stěnu z otevřených vrat na ose 1:

$$c_{pi} = 0,9 \times c_{pe} = 0,9 \times 0,478 = 0,43$$

Sání na stěnu z otevřených vrat na ose 7:

$$c_{pi} = 0,9 \times c_{pe} = 0,9 \times -0,205 = -0,185$$

Výsledná síla na stěnu (princip superpozice):

$$c_{pi,c} = \sum c_{pi} = 0,43 + 0,185 = 0,615 \text{ kPa}$$

### 1.4 Kombinace zatížení pro rovinný (2D) statický model

Všechny možné popisy a kombinace jsem rozepsal do tabulek pro přehlednost.

| <b>Zatěžovací stavy</b> |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| <b>ZS1</b>              | Vlastní tíha                       |
| <b>ZS2</b>              | Skladba střechy                    |
| <b>ZS4</b>              | Sníh                               |
| <b>ZS5</b>              | Vítr podélný                       |
| <b>ZS6</b>              | Vítr příčný – sání, z levé strany  |
| <b>ZS7</b>              | Vítr příčný – tlak, z levé strany  |
| <b>ZS9</b>              | Vítr příčný – sání, z pravé strany |
| <b>ZS10</b>             | Vítr příčný – tlak, z pravé strany |

*Tabulka 1 – Výpis zatěžovacích stavů*

| <b>Počáteční imperfekce soustavy</b> |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| <b>IS1</b>                           | Počáteční náklon doprava |
| <b>IS2</b>                           | Počáteční náklon doleva  |

*Tabulka 2 – Výpis počátečních imperfekcí soustavy*

Počáteční imperfekci soustavy jsem uvažoval jako podíl výšky budovy (uvažováno 10 m) a 150.

| Kombinace zatížení | Počáteční i. soustavy | MSÚ/MSP | ZATĚŽOVACÍ STAVY |      |      |     |     |     |     |      |
|--------------------|-----------------------|---------|------------------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
|                    |                       |         | ZS1              | ZS2  | ZS4  | ZS5 | ZS6 | ZS7 | ZS9 | ZS10 |
| KZ1                | IS2                   | MSÚ     | 1,35             | 1,35 | 1,5  | -   | -   | -   | -   | -    |
| KZ2                | IS1                   | MSÚ     | 1,35             | 1,35 | -    | -   | -   | 1,5 | -   | -    |
| KZ3                | IS2                   | MSÚ     | 1,35             | 1,35 | -    | -   | -   | -   | -   | 1,5  |
| KZ4                | IS2                   | MSÚ     | 1                | 1    | -    | 1,5 | -   | -   | -   | -    |
| KZ5                | IS1                   | MSÚ     | 1                | 1    | -    | -   | 1,5 | -   | -   | -    |
| KZ6                | IS2                   | MSÚ     | 1                | 1    | -    | -   | -   | -   | 1,5 | -    |
| KZ7                | IS2                   | MSÚ     | 0,9              | 0,9  | -    | 1,5 | -   | -   | -   | -    |
| KZ8                | IS1                   | MSÚ     | 0,9              | 0,9  | -    | -   | 1,5 | -   | -   | -    |
| KZ9                | IS2                   | MSÚ     | 0,9              | 0,9  | -    | -   | -   | -   | 1,5 | -    |
| KZ10               | IS1                   | MSÚ     | 1,35             | 1,35 | 0,75 | -   | -   | 1,5 | -   | -    |
| KZ11               | IS2                   | MSÚ     | 1,35             | 1,35 | 0,75 | -   | -   | -   | -   | 1,5  |
| KZ12               | IS1                   | MSÚ     | 1,35             | 1,35 | 1,5  | -   | -   | 0,9 | -   | -    |
| KZ13               | IS2                   | MSÚ     | 1,35             | 1,35 | 1,5  | -   | -   | -   | -   | 0,9  |
| KZ14               | IS2                   | MSP     | 1                | 1    | 1    | -   | -   | -   | -   | -    |
| KZ15               | IS1                   | MSP     | 1                | 1    | -    | -   | -   | 1   | -   | -    |
| KZ16               | IS2                   | MSP     | 1                | 1    | -    | -   | -   | -   | -   | 1    |
| KZ17               | IS2                   | MSP     | 1                | 1    | -    | 1   | -   | -   | -   | -    |
| KZ18               | IS1                   | MSP     | 1                | 1    | -    | -   | 1   | -   | -   | -    |
| KZ19               | IS2                   | MSP     | 1                | 1    | -    | -   | -   | -   | 1   | -    |
| KZ20               | IS1                   | MSP     | 1                | 1    | 1    | -   | -   | 0,6 | -   | -    |
| KZ21               | IS2                   | MSP     | 1                | 1    | 1    | -   | -   | -   | -   | 0,6  |
| KZ22               | IS1                   | MSP     | 1                | 1    | 0,5  | -   | -   | 1   | -   | -    |
| KZ23               | IS2                   | MSP     | 1                | 1    | 0,5  | -   | -   | -   | -   | 1    |

Tabulka 3 - Výpis jednotlivých kombinací zatížení

Pro jednotlivé kombinace zatížení se neuvažují zatěžovací stavy s pomlčkou.

Kombinace zatížení 7–9 jsou uvedeny dle tabulky Tabulka A1.2 v ČCN EN 1990 pro výpočet návrhové hodnoty zatížení EQU.

## 1.5 Kombinace zatížení pro prostorový (3D) statický model

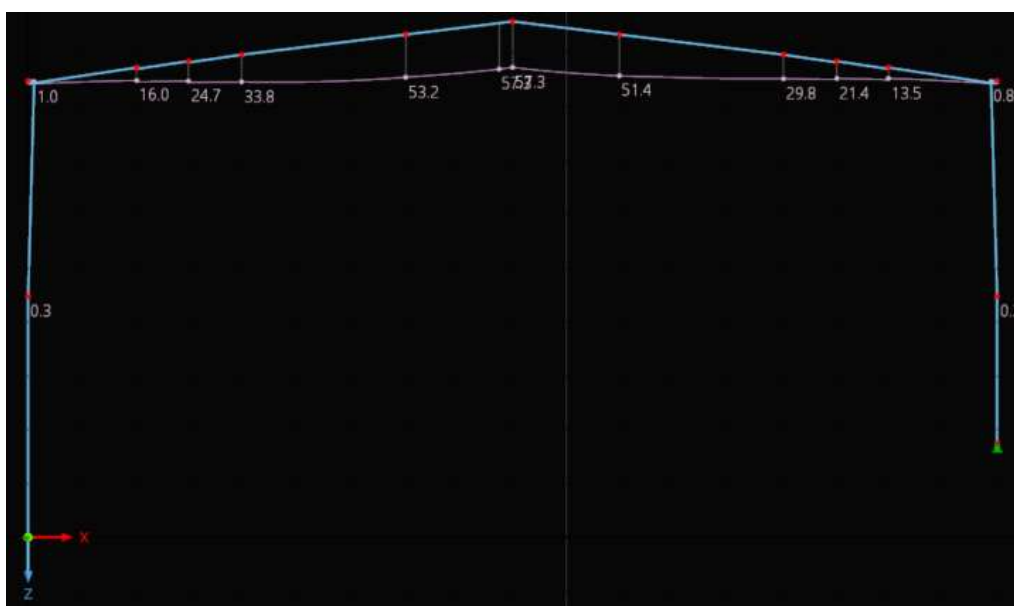
Zatěžovací stavy použité v prostorovém (3D) modelu byly převzaty z rovinného (2D) modelu, přičemž byl doplněn zatěžovací stav ZS11, který reprezentuje podélný vítr působící sáním na štítovou stěnu. Tento zatěžovací stav byl zařazen do kombinací zatížení spolu se stálým zatížením a sněhem, a to jak pro mezní stav únosnosti (MSÚ), tak pro mezní stav použitelnosti (MSP). Nově vytvořené kombinace zahrnující zatěžovací stav ZS11 však nebyly rozhodující pro návrh jednotlivých prvků konstrukce.

## 2 Statické modely

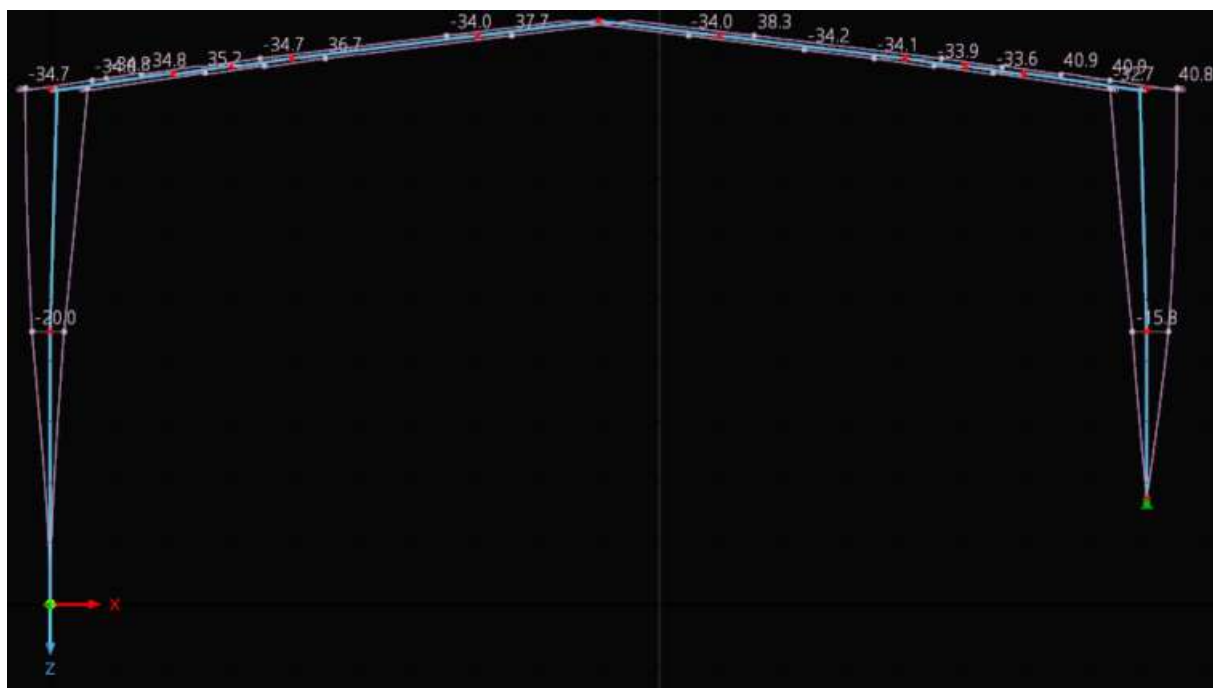
Statické modely konstrukce jsou vytvořeny v programu RFEM 6. Jednotlivé výstupy jsou počítány metodou konečných prvků. Jako materiál je použita ocel S235JR a dimenze prvků jsou vybrány z dostupné knihovny profilů dle evropských norem. U rámového rohu jsou namodelovány náběhy ze stejných profilů jako jsou sloupy a příčle. Modely slouží pro výpočet vnitřních sil a předběžný návrh profilů podle MSP. Okrajové podmínky návrhu jsou: max. svislý průhyb 72 mm ( $l/250$ ), max. vodorovný průhyb 56,5 mm ( $l/150$ ) a pro ztužidla byla zvolena podmínka omezení štíhlosti  $i = L_{cr}/250$ . U ztužidel mezní stav použitelnosti není ověřen, jelikož jsou všechny modely počítal prvním řádem, který zanedbává osovou tuhost ztužidel, tudíž hodnoty průhybu vycházejí větší, než jsou ve skutečnosti.

### 2.1 Dvakrát staticky neurčitý rám vnitřní vazby

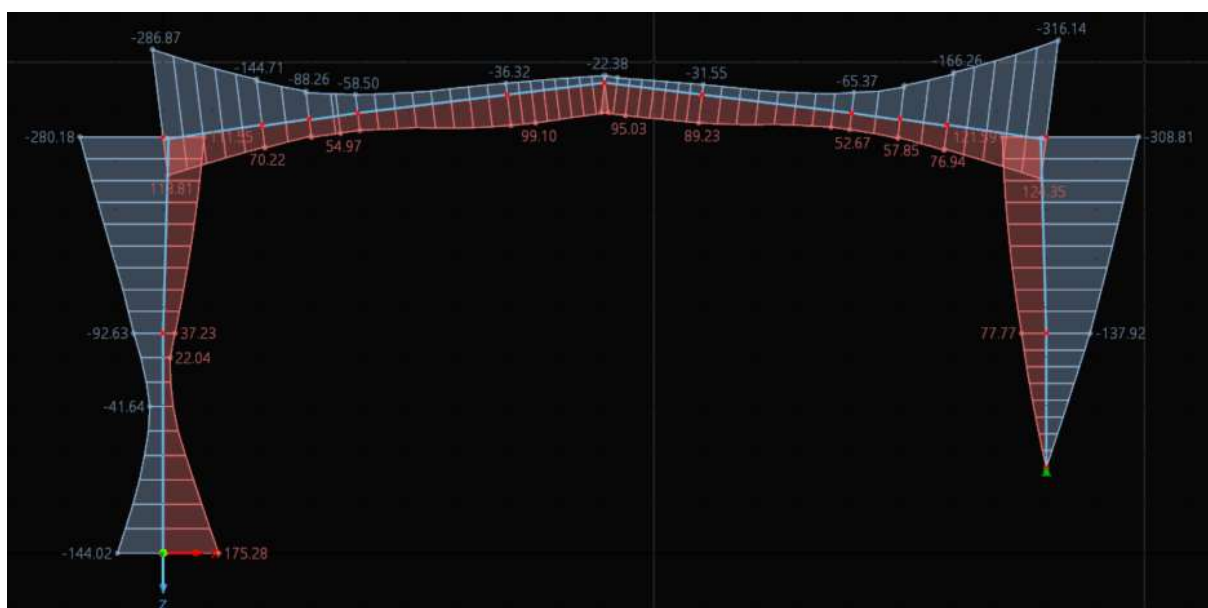
V této variantě je uvažováno kloubové uložení na železobetonové zdi a vetknutí na rostlém terénu. Jednotlivé dimenze prvků jsou: IPE 360 pro sloupy a IPE 330 pro příčle. Náběhy u sloupů jsou 4 metry dlouhé a taktéž z profilů IPE 360, u příčle jsou náběhy z profilů IPE 330 a jsou také délky 4 metry. Celková hmotnost jedné vazby je 2,187 t.



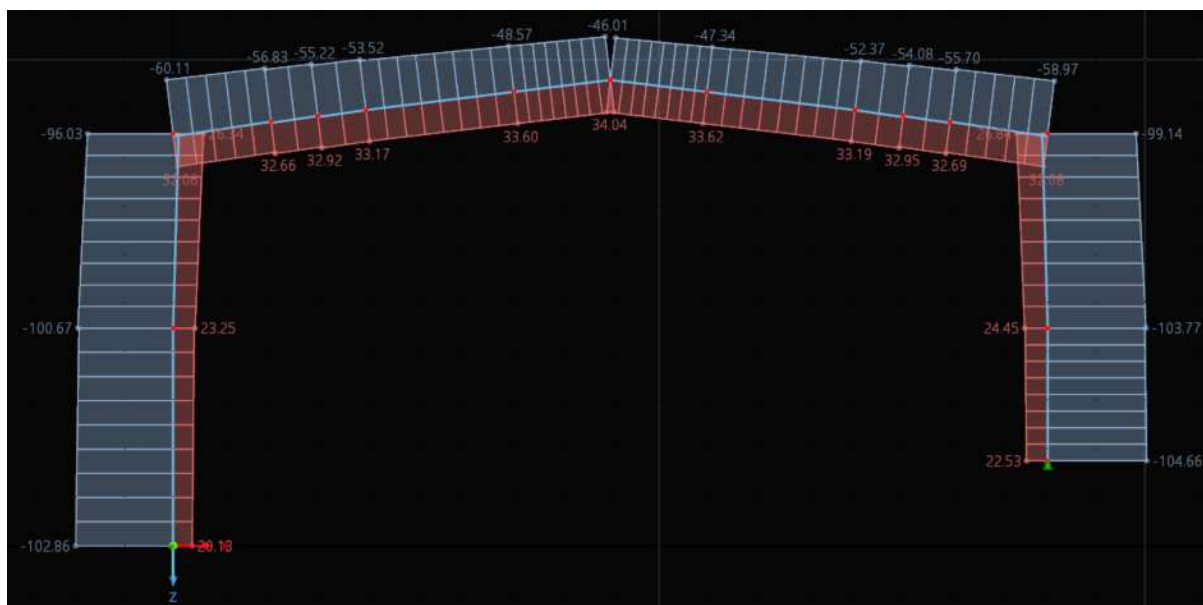
Obrázek 10 – Obálka svislých průhybů – kombinace zatížení MSP



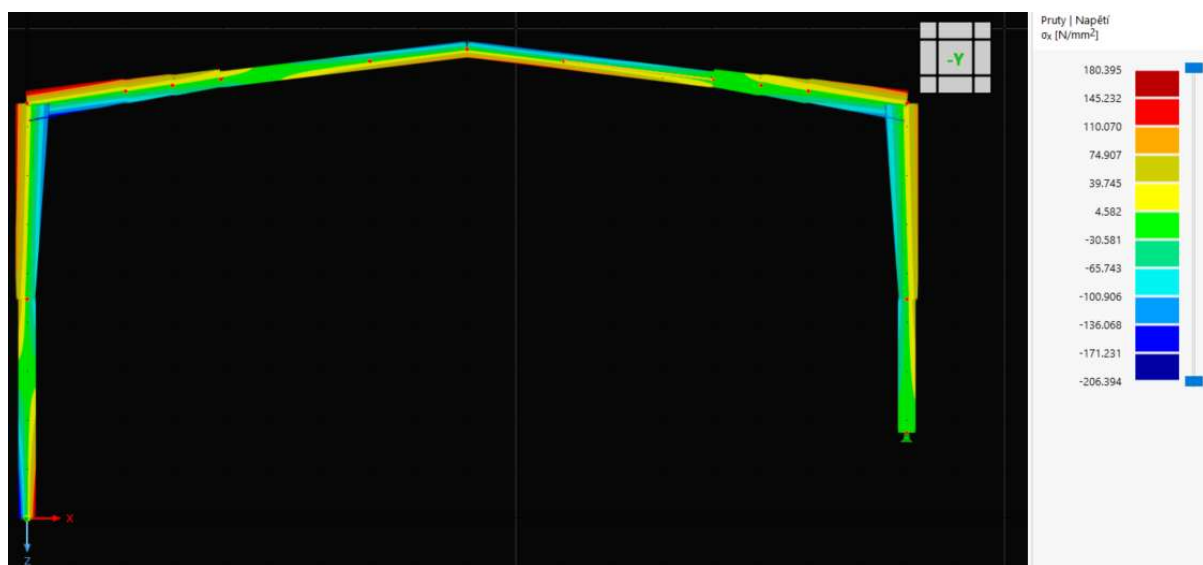
Obrázek 11 - Obálka vodorovných průhybů – kombinace zatížení MSP



Obrázek 12 - Obálka ohybových momentů  $M_y$  – kombinace zatížení MSÚ



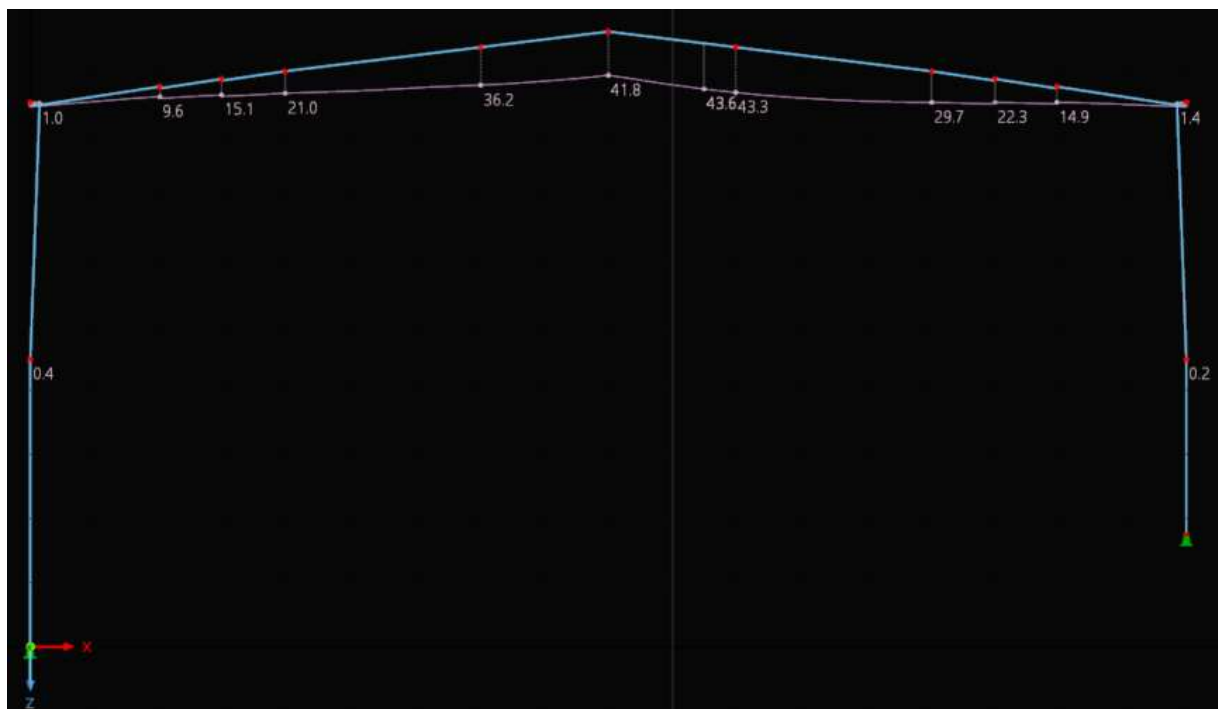
Obrázek 13 - Obálka normálových sil  $N$  – kombinace zatížení MSÚ



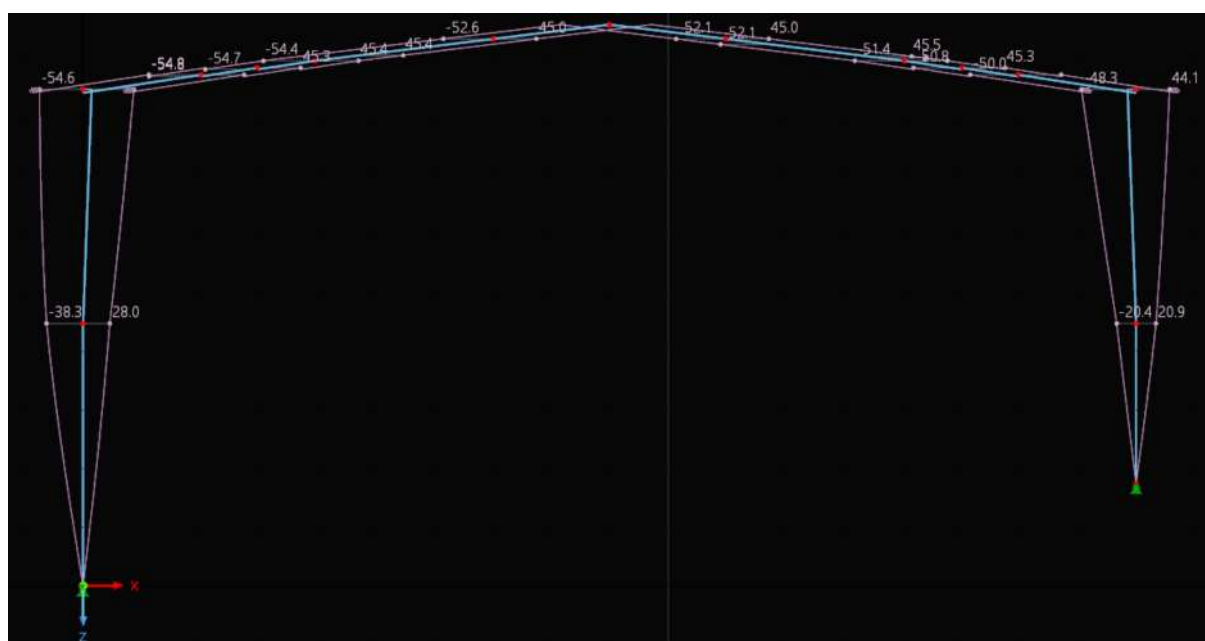
Obrázek 14 - KZI3 – Vykreslení max. napětí  $\sigma_x$

## 2.2 Jednou staticky neurčitý rám vnitřní vazby

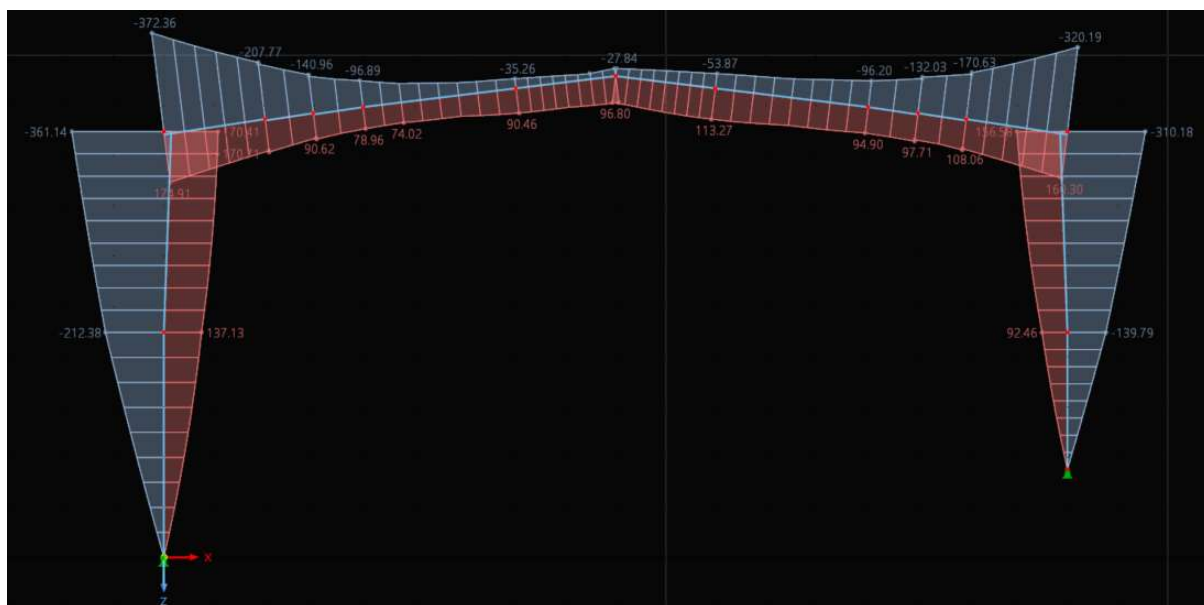
V této variantě je uvažováno kloubové uložení rámu na rostlém terénu i na železobetonové zdi. Jednotlivé dimenze prvků jsou: IPE 450 pro sloupky a IPE 360 pro příčle. Náběhy u sloupů jsou 4 metry dlouhé a jsou z profilu IPE 450, u příčle jsou náběhy z profilů IPE 360 a jsou taktéž dlouhé 4 metry. Celková hmotnost jedné vazby je 2,753 t.



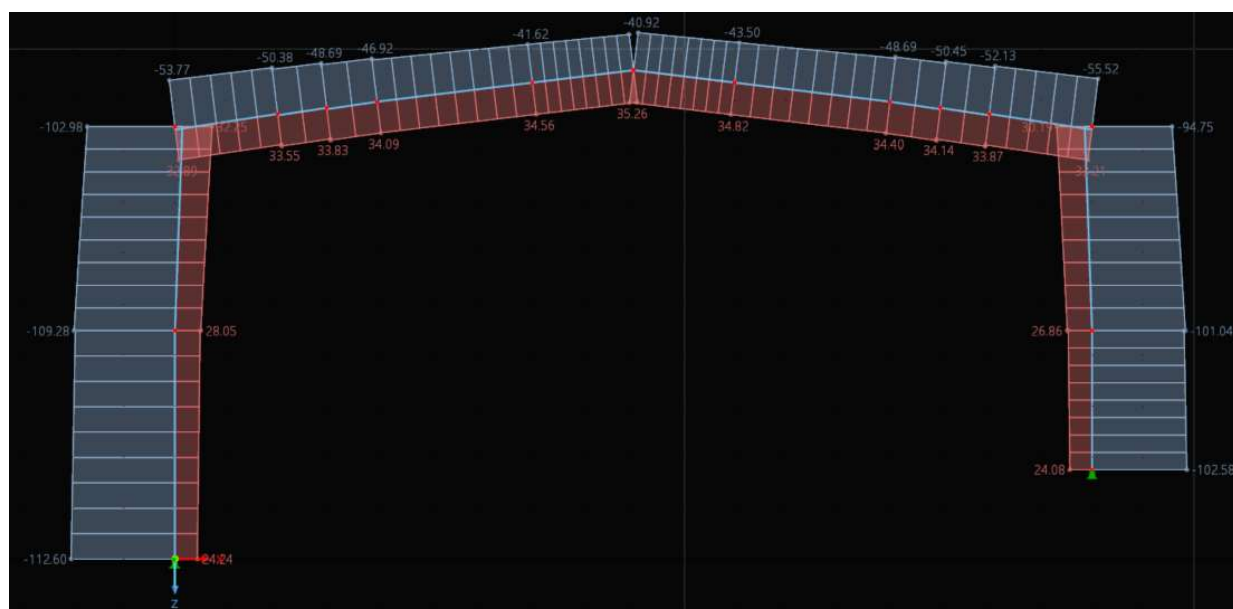
Obrázek 15 – Obálka svislých průhybů – kombinace zatížení MSP



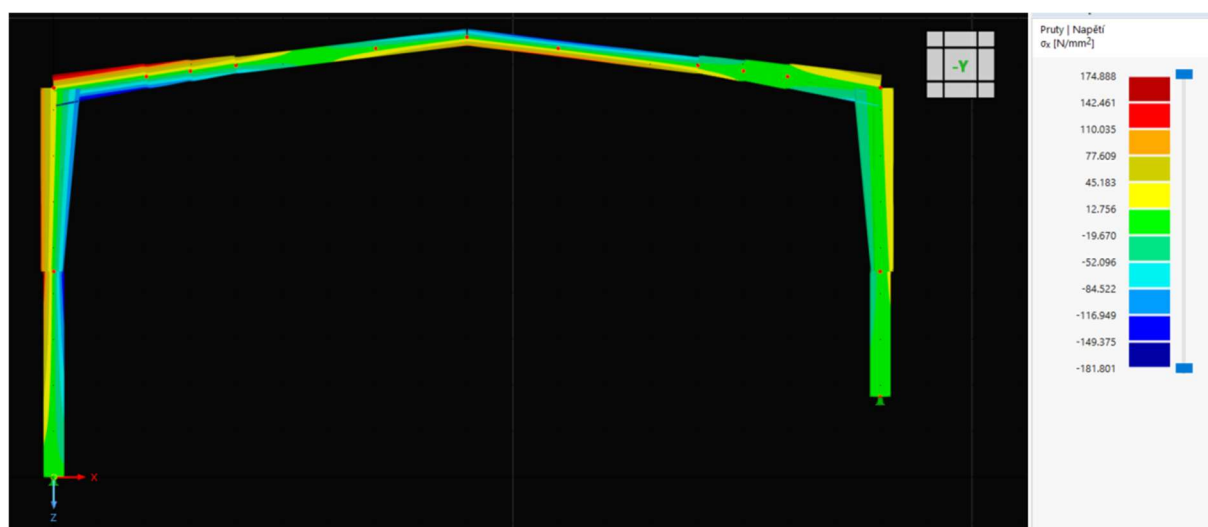
Obrázek 16 - Obálka vodorovných průhybů – kombinace zatížení MSP



Obrázek 17 - Obálka ohybových momentů  $M_y$  – kombinace zatížení MSÚ



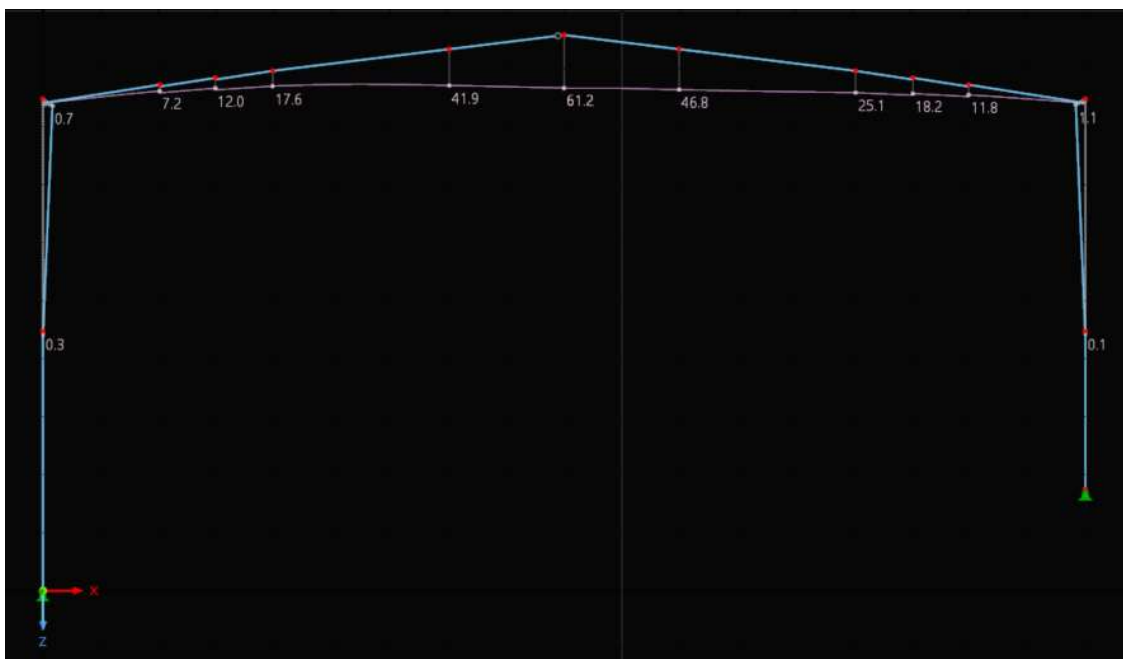
Obrázek 18 - Obálka normálových sil  $N$  – kombinace zatížení MSÚ



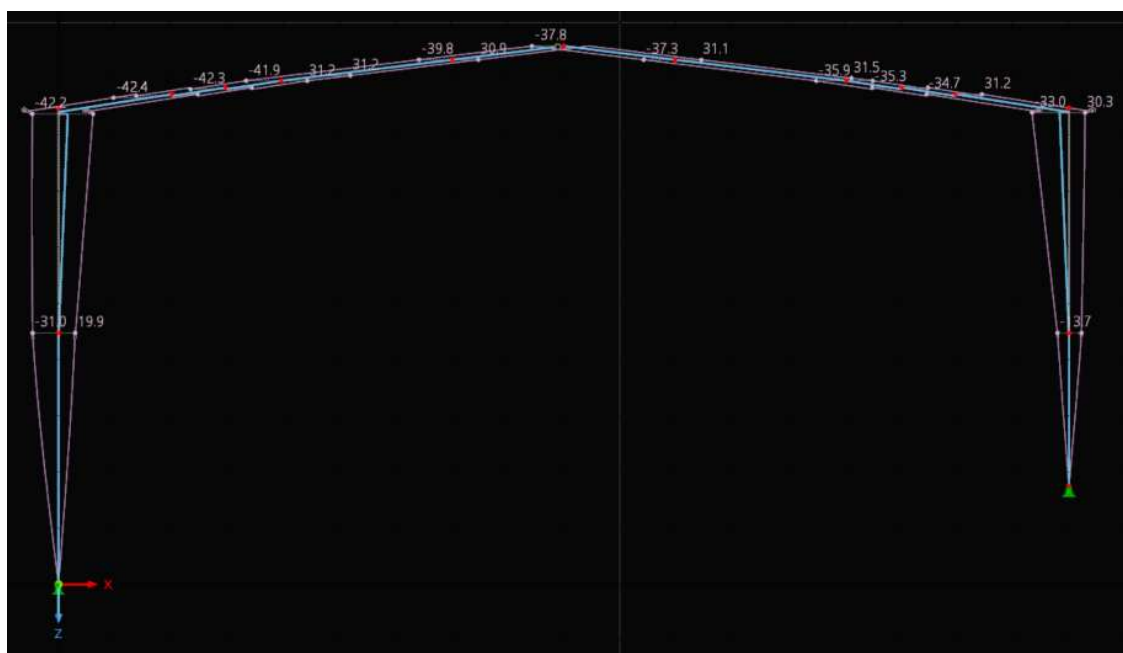
Obrázek 19 - KZ13 – Vykreslení max. napětí  $\sigma_x$

## 2.3 Staticky určitý rám vnitřní vazby

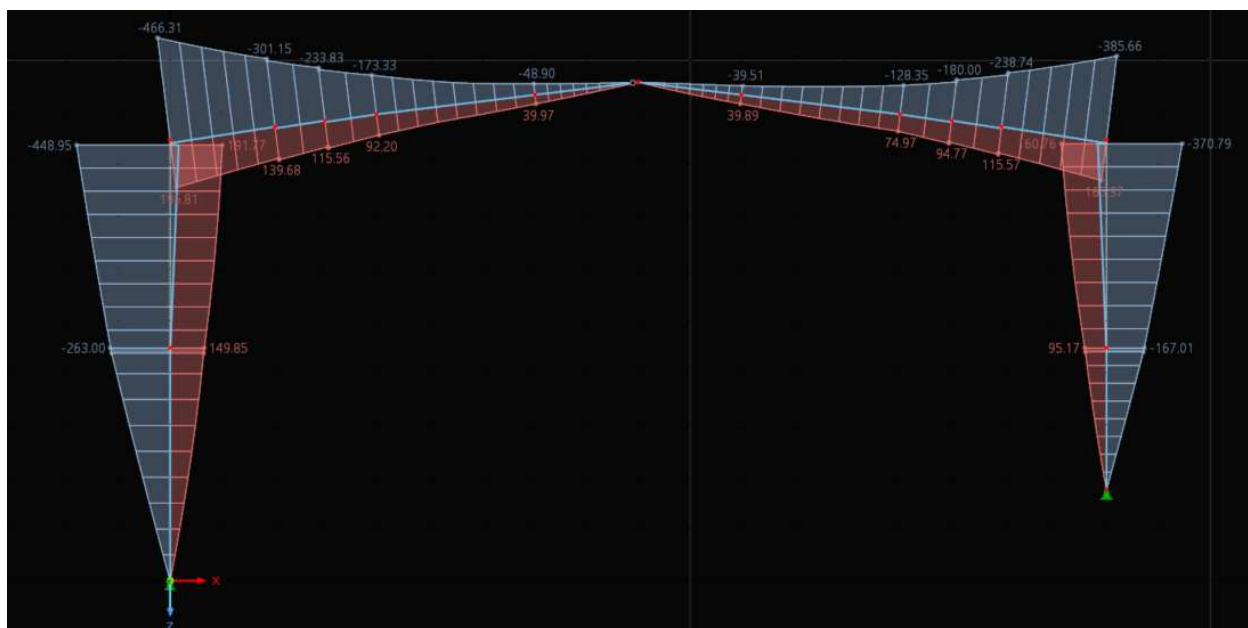
V této variantě je uvažováno kloubové uložení rámu na rostlém terénu i na železobetonové zdi a zároveň kloubové propojení jednotlivých příčlí ve vrcholu. Jednotlivé dimenze prvků jsou: IPE 500 pro sloupce a IPE 400 pro příčle. Náběhy u sloupů jsou 4 metry dlouhé a jsou také z profilu IPE 500, u příčle jsou náběhy z profilů IPE 400 a jsou taktéž délky 4 metry. Celková hmotnost jedné vazby je 3,209 t.



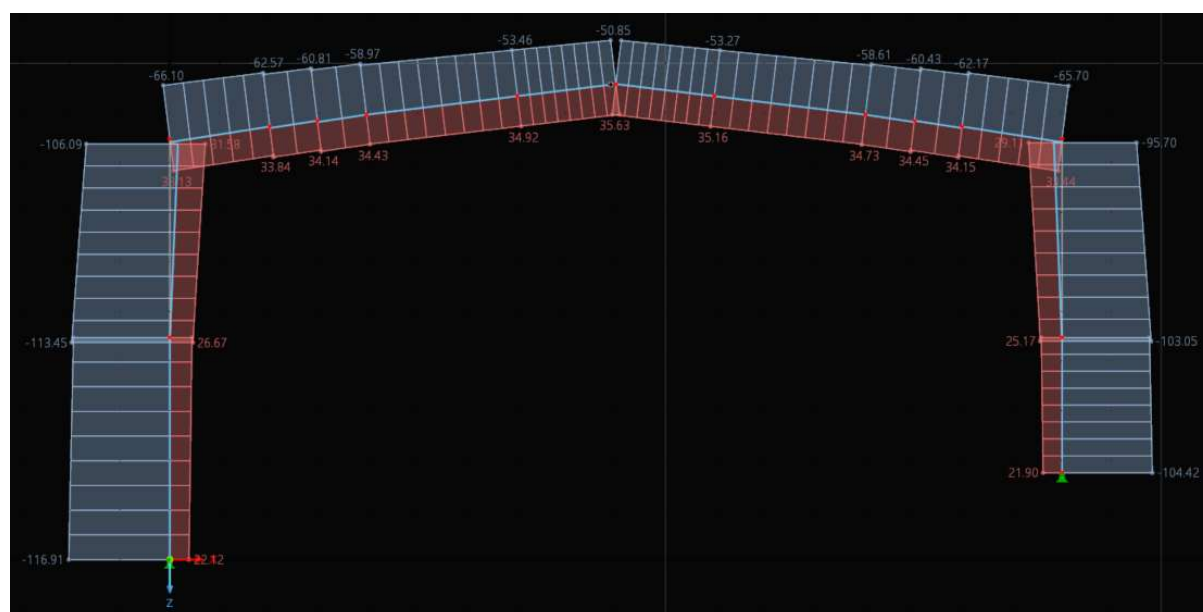
Obrázek 20 - Obálka svislých průhybů – kombinace zatížení MSP



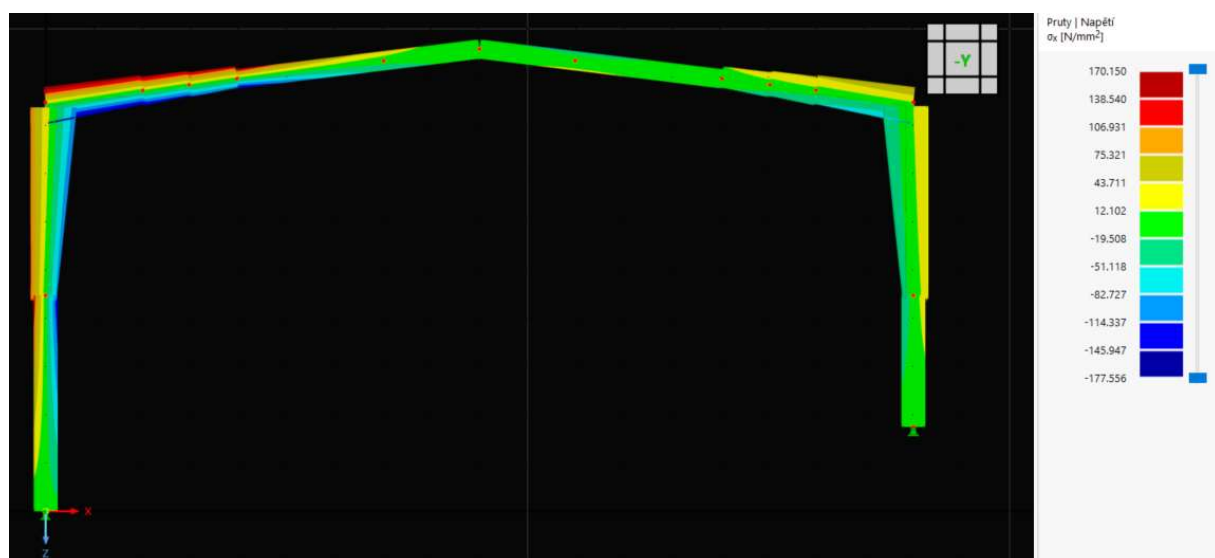
Obrázek 21 - Obálka vodorovných průhybů – kombinace zatížení MSP



Obrázek 22 - Obálka ohybových momentů  $M_y$  – kombinace zatížení MSÚ



Obrázek 23 - Obálka normálových sil  $N$  – kombinace zatížení MSÚ



Obrázek 24 - KZ13 – Vykreslení max. napětí  $\sigma_x$

## 2.4 Volba statického schématu vnitřní vazby

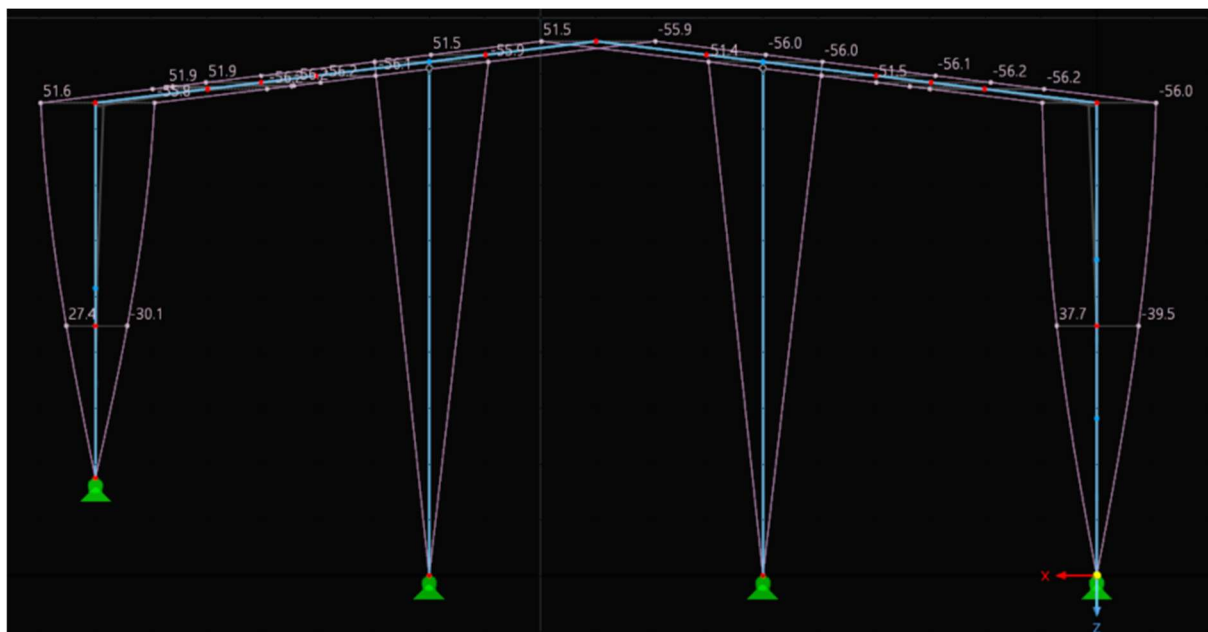
|                     | 2SN vazba | 1SN vazba | SU vazba |
|---------------------|-----------|-----------|----------|
| <b>Hmotnost [t]</b> | 2,187     | 2,753     | 3,209    |
| <b>Sloupy</b>       | IPE 360   | IPE 450   | IPE 500  |
| <b>Příčle</b>       | IPE 330   | IPE 360   | IPE 400  |

*Tabulka 4 - Porovnání jednotlivých typů vazeb rámu*

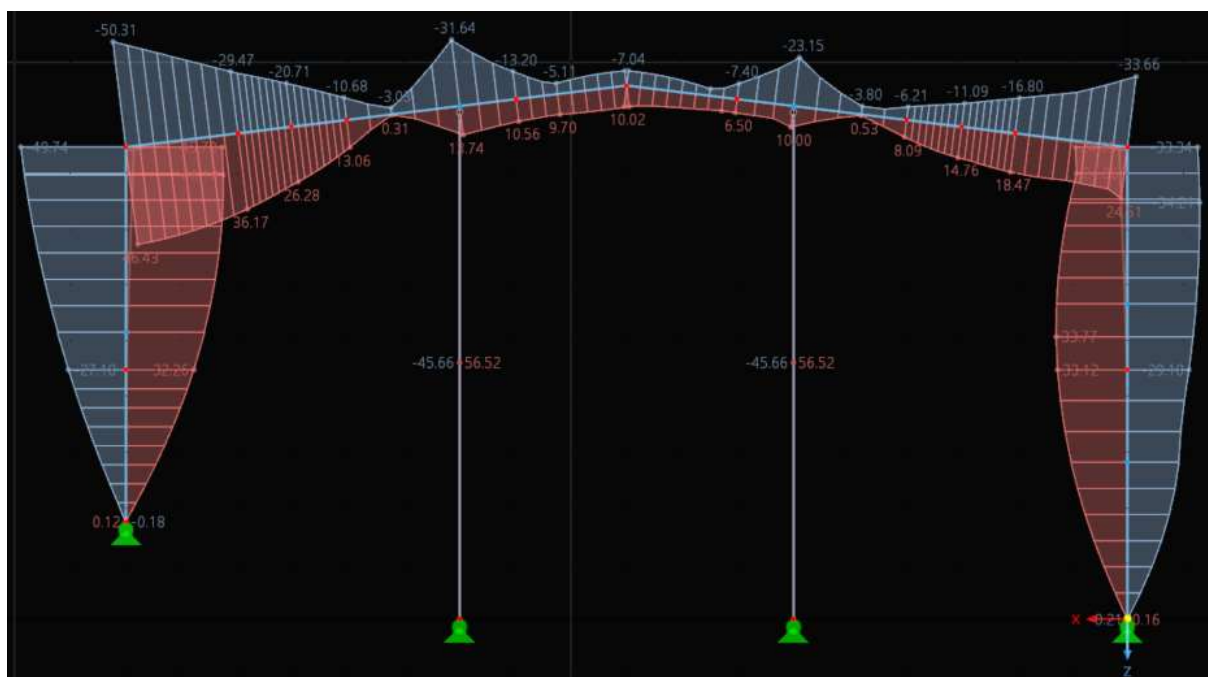
Z hlediska hmotnosti vazby je nejvýhodnější dvakrát staticky neurčitá vazba s vetknutím. V tomto případě je však nutné zohlednit přítomnost patky, která musí přenášet moment a pro realizaci a výpočet je náročnější vetknutí než kloubové uložení. Zároveň i čím více staticky neurčitá konstrukce je, tím více se to projeví v zatížení od teploty nebo poklesnutím podpory. Tento typ zatížení není uvažován, ale jelikož je vazba z jedné strany uložena do železobetonové stěny, která slouží také jako opěrná stěna, může v delším čase dojít k přitížení zeminy (např. nevhodným skladováním materiálu u obvodové zdi haly), a tím k natočení podpory. Tato situace by v našem prvním i druhém případě byla nevhodná, avšak v druhé variantě by například došlo k menším napětím. Obrázek 14 ukazuje, že je pro variantu dvakrát staticky neurčitou vazbu vidět hodnota napětí, která dosahuje hodnot blízkých k mezi kluzu námi zvolené oceli. Metodou konečných prvků nelze v našem případě posoudit momentový spoj, ve kterém se nacházejí výše uvedené hodnoty napětí, proto je ponechána rezerva v napětí, aby následný posudek spoje vyhověl. Vysoká hmotnost staticky určité vazby je v našem případě nevýhodou, která však není natolik významná, aby převážila benefity, které nám staticky určitá vazba poskytuje (neprojevení zatížení teplotou, poklesu podpor ve vnitřních silách či napětí). Po shrnutí těchto všech úvah se rozhodují pro variantu jednou staticky neurčitý rám, kde rám bude uložen na kloubových patkách.

## 2.5 Štítová stěna bez ztužidel

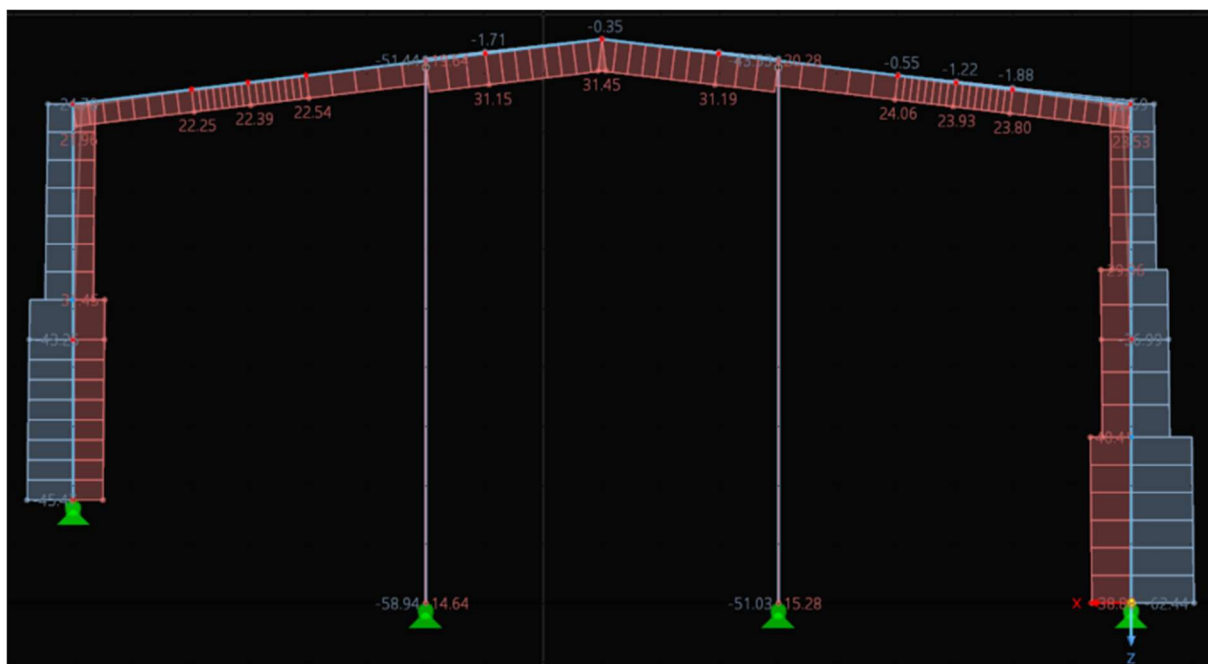
Jednotlivé prvky stěny jsou navrhovány dle mezního stavu použitelnosti (MSP). Sloupy jsou průřezu HEA 240 a podpírají krajní vazbu. Příčle jsou z profilů IPE 330 bez náběhů, jelikož je vazba podpírána štítovými sloupy a velikost ohybových momentů v rozích vazby není dostatečně velká, aby se náběhy vyplatily. Všechny prvky jsou z oceli S235JR.



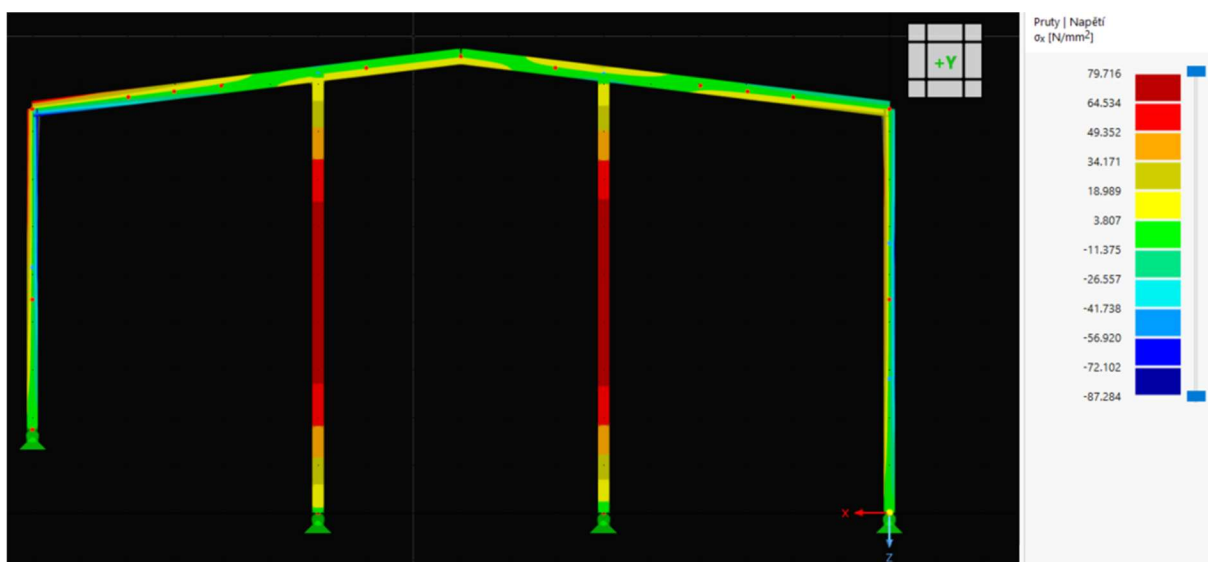
Obrázek 25 - Obálka vodorovných průhybů – kombinace zatížení MSP



Obrázek 26 - Obálka ohybových momentů  $M_y$  – kombinace zatížení MSÚ



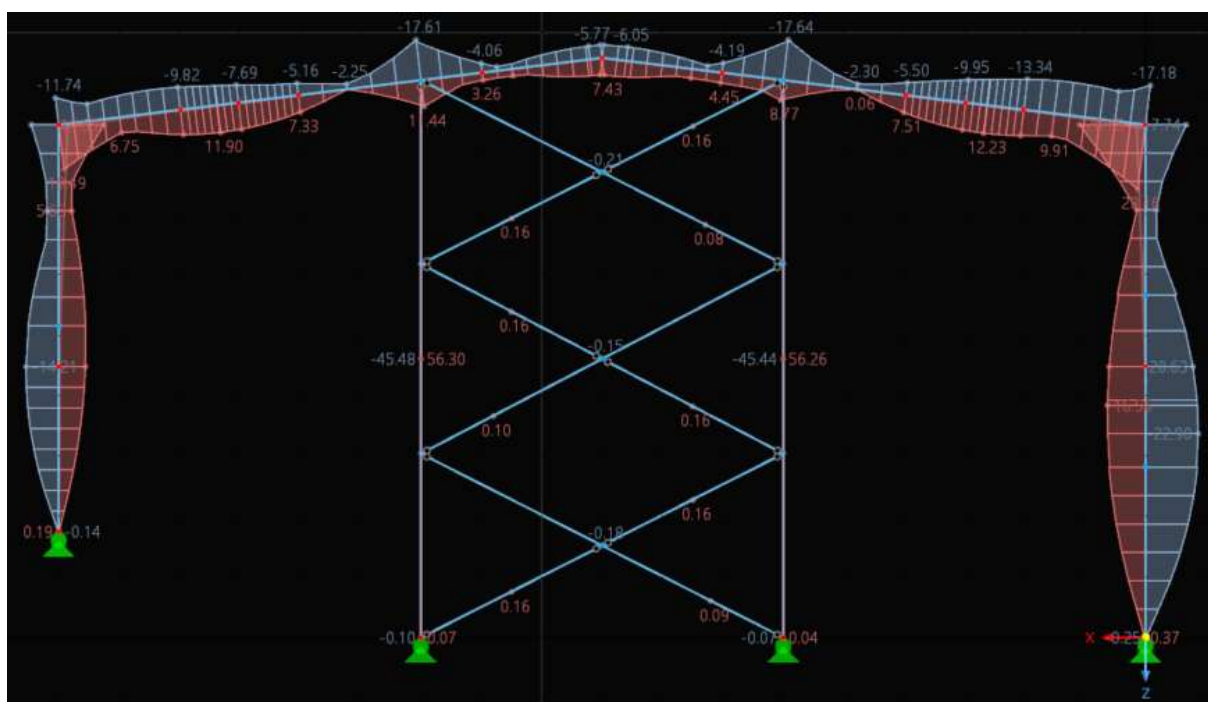
Obrázek 27 - Obálka normálových sil  $N$  – kombinace zatížení MSÚ



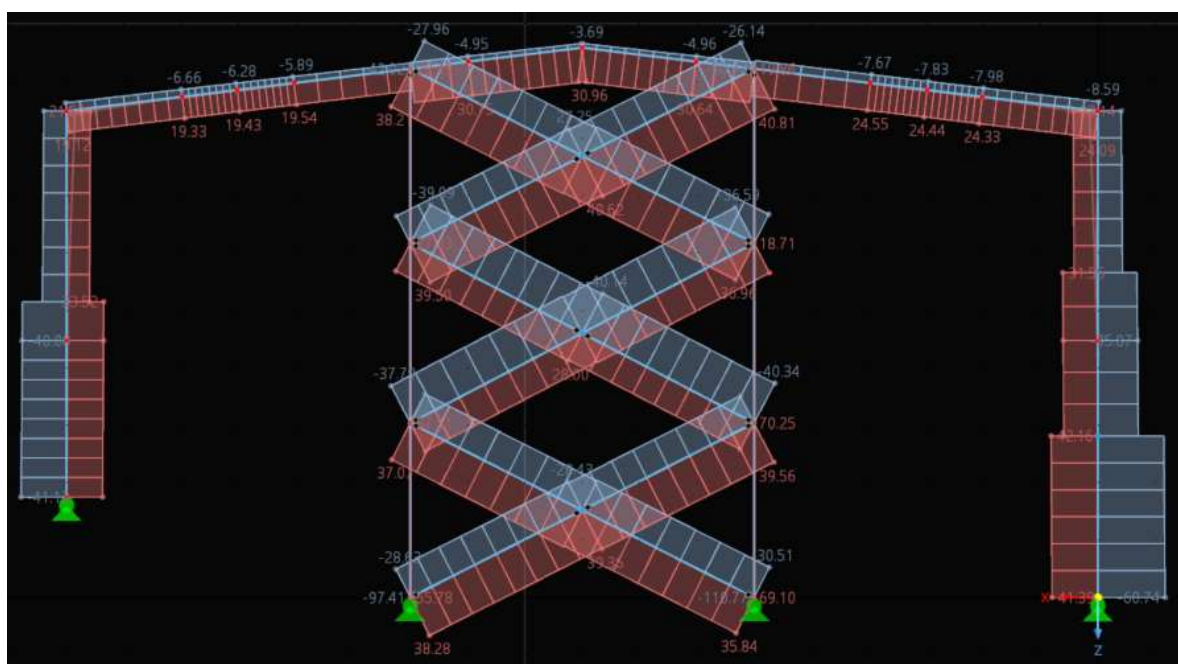
Obrázek 28 - KZ2 – Vykreslení max. napětí  $\sigma_x$

## 2.6 Štítová stěna se ztužidly

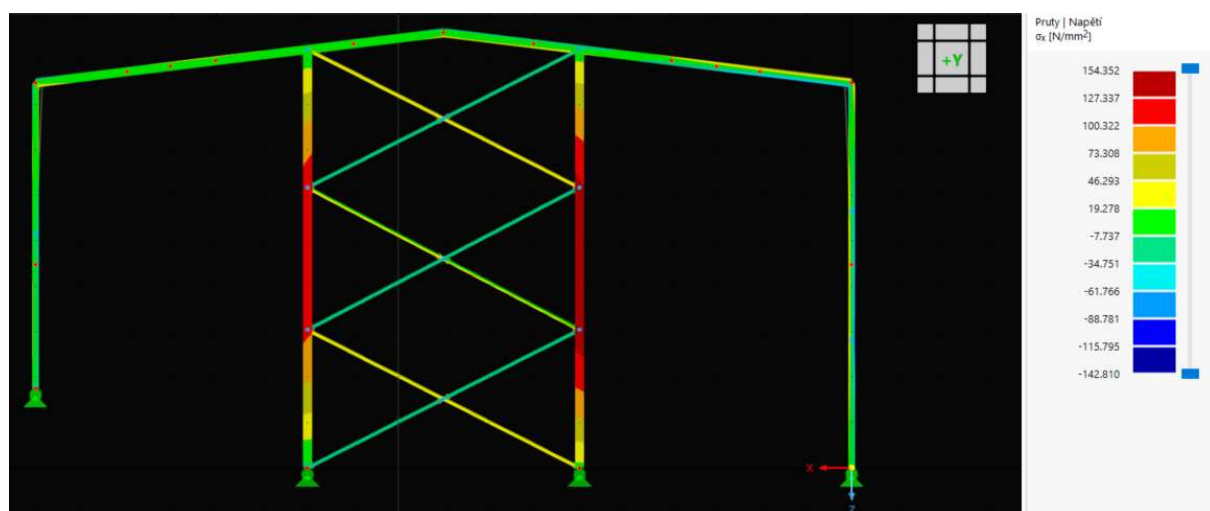
Krajní sloupy jsou zvoleny z HEA 160, které mají větší moment setrvačnosti ke globální ose X, příčle jsou z profilu IPE 240, vnitřní sloupy jsou z profilu HEA 200, které mají menší moment setrvačnosti ke globální ose Y a ztužidla jsou z TRk 82,5×6,3. U žádných prvků nejsou uvažovány náběhy, jelikož velikosti momentů v rozích rámu nejsou dostatečně veliké, aby se náběhy vyplatily. Všechny prvky jsou z oceli S235JR.



Obrázek 29 - Obálka ohybových momentů  $M_y$  – kombinace zatížení MSÚ



Obrázek 30 - Obálka normálových sil  $N$  – kombinace zatížení MSÚ



Obrázek 31 – KZ5 – Vykreslení max. napětí  $\sigma_x$

## 2.7 Volba statického schématu štítové stěny

|                       | <b>Stěna bez ztužidel</b> | <b>Stěna se ztužidly</b> |
|-----------------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>Hmotnost [t]</b>   | 2,919                     | 2,034                    |
| <b>Sloupy vnější</b>  | HEA 240                   | HEA 160                  |
| <b>Sloupy vnitřní</b> | HEA 240                   | HEA 200                  |
| <b>Příčle</b>         | IPE 330                   | IPE 200                  |
| <b>Ztužidla</b>       | -                         | TRk 82,5×5               |

*Tabulka 5 - Porovnání jednotlivých typů štítových stěn*

Každá varianta štítové stěny je navrhována jiným způsobem. Varianta štítové stěny bez ztužidel byla navržena na základě mezních stavů použitelnosti (MSP) pro jednotlivé prvky. Druhou variantu štítové stěny se ztužidly však touto metodou navrhnout nebylo možné, neboť ztužidla výrazně omezila průhyby konstrukčních prvků. Hodnoty průhybů se v tomto případě ani nepřiblížily k mezním hodnotám, stanoveným v rámci okrajových podmínek statických modelů. Štítová stěna se ztužidly je proto navrhována s ohledem na napětí, přičemž jsou zvoleny dimenze jednotlivých prvků tak, aby byla zajištěna dostatečná rezerva pro posouzení v mezním stavu únosnosti (MSÚ). Hlavní nevýhodou této varianty je dispoziční omezení, jelikož ztužidla zasahují do prostoru mezi vnitřními sloupy, což znemožňuje umístění vjezdových vrat do tohoto pole. Zadání sice uvažuje vrata v krajní části objektu, avšak varianta bez ztužidel umožňuje jejich případné budoucí přemístění i do prostředního pole. Za klíčové kritérium rozhodování je zvolena celková hmotnost celé štítové stěny. Dimenze jednotlivých prvků a celková hmotnost konstrukce jsou uvedeny výše viz. Tabulka 5. Ze srovnání je patrné, že přidání ztužidel snižuje celkovou hmotnost stěny téměř o jednu třetinu, tedy přibližně o jednu tunu. Na základě výše uvedeného srovnání hlavních výhod a nevýhod se přiklání k variantě štítové stěny se ztužidly, která se jeví jako ekonomicky výhodnější. Pravděpodobnost nutnosti změny umístění vjezdových vrat do prostředního pole je navíc velmi nízká.

### 3 Návrh a posouzení prvků obalových konstrukcí

#### 3.1 Střešní plášť – varianta panely

Návrh: Střešní panel KS FF K-Roc tl. 200 mm s plechem z oceli S280GD

Vzdálenost vaznic:  $l = 4,61 \text{ m}$

Zatížení:

Sníh  $f_k = 0,8 \text{ kN/m}^2$

Sání od větru  $f_k = -1,052 \text{ kN/m}^2$

Posudek:

KS FF K-Roc® 200 mm

plech vnější/vnitřní: 0,6/0,5 mm  
profilace vnější/vnitřní: trapéz 34 mm/Q (minibox)  
S280GD podle EN 14509:2013  
platí pro panely KS FF K-Roc® dodávané z výrobního závodu v Lipsku – Kingspan Polsko



|                                     |                 | TLAK                                              |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| systém                              | barevná skupina | charakteristické proměnné zatížení sněhem [kN/m²] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                     |                 | 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<br>↔                  | I., II., III.   | 40                                                | 41   | 50   | 51   | 52   | 53   | 55   | 56   | 57   | 58   | 59   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   |
|                                     |                 | 8,49                                              | 6,88 | 5,86 | 4,79 | 4,07 | 3,55 | 3,15 | 2,84 | 2,60 | 2,39 | 2,22 | 2,07 | 1,93 | 1,80 | 1,69 | 1,59 | 1,50 | 1,42 | 1,35 | 1,29 |
| spojitý nosník<br>o 2 polích<br>↔↔  | I., II.         | 40                                                | 40   | 45   | 51   | 52   | 53   | 55   | 56   | 57   | 58   | 59   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   |
|                                     |                 | 5,51                                              | 5,51 | 5,51 | 4,79 | 4,06 | 3,54 | 3,15 | 2,84 | 2,59 | 2,39 | 2,22 | 2,07 | 1,93 | 1,80 | 1,69 | 1,59 | 1,50 | 1,42 | 1,35 | 1,29 |
| spojitý nosník<br>o 3 polích<br>↔↔↔ | III.            | 40                                                | 40   | 40   | 40   | 40   | 40   | 40   | 40   | 45   | 53   | 58   | 59   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   |
|                                     |                 | 2,50                                              | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,39 | 2,22 | 2,07 | 1,93 | 1,80 | 1,69 | 1,59 | 1,50 | 1,42 | 1,35 | 1,29 |
| spojitý nosník<br>o 3 polích<br>↔↔↔ | I., II., III.   | 40                                                | 41   | 50   | 51   | 52   | 53   | 55   | 56   | 57   | 58   | 59   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   | 60   |
|                                     |                 | 6,94                                              | 6,87 | 5,87 | 4,79 | 4,06 | 3,54 | 3,15 | 2,84 | 2,59 | 2,39 | 2,22 | 2,07 | 1,93 | 1,80 | 1,69 | 1,59 | 1,50 | 1,42 | 1,35 | 1,29 |

|                                     |                 | SÁNÍ                                                  |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| systém                              | barevná skupina | charakteristické proměnné zatížení sání větru [kN/m²] |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                                     |                 | 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<br>↔                  | I., II., III.   | 11,03                                                 | 11,03 | 8,91 | 7,36 | 6,41 | 5,76 | 4,99 | 4,33 | 3,83 | 3,44 | 3,12 | 2,87 | 2,65 | 2,47 | 2,32 | 2,18 | 2,06 | 1,96 | 1,86 | 1,78 |
|                                     |                 |                                                       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| spojitý nosník<br>o 2 polích<br>↔↔  | I.              | 5,50                                                  | 5,50  | 5,14 | 3,66 | 2,95 | 2,52 | 2,23 | 2,01 | 1,84 | 1,71 | 1,59 | 1,50 | 1,41 | 1,34 | 1,28 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,08 | 1,04 |
|                                     | II.             | 5,50                                                  | 5,50  | 3,11 | 2,54 | 2,25 | 2,06 | 1,91 | 1,79 | 1,67 | 1,56 | 1,46 | 1,38 | 1,31 | 1,25 | 1,20 | 1,14 | 1,10 | 1,06 | 1,02 | 0,99 |
| spojitý nosník<br>o 3 polích<br>↔↔↔ | III.            | 2,11                                                  | 1,91  | 1,77 | 1,66 | 1,57 | 1,50 | 1,44 | 1,38 | 1,33 | 1,28 | 1,24 | 1,21 | 1,17 | 1,14 | 1,09 | 1,05 | 1,01 | 0,98 | 0,95 | 0,92 |
|                                     |                 |                                                       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| spojitý nosník<br>o 3 polích<br>↔↔↔ | I.              | 6,92                                                  | 6,92  | 6,68 | 4,60 | 3,56 | 2,95 | 2,54 | 2,25 | 2,03 | 1,86 | 1,72 | 1,61 | 1,51 | 1,43 | 1,36 | 1,30 | 1,24 | 1,19 | 1,14 | 1,10 |
|                                     | II.             | 6,92                                                  | 6,92  | 5,95 | 4,06 | 3,15 | 2,63 | 2,28 | 2,04 | 1,85 | 1,70 | 1,59 | 1,49 | 1,41 | 1,34 | 1,27 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,09 | 1,05 |
| spojitý nosník<br>o 3 polích<br>↔↔↔ | III.            | 6,92                                                  | 6,92  | 3,30 | 2,32 | 2,00 | 1,82 | 1,68 | 1,58 | 1,50 | 1,43 | 1,37 | 1,32 | 1,27 | 1,21 | 1,16 | 1,12 | 1,08 | 1,04 | 1,01 | 0,98 |

Obrázek 32 - Tabulka únosnosti panelů KS FF K-Roc tl. 150 mm

Tlak:  $l = 4,61 \text{ m} < l_{\max;1} = 4,79 \text{ m}$ ; **VYHOVÍ**

Sání:  $l = 4,61 \text{ m} < l_{\max;1} = 6,41 \text{ m}$ ; **VYHOVÍ**

**Navrhuji střešní panel KS FF K-Roc tl. 200 mm.**

## 3.2 Střešní plášť – varianta trapézový plech

Návrh: Trapézový plech CB 150/280 z oceli S320GD.

Vzdálenost vazeb:  $l_{\max} = 6,6 \text{ m}$

Zatížení:

|                                 |                     |                               |
|---------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Skladba střechy                 | $0,2 \times 1,35$   | $f_d = 0,27 \text{ kN/m}^2$   |
| Vlastní tíha trapézového plechu | $0,12 \times 1,35$  | $f_d = 0,162 \text{ kN/m}^2$  |
| Zatížení větrem – sání          | $-1,052 \times 1,5$ | $f_d = -1,578 \text{ kN/m}^2$ |
| Zatížení větrem – tlak          | $0,03 \times 1,5$   | $f_d = 0,045 \text{ kN/m}^2$  |
| Sníh                            | $0,8 \times 1,5$    | $f_d = 1,2 \text{ kN/m}^2$    |
| <u>Užitné</u>                   | $0,75 \times 1,5$   | $f_d = 1,125 \text{ kN/m}^2$  |

Kombinace zatížení MSÚ:

Zatěžovací stav 1 (max. svislé zatížení – užité + vítr):

$$E_d = \sum G_d + Q_{d,1} + \Psi_0 \times Q_{d,2} = (0,27 + 0,162) + 1,125 + 0,6 \times 0,045 = 1,584 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací stav 2 (max. sání od větru, svislé zatížení minimální):

$$E_d = \sum G_d + Q_{d,1} = (0,2 + 0,12) - 1,578 = -1,258 \text{ kN/m}^2$$

Kombinace zatížení MSP:

Zatěžovací stav 1 (max. svislé zatížení – užité + vítr):

$$E_k = \sum G_k + Q_{k,1} + \Psi_0 \times Q_{k,2} = (0,2 + 0,12) + 0,75 + 0,6 \times 0,03 = 1,088 \text{ kN/m}^2$$

Zatěžovací stav 2 (max. sání od větru, svislé zatížení minimální):

$$E_k = \sum G_k + Q_{k,1} = (0,2 + 0,12) - 1,052 = -0,732 \text{ kN/m}^2$$

Posudek:

| Uložení přes 2 pole |                          | Únosnost $q$ [kN/m <sup>2</sup> ] pro rozpětí pole $L$ [m] |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| $t$ [mm]            | $q$ [kg/m <sup>2</sup> ] |                                                            | 3,50  | 3,75  | 4,00  | 4,25  | 4,50  | 4,75  | 5,00  | 5,25  | 5,50  | 5,75  | 6,00 | 6,25 | 6,50 | 6,75 | 7,00 | 7,50 | 8,00 |
| 0,75                | 12,0                     | 1a                                                         | 8,14  | 7,30  | 6,59  | 5,98  | 5,45  | 4,99  | 4,59  | 4,23  | 3,92  | 3,64  | 3,39 | 3,16 | 2,96 | 2,77 | 2,60 | 2,30 | 2,00 |
|                     |                          | 1b                                                         | 7,50  | 6,75  | 6,11  | 5,56  | 5,08  | 4,66  | 4,29  | 3,97  | 3,68  | 3,42  | 3,19 | 2,98 | 2,79 | 2,62 | 2,47 | 2,19 | 1,97 |
|                     |                          | 2                                                          | 19,04 | 15,48 | 12,75 | 10,63 | 8,96  | 7,62  | 6,53  | 5,64  | 4,91  | 4,29  | 3,78 | 3,34 | 2,97 | 2,65 | 2,38 | 1,93 | 1,59 |
| 0,88                | 14,1                     | 1a                                                         | 11,00 | 9,86  | 8,88  | 8,05  | 7,33  | 6,70  | 6,15  | 5,67  | 5,24  | 4,86  | 4,52 | 4,21 | 3,90 | 3,61 | 3,35 | 2,90 | 2,53 |
|                     |                          | 1b                                                         | 10,15 | 9,12  | 8,24  | 7,49  | 6,83  | 6,26  | 5,76  | 5,32  | 4,93  | 4,58  | 4,26 | 3,98 | 3,73 | 3,50 | 3,29 | 2,86 | 2,50 |
|                     |                          | 2                                                          | 22,88 | 18,60 | 15,33 | 12,78 | 10,76 | 9,15  | 7,85  | 6,78  | 5,90  | 5,16  | 4,54 | 4,02 | 3,57 | 3,19 | 2,86 | 2,33 | 1,92 |
| 1,00                | 16,0                     | 1a                                                         | 13,95 | 12,48 | 11,23 | 10,17 | 9,25  | 8,45  | 7,75  | 7,13  | 6,59  | 6,05  | 5,55 | 5,11 | 4,72 | 4,37 | 4,05 | 3,50 | 3,05 |
|                     |                          | 1b                                                         | 12,88 | 11,56 | 10,43 | 9,47  | 8,63  | 7,90  | 7,26  | 6,70  | 6,20  | 5,76  | 5,36 | 5,00 | 4,62 | 4,28 | 3,98 | 3,45 | 3,01 |
|                     |                          | 2                                                          | 26,35 | 21,42 | 17,65 | 14,71 | 12,40 | 10,54 | 9,04  | 7,81  | 6,79  | 5,94  | 5,23 | 4,63 | 4,11 | 3,67 | 3,29 | 2,68 | 2,21 |
| 1,25                | 20,0                     | 1a                                                         | 20,23 | 18,03 | 16,18 | 14,61 | 13,25 | 12,03 | 10,89 | 9,89  | 9,02  | 8,25  | 7,57 | 6,97 | 6,43 | 5,95 | 5,51 | 4,76 | 4,15 |
|                     |                          | 1b                                                         | 18,70 | 16,73 | 15,06 | 13,63 | 12,40 | 11,32 | 10,39 | 9,56  | 8,80  | 8,06  | 7,40 | 6,82 | 6,30 | 5,83 | 5,41 | 4,68 | 4,08 |
|                     |                          | 2                                                          | 33,66 | 27,37 | 22,55 | 18,80 | 15,84 | 13,47 | 11,55 | 9,97  | 8,67  | 7,59  | 6,68 | 5,91 | 5,26 | 4,69 | 4,21 | 3,42 | 2,82 |
| 1,50                | 24,0                     | 1a                                                         | 26,13 | 23,23 | 20,79 | 18,64 | 16,68 | 15,01 | 13,56 | 12,31 | 11,21 | 10,25 | 9,39 | 8,64 | 7,96 | 7,35 | 6,81 | 5,87 | 5,10 |
|                     |                          | 1b                                                         | 24,20 | 21,58 | 19,37 | 17,49 | 15,87 | 14,47 | 13,15 | 11,93 | 10,87 | 9,94  | 9,11 | 8,38 | 7,72 | 7,13 | 6,60 | 5,69 | 4,94 |
|                     |                          | 2                                                          | 40,62 | 33,02 | 27,21 | 22,68 | 19,11 | 16,25 | 13,93 | 12,03 | 10,47 | 9,16  | 8,06 | 7,13 | 6,34 | 5,66 | 5,08 | 4,13 | 3,40 |

Obrázek 33 - Tabulka únosnosti plechu CB 160/250 v pozitivní poloze

| Uložení přes 2 pole                              |      |         | Únosnost q [kN/m²] pro rozpětí pole L [m]                                          |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|--------------------------------------------------|------|---------|------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| t [mm]                                           |      | [kg/m²] | 3,50                                                                               | 3,75  | 4,00  | 4,25  | 4,50  | 4,75  | 5,00  | 5,25  | 5,50  | 5,75 | 6,00 | 6,25 | 6,50 | 6,75 | 7,00 | 7,50 | 8,00 |  |  |
| 0,75                                             | 12,0 | 1a      | 6,40                                                                               | 5,79  | 5,26  | 4,81  | 4,41  | 4,06  | 3,75  | 3,48  | 3,24  | 3,02 | 2,82 | 2,64 | 2,48 | 2,34 | 2,20 | 1,97 | 1,77 |  |  |
|                                                  |      | 1b      | 6,09                                                                               | 5,51  | 5,02  | 4,59  | 4,21  | 3,89  | 3,60  | 3,34  | 3,11  | 2,90 | 2,71 | 2,55 | 2,39 | 2,25 | 2,13 | 1,90 | 1,71 |  |  |
|                                                  |      | 2       | 18,92                                                                              | 15,39 | 12,68 | 10,57 | 8,90  | 7,57  | 6,49  | 5,61  | 4,88  | 4,27 | 3,76 | 3,32 | 2,95 | 2,64 | 2,37 | 1,92 | 1,58 |  |  |
| 0,88                                             | 14,1 | 1a      | 8,34                                                                               | 7,52  | 6,82  | 6,22  | 5,69  | 5,24  | 4,83  | 4,47  | 4,15  | 3,87 | 3,61 | 3,38 | 3,17 | 2,98 | 2,80 | 2,50 | 2,24 |  |  |
|                                                  |      | 1b      | 7,96                                                                               | 7,19  | 6,53  | 5,96  | 5,46  | 5,03  | 4,64  | 4,30  | 4,00  | 3,73 | 3,48 | 3,26 | 3,06 | 2,88 | 2,72 | 2,42 | 2,18 |  |  |
|                                                  |      | 2       | 22,82                                                                              | 18,55 | 15,29 | 12,74 | 10,74 | 9,13  | 7,83  | 6,76  | 5,88  | 5,15 | 4,53 | 4,01 | 3,56 | 3,18 | 2,85 | 2,32 | 1,91 |  |  |
| 1,00                                             | 16,0 | 1a      | 10,30                                                                              | 9,27  | 8,39  | 7,64  | 6,98  | 6,41  | 5,90  | 5,46  | 5,06  | 4,71 | 4,39 | 4,10 | 3,85 | 3,61 | 3,40 | 3,02 | 2,71 |  |  |
|                                                  |      | 1b      | 9,86                                                                               | 8,89  | 8,06  | 7,34  | 6,72  | 6,17  | 5,70  | 5,27  | 4,89  | 4,55 | 4,25 | 3,98 | 3,73 | 3,50 | 3,30 | 2,94 | 2,21 |  |  |
|                                                  |      | 2       | 26,41                                                                              | 21,47 | 17,69 | 14,75 | 12,43 | 10,57 | 9,06  | 7,82  | 6,81  | 5,96 | 5,24 | 4,64 | 4,12 | 3,68 | 3,30 | 2,68 | 2,21 |  |  |
| 1,25                                             | 20,0 | 1a      | 14,85                                                                              | 13,32 | 12,01 | 10,90 | 9,93  | 9,09  | 8,36  | 7,71  | 7,13  | 6,62 | 6,16 | 5,75 | 5,37 | 5,04 | 4,73 | 4,20 | 3,75 |  |  |
|                                                  |      | 1b      | 14,29                                                                              | 12,84 | 11,60 | 10,53 | 9,61  | 8,81  | 8,10  | 7,48  | 6,93  | 6,43 | 5,99 | 5,60 | 5,24 | 4,91 | 4,62 | 4,10 | 3,67 |  |  |
|                                                  |      | 2       | 33,66                                                                              | 27,37 | 22,55 | 18,80 | 15,84 | 13,47 | 11,55 | 9,97  | 8,67  | 7,59 | 6,68 | 5,91 | 5,26 | 4,69 | 4,21 | 3,42 | 2,82 |  |  |
| 1,50                                             | 24,0 | 1a      | 19,82                                                                              | 17,72 | 15,93 | 14,41 | 13,10 | 11,96 | 10,96 | 10,09 | 9,32  | 8,63 | 8,02 | 7,47 | 6,97 | 6,52 | 6,12 | 5,42 | 4,80 |  |  |
|                                                  |      | 1b      | 19,18                                                                              | 17,16 | 15,46 | 14,00 | 12,73 | 11,64 | 10,68 | 9,84  | 9,09  | 8,43 | 7,83 | 7,30 | 6,82 | 6,39 | 6,00 | 5,30 | 4,60 |  |  |
|                                                  |      | 2       | 40,62                                                                              | 33,02 | 27,21 | 22,68 | 19,11 | 16,25 | 13,93 | 12,03 | 10,47 | 9,16 | 8,06 | 7,13 | 6,34 | 5,66 | 5,08 | 4,13 | 3,40 |  |  |
| 1a - návrhová hodnota únosnosti                  |      |         | - pro spojitý nosník s vnitřní podporou šířky 250 mm a krajní podporou šířky 40 mm |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 1b - návrhová hodnota únosnosti                  |      |         | - pro spojitý nosník s vnitřní podporou šířky 160 mm a krajní podporou šířky 40 mm |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 2 - charakteristická hodnota zatížení pro průhyb |      |         | - L/200                                                                            |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |

Obrázek 34 - Tabulka únosnosti plechu CB 160/250 v negativní poloze

VS1:MSÚ:  $f_{d,max} = 1,584 \text{ kN/m}^2 \leq q_{ed} = 2,62 \text{ kN/m}^2$ ; **VYHOVÍ**MSP:  $f_{k,max} = 1,088 \text{ kN/m}^2 \leq q_{ek} = 2,65 \text{ kN/m}^2$ ; **VYHOVÍ**VS2:MSÚ:  $f_{d,max} = 1,258 \text{ kN/m}^2 \leq q_{ed} = 2,25 \text{ kN/m}^2$ ; **VYHOVÍ**MSP:  $f_{k,max} = 0,732 \text{ kN/m}^2 \leq q_{ek} = 2,64 \text{ kN/m}^2$ ; **VYHOVÍ****Navrhují plech CB 160/250 tl. 1 mm z oceli S320GD v pozitivní poloze.**

### 3.3 Obvodová stěna – varianta panely

Návrh: Stěnový panel KS LR K-Roc tl. 120 mm s nestandardní tloušťkou vnitřního plechu 0,6 mm z oceli S280GD.

Vzdálenost sloupů:  $l_{\max} = 6,6 \text{ m}$

Zatížení:

Sání od větru  $-0,82 \text{ kN/m}^2$

Tlak od větru  $0,505 \text{ kN/m}^2$

Posudek:

| SÁNÍ                                |                 |                                    |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| systém                              | barevná skupina | charakteristické proměnné zatížení |      |      |      |      |      |      |      |
|                                     |                 | 0,25                               | 0,50 | 0,75 | 1,00 | 1,25 | 1,50 | 1,75 | 2,00 |
| prostý nosník<br>▲                  | I.              | 13,05                              | 9,83 | 8,03 | 6,95 | 6,22 | 5,21 | 4,46 | 3,91 |
|                                     | II.             | 12,47                              | 9,83 | 8,03 | 6,95 | 6,22 | 5,21 | 4,46 | 3,91 |
|                                     | III.            | 10,85                              | 9,53 | 8,03 | 6,95 | 6,22 | 5,21 | 4,46 | 3,91 |
| spojitý nosník<br>o 2 polích<br>▲▲  | I.              | 11,61                              | 8,29 | 6,83 | 5,48 | 4,31 | 3,53 | 2,99 | 2,60 |
|                                     | II.             | 9,24                               | 6,77 | 5,69 | 5,06 | 4,08 | 3,31 | 2,78 | 2,39 |
|                                     | III.            | 4,15                               | 3,68 | 3,40 | 3,21 | 3,07 | 2,92 | 2,41 | 2,05 |
| spojitý nosník<br>o 3 polích<br>▲▲▲ | I.              | 13,54                              | 9,60 | 7,86 | 6,61 | 5,25 | 4,34 | 3,70 | 3,21 |
|                                     | II.             | 12,66                              | 8,99 | 7,36 | 6,40 | 5,17 | 4,26 | 3,61 | 3,13 |
|                                     | III.            | 8,36                               | 6,08 | 5,08 | 4,50 | 4,10 | 3,81 | 3,48 | 3,00 |

| TLAK                                |                 |                                    |            |            |            |            |            |            |            |
|-------------------------------------|-----------------|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| systém                              | barevná skupina | charakteristické proměnné zatížení |            |            |            |            |            |            |            |
|                                     |                 | 0,25                               | 0,50       | 0,75       | 1,00       | 1,25       | 1,50       | 1,75       | 2,00       |
| prostý nosník<br>▲                  | I., II., III.   | 40<br>12,47                        | 59<br>9,55 | 72<br>7,80 | 83<br>6,76 | 93<br>6,04 | 96<br>5,21 | 96<br>4,46 | 96<br>3,91 |
| spojitý nosník<br>o 2 polích<br>▲▲  | I.              | 40<br>11,48                        | 51<br>8,27 | 63<br>6,87 | 74<br>6,04 | 84<br>5,48 | 93<br>5,07 | 96<br>4,46 | 96<br>3,91 |
|                                     |                 | 70                                 | 102        | 126        | 148        | 168        | 186        | 192        | 192        |
|                                     |                 | 40                                 | 51         | 63         | 74         | 84         | 93         | 96         | 96         |
|                                     | II.             | 11,48                              | 8,27       | 6,87       | 6,04       | 5,48       | 5,07       | 4,46       | 3,91       |
|                                     |                 | 70                                 | 102        | 126        | 148        | 168        | 186        | 192        | 192        |
|                                     |                 | 40                                 | 51         | 63         | 74         | 84         | 93         | 96         | 96         |
| spojitý nosník<br>o 3 polích<br>▲▲▲ | III.            | 5,76                               | 5,76       | 5,76       | 5,48       | 5,07       | 4,46       | 3,91       |            |
|                                     |                 | 70                                 | 102        | 126        | 148        | 168        | 186        | 192        | 192        |
|                                     |                 | 40                                 | 51         | 63         | 74         | 84         | 93         | 96         | 96         |
|                                     | I.              | 13,51                              | 9,55       | 7,80       | 6,76       | 6,04       | 5,21       | 4,46       | 3,91       |
|                                     |                 | 83                                 | 117        | 143        | 166        | 185        | 192        | 192        | 192        |
|                                     |                 | 41                                 | 59         | 72         | 83         | 93         | 96         | 96         | 96         |
| spojitý nosník<br>o 3 polích<br>▲▲▲ | II.             | 13,51                              | 9,55       | 7,80       | 6,76       | 6,04       | 5,21       | 4,46       | 3,91       |
|                                     |                 | 83                                 | 117        | 143        | 166        | 185        | 192        | 192        | 192        |
|                                     |                 | 41                                 | 59         | 72         | 83         | 93         | 96         | 96         | 96         |
|                                     | III.            | 13,51                              | 9,55       | 7,80       | 6,76       | 6,04       | 5,21       | 4,46       | 3,91       |
|                                     |                 | 83                                 | 117        | 143        | 166        | 185        | 192        | 192        | 192        |
|                                     |                 | 41                                 | 59         | 72         | 83         | 93         | 96         | 96         | 96         |

Obrázek 35 - Tabulka únosnosti panelů KS LR K-Roc tl. 120 mm

Sání od větru:  $l = 6,6 \text{ m} < l_{\max;1} = 6,95 \text{ m}$ ; **VYHOVÍ**

Tlak od větru:  $l = 6,6 \text{ m} < l_{\max;1} = 7,8 \text{ m}$ ; **VYHOVÍ**

**Navrhuji stěnové panely KS LR K-Roc tl. 120 mm s nestandardní tloušťkou vnitřního plechu 0,6 mm z oceli S280GD.**

### 3.4 Obvodová stěna – varianta tenkostěnné kazety

Návrh: Stěnové tenkostěnné kazety C160/600 z oceli S320GD.

Vzdálenost sloupů:  $l_{\max} = 6,6 \text{ m}$

Zatížení:

Sání od větru  $-0,82 \times 1,5$   $f_d = -1,23 \text{ kN/m}^2$

Tlak od větru  $0,505 \times 1,5$   $f_d = 0,758 \text{ kN/m}^2$

Posudek:

Tabulky únosnosti kazetového profilu **C160/600**

Třída oceli: **S320GD**

Tlak

Nosník s jedním polem



| Tloušťka | Stádník návrhu | Rozpon (m) - šířka podpory: 80mm / 80mm |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|----------------|-----------------------------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |                | 3,00                                    | 3,25  | 3,50  | 3,75 | 4,00 | 4,25 | 4,50 | 4,75 | 5,00 | 5,25 | 5,50 | 5,75 | 6,00 | 6,25 | 6,50 | 6,75 | 7,00 | 7,25 | 7,50 | 7,75 |
| 0,75     | MSÚ            | 2,70                                    | 2,49  | 2,32  | 2,16 | 2,03 | 1,91 | 1,80 | 1,71 | 1,62 | 1,54 | 1,47 | 1,41 | 1,35 | 1,30 | 1,24 | 1,15 | 1,07 | 0,99 | 0,93 | 0,87 |
|          | MSP PD         | 2,03                                    | 1,87  | 1,74  | 1,62 | 1,52 | 1,43 | 1,35 | 1,28 | 1,22 | 1,16 | 1,10 | 1,05 | 1,01 | 0,97 | 0,93 | 0,83 | 0,77 | 0,72 | 0,67 | 0,63 |
|          | MSÚ            | 9,40                                    | 7,39  | 5,92  | 4,81 | 3,96 | 3,30 | 2,78 | 2,37 | 2,03 | 1,75 | 1,52 | 1,33 | 1,17 | 1,04 | 0,92 | 0,82 | 0,74 | 0,67 | 0,60 | 0,54 |
|          | MSP PD         | 2,03                                    | 1,87  | 1,74  | 1,62 | 1,52 | 1,43 | 1,35 | 1,28 | 1,22 | 1,16 | 1,10 | 1,05 | 1,01 | 0,97 | 0,93 | 0,83 | 0,77 | 0,72 | 0,67 | 0,63 |
| 0,88     | MSÚ            | 4,15                                    | 3,83  | 3,56  | 3,32 | 3,11 | 2,93 | 2,77 | 2,62 | 2,49 | 2,37 | 2,26 | 2,15 | 2,07 | 1,92 | 1,88 | 1,68 | 1,58 | 1,45 | 1,35 | 1,26 |
|          | MSP PD         | 3,11                                    | 2,87  | 2,67  | 2,49 | 2,34 | 2,20 | 2,08 | 1,97 | 1,87 | 1,78 | 1,70 | 1,67 | 1,64 | 1,53 | 1,23 | 1,14 | 1,06 | 0,99 | 0,92 | 0,87 |
|          | MSÚ            | 10,64                                   | 8,37  | 6,70  | 5,45 | 4,49 | 3,74 | 3,15 | 2,68 | 2,30 | 1,99 | 1,73 | 1,51 | 1,33 | 1,18 | 1,05 | 0,93 | 0,84 | 0,75 | 0,68 | 0,62 |
|          | MSP PD         | 3,11                                    | 2,87  | 2,67  | 2,49 | 2,34 | 2,20 | 2,08 | 1,97 | 1,87 | 1,78 | 1,70 | 1,67 | 1,64 | 1,53 | 1,23 | 1,14 | 1,06 | 0,99 | 0,92 | 0,87 |
| 1,00     | MSÚ            | 5,49                                    | 5,07  | 4,71  | 4,39 | 4,12 | 3,88 | 3,66 | 3,47 | 3,30 | 3,14 | 2,93 | 2,68 | 2,46 | 2,27 | 2,09 | 1,94 | 1,81 | 1,68 | 1,57 | 1,47 |
|          | MSP PD         | 4,12                                    | 3,80  | 3,63  | 3,30 | 3,09 | 2,91 | 2,75 | 2,60 | 2,47 | 2,35 | 2,15 | 1,96 | 1,80 | 1,66 | 1,54 | 1,42 | 1,32 | 1,24 | 1,15 | 1,08 |
|          | MSÚ            | 12,41                                   | 9,78  | 7,82  | 6,36 | 5,24 | 4,37 | 3,68 | 3,13 | 2,68 | 2,32 | 2,01 | 1,76 | 1,55 | 1,37 | 1,22 | 1,09 | 0,98 | 0,88 | 0,79 | 0,72 |
|          | MSP PD         | 4,12                                    | 3,80  | 3,63  | 3,30 | 3,09 | 2,91 | 2,75 | 2,60 | 2,47 | 2,35 | 2,15 | 1,96 | 1,80 | 1,66 | 1,54 | 1,42 | 1,32 | 1,24 | 1,15 | 1,08 |
| 1,25     | MSÚ            | 8,28                                    | 7,65  | 7,10  | 6,63 | 6,21 | 5,85 | 5,52 | 5,23 | 4,97 | 4,73 | 4,12 | 3,77 | 3,47 | 3,19 | 2,85 | 2,74 | 2,55 | 2,37 | 2,22 | 2,08 |
|          | MSP PD         | 6,21                                    | 5,73  | 5,32  | 4,97 | 4,66 | 4,39 | 4,14 | 3,92 | 3,68 | 3,33 | 3,04 | 2,78 | 2,55 | 2,35 | 2,18 | 2,02 | 1,88 | 1,75 | 1,63 | 1,53 |
|          | MSÚ            | 17,09                                   | 13,44 | 10,75 | 8,75 | 7,21 | 6,01 | 5,09 | 4,31 | 3,69 | 3,19 | 2,77 | 2,43 | 2,14 | 1,89 | 1,69 | 1,50 | 1,35 | 1,21 | 1,09 | 0,99 |
|          | MSP PD         | 6,21                                    | 5,73  | 5,32  | 4,97 | 4,66 | 4,39 | 4,14 | 3,92 | 3,68 | 3,33 | 3,04 | 2,78 | 2,55 | 2,35 | 2,18 | 2,02 | 1,88 | 1,75 | 1,63 | 1,53 |

Tabulky únosnosti kazetového profilu **C160/600**

Třída oceli: **S320GD**

Sání

Nosník s jedním polem



| Tloušťka | Stádník návrhu | Rozpon (m) - šířka podpory: 80mm / 80mm |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|----------------|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |                | 3,00                                    | 3,25 | 3,50 | 3,75 | 4,00 | 4,25 | 4,50 | 4,75 | 5,00 | 5,25 | 5,50 | 5,75 | 6,00 | 6,25 | 6,50 | 6,75 | 7,00 | 7,25 | 7,50 | 7,75 |
| 0,75     | MSÚ            | 3,45                                    | 3,79 | 3,27 | 2,85 | 2,50 | 2,22 | 1,98 | 1,78 | 1,60 | 1,45 | 1,32 | 1,21 | 1,11 | 1,03 | 0,95 | 0,88 | 0,82 | 0,76 | 0,71 | 0,67 |
|          | MSP PD         | 3,21                                    | 2,73 | 2,36 | 2,05 | 1,80 | 1,60 | 1,42 | 1,28 | 1,15 | 1,05 | 0,95 | 0,87 | 0,80 | 0,74 | 0,68 | 0,63 | 0,59 | 0,55 | 0,51 | 0,48 |
|          | MSÚ            | 6,65                                    | 4,45 | 3,62 | 2,90 | 2,39 | 1,99 | 1,68 | 1,42 | 1,22 | 1,08 | 0,92 | 0,80 | 0,71 | 0,63 | 0,56 | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,36 | 0,33 |
|          | MSP PD         | 6,29                                    | 5,36 | 4,62 | 4,03 | 3,54 | 3,14 | 2,80 | 2,51 | 2,27 | 2,05 | 1,87 | 1,71 | 1,57 | 1,45 | 1,34 | 1,24 | 1,16 | 1,08 | 1,01 | 0,94 |
| 0,88     | MSÚ            | 4,57                                    | 3,93 | 3,36 | 2,93 | 2,57 | 2,28 | 2,03 | 1,82 | 1,65 | 1,49 | 1,36 | 1,24 | 1,14 | 1,05 | 0,97 | 0,90 | 0,84 | 0,78 | 0,73 | 0,69 |
|          | MSP PD         | 4,57                                    | 3,93 | 3,36 | 2,93 | 2,57 | 2,28 | 2,03 | 1,82 | 1,65 | 1,49 | 1,36 | 1,24 | 1,14 | 1,05 | 0,97 | 0,90 | 0,84 | 0,78 | 0,73 | 0,69 |
|          | MSÚ            | 6,39                                    | 5,02 | 4,02 | 3,27 | 2,69 | 2,25 | 1,89 | 1,61 | 1,38 | 1,19 | 1,04 | 0,91 | 0,80 | 0,71 | 0,63 | 0,56 | 0,50 | 0,45 | 0,41 | 0,37 |
|          | MSP PD         | 6,39                                    | 5,02 | 4,02 | 3,27 | 2,69 | 2,25 | 1,89 | 1,61 | 1,38 | 1,19 | 1,04 | 0,91 | 0,80 | 0,71 | 0,63 | 0,56 | 0,50 | 0,45 | 0,41 | 0,37 |
| 1,00     | MSÚ            | 5,62                                    | 5,70 | 5,36 | 4,96 | 4,59 | 4,26 | 3,95 | 3,19 | 2,88 | 2,61 | 2,38 | 2,18 | 2,00 | 1,84 | 1,70 | 1,58 | 1,47 | 1,37 | 1,28 | 1,20 |
|          | MSP PD         | 5,83                                    | 4,87 | 4,29 | 3,73 | 3,28 | 2,81 | 2,58 | 2,33 | 2,10 | 1,91 | 1,74 | 1,59 | 1,46 | 1,34 | 1,24 | 1,15 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,87 |
|          | MSÚ            | 7,42                                    | 5,94 | 4,68 | 3,86 | 3,13 | 2,61 | 2,20 | 1,87 | 1,60 | 1,39 | 1,20 | 1,05 | 0,93 | 0,82 | 0,73 | 0,65 | 0,58 | 0,53 | 0,48 | 0,43 |
|          | MSP PD         | 7,42                                    | 5,94 | 4,68 | 3,86 | 3,13 | 2,61 | 2,20 | 1,87 | 1,60 | 1,39 | 1,20 | 1,05 | 0,93 | 0,82 | 0,73 | 0,65 | 0,58 | 0,53 | 0,48 | 0,43 |
| 1,25     | MSÚ            | 11,53                                   | 9,83 | 8,47 | 7,38 | 6,49 | 5,75 | 5,13 | 4,60 | 4,15 | 3,77 | 3,43 | 3,14 | 2,88 | 2,66 | 2,45 | 2,28 | 2,12 | 1,97 | 1,85 | 1,73 |
|          | MSP PD         | 8,46                                    | 7,21 | 6,22 | 5,42 | 4,78 | 4,22 | 3,76 | 3,38 | 3,05 | 2,76 | 2,52 | 2,30 | 2,12 | 1,95 | 1,80 | 1,67 | 1,55 | 1,45 | 1,36 | 1,27 |
|          | MSÚ            | 10,17                                   | 8,00 | 6,40 | 5,21 | 4,29 | 3,58 | 3,01 | 2,56 | 2,20 | 1,90 | 1,65 | 1,44 | 1,27 | 1,12 | 1,00 | 0,89 | 0,80 | 0,72 | 0,65 | 0,59 |
|          | MSP PD         | 10,17                                   | 8,00 | 6,40 | 5,21 | 4,29 | 3,58 | 3,01 | 2,56 | 2,20 | 1,90 | 1,65 | 1,44 | 1,27 | 1,12 | 1,00 | 0,89 | 0,80 | 0,72 | 0,65 | 0,59 |

Obrázek 36 - Tabulka únosnosti kazet C160/600

Sání od větru:

MSÚ:  $f_{d,\max} = 1,23 \text{ kN/m}^2 \leq q_{ed} = 2,28 \text{ kN/m}^2$ ; **VYHOVÍ**

MSP:  $f_{k,\max} = 0,82 \text{ kN/m}^2 \leq q_{ek} = 0,89 \text{ kN/m}^2$ ; **VYHOVÍ**

Tlak od větru:

MSÚ:  $f_{d,\max} = 0,758 \text{ kN/m}^2 \leq q_{ed} = 2,74 \text{ kN/m}^2$ ; **VYHOVÍ**

MSP:  $f_{k,\max} = 0,505 \text{ kN/m}^2 \leq q_{ek} = 1,5 \text{ kN/m}^2$ ; **VYHOVÍ**

**Navrhují stěnové tenkostěnné kazety C160/600 tloušťky 1,25 mm z oceli S320GD.**

### 3.5 Volba konstrukcí opláštění

Pro variantu střešní krytiny volím řešení s trapézovým plechem, jelikož toto provedení nevyžaduje použití šesti vaznic k překlenutí velkého rozpětí. Celková délka těchto šesti vaznic činí 223,2 metru a v případě použití například profilu IPE 240 by to znamenalo navýšení hmotnosti konstrukce přibližně o 6,8 tuny oceli. Z důvodu snahy o sjednocení použitých materiálů a konstrukčních prvků volím pro stěnový plášť systém z tenkostěnných kazet namísto sendvičových panelů.

### 3.6 Posouzení vnitřní příčky

Na ose 5 v interiéru se nachází sádkartonová dělicí příčka na celou výšku objektu. Předmětem této kapitoly je návrh svislých sloupů, na které bude připevněn rastr a obklady stěny.

Návrh: HEA 120 výšky 9 metrů z oceli S235JR

Moment setrvačnosti k ose y HEA 120:  $I_y = 6062000 \text{ mm}^4$

Plastický průřezový modul k ose y HEA 120:  $W_{pl,y} = 119500 \text{ mm}^3$

Smyková plocha HEA 120:  $A_{vz} = 846 \text{ mm}^2$

Rozteč sloupů:  $l_{\max} = 3 \text{ m}$

Zatížení:

Mimořádná situace – vítr MSÚ  $f_d = 0,2 \times 0,615 \times 1,5 \times 3 = 0,56 \text{ kN/m}$

Mimořádná situace – vítr MSP  $f_k = 0,2 \times 0,615 \times 3 = 0,37 \text{ kN/m}$

Návrhový moment:  $M_{Ed} = \frac{1}{8} \times f_d \times l^2 = \frac{1}{8} \times 0,56 \times 9^2 = 5,67 \text{ kNm}$

Návrhová posouvající síla:  $V_{Ed} = \frac{1}{2} \times f_d \times l = \frac{1}{2} \times 0,56 \times 9 = 2,52 \text{ kN}$

Kritický moment sloupu:  $M_{cr} = 19,46 \text{ kNm}$

*Výpočet kritického momentu byl proveden v programu LTBeamN viz. Příloha č. 1.*

Poměrná štíhlost:  $\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{119500 \times 235}{19,46 \times 10^6}} = 1,2$

*Podle tabulky 6.4 v ČSN EN 1993-1-1 se jedná o válcovaný průřez, kde  $h/b < 2$  a uvažují křivku klopení a.*

$\chi_{LT} = 0,573$

Posouzení:

$V_{Rd} = \frac{A_{vz} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{846 \times 235}{\sqrt{3} \times 1} = 115 \text{ kN} > V_{Ed} = 2,52 \text{ kN}$ , **VYHOVÍ**

$0,5 \times V_{Rd} = 0,5 \times 115 = 58 \text{ kN} > V_{Ed} = 2,52 \text{ kN}$ , **VYHOVÍ** vliv smyku můžeme zanedbat

$M_{Rd} = \chi_{LT} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \times W_{pl,y} = 0,573 \times \frac{235}{1} \times 119500 = 16,1 \text{ kNm} > M_{Ed} = 11,14 \text{ kNm}$ , **VYHOVÍ**

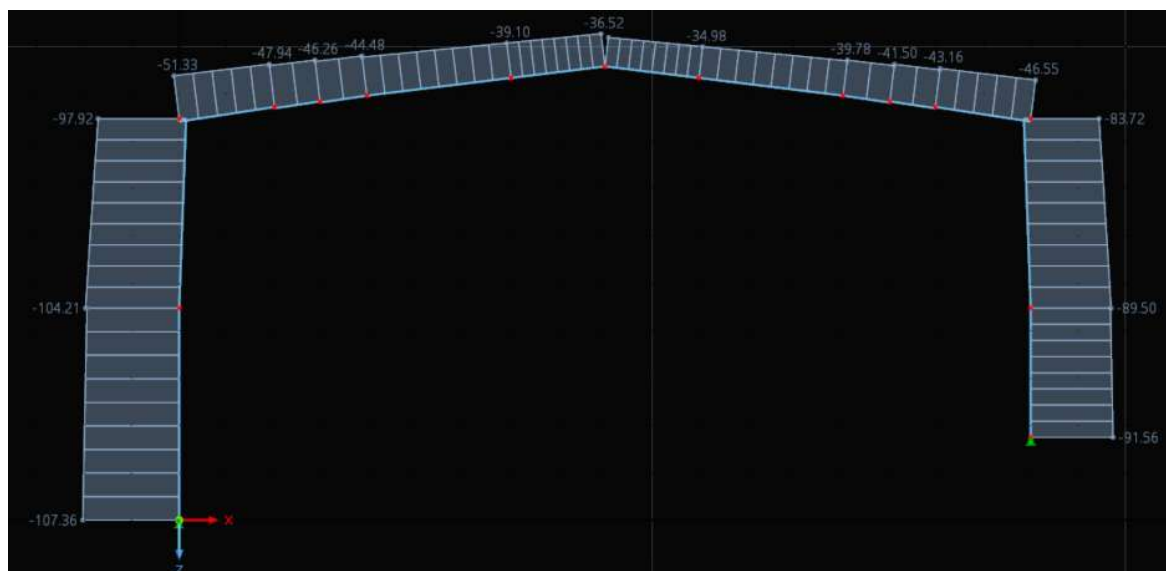
$w = \frac{5 \times g \times l^4}{384 \times E \times I_y} = \frac{5 \times 0,37 \times 9000^4}{384 \times 210000 \times 6062000} = 24,15 \text{ mm} < w_{lim} = \frac{l}{150} = \frac{9000}{150} = 60 \text{ mm}$ , **VYHOVÍ**

**Navrhují nosné sloupy sádkartonové příčky z HEA 120 z oceli S235JR. Dimenze rastru bude proveden dle dodavatele.**

## 4 Posouzení prvků nosné konstrukce

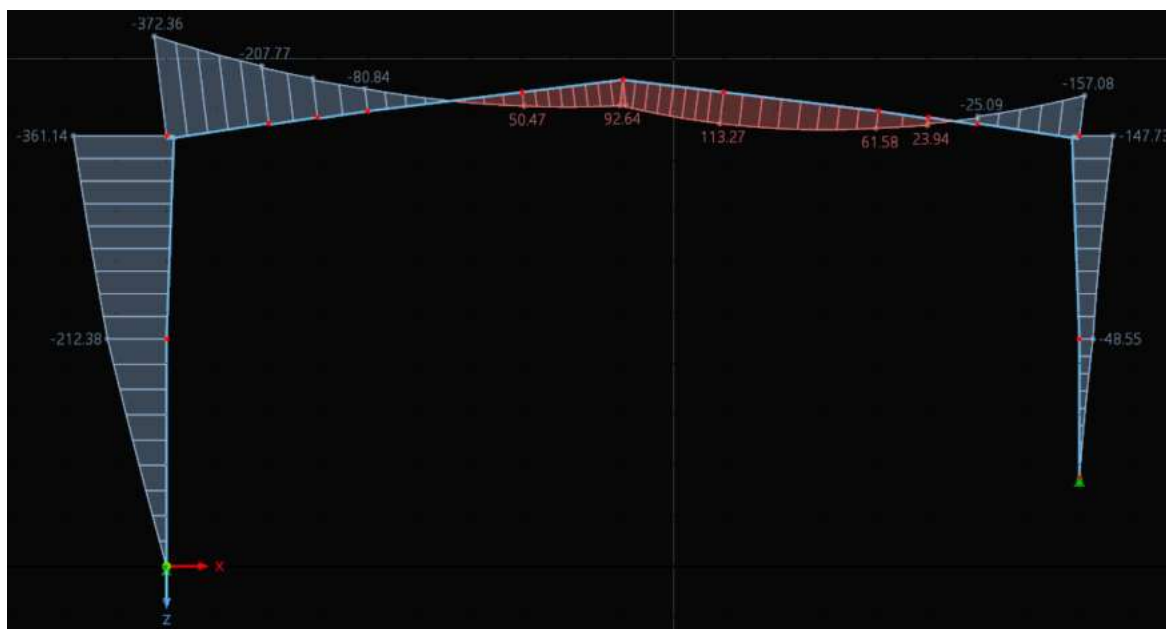
### 4.1 Posouzení sloupu IPE 450 (osa A) na interakci tlaku s ohybem

Návrh: IPE 450 z oceli S235JR



Obrázek 37 - KZ13 – Průběh normálových sil  $N$

Posuzovaná normálová síla (KZ13):  $N_{ED} = 108 \text{ kN}$



Obrázek 38 - KZ13 – Průběh ohybových momentů  $M_y$

Posuzovaný moment  $M_y$  (KZ13):  $M_{ED} = 361 \text{ kNm}$

Plocha průřezu IPE 450:  $A = 15600 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti k ose y IPE 450:  $I_y = 92080 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Moment setrvačnosti k ose z IPE 450:  $I_z = 3387 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Poloměr setrvačnosti y IPE 450:  $i_y = 185 \text{ mm}$

Poloměr setrvačnosti z IPE 450:  $i_z = 41,2 \text{ mm}$

Vzpěrná délka k ose y:  $L_{cr,y} = 8500 \text{ mm}$

Vzpěrná délka k ose z:  $L_{cr,z} = 2850 \text{ mm}$

Součinitel vzpěru:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y \times 93,9} = \frac{8500}{185 \times 93,9} = 0,49$$

*Uvažuji vzpěrnostní křivku a.*

$$\chi_y = 0,927$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z \times 93,9} = \frac{2850}{41,2 \times 93,9} = 0,74$$

*Uvažuji vzpěrnostní křivku b.*

$$\chi_z = 0,761$$

Kritický moment sloupu:  $M_{cr} = 2420 \text{ kNm}$

*Výpočet kritického momentu byl proveden v programu LTBeamN viz. Příloha č. 2.*

Pro průřezové charakteristiky pro momentovou únosnost uvažuji průřez s maximálním náběhem a pro tlakovou únosnost uvažuji průřez bez náběhu tzn. pouze IPE 450.

Moment setrvačnosti k ose y:  $I_y = 1522948920 \text{ mm}^4$

Vzdálenost horních vláken od těžiště:  $h_h = 433,85 \text{ mm}$

Vzdálenost dolních vláken od těžiště:  $h_d = 430,55 \text{ mm}$

*Moment setrvačnosti a souřadnice těžiště byly určeny v programu AUTOCAD 2023.*

$$\text{Elastický průřezový modul k ose y: } W_{el,y} = \frac{I_y}{\max(h_h; h_d)} = \frac{1522948920}{\max(433,85; 430,55)} = 3510309 \text{ mm}^3$$

$$N_{Rd} = N_{Rk} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{15600 \times 235}{1} = 3666 \text{ kN}$$

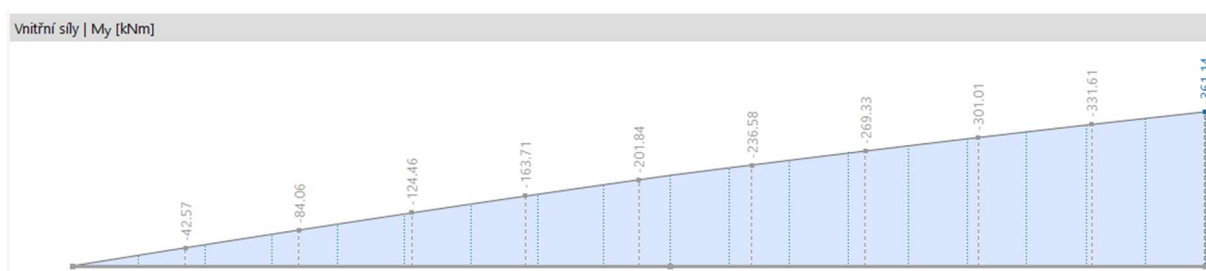
$$M_{Rd} = M_{Rk} = \frac{W_{el,y} \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{3510309 \times 235}{1} = 825 \text{ kNm}$$

$$\text{Poměrná štíhlost: } \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{el,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{3510309 \times 235}{2420 \times 10^6}} = 0,58$$

*Podle tabulky 6.4 v ČSN EN 1993-1-1 se jedná o jiný průřez a uvažuji křivku klopení d.*

$$\chi_{LT} = 0,724$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu  $C_{my}, C_{mLT}$ :



Obrázek 39 - KZ13 – Průběh  $M_y$  na posuzovaném sloupu pro vzdálenost  $L_{cr,y}$

$$C_{my} = 0,9$$

Větší z ohybových momentů v místě napojení ztužidel:  $M_h = -255 \text{ kNm}$

Ohybový moment uprostřed rozpětí  $L_{cr,z}$  (viz. Obrázek 39):  $M_s = -202 \text{ kNm}$

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{-202}{-255} = 0,79$$

$$\Psi = \frac{M_{h1}}{M_{h2}} = \frac{-140}{-255} = 0,55$$

$$C_{mLT} = 0,2 + 0,8 \times \alpha_s = 0,2 + 0,8 \times 0,79 = 0,832$$

$$C_{mLT} = 0,832 \geq 0,4; \text{ VYHOVÍ}$$

Pro výpočet interakčních součinitelů  $k_{ij}$  uvažuji Metodu 2 dle Národní přílohy B v ČSN EN 1993-1-1

$$k_{yy} = \min \left( C_{my} \times \left( 1 + 0,6 \times \bar{\lambda}_y \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} \right); C_{my} \times \left( 1 + 0,6 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} \right) \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( 0,9 \times \left( 1 + 0,6 \times 0,49 \times \frac{108}{0,927 \times 3666} \right); 0,9 \times \left( 1 + 0,6 \times \frac{108}{0,927 \times 3666} \right) \right)$$

$$k_{yy} = \min(0,908; 0,917) = \mathbf{0,908}$$

$$k_{zy} = \min \left( 1 - \frac{0,05 \times \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}}; 1 - \frac{0,05}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}} \right)$$

$$k_{zy} = \min \left( 1 - \frac{0,05 \times 0,74}{0,832 - 0,25} \times \frac{108}{0,761 \times 3666}; 1 - \frac{0,05}{0,832 - 0,25} \times \frac{108}{0,761 \times 3666} \right)$$

$$k_{zy} = \min(0,998; 0,997) = \mathbf{0,997}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} + k_{yy} \times \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{Rd}} = \frac{108}{0,927 \times 3666} + 0,908 \times \frac{361}{0,724 \times 825} = 0,58 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}} + k_{zy} \times \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{Rd}} = \frac{108}{0,761 \times 3666} + 0,997 \times \frac{361}{0,724 \times 825} = 0,64 \leq 1$$

**Obě podmínky vyhoví.**

**Interakce tlaku a ohybu v místě hlavy sloupu IPE 450 s náběhy vyhoví. Navrhují podélná stěnová ztužidla v každé třetině výšky většího ze sloupů. Interakce pro menší sloup v místě napojení na příčli nebyla vypočtena, jelikož se jedná o stejné průřezy a hodnoty vnitřních sil jsou menší než ve větším sloupu. Z tohoto důvodu se nepředpokládá nepříznivější výsledek posudku oproti posuzovanému napojení.**

## 4.2 Posouzení příčle IPE 360 (u osy A) na interakci tlaku s ohybem

Návrh: IPE 360 z oceli S235JR

Posuzovaná normálová síla (viz. Obrázek 37):  $N_{ED} = 51 \text{ kN}$

Posuzovaný moment  $M_y$  (viz. Obrázek 38):  $M_{ED} = 372 \text{ kNm}$

Kritický moment příčle:  $M_{cr} = 1344 \text{ kNm}$

*Výpočet kritického momentu byl proveden v programu LTBeamN viz. Příloha č. 3.*

Pro průřezové charakteristiky pro momentovou únosnost uvažuji průřez s maximálním náběhem a pro tlakovou únosnost uvažuji průřez bez náběhu tzn. pouze IPE 360.

Zatřídění pásnic

Třída pásnic 1:  $\frac{b}{t_f} = \frac{63}{12,7} = 4,96 \leq 9 \times \varepsilon = 9 \times 1 = 9$ ; **VYHOVÍ**

Zatřídění stojny

Třída stojny 2:  $\frac{d}{t_w} = \frac{298,6}{8} = 37,325 < 38 \times \varepsilon = 38 \times 1 = 38$ ; **VYHOVÍ**

Plocha průřezu IPE 360:  $A = 7273 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti k ose y IPE 360:  $I_y = 16270 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Moment setrvačnosti k ose z IPE 360:  $I_z = 1043 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Poloměr setrvačnosti y IPE 360:  $i_y = 150 \text{ mm}$

Poloměr setrvačnosti z IPE 360:  $i_z = 37,9 \text{ mm}$

Vzpěrná délka k ose y:  $L_{cr,y} = 18200 \text{ mm}$

Vzpěrná délka k ose z:  $L_{cr,z} = 6050 \text{ mm}$

Součinitel vzpěru:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y \times 93,9} = \frac{18200}{150 \times 93,9} = 1,29$$

*Uvažuji vzpěrnostní křivku a.*

$$\chi_y = 0,476$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z \times 93,9} = \frac{6050}{37,9 \times 93,9} = 1,7$$

*Uvažuji vzpěrnostní křivku b.*

$$\chi_z = 0,278$$

Plastický průřezový modul k ose y pro průřez s náběhem:  $W_{pl,y} = 2442000 \text{ mm}^3$

Plastický průřezový modul k ose y byl vypočten v programu LTBeamN viz. Příloha č. 3.

$$N_{Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{7273 \times 235}{1} = 1709 \text{ kN}$$

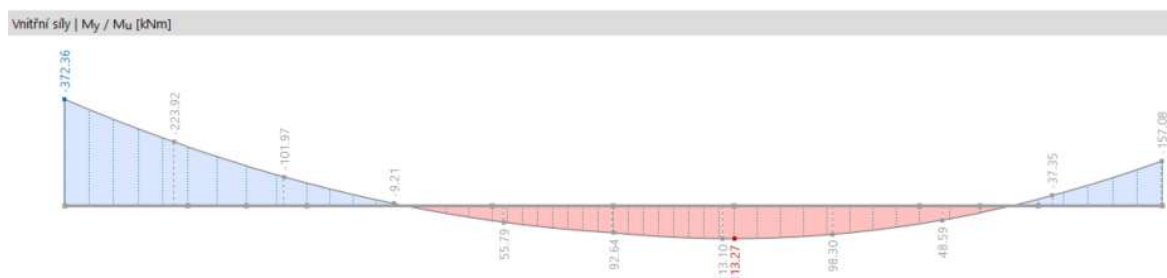
$$M_{Rd} = M_{Rk} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{244200 \times 235}{1} = 574 \text{ kNm}$$

$$\text{Poměrná štíhlost: } \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{Rk}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{574}{1344}} = 0,65$$

Podle tabulky 6.4 v ČSN EN 1993-1-1 se jedná o jiný průřez a uvažují křivku klopení d.

$$\chi_{LT} = 0,676$$

Pro výpočet součinitele ekvivalentního konstantního momentu uvažují Tabulku B.3 v ČSN EN 1993-1-1.



Obrázek 40 – KZ13 – Průběh  $M_y$  na posuzované příčli pro vzdálenost  $L_{cr,y}$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu  $C_{my}$ :

Ohybový moment v místě napojení na sloup:  $M_h = -372,36 \text{ kNm}$

Ohybový moment uprostřed rozpětí pro  $L_{cr,y}$ :  $M_s = 113,27 \text{ kNm}$

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{113,27}{-372,36} = -0,3$$

$$\Psi = \frac{M_{h1}}{M_{h2}} = \frac{-157,08}{-372,36} = 0,43$$

$$C_{my} = 0,1 - 0,8 \times \alpha_s = 0,1 - 0,8 \times (-0,3) = 0,34$$

$$C_{my} = 0,34 \geq 0,4; \text{ NEVYHOVÍ, proto } C_{my} = 0,4$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu  $C_{mLT}$ :

Ohybový moment v místě napojení na sloup (viz. Obrázek 40):  $M_h = -372,36 \text{ kNm}$

Ohybový moment uprostřed rozpětí  $L_{cr,z}$  (viz. Obrázek 40):  $M_s = -93,35 \text{ kNm}$

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{-93,35}{-372,36} = 0,25$$

$$\Psi = \frac{M_{h1}}{M_{h2}} = \frac{49,77}{-372,36} = -0,13$$

$$C_{mLT} = 0,2 + 0,8 \times \alpha_s = 0,2 + 0,8 \times 0,25 = 0,4$$

$$C_{mLT} = 0,4 \geq 0,4; \text{ VYHOVÍ}$$

Pro výpočet interakčních součinitelů  $k_{ij}$  uvažují Metodu 2 dle Národní přílohy B v ČSN EN 1993-1-1

$$k_{yy} = \min \left( C_{my} \times \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} \right); C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} \right) \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( 0,4 \times \left( 1 + (1,29 - 0,2) \times \frac{51}{0,476 \times 1709} \right); 0,4 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{51}{0,476 \times 1709} \right) \right)$$

$$k_{yy} = \min(0,427; 0,42) = \mathbf{0,42}$$

$$k_{zy} = \min \left( 1 - \frac{0,1 \times \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}}; 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}} \right)$$

$$k_{zy} = \min \left( 1 - \frac{0,1 \times 1,7}{0,4 - 0,25} \times \frac{51}{0,278 \times 1709}; 1 - \frac{0,1}{0,4 - 0,25} \times \frac{51}{0,278 \times 1709} \right)$$

$$k_{zy} = \min(0,878; 0,928) = \mathbf{0,878}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} + k_{yy} \times \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{Rd}} = \frac{51}{0,476 \times 1709} + 0,42 \times \frac{372}{0,676 \times 574} = 0,47 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}} + k_{zy} \times \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{Rd}} = \frac{51}{0,278 \times 1709} + 0,878 \times \frac{372}{0,676 \times 574} = 0,95 \leq 1$$

**Obě podmínky vyhoví.**

**Interakce tlaku a ohybu pro příčli IPE 360 v místě napojení na sloup vyhoví. Navrhují podporu proti klopení 180 mm pod horní hranou průřezu v půdorysné vzdálenosti šesti metrů od napojení příčle na sloup (na oscách). Interakce pro příčli v napojení na menší sloup nebyla vypočtena, neboť průřezy sloupu i příčle jsou identické a hodnoty vnitřních sil v tomto místě jsou nižší. Z tohoto důvodu se nepředpokládá nepříznivější výsledek posudku oproti posuzovanému napojení.**

Návrh: HEA 160 z oceli S235JR



Posuzovaný moment  $M_y$  (KZ13):  $M_{ED} = 17,44 \text{ kNm}$

Plocha průřezu HEA 160:  $A = 3877 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti k ose y HEA 160:  $I_y = 1673 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Moment setrvačnosti k ose z HEA 160:  $I_z = 615 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Poloměr setrvačnosti y HEA 160:  $i_y = 65,7 \text{ mm}$

Poloměr setrvačnosti z HEA 160:  $i_z = 39,8 \text{ mm}$

Vzpěrná délka k ose y:  $L_{cr,y} = 8500 \text{ mm}$

Vzpěrná délka k ose z:  $L_{cr,z} = 2850 \text{ mm}$

Součinitel vzpěru:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y \times 93,9} = \frac{8500}{65,7 \times 93,9} = 1,38$$

*Uvažuji vzpěrnostní křivku a.*

$$\chi_y = 0,428$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z \times 93,9} = \frac{2850}{39,8 \times 93,9} = 0,76$$

*Uvažuji vzpěrnostní křivku b.*

$$\chi_z = 0,749$$

Kritický moment sloupu:  $M_{cr} = 177 \text{ kNm}$

*Výpočet kritického momentu byl proveden v programu LTBeamN viz. Příloha č. 4.*

$$N_{Rd} = N_{Rk} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{3877 \times 235}{1} = 911 \text{ kN}$$

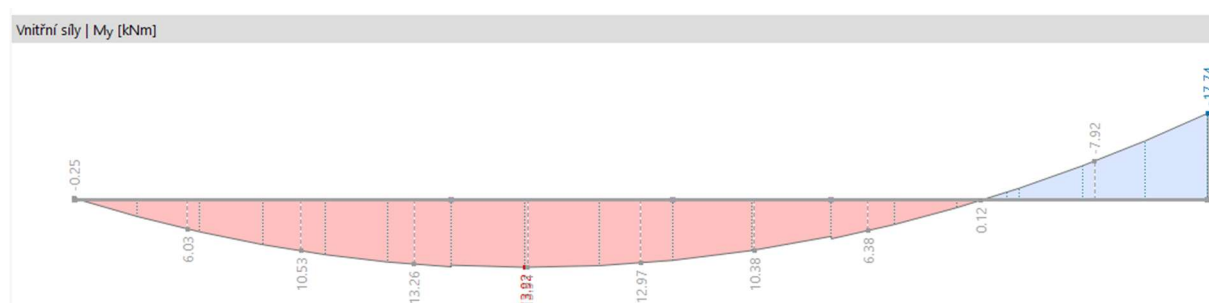
$$M_{Rd} = M_{Rk} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{245100 \times 235}{1} = 58 \text{ kNm}$$

$$\text{Poměrná štíhlost: } \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{245100 \times 235}{177 \times 10^6}} = 0,57$$

*Podle tabulky 6.4 v ČSN EN 1993-1-1 se jedná o válcovaný průřez, kde  $h/b < 2$  a uvažuji křivku klopení a.*

$$\chi_{LT} = 0,901$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu  $C_{my}, C_{mLT}$ :



Obrázek 43 - KZ10 – Průběh  $M_y$  na posuzovaném sloupu pro vzdálenost  $L_{cr,y}$

$$C_{my} = 0,9$$

Větší z ohybových momentů v místě napojení ztužidel:  $M_h = 13,49$  kNm

Ohybový moment uprostřed rozpětí  $L_{cr,z}$  (viz. Obrázek 43):  $M_s = 12,97$  kNm

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{12,97}{13,49} = 0,96$$

$$\Psi = \frac{M_{h1}}{M_{h2}} = \frac{13,49}{13,49} = 1$$

$$C_{mLT} = 0,2 + 0,8 \times \alpha_s = 0,2 + 0,8 \times 0,96 = 0,968$$

$$C_{mLT} = 0,968 \geq 0,4; \text{ VYHOVÍ }$$

Pro výpočet interakčních součinitelů  $k_{ij}$  uvažuji Metodu 2 dle Národní přílohy B v ČSN EN 1993-1-1

$$k_{yy} = \min \left( C_{my} \times \left( 1 + 0,6 \times \bar{\lambda}_y \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} \right); C_{my} \times \left( 1 + 0,6 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} \right) \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( 0,9 \times \left( 1 + 0,6 \times 1,38 \times \frac{48,09}{0,428 \times 390} \right); 0,9 \times \left( 1 + 0,6 \times \frac{48,09}{0,428 \times 390} \right) \right)$$

$$k_{yy} = \min(1,115; 1,056) = \mathbf{1,056}$$

$$k_{zy} = \min \left( 1 - \frac{0,05 \times \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}}; 1 - \frac{0,05}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}} \right)$$

$$k_{zy} = \min \left( 1 - \frac{0,05 \times 0,76}{0,968 - 0,25} \times \frac{48,09}{0,749 \times 390}; 1 - \frac{0,05}{0,968 - 0,25} \times \frac{48,09}{0,749 \times 390} \right)$$

$$k_{zy} = \min(0,991; 0,989) = \mathbf{0,989}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} + k_{yy} \times \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{Rd}} = \frac{48,09}{0,428 \times 390} + 1,056 \times \frac{17,44}{0,901 \times 58} = 0,64 \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}} + k_{zy} \times \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{Rd}} = \frac{48,09}{0,749 \times 390} + 0,989 \times \frac{17,44}{0,901 \times 58} = 0,5 \leq 1$$

**Obě podmínky vyhoví.**

**Interakce tlaku a ohybu v místě hlavy sloupu HEA 160 vyhoví. Interakce pro menší sloup v místě napojení na příčli nebyla vypočtena, jelikož se jedná o stejné průřezy a hodnoty vnitřních sil jsou menší než ve větším sloupu. Z tohoto důvodu se nepředpokládá nepříznivější výsledek posudku oproti posuzovanému napojení.**

#### 4.4 Posouzení příčle IPE 200 (u osy A) na interakci tlaku s ohybem

Návrh: IPE 200 z oceli S235JR

Posuzovaná normálová síla (viz. Obrázek 41):  $N_{ED} = 8,59 \text{ kN}$

Posuzovaný moment  $M_y$  (viz. Obrázek 42):  $M_{ED} = 17,18 \text{ kNm}$

Kritický moment příčle:  $M_{cr} = 138 \text{ kNm}$

*Výpočet kritického momentu byl proveden v programu LTBeamN viz. Příloha č. 5.*

Plocha průřezu IPE 200:  $A = 2848 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti k ose y IPE 200:  $I_y = 1943 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Moment setrvačnosti k ose z IPE 200:  $I_z = 142,4 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Poloměr setrvačnosti y IPE 200:  $i_y = 82,6 \text{ mm}$

Poloměr setrvačnosti z IPE 200:  $i_z = 22,4 \text{ mm}$

Vzpěrná délka k ose y:  $L_{cr,y} = 6050 \text{ mm}$

Vzpěrná délka k ose z:  $L_{cr,z} = 6050 \text{ mm}$

Součinitel vzpěru:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y \times 93,9} = \frac{6050}{82,6 \times 93,9} = 0,78$$

*Uvažuji vzpěrnostní křivku a.*

$$\chi_y = 0,807$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z \times 93,9} = \frac{6050}{22,4 \times 93,9} = 2,88$$

*Uvažuji vzpěrnostní křivku b.*

$$\chi_z = 0,107$$

Plastický průřezový modul k ose y pro IPE 200:  $W_{pl,y} = 220600 \text{ mm}^3$

$$N_{Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{2848 \times 235}{1} = 670 \text{ kN}$$

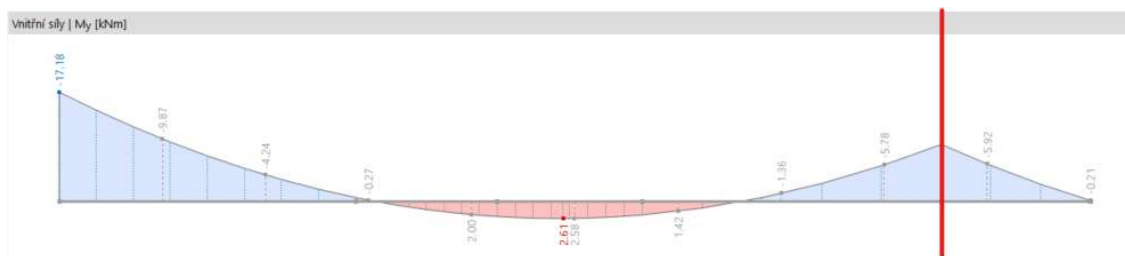
$$M_{Rd} = M_{Rk} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{220600 \times 235}{1} = 52 \text{ kNm}$$

$$\text{Poměrná štíhlost: } \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{M_{Rk}}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{52}{138}} = 0,61$$

*Podle tabulky 6.4 v ČSN EN 1993-1-1 se jedná o válcovaný průřez, kde  $h/b < 2$  a uvažuji křivku klopení a.*

$$\chi_{LT} = 0,886$$

Pro výpočet součinitele ekvivalentního konstantního momentu uvažují Tabulku B.3 v ČSN EN 1993-1-1.



Obrázek 44 - KZ10 – Průběh  $M_y$  na posuzované příčli pro vzdálenost  $L_{cr,y}$  i  $L_{cr,z}$  s vyznačeným napojením na sloup

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu  $C_{my}, C_{mLT}$ :

Ohybový moment v místě napojení na sloup:  $M_h = -17,18 \text{ kNm}$

Ohybový moment uprostřed rozpětí pro  $L_{cr,y}$  i  $L_{cr,z}$ :  $M_s = 2,3 \text{ kNm}$

$$\alpha_s = \frac{M_s}{M_h} = \frac{2,3}{-17,18} = -0,13$$

$$\Psi = \frac{M_{h1}}{M_{h2}} = \frac{-9}{-17,18} = 0,52$$

$$C_{my}, C_{mLT} = 0,1 - 0,8 \times \alpha_s = 0,1 - 0,8 \times (-0,13) = 0,2$$

$$C_{my}, C_{mLT} = 0,2 \geq 0,4; \text{ NEVYHOVÍ, proto } C_{my}, C_{mLT} = 0,4$$

Pro výpočet interakčních součinitelů  $k_{ij}$  uvažují Metodu 2 dle Národní přílohy B v ČSN EN 1993-1-1.

$$k_{yy} = \min \left( C_{my} \times \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} \right); C_{my} \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} \right) \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( 0,4 \times \left( 1 + (0,78 - 0,2) \times \frac{8,59}{0,807 \times 670} \right); 0,4 \times \left( 1 + 0,8 \times \frac{8,59}{0,807 \times 670} \right) \right)$$

$$k_{yy} = \min(0,403; 0,405) = \mathbf{0,403}$$

$$k_{zy} = \min \left( 1 - \frac{0,1 \times \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}}; 1 - \frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}} \right)$$

$$k_{zy} = \min \left( 1 - \frac{0,1 \times 2,88}{0,4 - 0,25} \times \frac{8,59}{0,107 \times 670}; 1 - \frac{0,1}{0,4 - 0,25} \times \frac{8,59}{0,107 \times 670} \right)$$

$$k_{zy} = \min(0,77; 0,92) = \mathbf{0,77}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} + k_{yy} \times \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{Rd}} = \frac{8,59}{0,807 \times 670} + 0,403 \times \frac{17,18}{0,886 \times 52} = 0,166 \leq 1$$

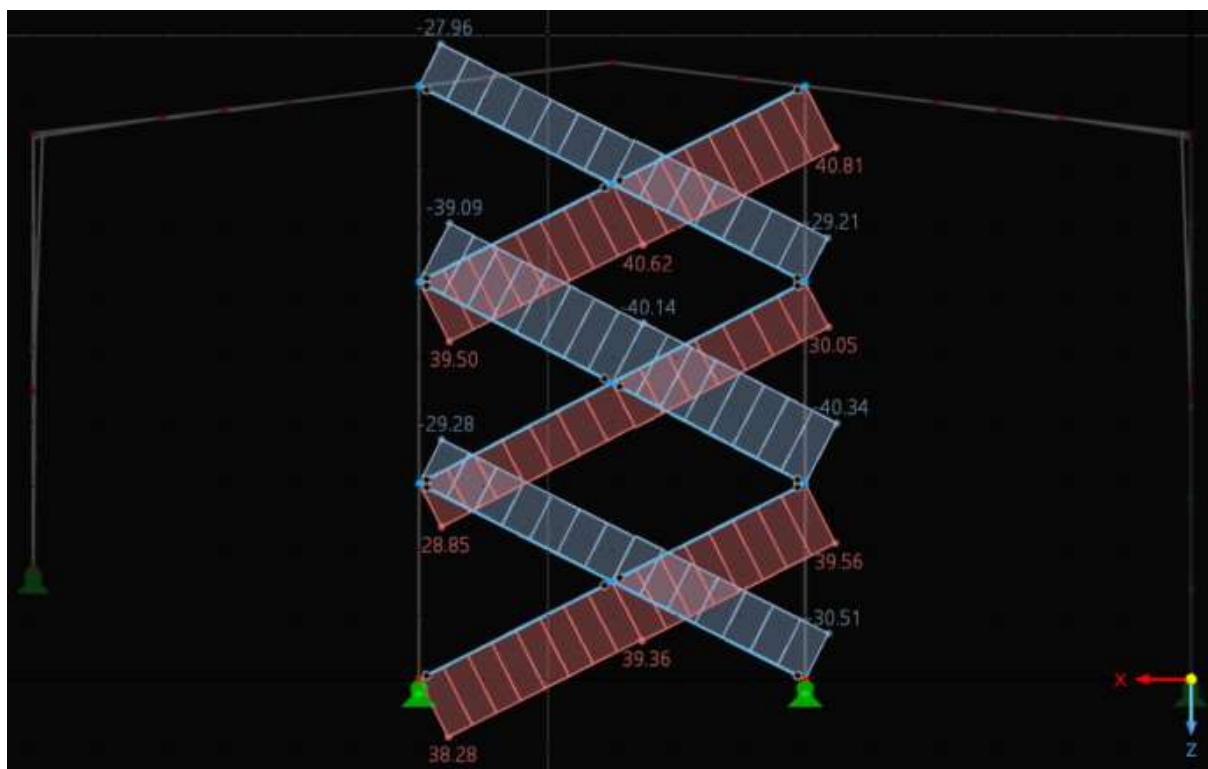
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}} + k_{zy} \times \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{Rd}} = \frac{8,59}{0,107 \times 670} + 0,77 \times \frac{17,18}{0,886 \times 52} = 0,407 \leq 1$$

**Obě podmínky vyhoví.**

**Interakce tlaku a ohybu pro příčli IPE 220 v místě napojení na sloup vyhoví. Interakce pro příčli v napojení na menší sloup nebyla vypočtena, neboť průřezy sloupu i příčle jsou identické a hodnoty vnitřních sil v tomto místě jsou nižší. Z tohoto důvodu se nepředpokládá nepříznivější výsledek posudku oproti posuzovanému napojení.**

## 4.5 Posouzení ztužidel TRk 82,5×5 ve štítové stěně na vzpěrný tlak

Návrh: TRk 82,5×5 z oceli S235JR



Obrázek 45 - KZ11 – Průběh normálových sil  $N$  ve ztužidlech štítové stěny

Posuzovaná tlaková síla (KZ11):  $N_{ED} = 40,34 \text{ kN}$

Posuzovaná tahová síla (KZ11):  $N_{ED} = 28,85 \text{ kN}$

Plocha průřezu TRk 82,5×5:  $A = 1217 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti TRk 82,5×5:  $I = 110 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Poloměr setrvačnosti TRk 82,5×5:  $i = 27,5 \text{ mm}$

Délka ztužidla:  $L = 6800 \text{ mm}$

Kritická délka:  $L_{cr} = L \times \sqrt{1 - 0,75 \times \left| \frac{N_t}{N_c} \right|} = 6800 \times \sqrt{1 - 0,75 \times \frac{28,85}{40,34}} = 4630 \text{ mm}$

Součinitel vzpěru:

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i \times 93,9} = \frac{4630}{27,5 \times 93,9} = 1,79$$

Uvažuji vzpěrnostní křivku  $a$ .

$$\chi = 0,273$$

Únosnost ztužidla:

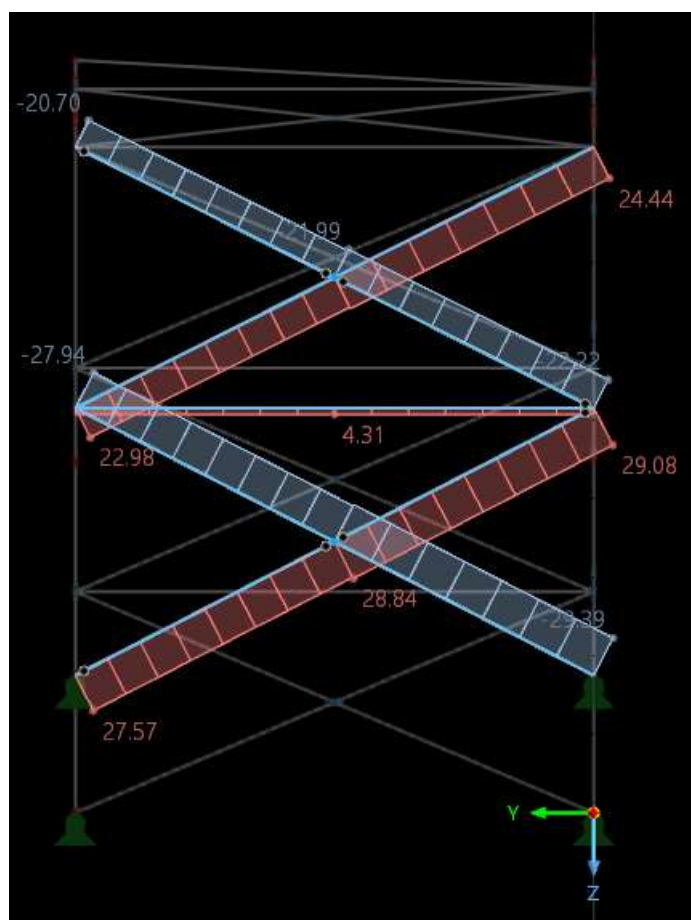
$$N_{RD} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,273 \times 1217 \times 235}{1} = 78 \text{ kN}$$

$$N_{ED} = 40,34 \text{ kN} < N_{RD} = 78 \text{ kN}; \text{ VYHOVÍ}$$

**Navrhuji stěnová ztužidla ve štítové stěně z kruhové trubky 82,5×6,3 z oceli S235JR, která vyhoví.**

## 4.6 Posouzení příčných ztužidel TRk 89×5 v podélné stěně na vzpěrný tlak

Návrh: TRk 89×5 z oceli S235JR



Obrázek 46 – KZ2 – Průběh normálových sil  $N$  ve ztužidlech podélné stěny

Posuzovaná tlaková síla (KZ2):  $N_{ED} = 29,39 \text{ kN}$

Posuzovaná tahová síla (KZ2):  $N_{ED} = 27,57 \text{ kN}$

Plocha průřezu TRk 89×5:  $A = 1319 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti TRk 89×5:  $I = 117 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Poloměr setrvačnosti TRk 89×5:  $i = 29,8 \text{ mm}$

Délka ztužidla:  $L = 7300 \text{ mm}$

Kritická délka:  $L_{cr} = L \times \sqrt{1 - 0,75 \times \left| \frac{N_t}{N_c} \right|} = 7300 \times \sqrt{1 - 0,75 \times \frac{27,57}{29,39}} = 3975 \text{ mm}$

Součinitel vzpěru:

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i \times 93,9} = \frac{3975}{29,8 \times 93,9} = 1,42$$

Uvažuji vzpěrnostní křivku  $a$ .

$\chi = 0,408$

Únosnost ztužidla:

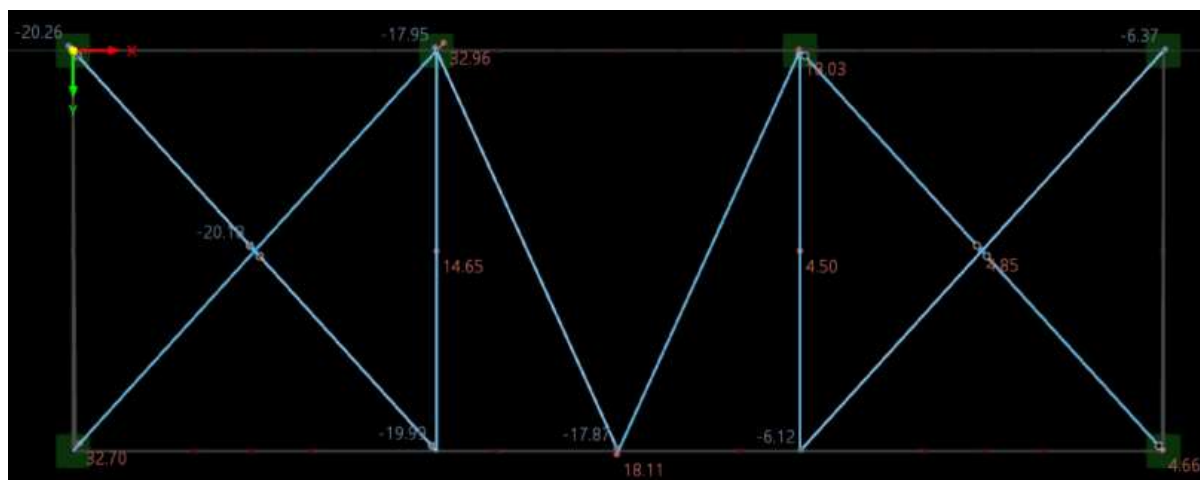
$$N_{RD} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,408 \times 1319 \times 235}{1} = 126 \text{ kN}$$

$$N_{ED} = 29,39 \text{ kN} < N_{RD} = 126 \text{ kN}; \textbf{VYHOVÍ}$$

**Navrhuji stěnová ztužidla v podélné stěně z kruhové trubky 82,5×6,3 z oceli S235JR, která vyhoví.**

## 4.7 Posouzení střešních ztužidel TRk 108×6,3 na vzpěrný tlak

Návrh: TRk 108×6,3 z oceli S235JR



Obrázek 47 – KZ11 – Průběh normálových sil  $N$  ve střešních ztužidlech

Posuzovaná tlaková síla (KZ2):  $N_{ED} = 20 \text{ kN}$

Posuzovaná tahová síla (KZ2):  $N_{ED} = 32,70 \text{ kN}$

Plocha průřezu TRk 108×6,3:  $A = 2013 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti TRk 108×6,3:  $I = 261 \times 10^4 \text{ mm}^4$

Poloměr setrvačnosti TRk 108×6,3:  $i = 36 \text{ mm}$

Délka ztužidla:  $L = 8950 \text{ mm}$

Kritická délka:  $L_{cr} = L \times \sqrt{1 - 0,75 \times \left| \frac{N_t}{N_c} \right|} = 8950 \times \sqrt{1 - 0,75 \times \frac{32,70}{20}} = 8950 \times 0,5$

$L_{cr} = 4475 \text{ mm}$

Jelikož je tahová síla větší než tlaková, tak uvažuji maximální využití tahové síly pro zmenšení kritické délky tlačného ztužidla.

Součinitel vzpěru:

$$\bar{\lambda} = \frac{L_{cr}}{i \times 93,9} = \frac{4475}{36 \times 93,9} = 1,32$$

*Uvažuji vzpěrnostní křivku a.*

$\chi = 0,459$

Únosnost ztužidla:

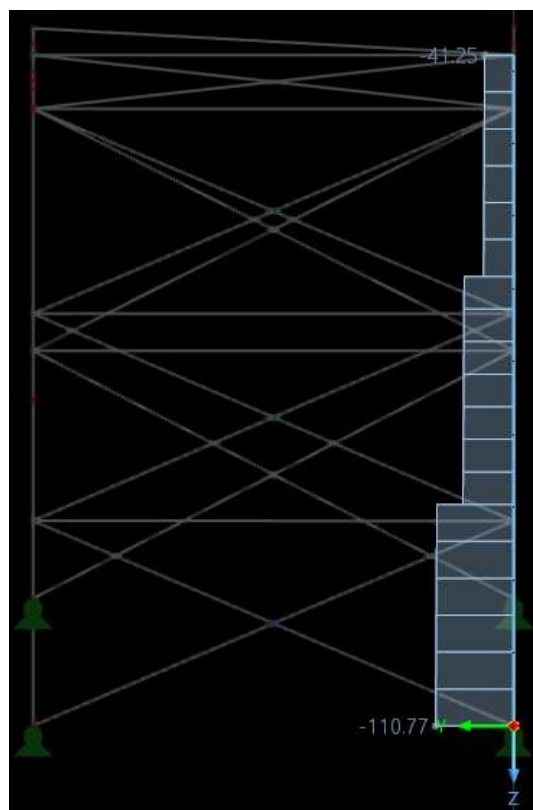
$$N_{RD} = \frac{\chi \times A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,459 \times 2013 \times 235}{1} = 217 \text{ kN}$$

$N_{ED} = 20 \text{ kN} < N_{RD} = 217 \text{ kN}$ ; **VYHOVÍ**

**Navrhuji střešní ztužidla z kruhové trubky 108×6,3 z oceli S235JR, která vyhoví.**

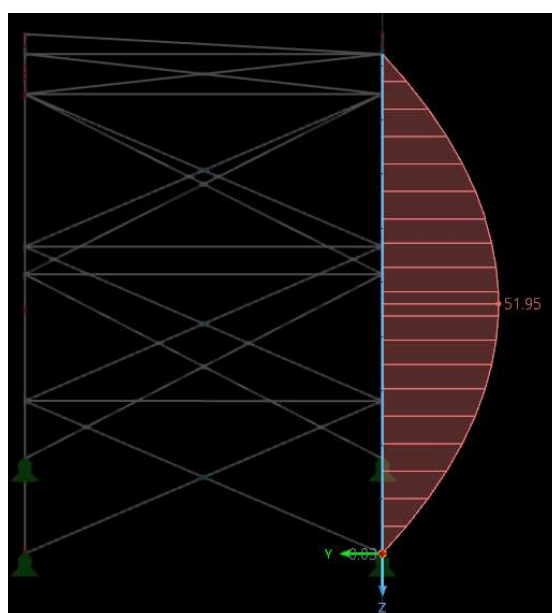
#### 4.8 Posouzení sloupu štítové stěny z HEA 200 na interakci tlaku s ohybem

Návrh: HEA 200 z oceli S235JR



Obrázek 48 - KZ11 – Průběh normálových sil  $N$

Posuzovaná normálová síla (KZ11):  $N_{ED} = 111 \text{ kN}$



Obrázek 49 - KZ11 – Průběh ohybových momentů  $M_y$

Posuzovaný moment  $M_y$  (KZ11):  $M_{ED} = 51,95 \text{ kNm}$

Plocha průřezu HEA 200:  $A = 5383 \text{ mm}^2$

Plastický průřezový modul setrvačnosti HEA 200:  $W_{pl,y} = 429500 \text{ mm}^3$

Poloměr setrvačnosti y HEA 200:  $i_y = 82,8 \text{ mm}$

Poloměr setrvačnosti z HEA 200:  $i_z = 49,8 \text{ mm}$

Vzpěrná délka k ose y:  $L_{cr,y} = 9215 \text{ mm}$

Vzpěrná délka k ose z:  $L_{cr,z} = 3150 \text{ mm}$

Součinitel vzpěru:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y \times 93,9} = \frac{9215}{82,8 \times 93,9} = 1,19$$

*Uvažuji vzpěrnostní křivku a.*

$$\chi_y = 0,536$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z \times 93,9} = \frac{3150}{49,8 \times 93,9} = 0,67$$

*Uvažuji vzpěrnostní křivku b.*

$$\chi_z = 0,8$$

Kritický moment sloupu:  $M_{cr} = 344 \text{ kNm}$

*Výpočet kritického momentu byl proveden v programu LTBeamN viz. Příloha č. 6.*

$$N_{Rd} = N_{Rk} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{5383 \times 235}{1} = 1265 \text{ kN}$$

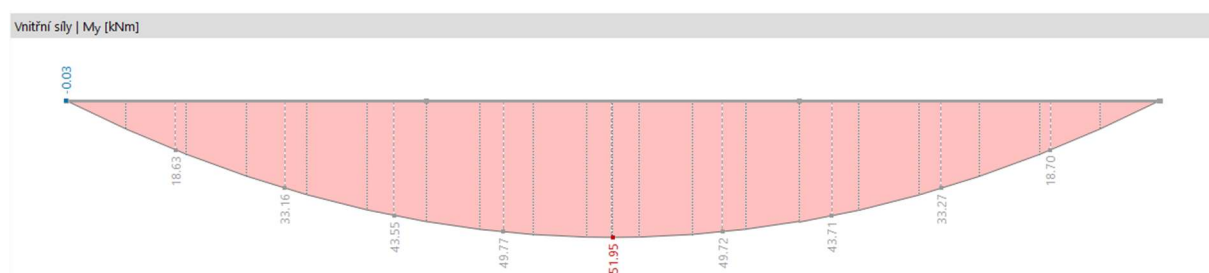
$$M_{Rd} = M_{Rk} = \frac{W_{pl,y} \times f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{429500 \times 235}{1} = 101 \text{ kNm}$$

$$\text{Poměrná štíhlost: } \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \times f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{429500 \times 235}{344 \times 10^6}} = 0,54$$

*Podle tabulky 6.4 v ČSN EN 1993-1-1 se jedná o válcovaný průřez, kde  $h/b < 2$  a uvažuji křivku klopení a.*

$$\chi_{LT} = 0,911$$

Součinitel ekvivalentního konstantního momentu  $C_{my}, C_{mLT}$ :



Obrázek 50 - KZ11 – Průběh  $M_y$  na posuzovaném sloupu pro vzdálenost  $L_{cr,y}$

Poměr momentů v hlavě a patě sloupu:  $\psi = 0$

$$C_{my} = 0,6 + 0,4 \times \psi = 0,6 + 0,4 \times 0 = 0,6 \geq 0,4, \text{ VYHOVÍ}$$

Pro výpočet součinitele ekvivalentního momentu  $C_{mLT}$  je zvoleno prostřední pole, neboť jeho průběh ohybového momentu se nejvíce ze všech tří polí blíží konstantnímu průběhu momentu, který představuje z hlediska stability nejvíce nepříznivý případ.

Větší z ohybových momentů v místě napojení ztužidel:  $M_h = 47 \text{ kNm}$

Ohybový moment uprostřed rozpětí  $L_{cr,z}$  (viz. Obrázek 50):  $M_s = 51,95 \text{ kNm}$

$$\alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = \frac{47}{51,95} = 0,9$$

$$\Psi = \frac{M_{h1}}{M_{h2}} = \frac{47}{47} = 1$$

$$C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \times \alpha_h = 0,95 + 0,05 \times 0,9 = 0,995$$

$$C_{mLT} = 0,995 \geq 0,4; \text{ VYHOVÍ}$$

Pro výpočet interakčních součinitelů  $k_{ij}$  uvažuji Metodu 2 dle Národní přílohy B v ČSN EN 1993-1-1

$$k_{yy} = \min \left( C_{my} \times \left( 1 + 0,6 \times \bar{\lambda}_y \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} \right); C_{my} \times \left( 1 + 0,6 \times \frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} \right) \right)$$

$$k_{yy} = \min \left( 0,6 \times \left( 1 + 0,6 \times 1,19 \times \frac{111}{0,536 \times 1265} \right); 0,6 \times \left( 1 + 0,6 \times \frac{111}{0,536 \times 1265} \right) \right)$$

$$k_{yy} = \min(0,67; 0,66) = \mathbf{0,66}$$

$$k_{zy} = \min \left( 1 - \frac{0,05 \times \bar{\lambda}_z}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}}; 1 - \frac{0,05}{C_{mLT} - 0,25} \times \frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}} \right)$$

$$k_{zy} = \min \left( 1 - \frac{0,05 \times 0,67}{0,995 - 0,25} \times \frac{111}{0,8 \times 1265}; 1 - \frac{0,05}{0,995 - 0,25} \times \frac{111}{0,8 \times 1265} \right)$$

$$k_{zy} = \min(0,995; 0,993) = \mathbf{0,993}$$

Posouzení:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \times N_{Rd}} + k_{yy} \times \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{Rd}} = \frac{111}{0,536 \times 1265} + 0,66 \times \frac{51,95}{0,911 \times 101} = 0,54 \leq 1$$

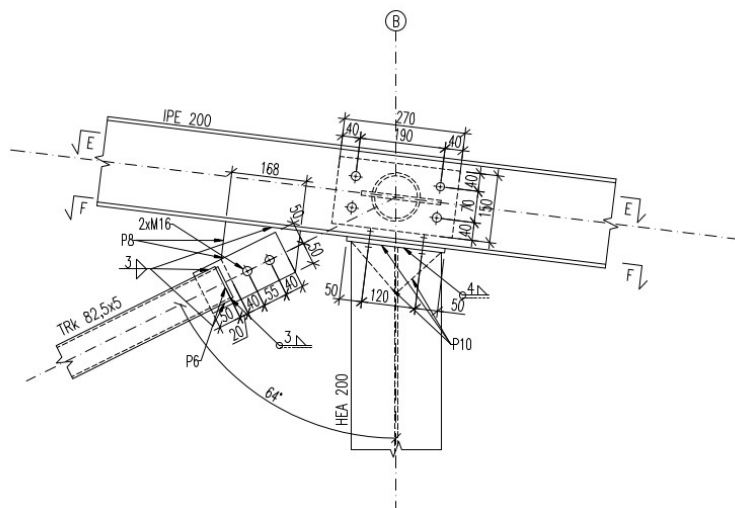
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \times N_{Rd}} + k_{zy} \times \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \times M_{Rd}} = \frac{111}{0,8 \times 1265} + 0,993 \times \frac{51,95}{0,911 \times 101} = 0,67 \leq 1$$

**Obě podmínky vyhoví.**

**Interakce tlaku a ohybu vyhoví u sloupu ve štítové stěně z HEA 200 z oceli S235JR.**

## 5 Návrh a posouzení vybraných detailů

### 5.1 Detail 1



Obrázek 51 - Detail napojení štítového sloupu na krajní vazbu

#### Návrh a posouzení napojení ztužidla TRk 82,5×5 na příčli IPE 200.

Návrh: 2×M16 jakosti 8.8

Okrajové podmínky:

Síla působící ve ztužidlu (KZ11):  $F_{Ed} = 40,81 \text{ kN}$

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu:  $F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení:  $F_{b,Rd} = \frac{8}{10} \times 85,3 = 68,24 \text{ kN}$

Posouzení:

$$F_{Rd} = 2 \times \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 \times \min(60,3; 68,24) = 2 \times 60,3 = 120,6 \text{ kN} > F_{Ed} = 40,81 \text{ kN}$$

**VYHOVÍ**

**Navrhuji dva šrouby M16 jakosti 8.8.**

Návrh: Koutový svar 4×3 mm délky 50 mm

Okrajové podmínky:

Síla působící ve ztužidlu (KZ11):  $F_{Ed} = 40,81 \text{ kN}$

Délka svaru:  $L_w = 50 \text{ mm}$

Tloušťka svaru:  $\alpha_w = 3 \text{ mm}$

Návrhová pevnost svaru namáhaného smykem:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \times \beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{\sqrt{3} \times 0,8 \times 1,25} = 207,8 \text{ MPa}$$

Únosnost svaru:

$$F_{w,Rd} = 4 \times \alpha_w \times L_w \times f_{vw,d} = 4 \times 3 \times 50 \times 207,8 = 125 \text{ kN} > F_{Ed} = 40,81 \text{ kN}, \text{ VYHOVÍ}$$

**Navrhuji koutový svar tloušťky 3 mm po celé délce napojení plechu s kruhovou trubkou ztužidla tzn. 50 mm.**

Návrh: Koutový svar 2×3 mm délky 168 mm

Okrajové podmínky:

$$F_{Ed\parallel} = \cos(33^\circ) \times 40,81 = 34 \text{ kN}$$

$$F_{Ed\perp} = \sin(33^\circ) \times 40,81 = 22 \text{ kN}$$

$$\text{Délka svaru: } L_w = 168 \text{ mm}$$

$$\text{Tloušťka svaru: } \alpha_w = 3 \text{ mm}$$

$$\text{Vzdálenost těžiště svaru a průnik osy ztužidla v rovině svaru: } e = 135 \text{ mm}$$

Posouzení svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left( \frac{F_{Ed\perp}}{2 \times \alpha_w \times L_w} + \frac{F_{Ed\perp} \times e}{2 \times \frac{1}{6} \times \alpha_w \times L_w^2} \right) \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \left( \frac{22000}{2 \times 3 \times 168} + \frac{22000 \times 135}{2 \times \frac{1}{6} \times 3 \times 168^2} \right) \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 90 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed\parallel}}{2 \times \alpha_w \times L_w} = \frac{34000}{2 \times 3 \times 168} = 34 \text{ MPa}$$

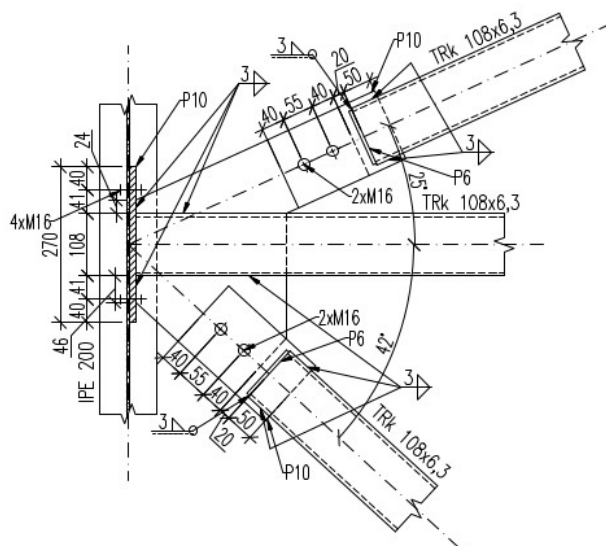
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{90^2 + 3 \times (90^2 + 34^2)} = 189 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 189 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 90 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

**Obě podmínky vyhoví.**

**Navrhuji koutový svar tloušťky 3 mm po celé délce napojení plechu s příclí tzn. 168 mm.**



Obrázek 52 - Detail napojení střešních ztužidel na krajní vazbu v rovině střechy

Návrh: Koutový svar 2×3 mm délky 70 mm

Okrajové podmínky:

Rovnoběžné síly se svarem působící v místě napojení plechu od ztužidel (KZ11):

$$F_{Ed1\parallel} = \sin(25^\circ) \times 17,87 = 8 \text{ kN}$$

$$F_{Ed2\parallel} = \sin(42^\circ) \times 32,7 = 21,9 \text{ kN}$$

$$F_{Ed\parallel} = \sum F_{Edi} = 8 + 21,9 = 29,9 \text{ kN}$$

$$F_{Ed\perp} = 14,65 \text{ kN}$$

$$\text{Délka svaru: } L_w = 70 \text{ mm}$$

$$\text{Tloušťka svaru: } \alpha_w = 3 \text{ mm}$$

$$\text{Vzdálenost těžiště svaru a průnik os ztužidel: } e = 34 \text{ mm}$$

Posouzení svaru:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left( \frac{F_{Ed}}{2 \times \alpha_w \times L_w} + \frac{F_{Ed} \times e}{2 \times \frac{1}{6} \times \alpha_w \times L_w^2} \right) \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \left( \frac{14650}{2 \times 3 \times 70} + \frac{14650 \times 34}{2 \times \frac{1}{6} \times 3 \times 70^2} \right) \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 97 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed\parallel}}{2 \times \alpha_w \times L_w} = \frac{29900}{2 \times 3 \times 70} = 71 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{97^2 + 3 \times (97^2 + 71^2)} = 230 \text{ MPa}$$

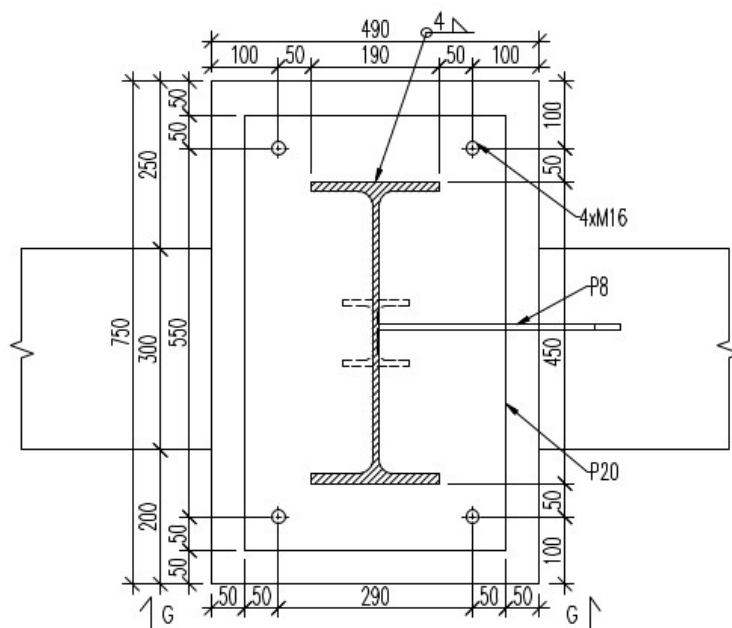
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 230 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 97 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

**Obě podmínky vyhoví.**

**Navrhuji koutový svar tloušťky 3 mm po celé délce napojení plechu se stojnou příčle tzn. 24 a 46 mm.**

## 5.2 Detail 2



Obrázek 53 - Detail patky sloupu hlavní vazby na průsečiku osy D a osy 6

Návrh: Patní plech tloušťky 20 mm z oceli S235JR

Okrajové podmínky:

Železobetonový patka 750×490×1500 z betonu C30/37.

Podkladní plech tloušťky 20 mm o rozměrech 390×650 mm z oceli S235JR.

Maltové podlití tloušťky 40 mm.

Posuzovaná vnitřní síla v globálním směru z (KZ1):  $F_{Ed} = 121 \text{ kN}$

Posouzení únosnosti patky:

$$a_1 = \min(3 \times a_0, a_0 + h, a_0) = \min(3 \times 390, 390 + 1500, 490) = \min(1170, 1890, 490)$$

$$a_1 = 490 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(3 \times b_0, b_0 + h, b_0) = \min(3 \times 650, 650 + 1500, 750) = \min(1950, 2150, 750)$$

$$b_1 = 750 \text{ mm}$$

$$\text{Součinitel koncentrace napětí: } k_j = \sqrt{\frac{a_1 \times b_1}{a_0 \times b_0}} = \sqrt{\frac{490 \times 750}{390 \times 650}} = 1,2$$

$$\text{Návrhová pevnost betonu: } f_{jd} = \frac{\beta_j \times k_j \times f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,667 \times 1,2 \times 30}{1,5} = 16 \text{ MPa}$$

$$\text{Účinná šířka patní desky: } c = t_p \times \sqrt{\frac{f_y}{3 \times f_{jd}}} = 20 \times \sqrt{\frac{235}{3 \times 16}} = 44,3 \text{ mm}$$

$$\text{Efektivní plocha: } A_{eff} = 90059 \text{ mm}^2$$

*Efektivní plocha byla vypočítána v programu AUTOCAD 2023.*

Únosnost patky:  $N_{Rd} = A_{eff} \times f_{jd} = 90059 \times 16 = 1449 \text{ kN} > F_{Ed} = 121 \text{ kN}$ , **VYHOVÍ**

**Navrhuji patní plech tloušťky 20 mm o rozměrech 390×650 mm z oceli S235JR.**

**Posouzení potřeby smykové zarážky**

Okrajové podmínky:

Síla působící v globálním směru x (KZ1):  $F_{Ed,x} = 48,01 \text{ kN}$

Síla působící v globálním směru y (KZ1):  $F_{Ed,y} = 4,77 \text{ kN}$

Síla působící v globálním směru z (KZ1):  $F_{Ed,z} = -121 \text{ kN}$

$$V_{Ed} = \sqrt{F_{Ed,x}^2 + F_{Ed,y}^2} = \sqrt{48,01^2 + 4,77^2} = 48,25 \text{ kN}$$

$F_{Ed,z} \times \mu = 121 \times 0,2 = 24,2 \text{ kN} > V_{Ed} = 48,25 \text{ kN}$ , **NEVYHOVÍ**

**Jelikož podmínka nevyhověla je potřeba navrhnout smykovou zarážku.**

Návrh: smyková zarážka HEB 100 z oceli S235JR

Průřezový modul k ose y pro HEB 100:  $W_{pl,y} = 104200 \text{ mm}^3$

Průřezový modul k ose z pro HEB 100:  $W_{pl,z} = 51200 \text{ mm}^3$

Momentová únosnost průřezu k ose y pro HEB 100:

$$M_{Rd,y} = W_{pl,y} \times f_y / \gamma_{M0} = 104200 \times 235 / 1 = 24,487 \text{ kNm}$$

Momentová únosnost průřezu k ose z pro HEB 100:

$$M_{Rd,z} = W_{pl,z} \times f_y / \gamma_{M0} = 51200 \times 235 / 1 = 12,032 \text{ kNm}$$

Smyková plocha průřezu pro HEB 100:  $A_{vz1} = 904 \text{ mm}^2$

Smyková plocha pásnice pro HEB 100:  $A_{vz2} = 1000 \text{ mm}^2$

Délka profilu:

$$h_{min} = \frac{V_{Ed}}{b \times f_{cd}} = \frac{48250}{100 \times \frac{30}{1,5}} = 24 \text{ mm} > 50 \text{ mm}$$

Volím:  $h = 50 \text{ mm}$  pod maltovou zálivkou

Posuzované vnitřní síly:

$$M_{Ed,y} = h \times F_{Ed,x} = 0,09 \times 48,01 = 4,32 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,z} = h \times F_{Ed,y} = 0,09 \times 4,77 = 0,43 \text{ kNm}$$

Vliv osové síly není v tomto případě uvažován, neboť se předpokládá její přenos prostřednictvím patního plechu do betonového podkladu. Z tohoto důvodu je koeficient  $\beta$  uvažován v minimální hodnotě 1. Koeficient  $\alpha$  je pro průřezy typu I a H uvažován v hodnotě 2.

$$\left(\frac{M_{Ed,y}}{M_{Rd,y}}\right)^{\alpha} + \left(\frac{M_{Ed,z}}{M_{Rd,z}}\right)^{\beta} = \left(\frac{4,32}{24,487}\right)^2 + \left(\frac{0,43}{12,032}\right)^1 = 0,07 < 1$$

$$V_{pl,Rd1} = \frac{A_{vz1} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{904 \times 235}{\sqrt{3} \times 1} = 123 \text{ kN} > V_{Ed} = 48,01 \text{ kN}$$

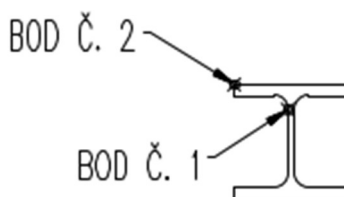
$$V_{pl,Rd2} = \frac{A_{vz2} \times f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M0}} = \frac{1000 \times 235}{\sqrt{3} \times 1} = 136 \text{ kN} > V_{Ed} = 4,77 \text{ kN}$$

**Všechny tři podmínky vyhoví.**

**Navrhuji smykovou zarážku z profilu HEB100 z oceli S235JR pro všechny sloupky, které jsou uloženy na opěrné železobetonové stěně.**

Návrh: koutový svar  $\alpha_w = 3 \text{ mm}$  po celém obvodu profilu HEB100

Uvažuji přenesení ohybového momentu svarům okolo pásnic a přenesení smyku svarům podél stojny.



Obrázek 54 - Vykreslení posuzovaných bodů

Posouzení svaru v bodě 1:

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

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed,x}}{2 \times \alpha_w \times (h - 2 \times t_f)} = \frac{48010}{2 \times 3 \times (100 - 2 \times 10)} = 100 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{0^2 + 3 \times (0^2 + 100^2)} = 173 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 173 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 0 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

**Obě podmínky vyhoví pro bod č. 1.**

Posouzení svaru v bodě 2:

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = \left( \frac{\frac{F_{Ed,x} \times h}{h - t_f}}{2 \times \alpha_w \times b} + \frac{F_{Ed,y} \times h}{4 \times \frac{1}{6} \times b^2 \times \alpha_w} \right) \times \frac{1}{\sqrt{2}} = \left( \frac{\frac{48010 \times 90}{100 - 10}}{2 \times 3 \times 100} + \frac{4770 \times 90}{4 \times \frac{1}{6} \times 100^2 \times 3} \right) \times \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 72 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} = \frac{F_{Ed,y}}{4 \times \alpha_w \times b} = \frac{4770}{4 \times 3 \times 100} = 4 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{72^2 + 3 \times (72^2 + 4^2)} = 144 \text{ MPa}$$

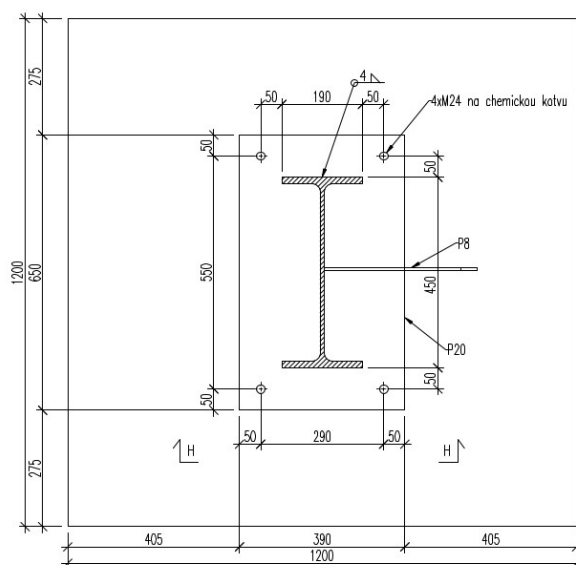
$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 144 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \times 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 72 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

**Obě podmínky vyhoví pro bod č. 2.**

**Navrhuji koutový svar 3 mm po celém obvodu smykové zarážky HEB 100.**

### 5.3 Detail 3



Obrázek 55 - Detail patky sloupu hlavní vazby

Návrh: Patní plech tloušťky 20 mm

Okrajové podmínky:

Železobetonová patka 1200×1200×1000 z betonu C30/37.

Podkladní plech tloušťky 20 mm z oceli S235JR

Maltové podlití tloušťky 40 mm

Posuzovaná vnitřní síla v globálním směru z (KZ1):  $F_{Ed} = 108 \text{ kN}$

Posouzení únosnosti patky:

$$a_1 = \min(3 \times a_0, a_0 + h, a_0) = \min(3 \times 390, 390 + 1000, 1200) = \min(1170, 1390, 1200)$$

$$a_1 = 1170 \text{ mm}$$

$$b_1 = \min(3 \times b_0, b_0 + h, b_0) = \min(3 \times 650, 650 + 1000, 1200) = \min(1950, 1650, 1200)$$

$$b_1 = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{Součinitel koncentrace napětí: } k_j = \sqrt{\frac{a_1 \times b_1}{a_0 \times b_0}} = \sqrt{\frac{1170 \times 1200}{390 \times 650}} = 2,35$$

$$\text{Návrhová pevnost betonu: } f_{jd} = \frac{\beta_j \times k_j \times f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,667 \times 2,35 \times 30}{1,5} = 31 \text{ MPa}$$

$$\text{Účinná šířka patní desky: } c = t_p \times \sqrt{\frac{f_y}{3 \times f_{jd}}} = 20 \times \sqrt{\frac{235}{3 \times 31}} = 31,8 \text{ mm}$$

$$\text{Efektivní plocha: } A_{eff} = 65740 \text{ mm}^2$$

*Efektivní plocha byla vypočítána v programu AUTOCAD 2023.*

Únosnost patky:  $N_{Rd} = A_{eff} \times f_{jd} = 65740 \times 31 = 2038 \text{ kN} > F_{Ed} = 108 \text{ kN}$ , **VYHOVÍ**

**Navrhuji patní plech tloušťky 20 mm o rozměrech 390×650 mm z oceli S235JR.**

#### **Posouzení smykové únosnosti**

Okrajové podmínky:

Síla působící v globálním směru x (KZ13):  $F_{Ed} = 36,13 \text{ kN}$

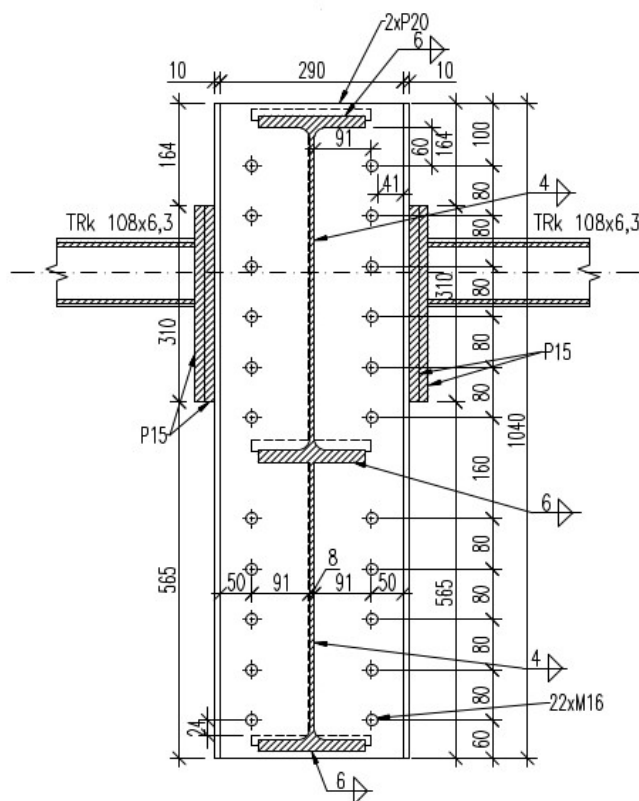
Síla působící v globálním směru y (KZ13):  $F_{Ed} = 17,03 \text{ kN}$

Síla působící v globálním směru z (KZ13):  $F_{Ed} = 56 \text{ kN}$

Posouzení přenosu smykové síly patkou viz. Příloha č. 7.

**Navrhuji 4xM24 na chemickou kotvu. Podrobné rozteče šroubů viz. Výkres 6.2.**

## 5.4 Detail 4



Obrázek 56 - Detail momentového spoje

Návrh: 2×11 šroubů jakosti 8.8

### Výpočet dimenze svarů

a) Spoj pásnice IPE 360 s plechem P20

$$\alpha_{w1} > \frac{t}{2} \times \left( \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right) \times \left( \frac{\beta_w \times \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = \frac{12,7}{2} \times \left( \frac{235}{1} \right) \times \left( \frac{0,8 \times 1,25}{\frac{360}{\sqrt{2}}} \right) = 5,86 \text{ mm}$$

**Volím:**  $\alpha_{w1} = 6 \text{ mm}$

b) Spoj stojny IPE 360 s plechem P20

$$\alpha_{w2} > \frac{t}{2} \times \left( \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right) \times \left( \frac{\beta_w \times \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = \frac{8}{2} \times \left( \frac{235}{1} \right) \times \left( \frac{0,8 \times 1,25}{\frac{360}{\sqrt{2}}} \right) = 3,69 \text{ mm}$$

**Volím:**  $\alpha_{w2} = 4 \text{ mm}$

c) Spoj pásnice IPE 450 s plechem P20

$$\alpha_{w3} > \frac{t}{2} \times \left( \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right) \times \left( \frac{\beta_w \times \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = \frac{14,6}{2} \times \left( \frac{235}{1} \right) \times \left( \frac{0,8 \times 1,25}{\frac{360}{\sqrt{2}}} \right) = 6,73 \text{ mm}$$

**Volím:**  $\alpha_{w3} = 7 \text{ mm}$

d) Spoj stojny IPE 450 s plechem P20

$$\alpha_{w4} > \frac{t}{2} \times \left( \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \right) \times \left( \frac{\beta_w \times \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} \right) = \frac{9,4}{2} \times \left( \frac{235}{1} \right) \times \left( \frac{0,8 \times 1,25}{\frac{360}{\sqrt{2}}} \right) = 4,34 \text{ mm}$$

**Volím:**  $\alpha_{w4} = 5 \text{ mm}$

Všechny svary jsou navrženy na maximální únosnost.

### Únosnost řady šroubů pod pásnicí

Stanovení únosnosti pásnice náhradního T-průřezu:

$$c_1 = 0,8 \times \alpha_w \times \sqrt{2} = 0,8 \times 6 \times \sqrt{2} = 6,78 \text{ mm}$$

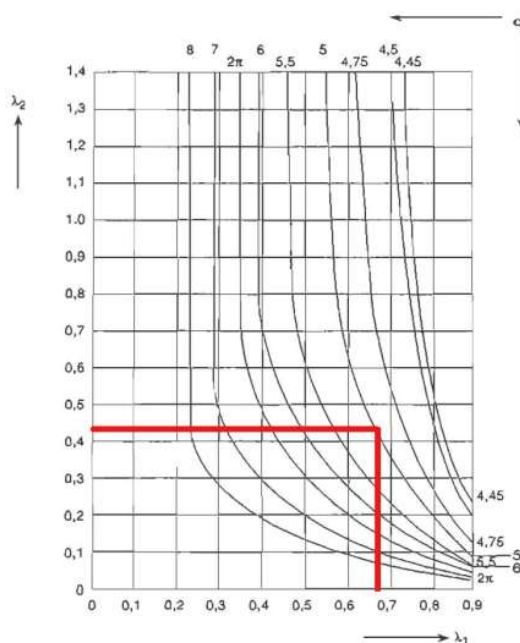
$$c_2 = 0,8 \times \alpha_w \times \sqrt{2} = 0,8 \times 4 \times \sqrt{2} = 4,53 \text{ mm}$$

$$m_2 = 60 - c_1 = 60 - 6,78 = 53,22 \text{ mm}$$

$$m = 91 - c_2 = 91 - 4,53 = 86,47 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = \frac{86,47}{86,47 + 41} = 0,68$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = \frac{53,22}{87,61 + 41} = 0,42$$



Obrázek 57 - Graf pro určení součinitele  $\alpha$

Uvažuji (uvažuji horší z variant, jelikož křivky se protínají mimo křivku pro hodnotu 5 a jednotlivé křivky nejsou kreslení s absolutní přesností):  $\alpha = 4,75$

$$n = \min(e; 1,25 \times m) = \min(41; 1,25 \times 86,47) = \min(41; 108,09) = 41 \text{ mm}$$

Výpočet efektivní šířky pro náhradní T profil:

a) Řada šroubů působí samostatně – kruhové porušení

$$I_{\text{eff,cp}} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 86,47 = 543 \text{ mm}$$

b) Řada šroubů působí samostatně – nekruhové porušení

$$I_{\text{eff,nc}} = \alpha \times m = 4,75 \times 86,47 = 411 \text{ mm}$$

c) Řada šroubů působí jako součást skupiny – kruhové porušení

$$I_{\text{eff,cp}} = \pi \times m + p = \pi \times 86,47 + 80 = 352 \text{ mm}$$

d) Řada šroubů působí jako součást skupiny – nekruhové porušení

$$I_{\text{eff,nc}} = 0,5 \times p + \alpha \times m - (2 \times m + 0,625 \times e)$$

$$I_{\text{eff,nc}} = 0,5 \times 80 + 4,75 \times 86,47 - (2 \times 86,47 + 0,625 \times 41) = 252 \text{ mm}$$

$$I_{\text{eff},1} = \min(I_{\text{eff}}) = \min(543; 411; 352; 252) = 252 \text{ mm}$$

$$I_{\text{eff},2} = \min(I_{\text{eff,nc}}) = \min(411, 252) = 252 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost šroubů:

$$M_{\text{pl},1,\text{rd}} = M_{\text{pl},2,\text{rd}} = \frac{1}{4} \times I_{\text{eff},1} \times t_{\text{fc}}^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{\text{M}0}} = \frac{1}{4} \times 252 \times 20^2 \times \frac{235}{1} = 5,922 \text{ kNm}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí:

Způsob porušení 1:

$$F_{\text{t,a,Rd}} = \frac{4 \times M_{\text{pl},1,\text{rd}}}{m} = \frac{4 \times 5,922}{86,47} = 274 \text{ kN}$$

Způsob porušení 2:

Únosnost šroubu M16 v tahu:  $F_{\text{t,Rd}} = 90,4 \text{ kN}$

$$F_{\text{t,b,Rd}} = \frac{2 \times M_{\text{pl},2,\text{rd}} + n \times \sum F_{\text{t,Rd}}}{m + n} = \frac{2 \times 5,922 + 41 \times 2 \times 90,4}{86,47 + 41} = 151 \text{ kN}$$

Způsob porušení 3:

$$F_{\text{t,c,Rd}} = \sum F_{\text{t,Rd}} = 2 \times 90,4 = 180,8 \text{ kN}$$

$$F_{\text{t},1,\text{Rd}} = \min(F_{\text{t,a,Rd}}; F_{\text{t,b,Rd}}; F_{\text{t,c,Rd}}) = \min(274; 151; 180,8) = 151 \text{ kN}$$

Vzdálenost od osy šroubů do těžiště tlačené pásnice:

$$h_1 = 920 \text{ mm}$$

### Únosnost vnitřní řad šroubů

Stanovení únosnosti pásnice náhradního T-průřezu:

$$c = 0,8 \times \alpha_w \times \sqrt{2} = 0,8 \times 4 \times \sqrt{2} = 4,53 \text{ mm}$$

$$m = 91 - c = 91 - 4,53 = 86,47 \text{ mm}$$

$$n = \min(e; 1,25 \times m) = \min(41; 1,25 \times 86,47) = \min(41; 108,088) = 41 \text{ mm}$$

Výpočet efektivní šířky pro náhradní T profil:

a) Řada šroubů působí samostatně – kruhové porušení

$$I_{\text{eff,cp}} = 2 \times \pi \times m = 2 \times \pi \times 86,47 = 543 \text{ mm}$$

b) Řada šroubů působí samostatně – nekruhové porušení

$$I_{\text{eff,op}} = 4 \times m + 1,25 \times e = 4 \times 86,47 + 1,25 \times 41 = 397 \text{ mm}$$

c) Řada šroubů působí jako součást skupiny – kruhové porušení

$$I_{\text{eff,cp}} = 2 \times p = 2 \times 80 = 160 \text{ mm}$$

d) Řada šroubů působí jako součást skupiny – nekruhové porušení

$$I_{\text{eff,op}} = p = 80 \text{ mm}$$

$$I_{\text{eff},1} = \min(I_{\text{eff}}) = \min(543; 397; 160; 80) = 80 \text{ mm}$$

$$I_{\text{eff},2} = \min(I_{\text{eff,op}}) = \min(397, 80) = 80 \text{ mm}$$

Návrhová únosnost šroubů:

$$M_{\text{pl},1,\text{rd}} = M_{\text{pl},2,\text{rd}} = \frac{1}{4} \times I_{\text{eff},1} \times t_{\text{fc}}^2 \times \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = \frac{1}{4} \times 80 \times 20^2 \times \frac{235}{1} = 1,88 \text{ kNm}$$

Návrhová únosnost řady šroubů pod taženou pásnicí:

Způsob porušení 1:

$$F_{\text{t,a,Rd}} = \frac{4 \times M_{\text{pl},1,\text{rd}}}{m} = \frac{4 \times 1880000}{86,47} = 87 \text{ kN}$$

Způsob porušení 2:

Únosnost šroubu M16 v tahu:  $F_{\text{t,Rd}} = 90,4 \text{ kN}$

$$F_{\text{t,b,Rd}} = \frac{2 \times M_{\text{pl},2,\text{rd}} + n \times \sum F_{\text{t,Rd}}}{m + n} = \frac{2 \times 1880000 + 41 \times 2 \times 90400}{86,47 + 41} = 88 \text{ kN}$$

Způsob porušení 3:

$$F_{\text{t,c,Rd}} = \sum F_{\text{t,Rd}} = 2 \times 90,4 = 180,8 \text{ kN}$$

$$F_{\text{t,2,Rd}} = \min(F_{\text{t,a,Rd}}; F_{\text{t,b,Rd}}; F_{\text{t,c,Rd}}) = \min(87; 88; 180,8) = 87 \text{ kN}$$

Vzdálenost od osy šroubů do těžiště tlačené pásnice:

$$h_2 = 840 \text{ mm}$$

$$h_3 = 760 \text{ mm}$$

$$h_4 = 680 \text{ mm}$$

$$h_5 = 600 \text{ mm}$$

$$h_6 = 520 \text{ mm}$$

### **Smyková únosnost spodní řady šroubů**

Uvažuji konzervativně řadu šroubů, která není uvažována pro výpočet momentové únosnosti.

Síla od posouvající síly (KZ13):  $V_{Ed,V} = \sin(41^\circ) \times 90,12 = 59,1 \text{ kN}$

Síla od normálové síly viz. Obrázek 37:  $V_{Ed,N} = \cos(41^\circ) \times 51 = 38,5 \text{ kN}$

Posuzovaná vnitřní síla:  $V_{Ed} = V_{Ed,V} + V_{Ed,N} = 59,1 + 38,5 = 97,6 \text{ kN}$

Únosnost jednoho šroubu ve stříhu (jedna střižná rovina):  $F_{v,Rd} = 60,3 \text{ kN}$

Únosnost jednoho šroubu v otláčení:

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3 \times d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1\right) = \min\left(\frac{60}{3 \times 18}; \frac{800}{360}; 1\right) = \min(1,1; 2,2; 1) = 1$$

$$k_1 = \min\left(2,8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = \min\left(2,8 \times \frac{50}{18} - 1,7; 2,5\right) = \min(6; 2,5) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M2}} = \frac{2,5 \times 1 \times 360 \times 16 \times 20}{1,25} = 230 \text{ kN}$$

Smyková únosnost spodní řady šroubů:

$$V_{Rd} = 2 \times \min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 2 \times \min(60,3; 230) = 120,6 \text{ kN} > V_{Ed} = 97,6 \text{ kN}, \text{ VYHOVÍ}$$

**Smyková únosnost spodní řady šroubů vyhoví.**

### **Únosnost pásnice příčle v tlaku**

Podmínka tažených šroubů a pásnice

$$F_{c,fb,Rd} = \frac{W_{ply} \times f_{yk}}{(h - t_f) \times \gamma_{M0}} = \frac{1019000 \times 235}{(360 - 17) \times 1} = 690 \text{ kN} > \sum F_{t,i,Rd} = 151 + 5 \times 87 = 586 \text{ kN}, \text{ VYHOVÍ}$$

**Podmínka tažených šroubů a pásnice vyhověla, tudíž není nutné redukovat spodní řady tažených šroubů.**

### **Únosnost stojny ve smyku**

Spojovací plechy mezi sloupem a příčlí nejsou orientovány kolmo k pásnicím příčle, a proto ve spoji působí jako diagonální prvky, které bezpečně přenášejí potřebné smykové síly.

### **Rozdělení sil a momentová únosnost spoje**

$$F_{t,2,Rd} = 151 \text{ kN} \leq 1,9 \times F_{t,Rd} = 1,9 \times 90,4 = 172 \text{ kN}, \text{ VYHOVÍ}$$

**Podmínka pro řadu šroubů s největší únosností vyhoví.**

### **Momentová únosnost spoje**

$$M_{Rd} = \sum F_{t,i,Rd} \times h_i = 151 \times 0,92 + 87 \times (0,84 + 0,76 + 0,68 + 0,60 + 0,52) = 435 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 435 \text{ kNm} > M_{Ed} = 372 \text{ kNm}, \text{ VYHOVÍ}$$

**Momentová únosnost spoje vyhoví.**

### **Ověření zanedbání tlakové síly**

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0} \times 10} = \frac{12103 \times 235}{1 \times 10} = 284 \text{ kN} > N_{Ed} = 51 \text{ kN}, \text{ VYHOVÍ}$$

**Osová síla nepřekročila 10% únosnosti příčle v tlaku, tudíž můžeme vliv tlakové síly zanedbat.**

**Navrhuji spoj sloupu s příčlí pomocí dvou plechů tloušťky 20 mm z oceli S235JR pomocí 22 šroubů M16 jakosti 8.8.**

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Nosná konstrukce jednolodní skladové haly**

**Load-bearing structure of a single-bay storage hall**

## **Výkresová dokumentace**

Vypracoval: František Hovorka

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

Květen 2025

# **VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**

## **Seznam výkresů:**

**Výkres č. 1 – Půdorys objektu**

**Výkres č. 2 – Řez A-A**

**Výkres č. 3 – Pohled B-B**

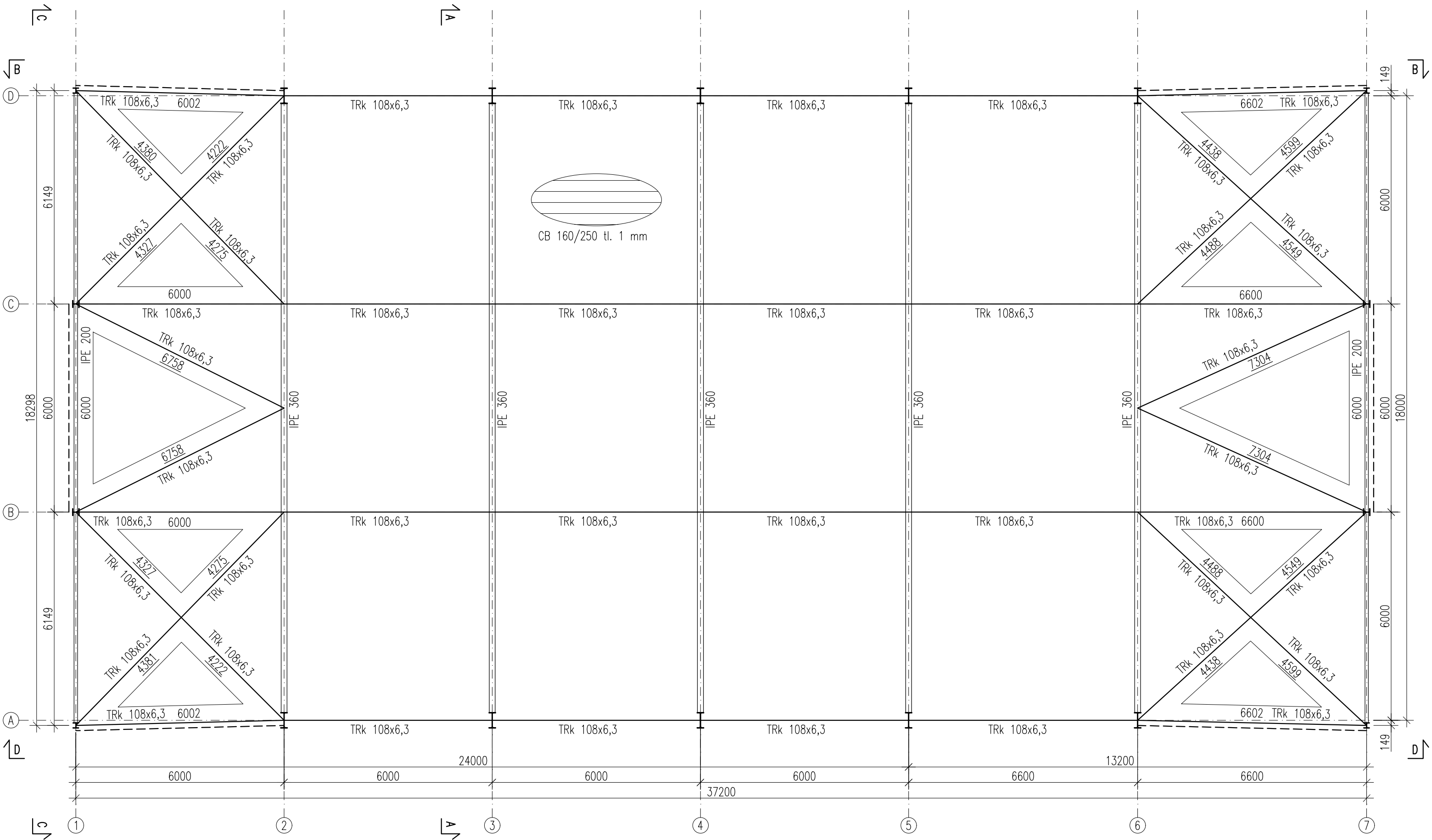
**Výkres č. 4 – Pohled C-C**

**Výkres č. 5 – Pohled D-D**

**Výkres č. 6.1 – Detail 1,2**

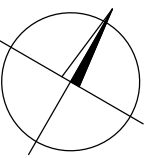
**Výkres č. 6.2 – Detail 3**

**Výkres č. 6.3 – Detail 4**



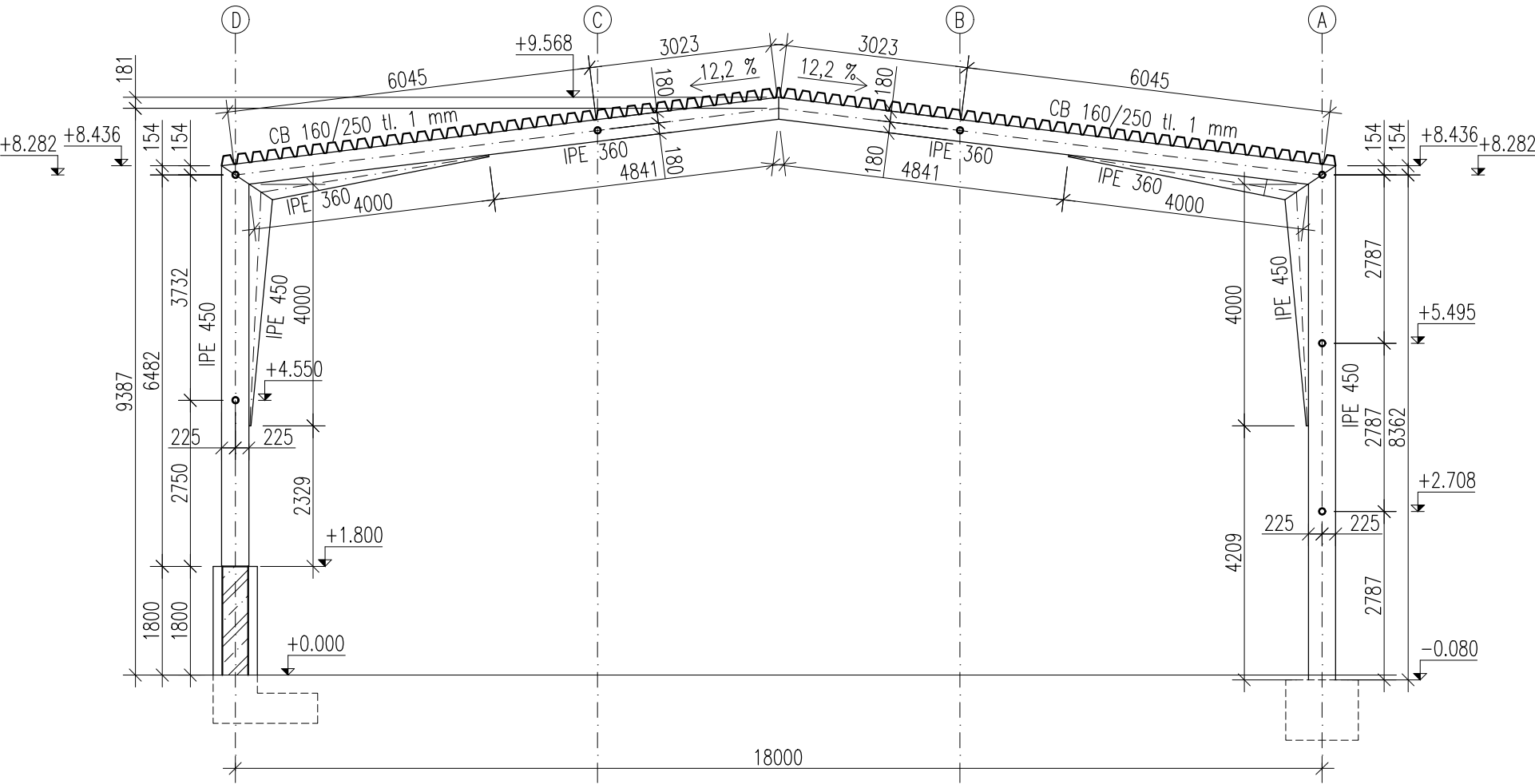
POZNÁMKY:

|                                          |        |
|------------------------------------------|--------|
| 1) OCEL:                                 | S235JR |
| 2) TŘÍDA PŘÍKONSTRUKCE:                  | EXC2   |
| 3) TRAPÉZOVÝ PLECH CB 160/250 tl. 1 mm:  |        |
| TENKOSTĚNNÉ KAZETY C 160/60 tl. 1,25 mm: | S320GD |



|           |                                  |  |                                                                                       |         |
|-----------|----------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| STUDENT   | František Hovorka                |  |  |         |
| VYUČUJÍCÍ | prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D. |  |                                                                                       |         |
| PŘEDMĚT   | BAKALÁŘSKÁ PRÁCE                 |  |                                                                                       |         |
| OBSAH :   | Půdorys objektu                  |  | FORMAT                                                                                | 3x4     |
|           |                                  |  | MĚŘITKO                                                                               | 1:100   |
|           |                                  |  | DATUM                                                                                 | 05/2025 |
|           |                                  |  | Č. VÝKR.                                                                              | 1       |

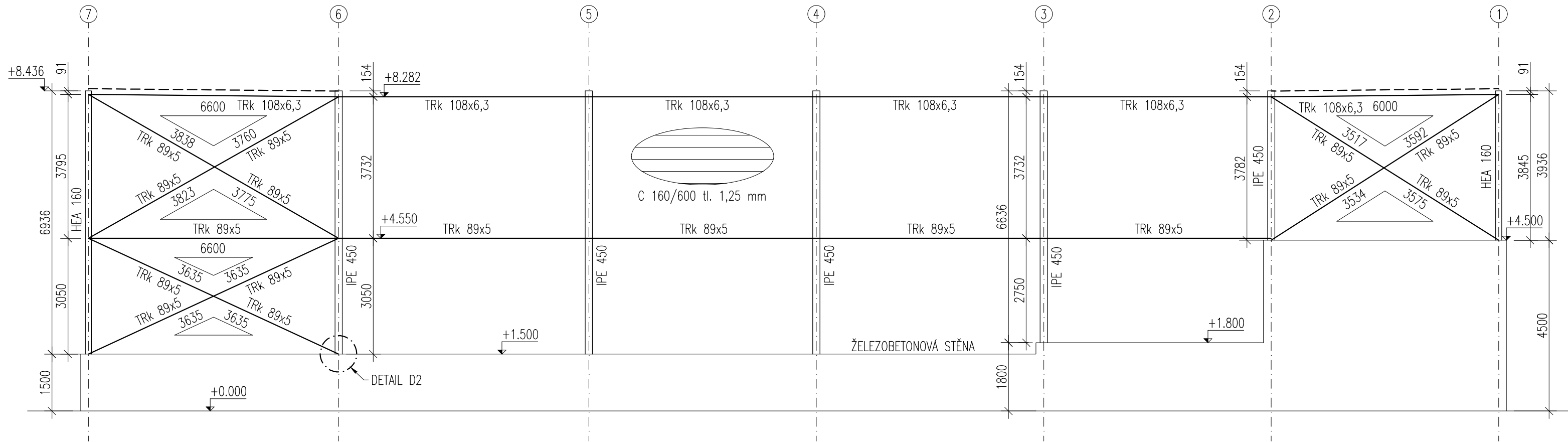
ŘEZ A-A, M 1:100



- POZNÁMKY:
- 1) OCEL: S235JR
  - 2) TŘÍDA PROVEDENÍ KONSTRUKCE: EXC2
  - 3) TRAPÉZOVÝ PLECH CB 160/250 tl. 1 mm: S320GD

|           |                                  |          |         |
|-----------|----------------------------------|----------|---------|
| STUDENT   | František Hovorka                |          |         |
| VYUČUJÍCÍ | prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D. |          |         |
| PŘEDMĚT   | BAKALÁŘSKÁ PRÁCE                 |          |         |
| OBSAH :   | Řez A–A                          | FORMÁT   | 2x4     |
|           |                                  | MĚŘÍTKO  | 1:100   |
|           |                                  | DATUM    | 05/2025 |
|           |                                  | Č. VÝKR. | 2       |

POHLED B–B, M 1:100



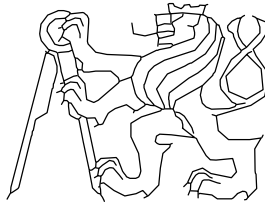
- POZNÁMKY:
- 1) OCEL:

S235JR
- 2) TŘÍDA PROVEDENÍ KONSTRUKCE:

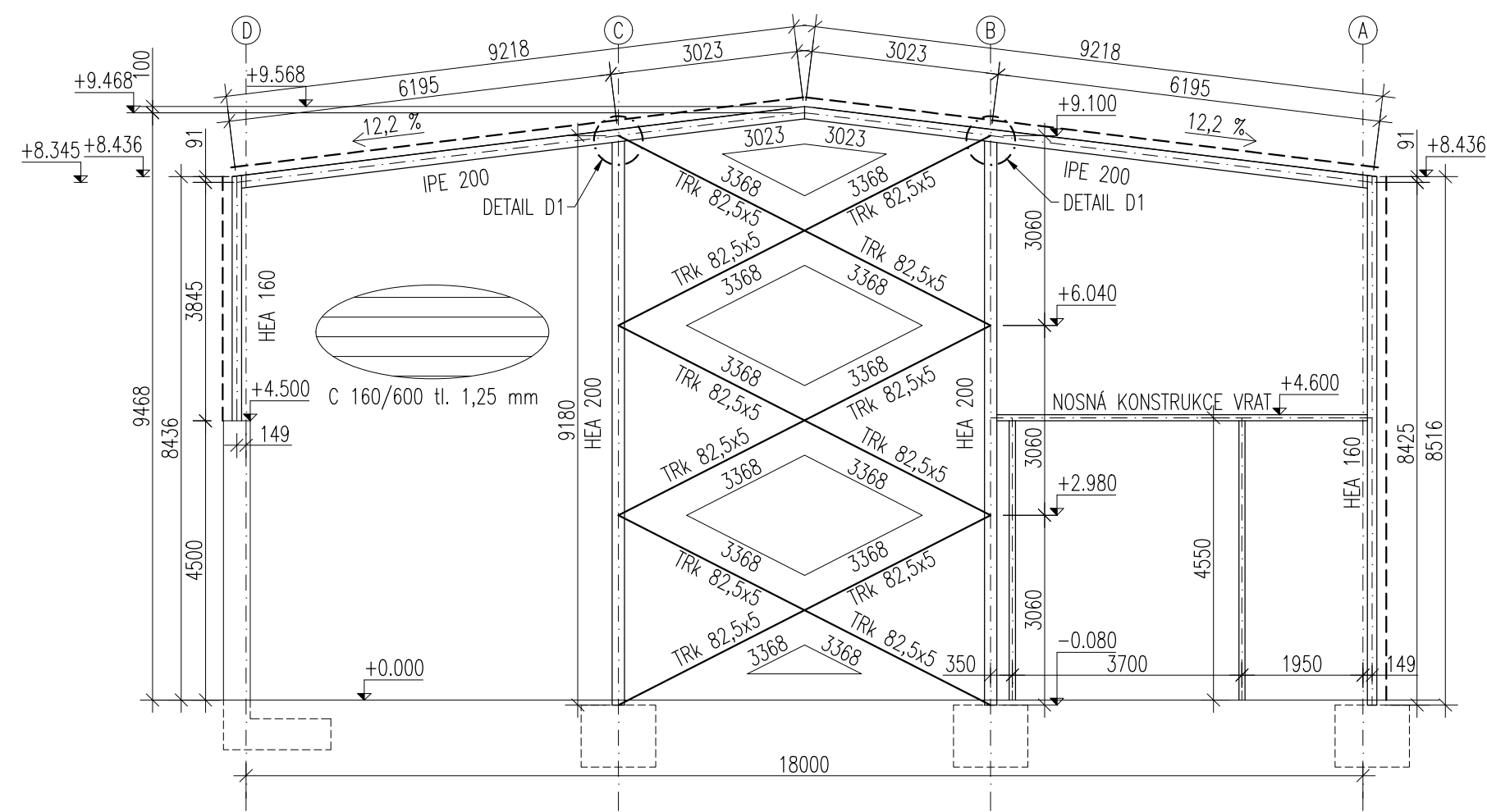
EXC2
- 3) TRAPÉZOVÝ PLECH CB 160/250 tl. 1 mm:

S320GD
- TENKOSTĚNNÉ KAZETY C 160/60 tl. 1,25 mm:

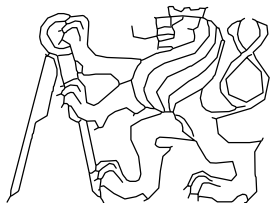
S320GD

|           |                                  |                                                                                       |   |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---|
| STUDENT   | František Hovorka                |  |   |
| VYUČUJÍCÍ | prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D. |                                                                                       |   |
| PŘEDMĚT   | BAKALÁŘSKÁ PRÁCE                 |                                                                                       |   |
| OBSAH :   | Pohled B–B                       | Č. VÝKR.                                                                              | 3 |

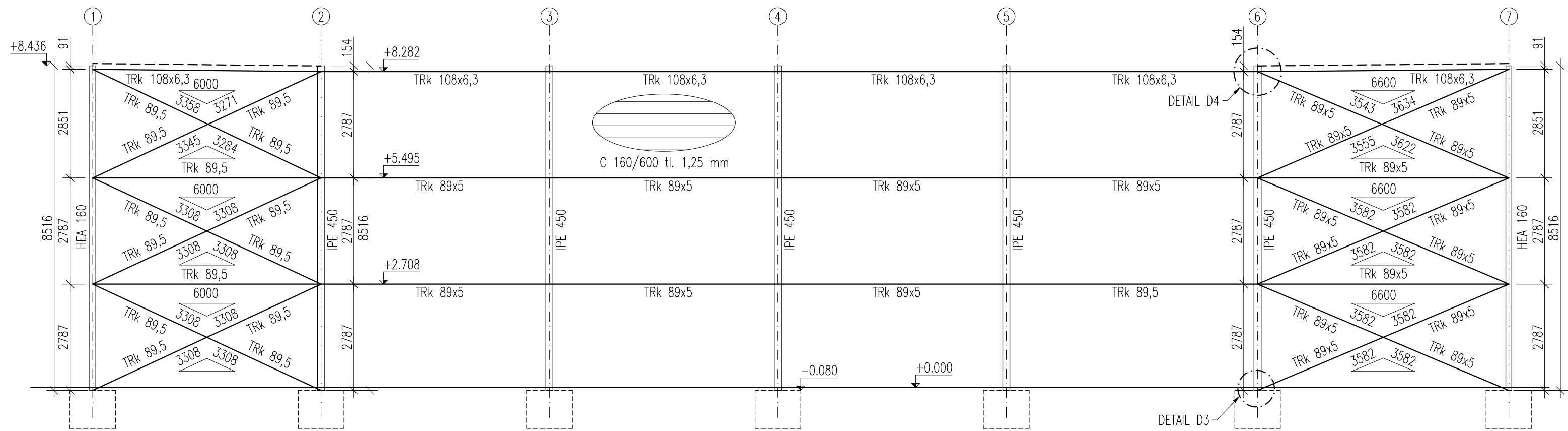
POHLED C–C, M 1:100



- POZNÁMKY:
- 1) OCEL: S235JR
  - 2) TŘÍDA PROVEDENÍ KONSTRUKCE: EXC2
  - 3) TRAPÉZOVÝ PLECH CB 160/250 tl. 1 mm: S320GD
  - TENKOSTĚNNÉ KAZETY C 160/60 tl. 1,25 mm:

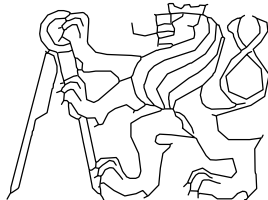
|           |                                  |                                                                                       |         |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| STUDENT   | František Hovorka                |  |         |
| VYUČUJÍCÍ | prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D. |                                                                                       |         |
| PŘEDMĚT   | BAKALÁŘSKÁ PRÁCE                 |                                                                                       |         |
| OBSAH :   | Pohled C–C                       | FORMÁT                                                                                | 2xA4    |
|           |                                  | MĚŘÍTKO                                                                               | 1:100   |
|           |                                  | DATUM                                                                                 | 05/2025 |
|           |                                  | Č. VÝKR.                                                                              | 4       |

POHLED D–D, M 1:100

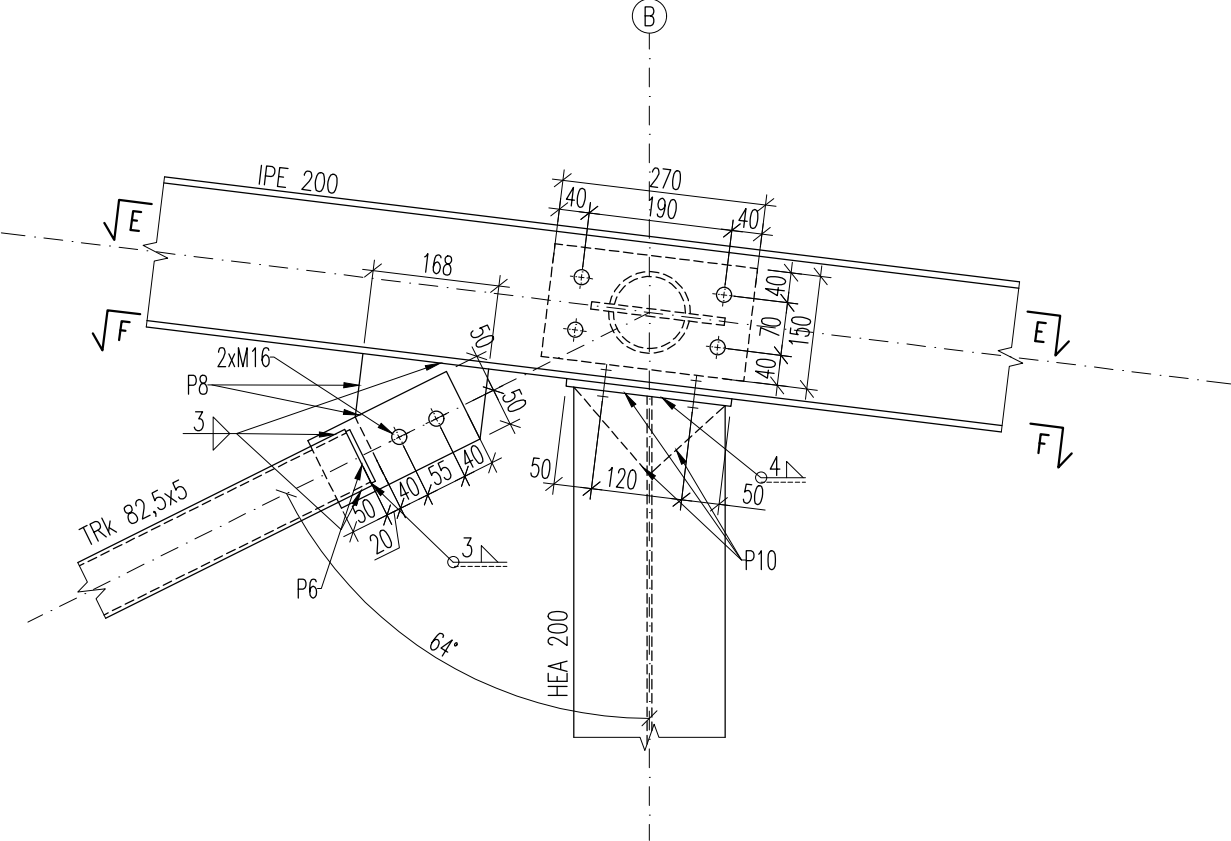


POZNÁMKY:

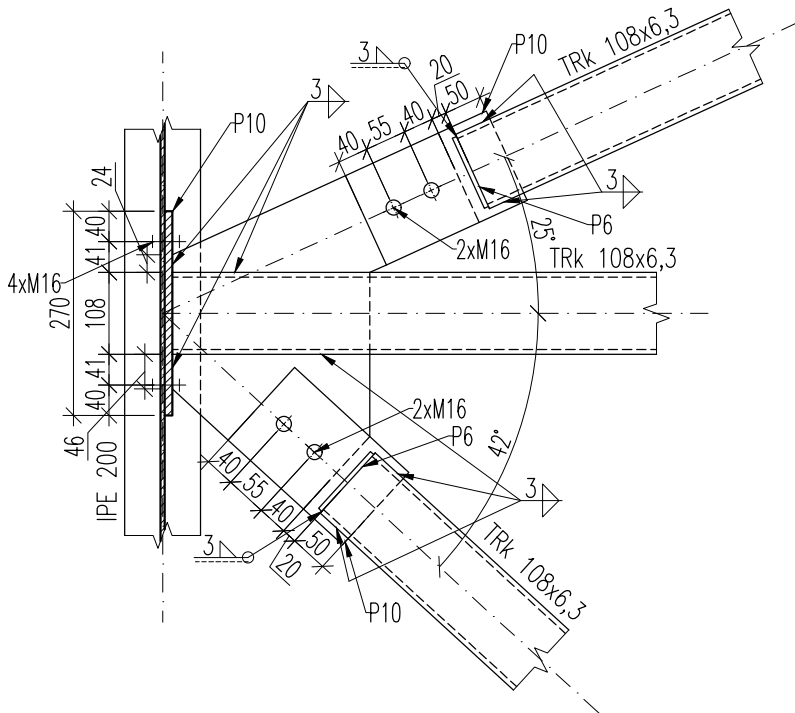
|                                          |        |
|------------------------------------------|--------|
| 1) OCEL:                                 | S235JR |
| 2) TŘÍDA PROVEDENÍ KONSTRUKCE:           | EXC2   |
| 3) TRAPÉZOVÝ PLECH CB 160/250 tl. 1 mm:  |        |
| TENKOSTĚNNÉ KAZETY C 160/60 tl. 1,25 mm: | S320GD |

|           |                                  |          |                                                                                       |
|-----------|----------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| STUDENT   | František Hovorka                |          |  |
| VYUČUJÍCÍ | prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D. |          |                                                                                       |
| PŘEDMĚT   | BAKALÁŘSKÁ PRÁCE                 |          |                                                                                       |
| OBSAH :   | Pohled D–D                       | FORMÁT   | 2xA4                                                                                  |
|           |                                  | MĚŘÍTKO  | 1:100                                                                                 |
|           |                                  | DATUM    | 05/2025                                                                               |
|           |                                  | Č. VÝKR. | 5                                                                                     |

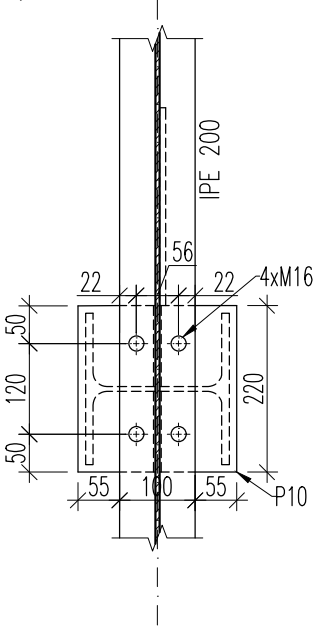
DETAIL D1, M1:10



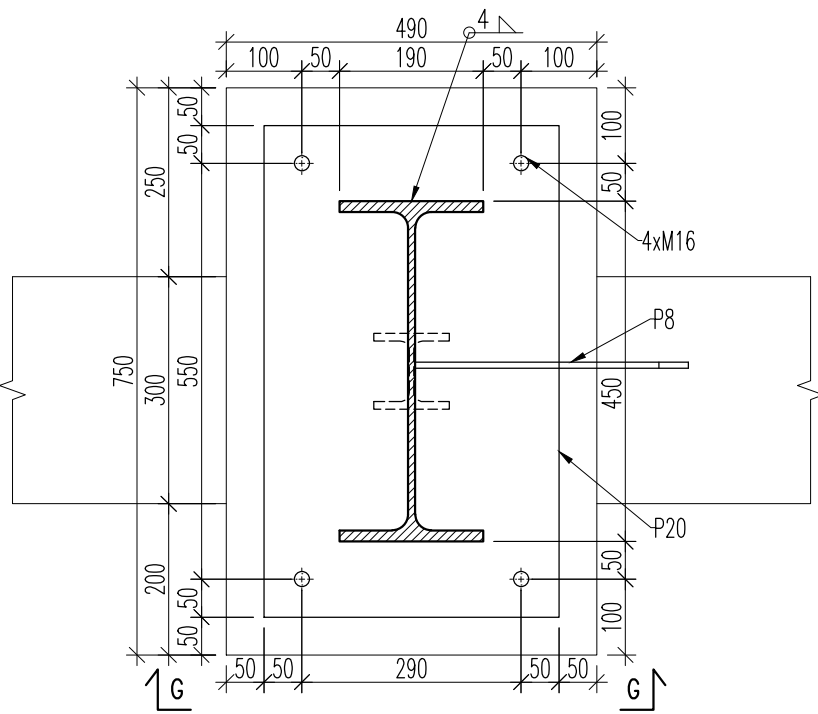
ŘEZ E-E, M1:10



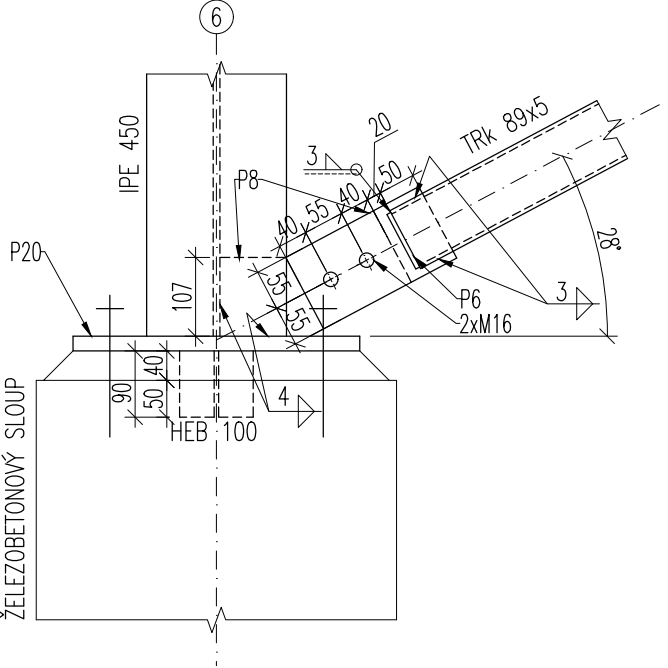
ŘEZ F-F, M1:10



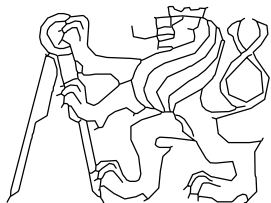
DETAIL D2, M1:10



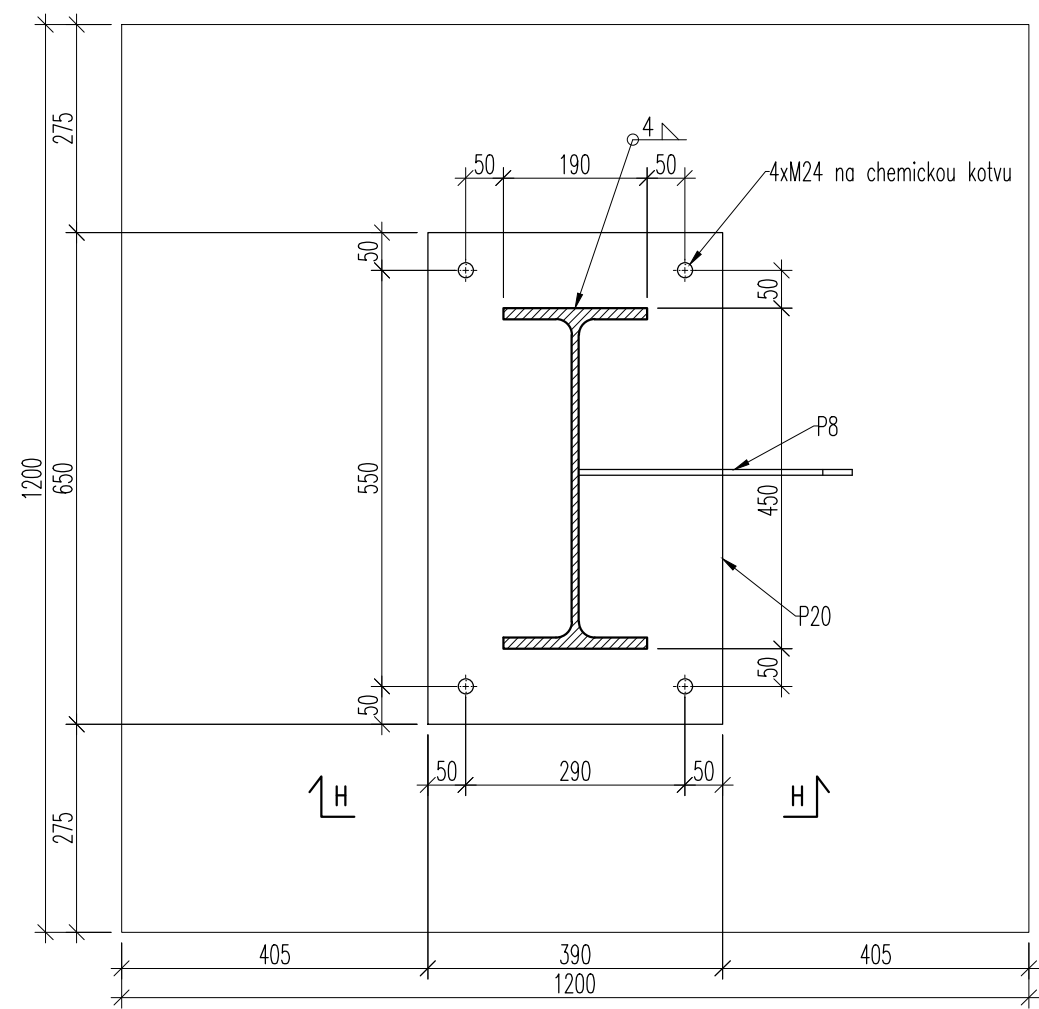
POHLED G-G, M1:10



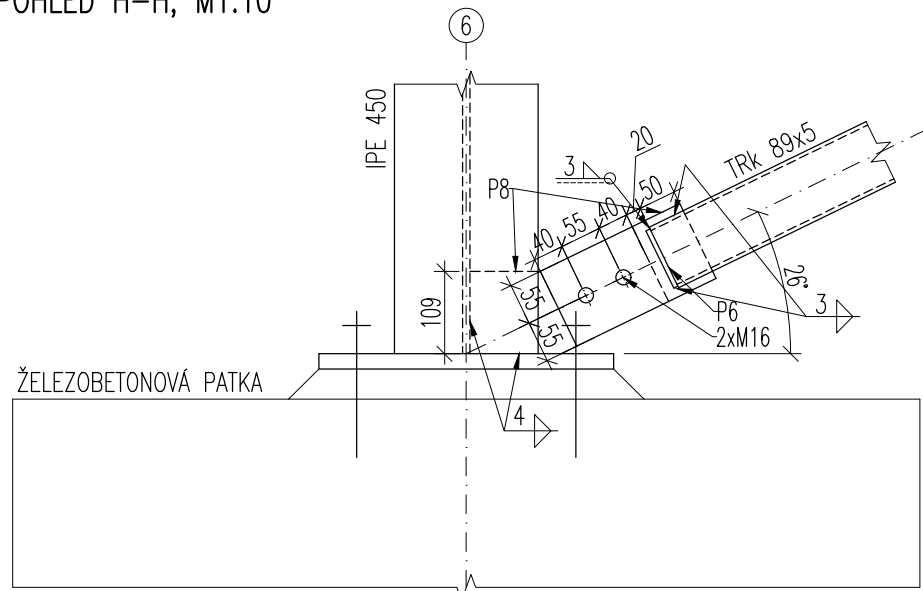
- POZNÁMKY:
- 1) OCEL:
  - 2) TŘÍDA PROVEDENÍ KONSTRUKCE:
  - 3) JAKOST ŠROUBŮ
- S235JR  
EXC2  
8.8

|           |                                  |  |                                                                                       |         |
|-----------|----------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| STUDENT   | František Hovorka                |  |  |         |
| VYUČUJÍCÍ | prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D. |  |                                                                                       |         |
| PŘEDMĚT   | BAKALÁŘSKÁ PRÁCE                 |  |                                                                                       |         |
| OBSAH :   | Detail 1,2                       |  |                                                                                       |         |
|           |                                  |  | FORMÁT                                                                                | 2xA4    |
|           |                                  |  | MĚŘÍTKO                                                                               | 1:10    |
|           |                                  |  | DATUM                                                                                 | 05/2025 |
|           |                                  |  | Č. VÝKR.                                                                              | 6.1     |

DETAIL D3, M1:10

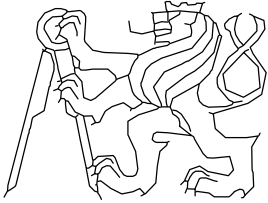


POHLED H-H, M1:10



- POZNÁMKY:
- |                                |        |
|--------------------------------|--------|
| 1) OCEL:                       | S235JR |
| 2) TŘÍDA PROVEDENÍ KONSTRUKCE: | EXC2   |
| 3) JAKOST ŠROUBŮ               | 8.8    |

|           |                                  |  |
|-----------|----------------------------------|--|
| STUDENT   | František Hovorka                |  |
| VYUČUJÍCÍ | prof. Ing. Michal Jandera, Ph.D. |  |
| PŘEDMĚT   | BAKALÁŘSKÁ PRÁCE                 |  |
| OBSAH :   | Detail 3                         |  |

|                                                                                       |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|  |         |
| FORMÁT                                                                                | 2xA4    |
| MĚŘÍTKO                                                                               | 1:10    |
| DATUM                                                                                 | 05/2025 |
| Č. VÝKR.                                                                              | 6.2     |



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Nosná konstrukce jednolodní skladové haly**

**Load-bearing structure of a single-bay storage hall**

### **Přílohy**

Vypracoval: František Hovorka

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

Květen 2025

# **PŘÍLOHY**

## **Seznam příloh:**

**Příloha č. 1 – Výpočet kritického momentu vnitřní příčky**

**Příloha č. 2 – Výpočet kritického momentu sloupu IPE 450**

**Příloha č. 3 – Výpočet kritického momentu příčle IPE 360**

**Příloha č. 4 – Výpočet kritického momentu sloupu HEA 160**

**Příloha č. 5 – Výpočet kritického momentu příčle IPE 200**

**Příloha č. 6 – Výpočet kritického momentu sloupu HEA 200**

**Příloha č. 7 – Výpočet únosností chemických kotev DETAIL 3**

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Nosná konstrukce jednolodní skladové haly**

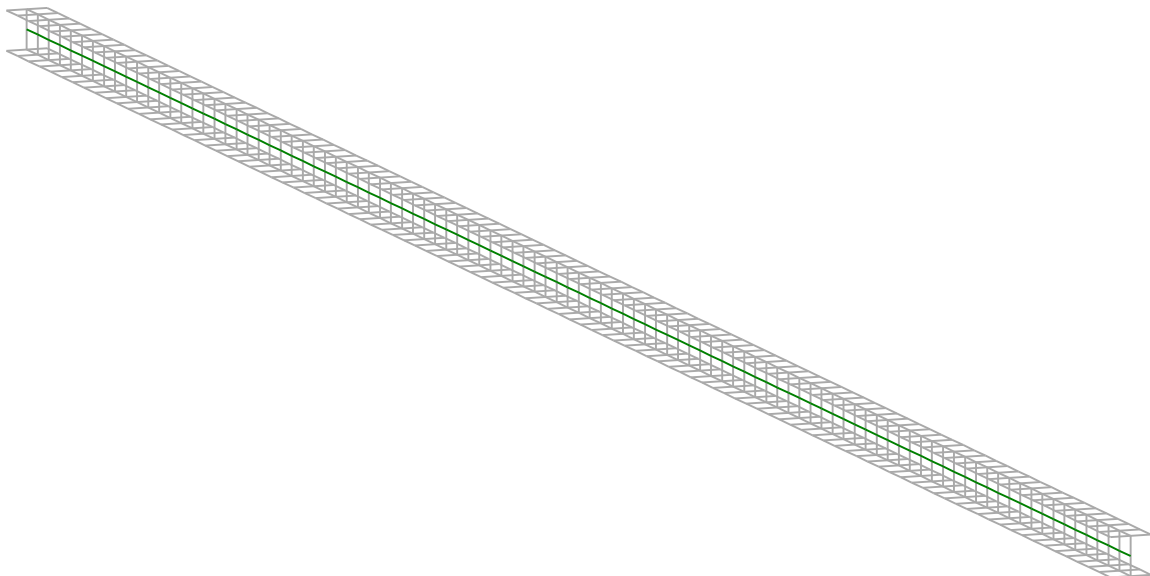
**Load-bearing structure of a single-bay storage hall**

**Příloha č. 1 – Výpočet kritického momentu vnitřní příčky**

# ***L**TBeamN*

v 1.0.3

## CALCULATION SHEET





## I - PARAMETERS

### I.1 - General parameters

|                                      |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Projected total length :             | $L = 9 \text{ m}$               |
| 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 |
|-------------------------|-----|

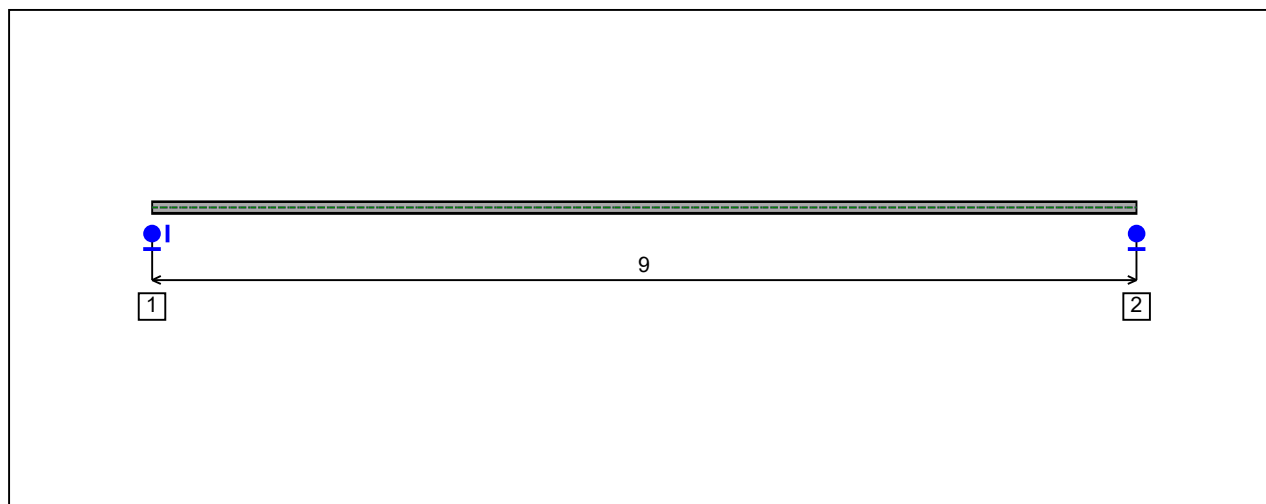


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : HEA 120

Abscissa from the left end of the beam :

x = 0 m

Type :

In catalogue (OTUA)

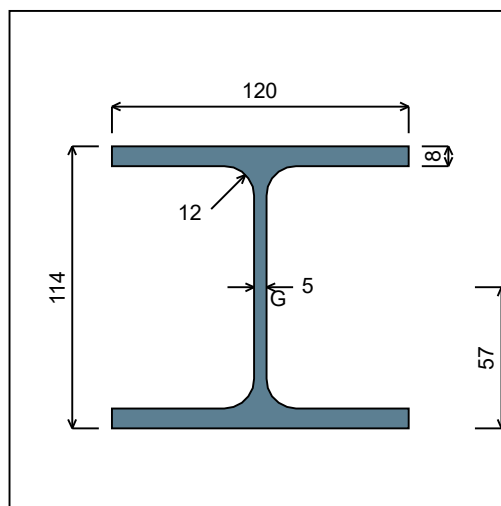


Figure 2 : Section No. 1 (HEA 120).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_s$ | = 0 cm                             |
| $z_G$ | = 5,7 cm                           |
| $I_y$ | = 606,15 cm <sup>4</sup>           |
| $I_z$ | = 230,9 cm <sup>4</sup>            |
| $I_t$ | = 5,938 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 6485,9 cm <sup>6</sup>           |

Other geometrical properties :

|                |                          |            |                         |
|----------------|--------------------------|------------|-------------------------|
| $A$            | = 25,34 cm <sup>2</sup>  | $A_{v,z}$  | = 8,456 cm <sup>2</sup> |
| $A_{v,y}$      | = 19,2 cm <sup>2</sup>   | $W_{el,z}$ | = 38,48 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,sup}$ | = 106,34 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ | = 58,85 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,inf}$ | = 106,34 cm <sup>3</sup> |            |                         |
| $W_{pl,y}$     | = 119,49 cm <sup>3</sup> |            |                         |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

**- Section No. 2 : HEA 120**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 9 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

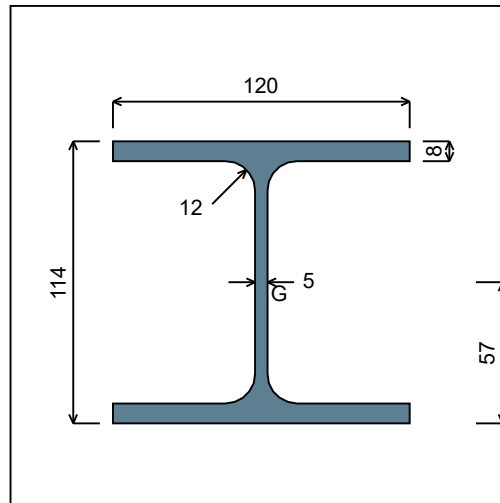


Figure 3 : Section No. 2 (HEA 120).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_s$ | = 0 cm                             |
| $z_G$ | = 5,7 cm                           |
| $I_y$ | = 606,15 cm <sup>4</sup>           |
| $I_z$ | = 230,9 cm <sup>4</sup>            |
| $I_t$ | = 5,938 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 6485,9 cm <sup>6</sup>           |

Other geometrical properties :

|                |                          |            |                         |
|----------------|--------------------------|------------|-------------------------|
| $A$            | = 25,34 cm <sup>2</sup>  | $A_{v,z}$  | = 8,456 cm <sup>2</sup> |
| $A_{v,y}$      | = 19,2 cm <sup>2</sup>   | $W_{el,z}$ | = 38,48 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,sup}$ | = 106,34 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ | = 58,85 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,inf}$ | = 106,34 cm <sup>3</sup> |            |                         |
| $W_{pl,y}$     | = 119,49 cm <sup>3</sup> |            |                         |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

#### I.4 - Lateral restraints

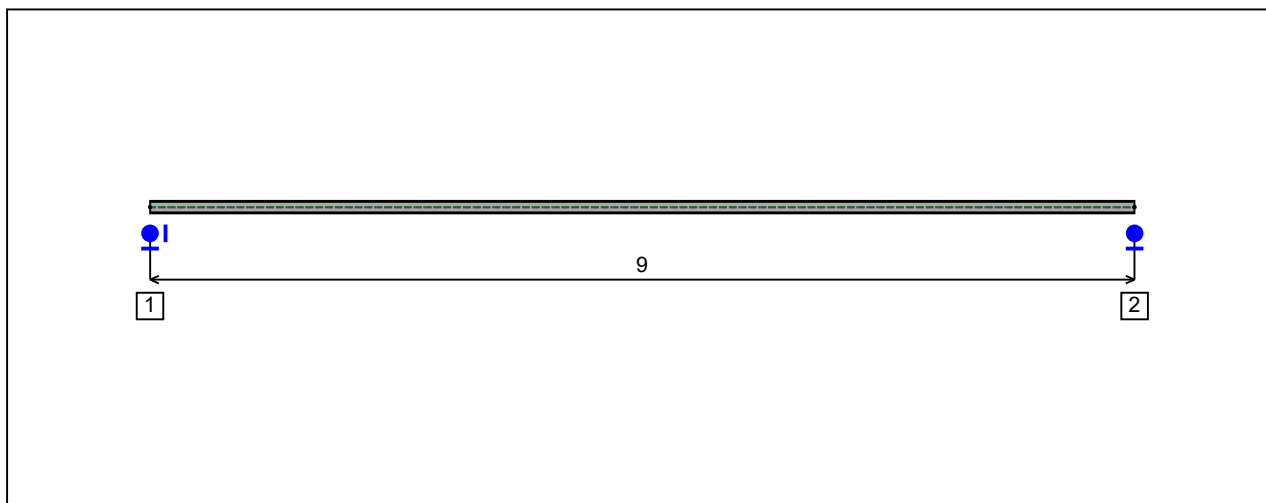


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

##### - 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 :  $x = 9$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

### 1.5 - Supports

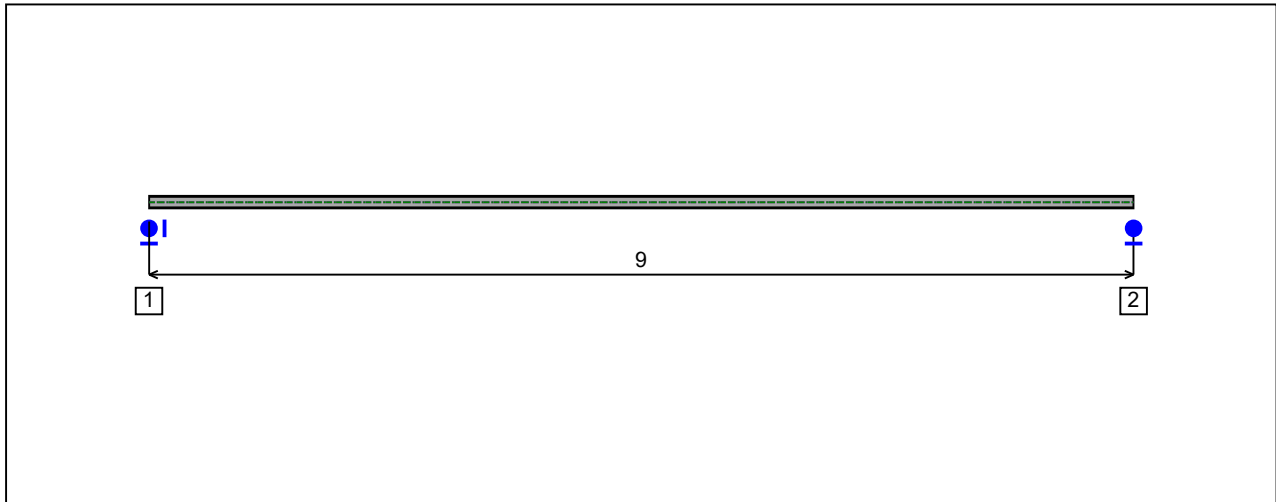


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

#### - 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 :  $x = 9$  m

Support conditions :

u : Free  
w : Fixed  
w' : Free

I.6 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

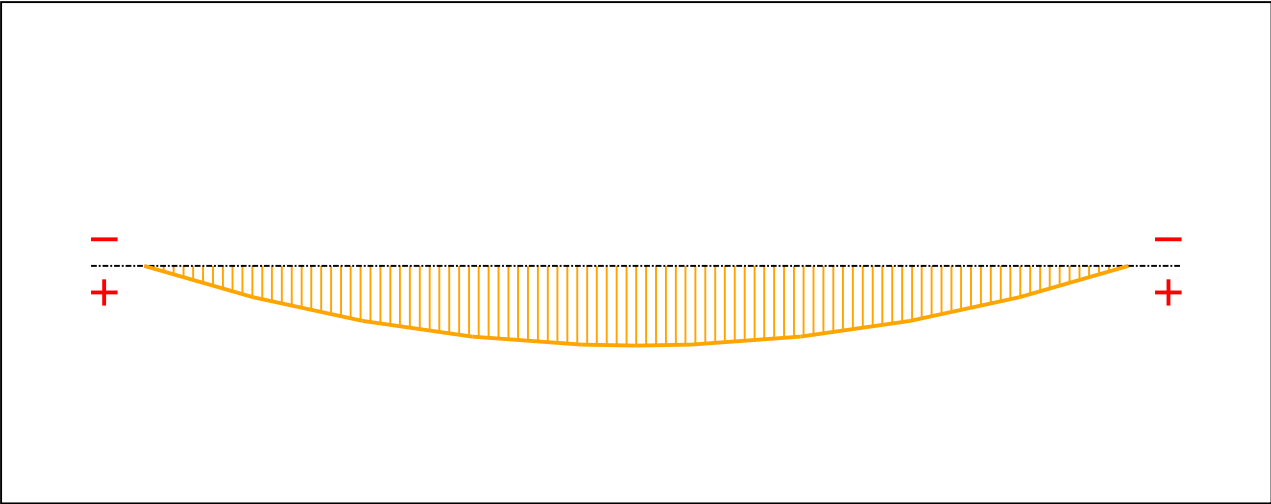


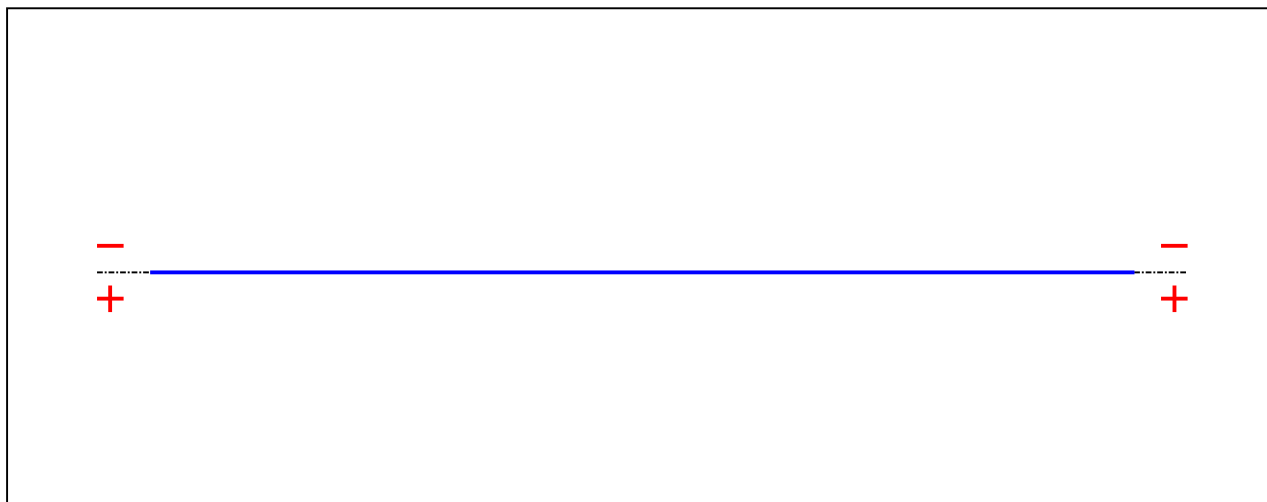
Figure 6 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

| x(m) | M(kN.m) |
|------|---------|
| 0    | 0       |
| 1    | 1,44    |
| 2    | 2,52    |
| 3    | 3,24    |
| 4    | 3,6     |
| 4,5  | 3,645   |
| 5    | 3,6     |
| 6    | 3,24    |
| 7    | 2,52    |
| 8    | 1,44    |
| 9    | 0       |

- Axial force diagram :

*Figure 7 : Axial force diagram.*

Active :

Yes

*Table 2 : Axial force diagram.*

| x(m) | N(kN) |
|------|-------|
| 0    | 0     |
| 9    | 0     |

**- 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    | 5,338      | 19,46               | 4,5              | 0                 | 4,5              |

### 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    | 5,338      | 19,46               | 4,5              | 0                 | 4,5              |

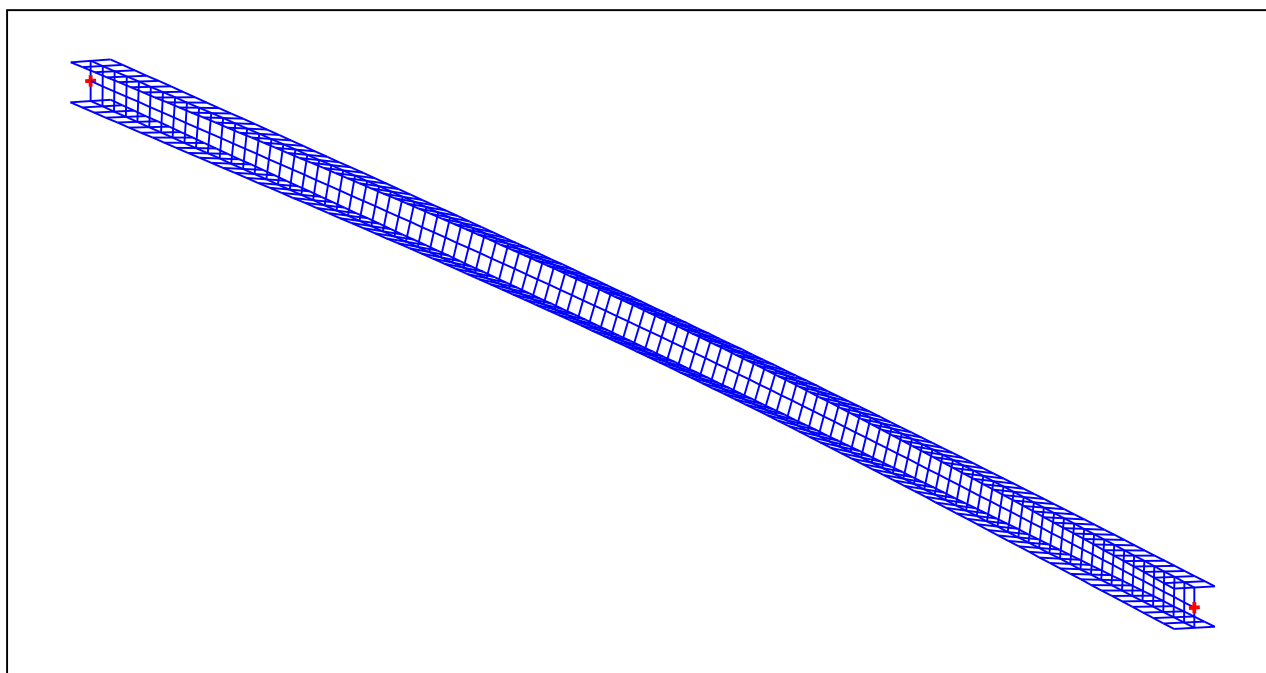


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

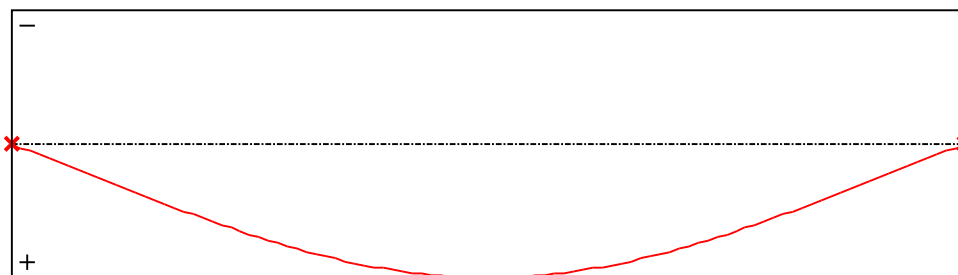


Figure 9 : Lateral displacement compopent of the shear centre (Mode 1).

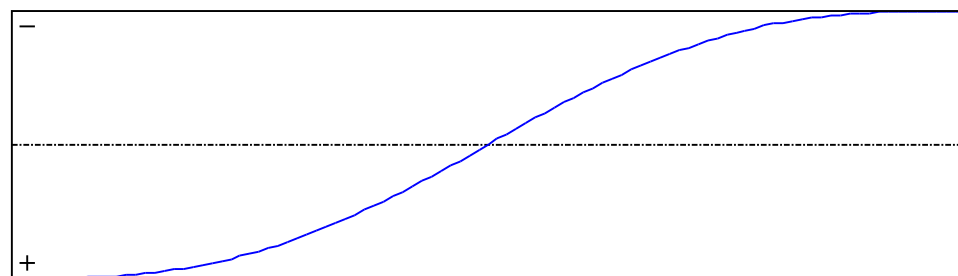


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

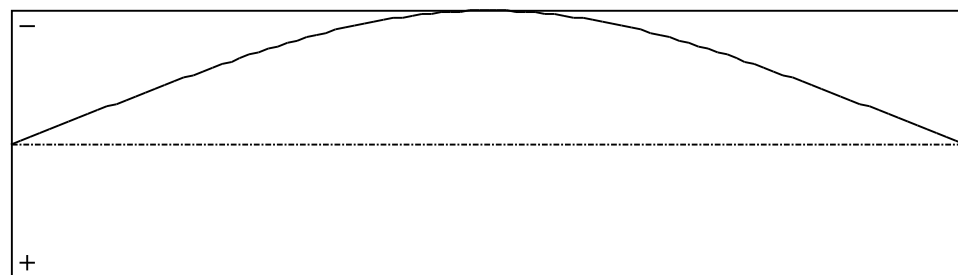


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

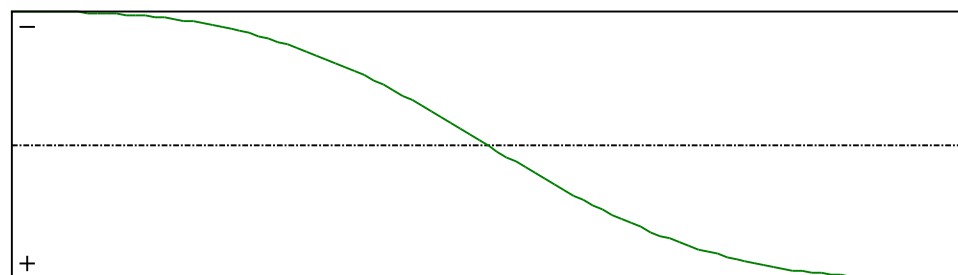


Figure 12 : Warping compopent of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| <b>I - PARAMETERS</b>            | <b>p.1</b> |
| <b>I.1 - General parameters</b>  | <b>p.1</b> |
| <b>I.2 - Material</b>            | <b>p.1</b> |
| <b>I.3 - Sections</b>            | <b>p.1</b> |
| - Section No. 1 : HEA 120        | p.2        |
| - Section No. 2 : HEA 120        | p.3        |
| <b>I.4 - Lateral restraints</b>  | <b>p.4</b> |
| - Restraint No. 1 :              | p.4        |
| - Restraint No. 2 :              | p.4        |
| <b>I.5 - Supports</b>            | <b>p.5</b> |
| - Support No. 1 :                | p.5        |
| - Support No. 2 :                | p.5        |
| <b>I.6 - Loads</b>               | <b>p.6</b> |
| - Moment diagram :               | p.6        |
| - Axial force diagram :          | p.6        |
| - Eccentric concentrated loads : | p.7        |
| - Eccentric distributed loads :  | p.7        |
| <b>II - LTB CALCULATION</b>      | <b>p.8</b> |
| <b>II.1 - LTB modes</b>          | <b>p.8</b> |
| <b>II.2 - Mode shapes</b>        | <b>p.8</b> |
| - Mode 1                         | p.8        |

**WARNING !**

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Nosná konstrukce jednolodní skladové haly**

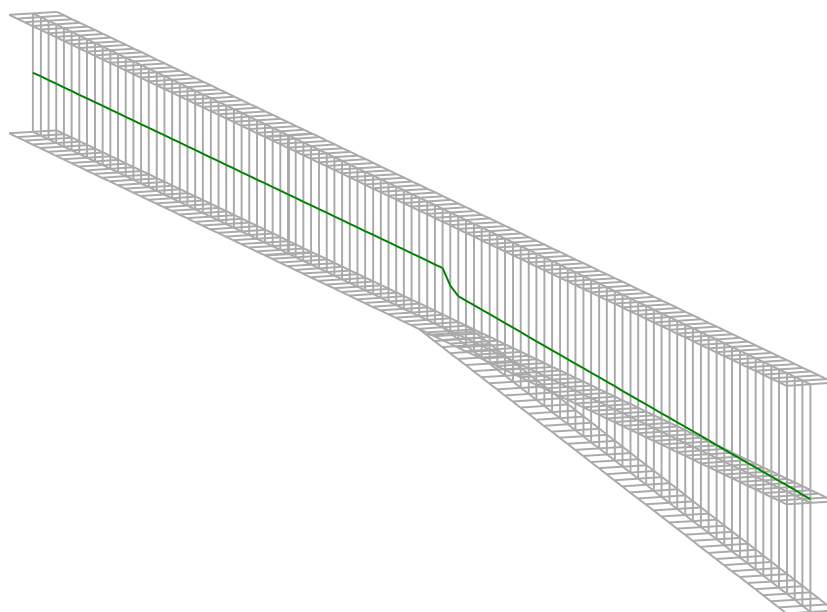
**Load-bearing structure of a single-bay storage hall**

### **Příloha č. 2 – Výpočet kritického momentu sloupu IPE 450**

# ***LTBeamN***

**v 1.0.3**

## **CALCULATION SHEET**





## I - PARAMETERS

### I.1 - General parameters

|                                      |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Projected total length :             | $L = 8,5 \text{ m}$             |
| 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 |
|-------------------------|-----|

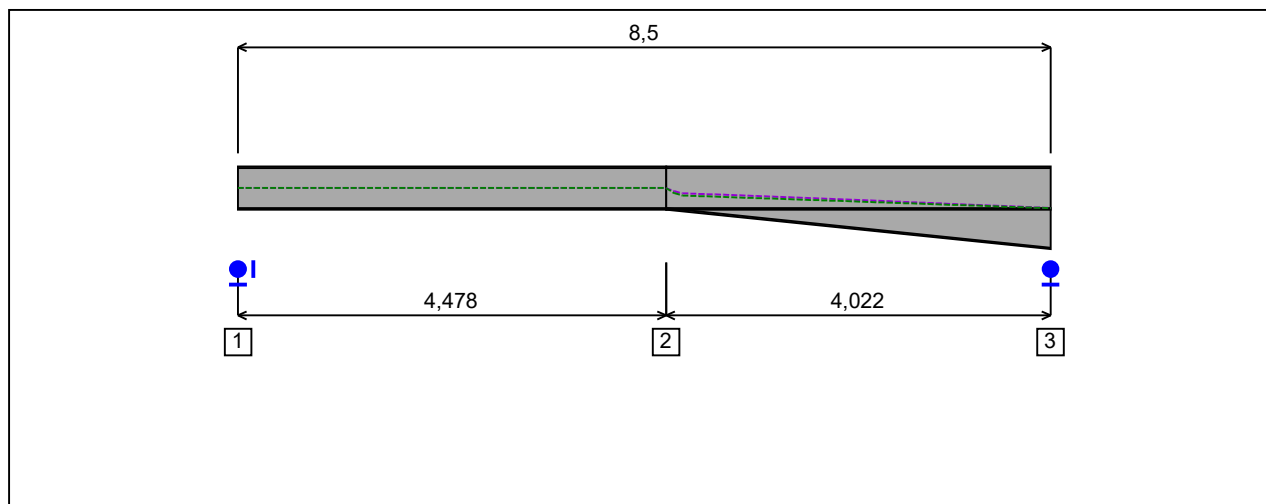


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 450

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 0$  m

Type :

In catalogue (OTUA)

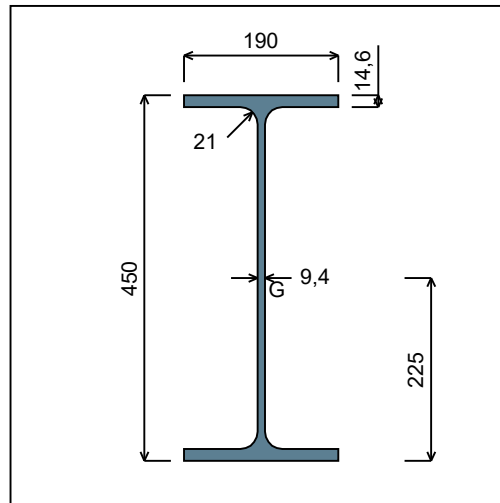


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 450).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_s$ | = 0 cm                             |
| $z_G$ | = 22,5 cm                          |
| $I_y$ | = 33743 cm <sup>4</sup>            |
| $I_z$ | = 1675,9 cm <sup>4</sup>           |
| $I_t$ | = 66,18 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 794246 cm <sup>6</sup>           |

Other geometrical properties :

|                |                          |            |                          |
|----------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| $A$            | = 98,82 cm <sup>2</sup>  | $A_{v,z}$  | = 50,85 cm <sup>2</sup>  |
| $A_{v,y}$      | = 55,48 cm <sup>2</sup>  | $W_{el,z}$ | = 176,41 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,sup}$ | = 1499,7 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ | = 276,38 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,inf}$ | = 1499,7 cm <sup>3</sup> |            |                          |
| $W_{pl,y}$     | = 1701,8 cm <sup>3</sup> |            |                          |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

**- Section No. 2 : IPE 450**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 4,478 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

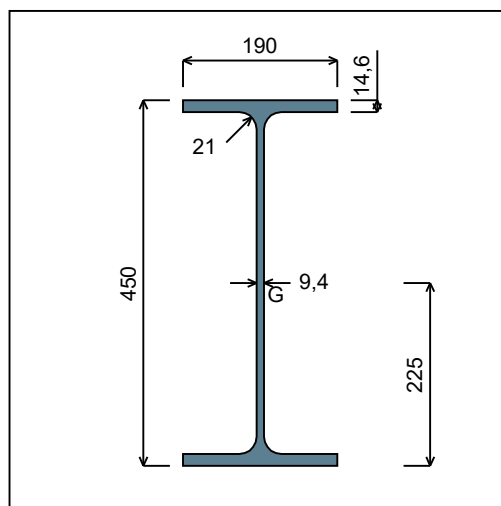


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 450).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_s$ | = 0 cm                             |
| $z_G$ | = 22,5 cm                          |
| $I_y$ | = 33743 cm <sup>4</sup>            |
| $I_z$ | = 1675,9 cm <sup>4</sup>           |
| $I_t$ | = 66,18 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 794246 cm <sup>6</sup>           |

Other geometrical properties :

|                |                          |            |                          |
|----------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| $A$            | = 98,82 cm <sup>2</sup>  | $A_{v,z}$  | = 50,85 cm <sup>2</sup>  |
| $A_{v,y}$      | = 55,48 cm <sup>2</sup>  | $W_{el,z}$ | = 176,41 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,sup}$ | = 1499,7 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ | = 276,38 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,inf}$ | = 1499,7 cm <sup>3</sup> |            |                          |
| $W_{pl,y}$     | = 1701,8 cm <sup>3</sup> |            |                          |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

**- Section No. 3 : IPE 450**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 8,5 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

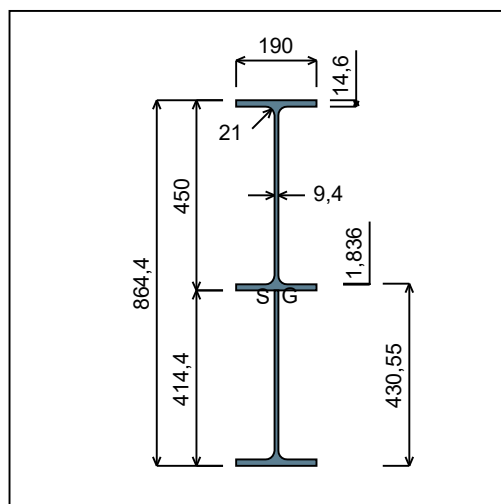


Figure 4 : Section No. 3 (IPE 450).

Main geometrical properties :

|       |                                     |
|-------|-------------------------------------|
| $z_S$ | = -0,1836 cm                        |
| $z_G$ | = 43,05 cm                          |
| $I_y$ | = 152295 cm <sup>4</sup>            |
| $I_z$ | = 2515,1 cm <sup>4</sup>            |
| $I_t$ | = 104,59 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 2,972E+6 cm <sup>6</sup>          |

Other geometrical properties :

|                |                          |            |                          |
|----------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| $A$            | = 166,03 cm <sup>2</sup> | $A_{v,z}$  | = 89,8 cm <sup>2</sup>   |
| $A_{v,y}$      | = 83,22 cm <sup>2</sup>  | $W_{el,z}$ | = 264,75 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,sup}$ | = 3510,3 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ | = 418,75 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,inf}$ | = 3537,2 cm <sup>3</sup> |            |                          |
| $W_{pl,y}$     | = 4165,7 cm <sup>3</sup> |            |                          |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

#### I.4 - Lateral restraints

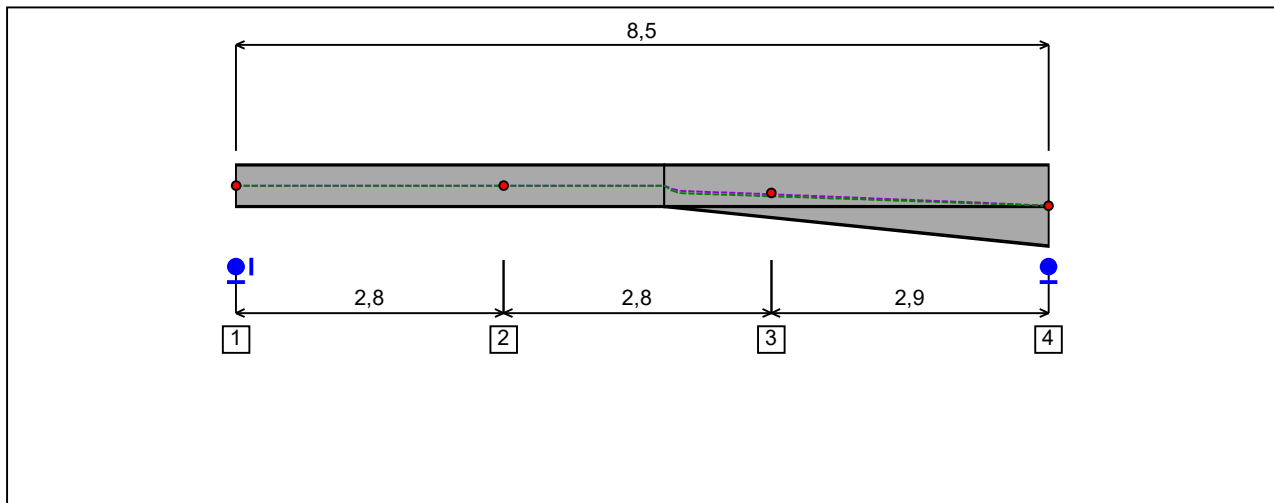


Figure 5 : Profile in long with restraint numbers.

##### - 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 :  $x = 2,8$  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 :  $x = 5,6$  m

Vertical position from the shear centre :

$z = 3,598 \text{ cm}$

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Free

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 4 :**

Type :

Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 8,5 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre :

$z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

### 1.5 - Supports

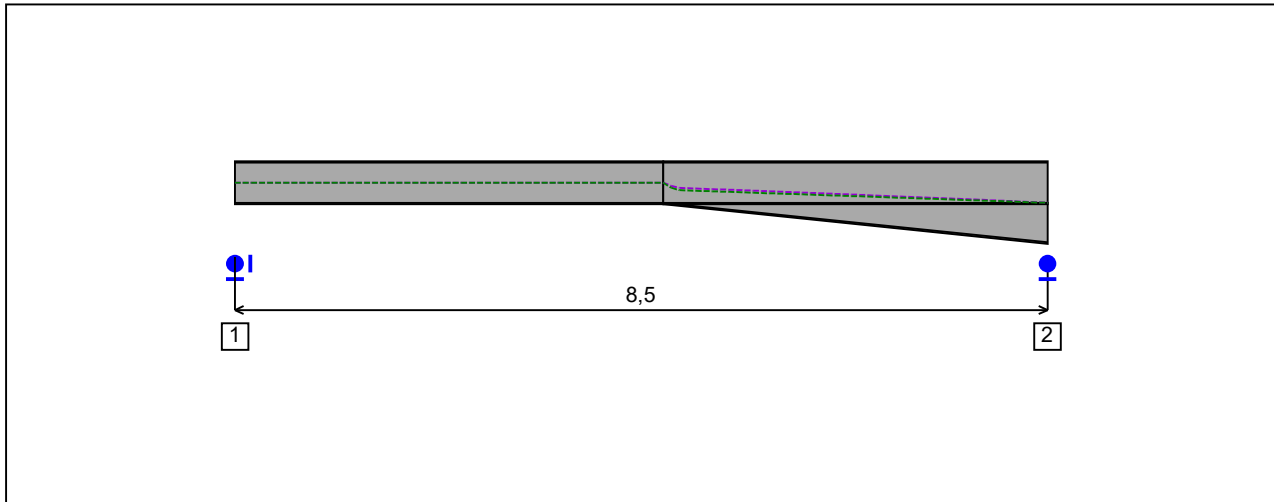


Figure 6 : Profile in long with support numbers.

#### - 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 :  $x = 8,5$  m

Support conditions :

$u$  : Free  
 $w$  : Fixed  
 $w'$  : Free

1.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

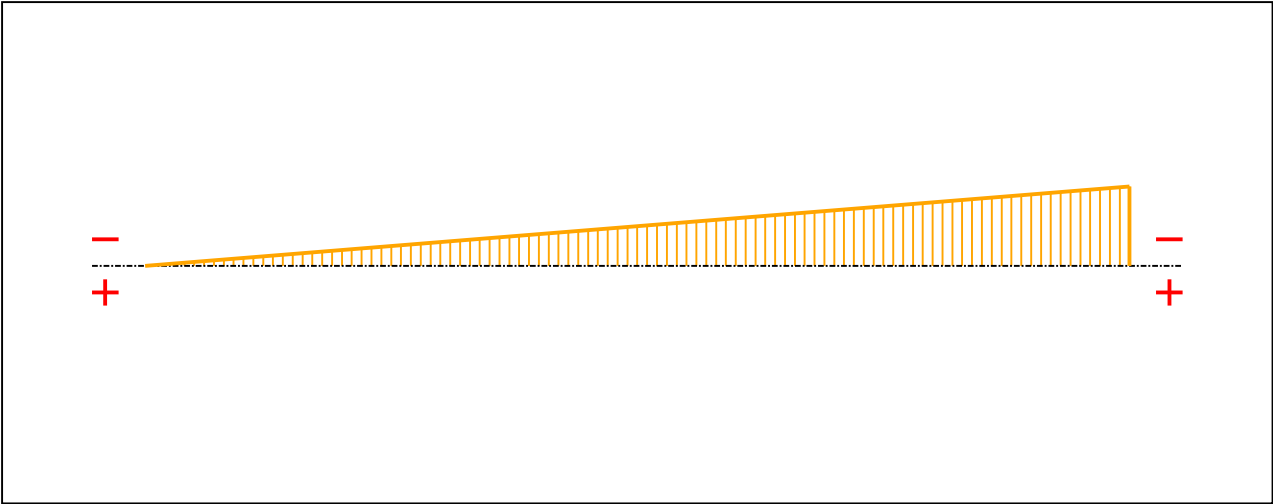


Figure 7 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

| x(m) | M(kN.m) |
|------|---------|
| 0    | 0       |
| 8,5  | -361,14 |

- Axial force diagram :

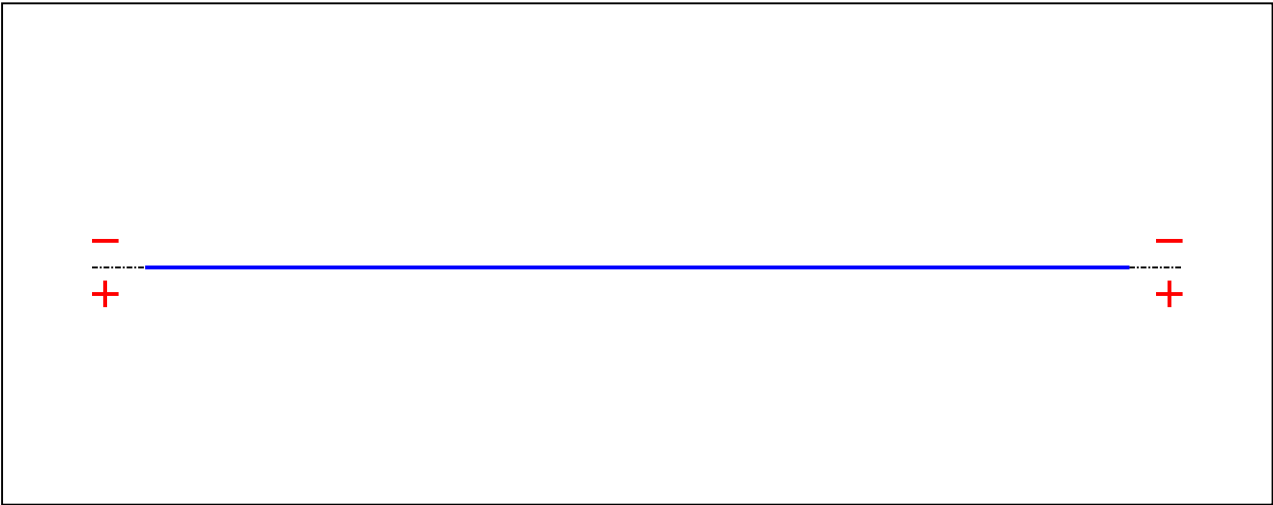


Figure 8 : Axial force diagram.

Active :

Yes

Table 2 : Axial force diagram.

| x(m) | N(kN) |
|------|-------|
| 0    | 0     |
| 8,5  | 0     |

**- 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

The TAPER effect is taken into account

### 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    | 6,702      | -2420,4             | 8,5              | 0                 | 8,5              |

### 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    | 6,702      | -2420,4             | 8,5              | 0                 | 8,5              |

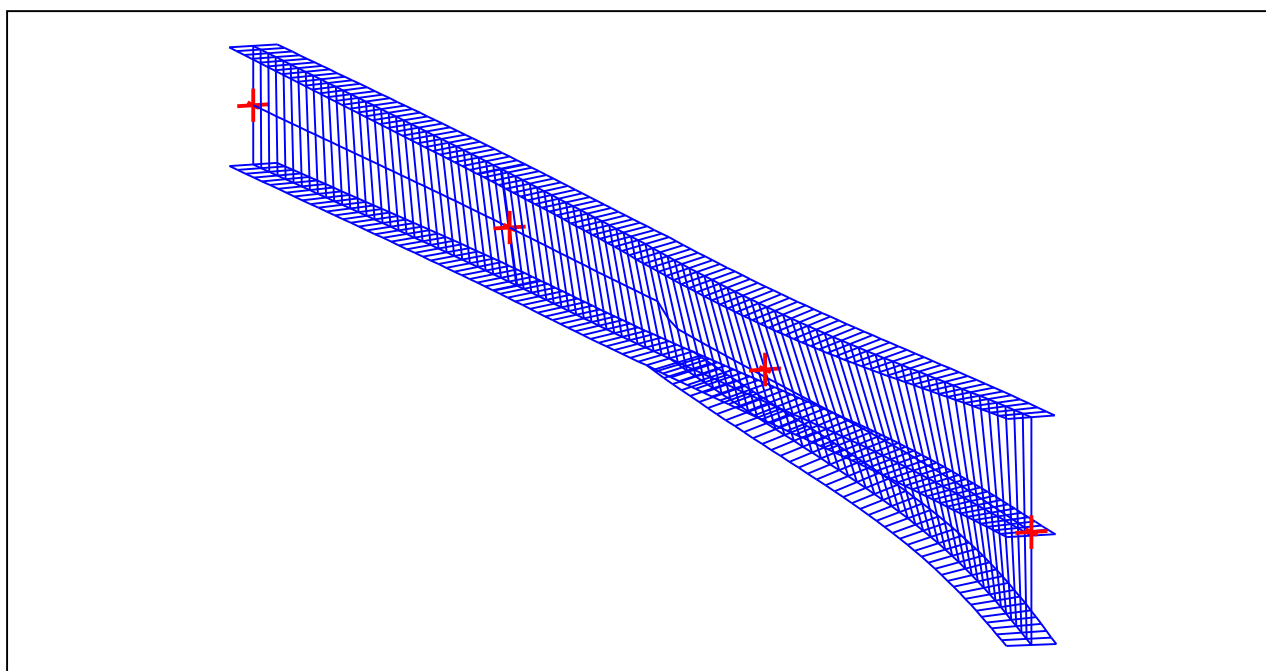


Figure 9 : Mode shape in 3D (Mode 1).

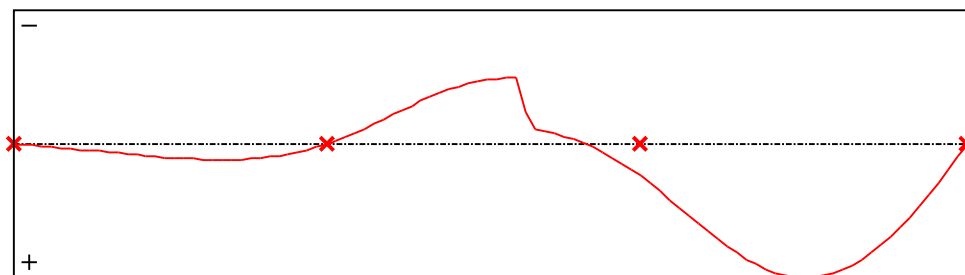


Figure 10 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

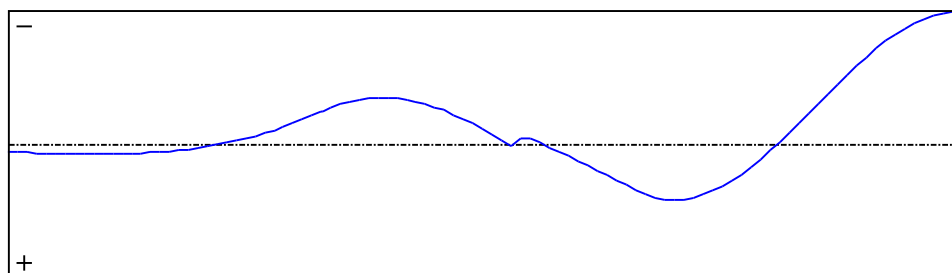


Figure 11 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

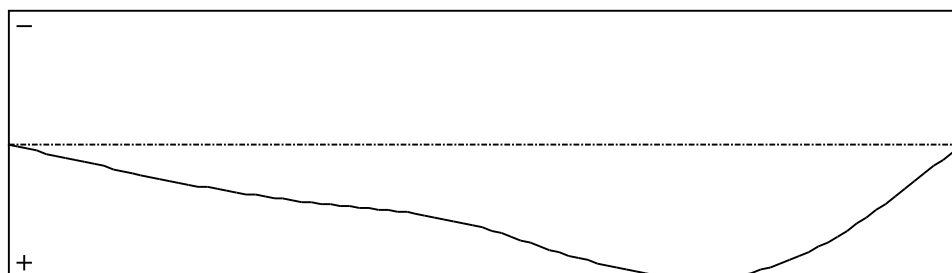


Figure 12 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

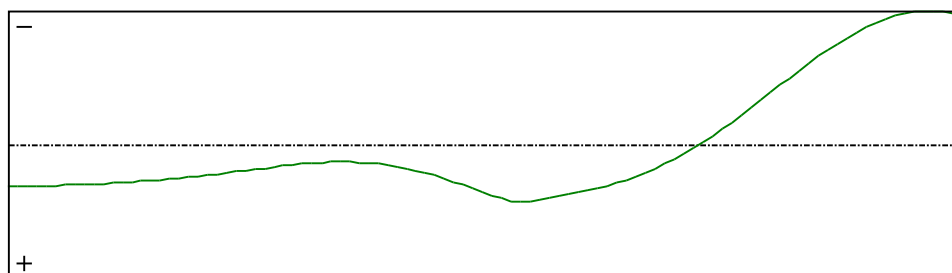


Figure 13 : Warping compoment of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| <b>I - PARAMETERS</b>            | <b>p.1</b>  |
| <b>I.1 - General parameters</b>  | <b>p.1</b>  |
| <b>I.2 - Material</b>            | <b>p.1</b>  |
| <b>I.3 - Sections</b>            | <b>p.1</b>  |
| - Section No. 1 : IPE 450        | p.2         |
| - Section No. 2 : IPE 450        | p.3         |
| - Section No. 3 : IPE 450        | p.4         |
| <b>I.4 - Lateral restraints</b>  | <b>p.5</b>  |
| - Restraint No. 1 :              | p.5         |
| - Restraint No. 2 :              | p.5         |
| - Restraint No. 3 :              | p.5         |
| - Restraint No. 4 :              | p.6         |
| <b>I.5 - Supports</b>            | <b>p.7</b>  |
| - Support No. 1 :                | p.7         |
| - Support No. 2 :                | p.7         |
| <b>I.6 - Loads</b>               | <b>p.8</b>  |
| - Moment diagram :               | p.8         |
| - Axial force diagram :          | p.8         |
| - Eccentric concentrated loads : | p.9         |
| - Eccentric distributed loads :  | p.9         |
| <b>II - LTB CALCULATION</b>      | <b>p.10</b> |
| <b>II.1 - LTB modes</b>          | <b>p.10</b> |
| <b>II.2 - Mode shapes</b>        | <b>p.10</b> |
| - Mode 1                         | p.10        |

**WARNING !**

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Nosná konstrukce jednolodní skladové haly**

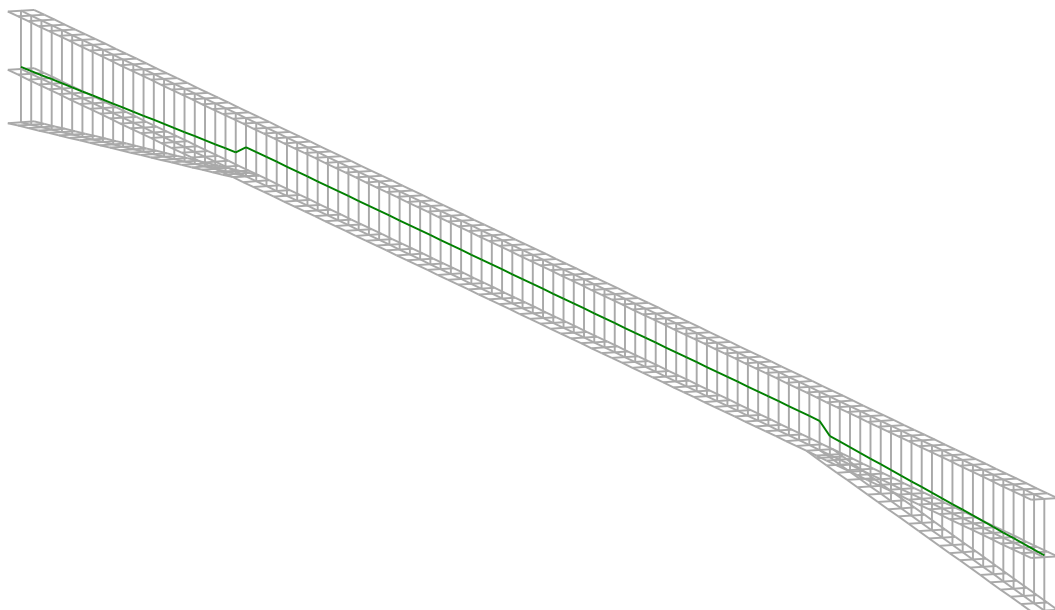
**Load-bearing structure of a single-bay storage hall**

**Příloha č. 3 – Výpočet kritického momentu příčle IPE 360**

# ***LTBeamN***

**v 1.0.3**

## **CALCULATION SHEET**





## I - PARAMETERS

### I.1 - General parameters

|                                      |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Projected total length :             | $L = 18,2 \text{ m}$            |
| 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 |
|-------------------------|-----|

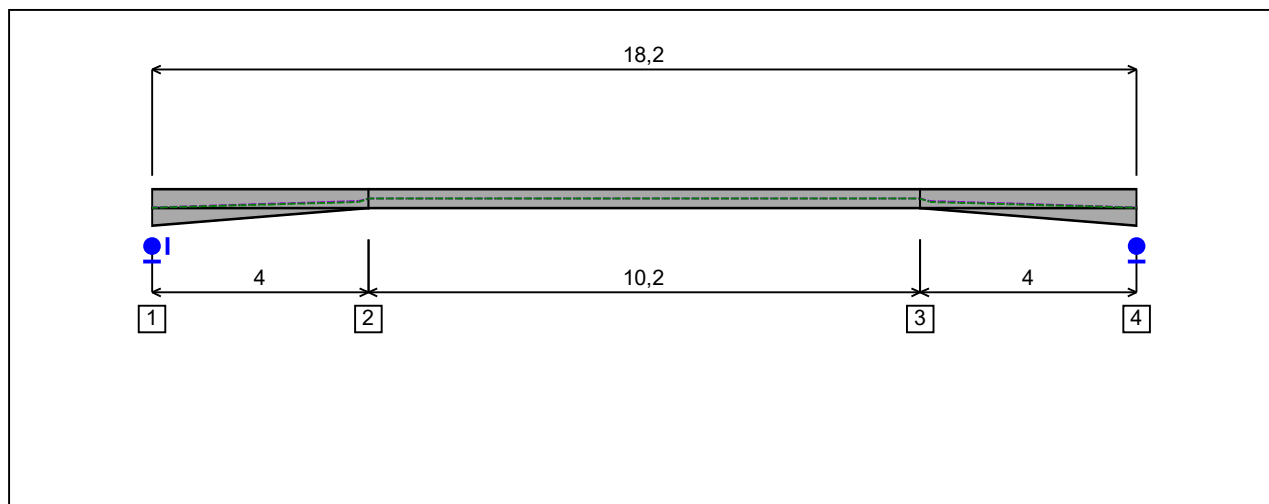


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

**- Section No. 1 : IPE 360**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 0$  m

Type :

In catalogue (OTUA)

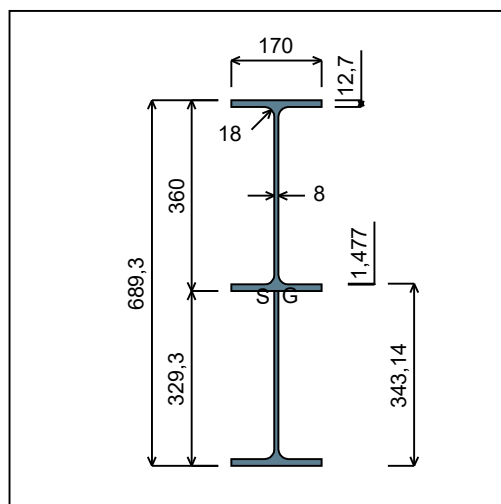


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 360).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_S$ | = -0,1477 cm                       |
| $z_G$ | = 34,31 cm                         |
| $I_y$ | = 71940 cm <sup>4</sup>            |
| $I_z$ | = 1565,8 cm <sup>4</sup>           |
| $I_t$ | = 58,23 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 1,176E+6 cm <sup>6</sup>         |

Other geometrical properties :

|                |                          |            |                          |
|----------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| $A$            | = 121,04 cm <sup>2</sup> | $A_{V,z}$  | = 61,48 cm <sup>2</sup>  |
| $A_{V,y}$      | = 64,77 cm <sup>2</sup>  | $W_{el,z}$ | = 184,21 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,sup}$ | = 2078,2 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ | = 289,04 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,inf}$ | = 2096,6 cm <sup>3</sup> |            |                          |
| $W_{pl,y}$     | = 2442 cm <sup>3</sup>   |            |                          |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

**- Section No. 2 : IPE 360**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 4 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

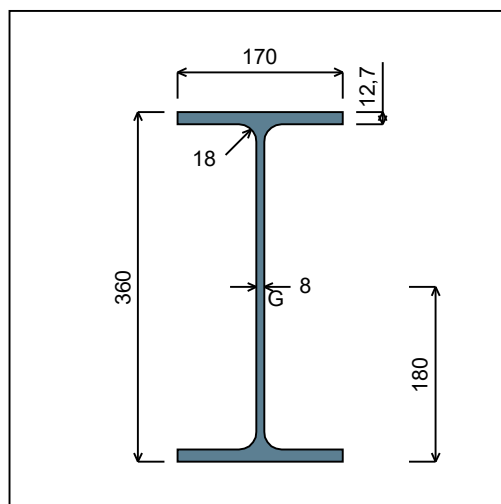


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 360).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_s$ | = 0 cm                             |
| $z_G$ | = 18 cm                            |
| $I_y$ | = 16266 cm <sup>4</sup>            |
| $I_z$ | = 1043,5 cm <sup>4</sup>           |
| $I_t$ | = 37,09 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 314646 cm <sup>6</sup>           |

Other geometrical properties :

|                |                          |                                     |
|----------------|--------------------------|-------------------------------------|
| $A$            | = 72,73 cm <sup>2</sup>  |                                     |
| $A_{v,y}$      | = 43,18 cm <sup>2</sup>  | $A_{v,z}$ = 35,14 cm <sup>2</sup>   |
| $W_{el,y,sup}$ | = 903,65 cm <sup>3</sup> |                                     |
| $W_{el,y,inf}$ | = 903,65 cm <sup>3</sup> | $W_{el,z}$ = 122,76 cm <sup>3</sup> |
| $W_{pl,y}$     | = 1019,1 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ = 191,1 cm <sup>3</sup>  |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

**- Section No. 3 : IPE 360**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 14,2 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

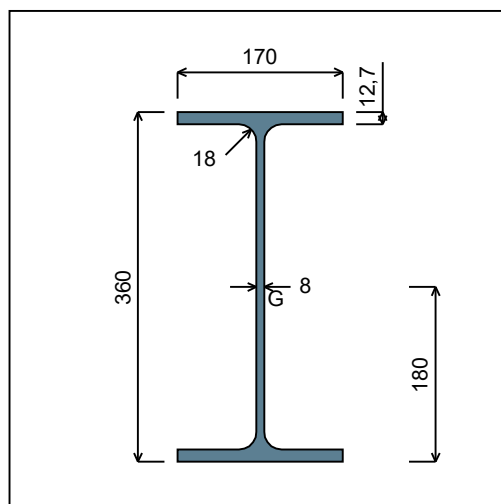


Figure 4 : Section No. 3 (IPE 360).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_s$ | = 0 cm                             |
| $z_G$ | = 18 cm                            |
| $I_y$ | = 16266 cm <sup>4</sup>            |
| $I_z$ | = 1043,5 cm <sup>4</sup>           |
| $I_t$ | = 37,09 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 314646 cm <sup>6</sup>           |

Other geometrical properties :

|                |                          |                                     |
|----------------|--------------------------|-------------------------------------|
| $A$            | = 72,73 cm <sup>2</sup>  |                                     |
| $A_{v,y}$      | = 43,18 cm <sup>2</sup>  | $A_{v,z}$ = 35,14 cm <sup>2</sup>   |
| $W_{el,y,sup}$ | = 903,65 cm <sup>3</sup> |                                     |
| $W_{el,y,inf}$ | = 903,65 cm <sup>3</sup> | $W_{el,z}$ = 122,76 cm <sup>3</sup> |
| $W_{pl,y}$     | = 1019,1 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ = 191,1 cm <sup>3</sup>  |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

**- Section No. 4 : IPE 360**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 18,2 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

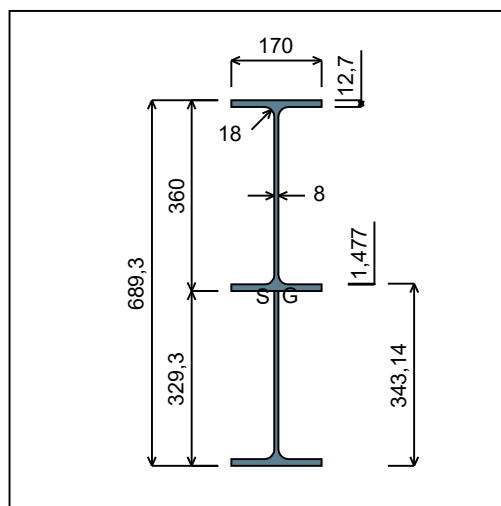


Figure 5 : Section No. 4 (IPE 360).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_S$ | = -0,1477 cm                       |
| $z_G$ | = 34,31 cm                         |
| $I_y$ | = 71940 cm <sup>4</sup>            |
| $I_z$ | = 1565,8 cm <sup>4</sup>           |
| $I_t$ | = 58,23 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 1,176E+6 cm <sup>6</sup>         |

Other geometrical properties :

|                |                          |            |                          |
|----------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| $A$            | = 121,04 cm <sup>2</sup> | $A_{V,z}$  | = 61,48 cm <sup>2</sup>  |
| $A_{V,y}$      | = 64,77 cm <sup>2</sup>  | $W_{el,z}$ | = 184,21 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,sup}$ | = 2078,2 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ | = 289,04 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,inf}$ | = 2096,6 cm <sup>3</sup> |            |                          |
| $W_{pl,y}$     | = 2442 cm <sup>3</sup>   |            |                          |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

#### I.4 - Lateral restraints

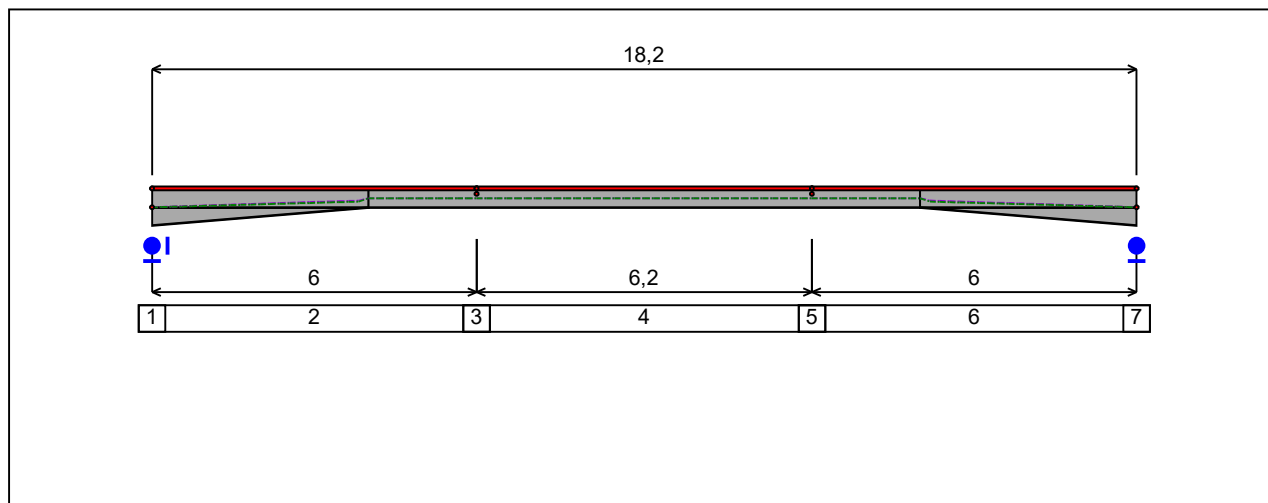


Figure 6 : Profile in long with restraint numbers.

##### - 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 : Continuous

Coordinates of the left end :

Abscissa from the left end of the beam :  $x_1 = 0$  m

Vertical position from the shear centre :  $z_1 = 34,76$  cm

Coordinates of the right end :

Abscissa from the left end of the beam :  $x_2 = 6$  m

Vertical position from the shear centre :  $z_2 = 18$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Free

$v'$  : Free

**- Restraint No. 3 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 6$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 8$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Free

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 4 :**

Type : Continuous

Coordinates of the left end :

Abscissa from the left end of the beam :  $x_1 = 6$  m

Vertical position from the shear centre :  $z_1 = 18$  cm

Coordinates of the right end :

Abscissa from the left end of the beam :  $x_2 = 12,2$  m

Vertical position from the shear centre :  $z_2 = 18$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Free

$v'$  : Free

**- Restraint No. 5 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12,2$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 8$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Free

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 6 :**

Type : Continuous

Coordinates of the left end :

Abscissa from the left end of the beam :  $x_1 = 12,2 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre :  $z_1 = 18 \text{ cm}$

Coordinates of the right end :

Abscissa from the left end of the beam :  $x_2 = 18,2 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre :  $z_2 = 34,76 \text{ cm}$

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Free

$v'$  : Free

**- Restraint No. 7 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 18,2 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre :  $z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

## 1.5 - Supports

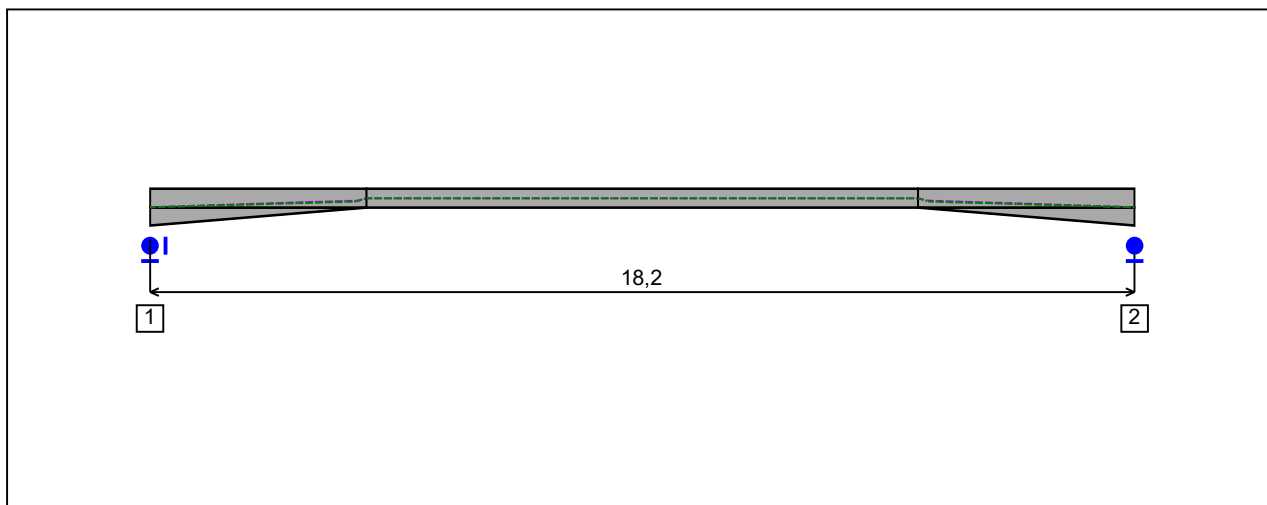


Figure 7 : Profile in long with support numbers.

### - 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 :  $x = 18,2$  m

Support conditions :

u : Free  
w : Fixed  
w' : Free

I.6 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

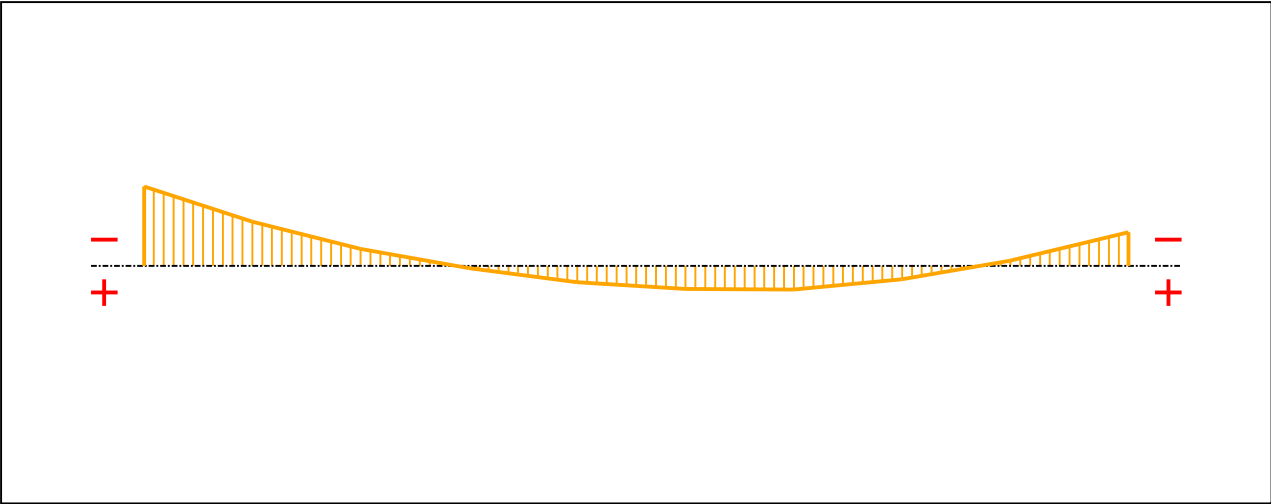


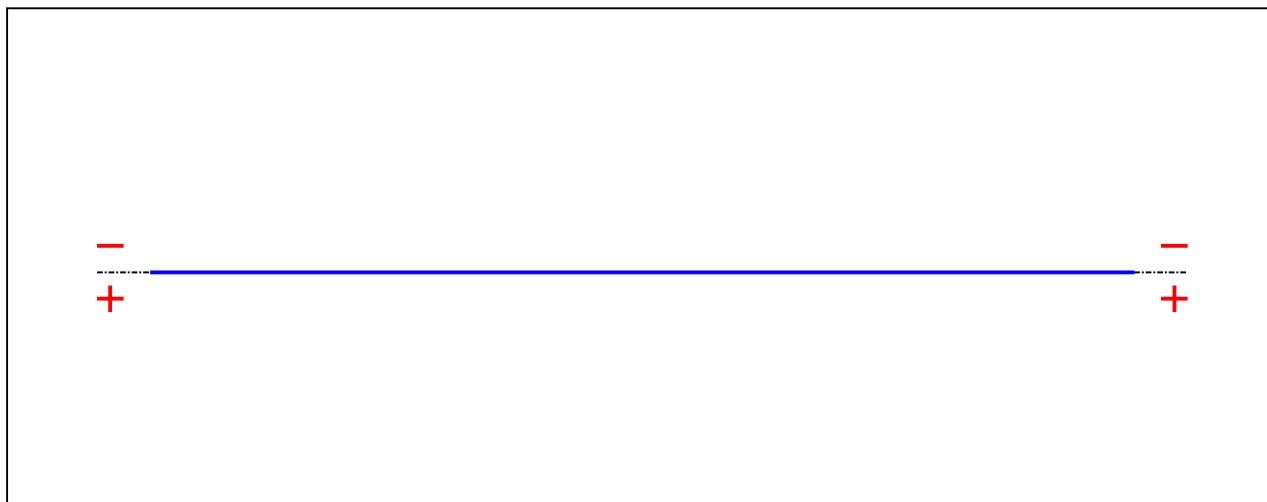
Figure 8 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

| x(m) | M(kN.m) |
|------|---------|
| 0    | -372    |
| 2    | -207    |
| 4    | -80     |
| 6    | 10      |
| 8    | 76      |
| 10   | 108     |
| 12   | 110     |
| 14   | 62      |
| 16   | -24     |
| 18,2 | -157    |

- Axial force diagram :

*Figure 9 : Axial force diagram.*

Active :

No

*Table 2 : Axial force diagram.*

| x(m) | N(kN) |
|------|-------|
| 0    | 0     |
| 18,2 | 0     |

**- 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

The TAPER effect is taken into account

### 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    | 3,615      | -1344,8             | 0                | 0                 | 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    | 3,615      | -1344,8             | 0                | 0                 | 0                |

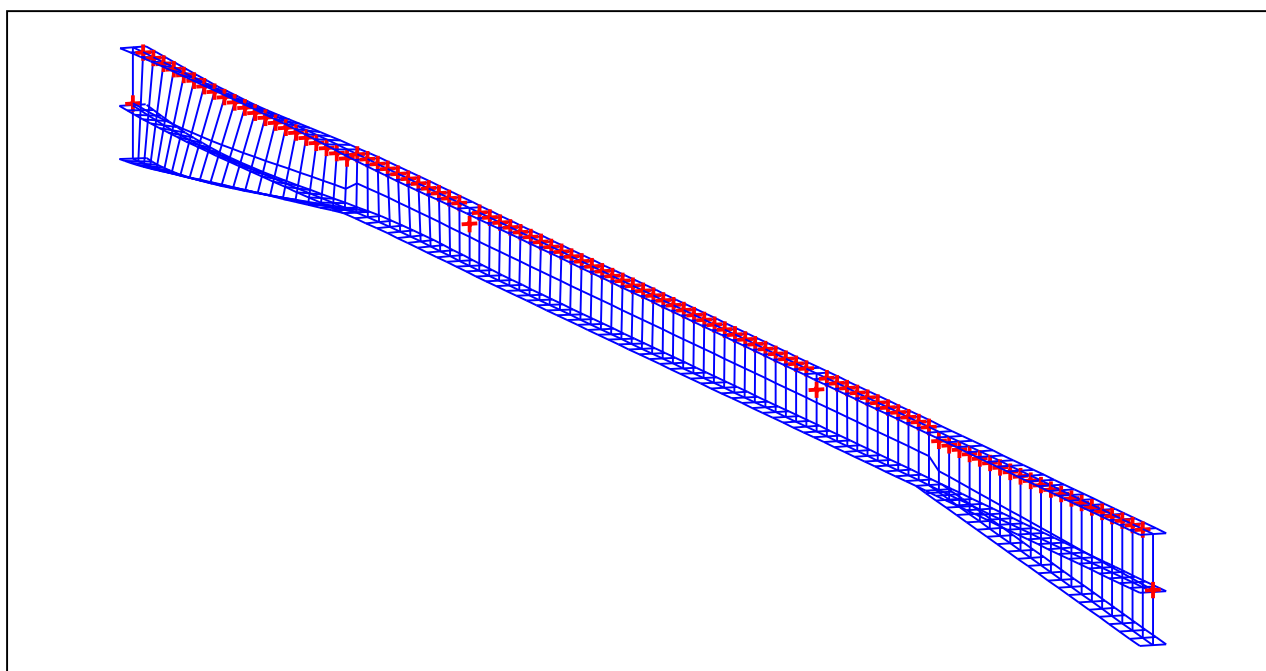


Figure 10 : Mode shape in 3D (Mode 1).

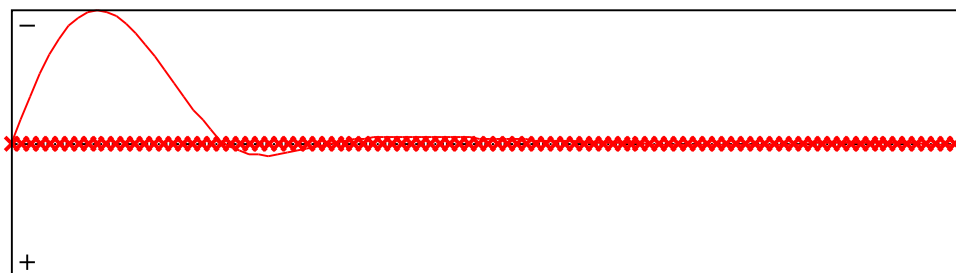


Figure 11 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

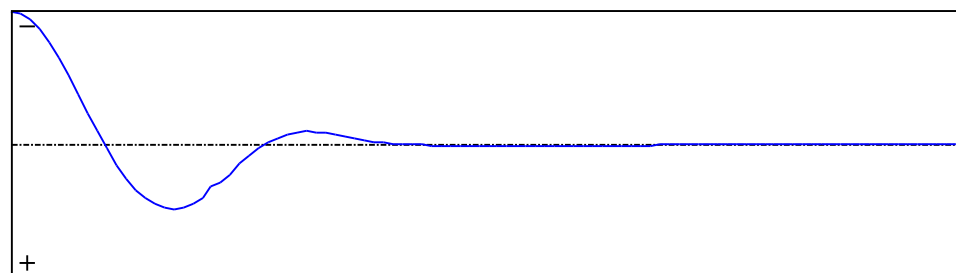


Figure 12 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

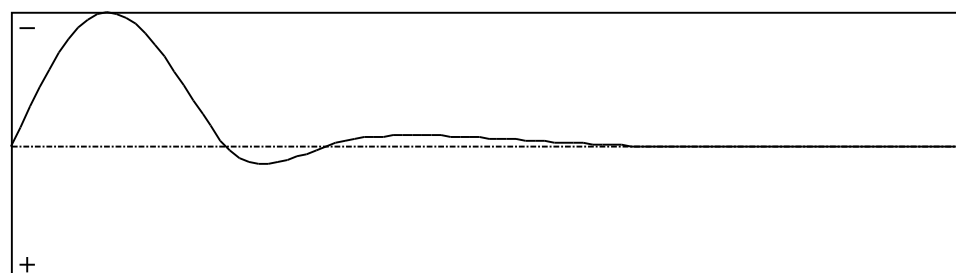


Figure 13 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

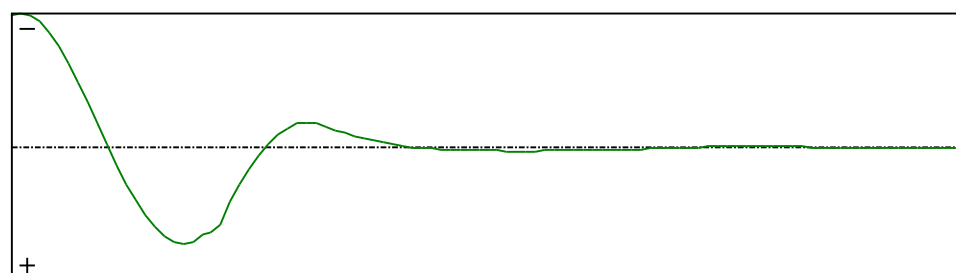


Figure 14 : Warping compoment of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| <b>I - PARAMETERS</b>            | <b>p.1</b>  |
| <b>I.1 - General parameters</b>  | <b>p.1</b>  |
| <b>I.2 - Material</b>            | <b>p.1</b>  |
| <b>I.3 - Sections</b>            | <b>p.1</b>  |
| - Section No. 1 : IPE 360        | p.2         |
| - Section No. 2 : IPE 360        | p.3         |
| - Section No. 3 : IPE 360        | p.4         |
| - Section No. 4 : IPE 360        | p.5         |
| <b>I.4 - Lateral restraints</b>  | <b>p.6</b>  |
| - Restraint No. 1 :              | p.6         |
| - Restraint No. 2 :              | p.6         |
| - Restraint No. 3 :              | p.7         |
| - Restraint No. 4 :              | p.7         |
| - Restraint No. 5 :              | p.7         |
| - Restraint No. 6 :              | p.7         |
| - Restraint No. 7 :              | p.8         |
| <b>I.5 - Supports</b>            | <b>p.9</b>  |
| - Support No. 1 :                | p.9         |
| - Support No. 2 :                | p.9         |
| <b>I.6 - Loads</b>               | <b>p.10</b> |
| - Moment diagram :               | p.10        |
| - Axial force diagram :          | p.10        |
| - Eccentric concentrated loads : | p.11        |
| - Eccentric distributed loads :  | p.11        |
| <b>II - LTB CALCULATION</b>      | <b>p.12</b> |
| <b>II.1 - LTB modes</b>          | <b>p.12</b> |
| <b>II.2 - Mode shapes</b>        | <b>p.12</b> |
| - Mode 1                         | p.12        |

**WARNING !**

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Nosná konstrukce jednolodní skladové haly**

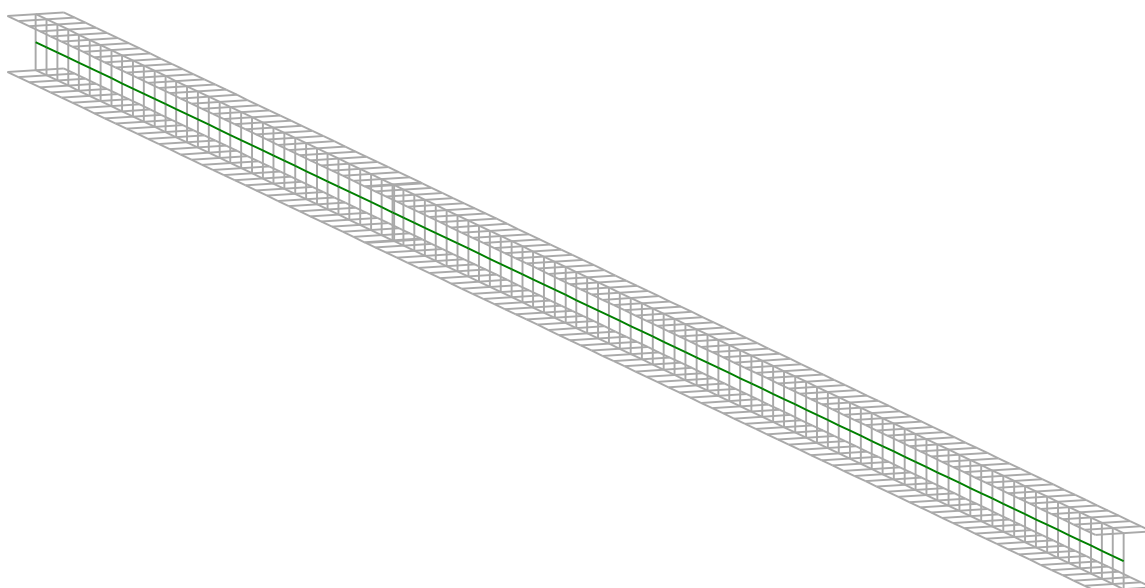
**Load-bearing structure of a single-bay storage hall**

**Příloha č. 4 – Výpočet kritického momentu sloupu HEA 160**

# ***LTBeamN***

**v 1.0.3**

## **CALCULATION SHEET**





## I - PARAMETERS

### *I.1 - General parameters*

|                                      |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Projected total length :             | $L = 8,5 \text{ m}$             |
| 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 |
|-------------------------|-----|

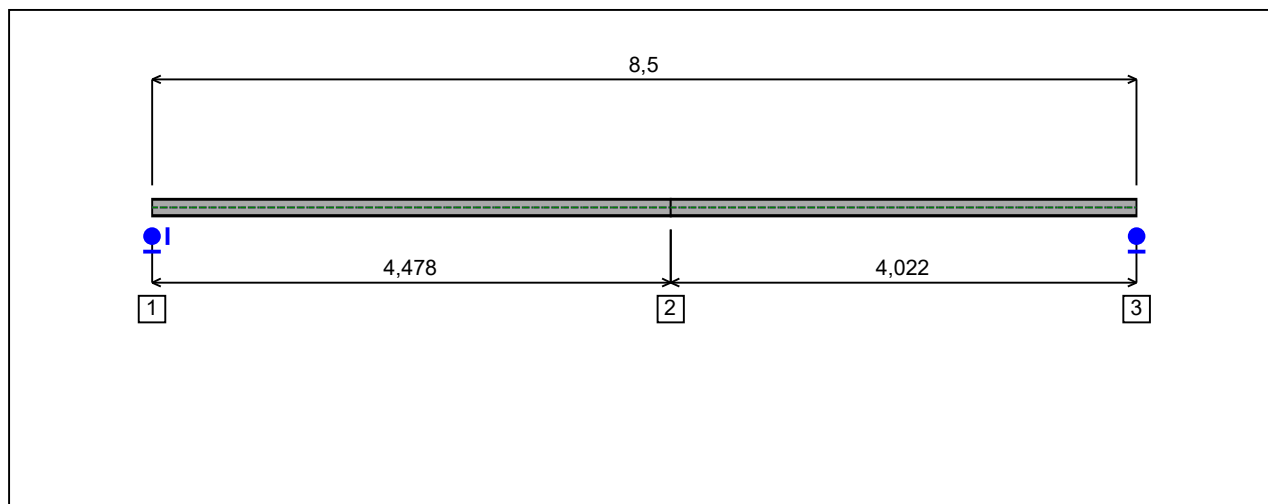


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

**- Section No. 1 : HEA 160**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 0$  m

Type :

In catalogue (OTUA)

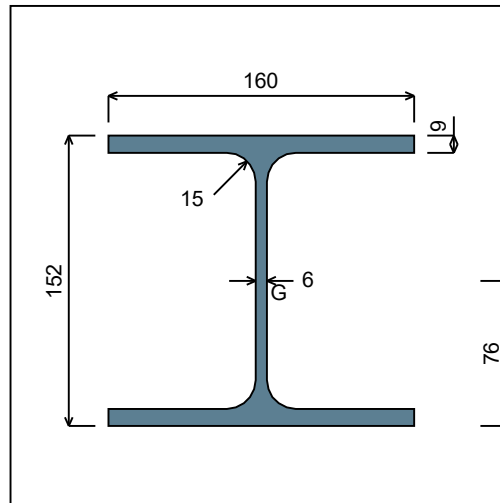


Figure 2 : Section No. 1 (HEA 160).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_s$ | = 0 cm                             |
| $z_G$ | = 7,6 cm                           |
| $I_y$ | = 1673 cm <sup>4</sup>             |
| $I_z$ | = 615,57 cm <sup>4</sup>           |
| $I_t$ | = 11,83 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 31470 cm <sup>6</sup>            |

Other geometrical properties :

|                |                          |            |                          |
|----------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| $A$            | = 38,77 cm <sup>2</sup>  | $A_{v,z}$  | = 13,21 cm <sup>2</sup>  |
| $A_{v,y}$      | = 28,8 cm <sup>2</sup>   | $W_{el,z}$ | = 76,95 cm <sup>3</sup>  |
| $W_{el,y,sup}$ | = 220,13 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ | = 117,63 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,inf}$ | = 220,13 cm <sup>3</sup> |            |                          |
| $W_{pl,y}$     | = 245,15 cm <sup>3</sup> |            |                          |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

- Section No. 2 : HEA 160

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 4,478 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

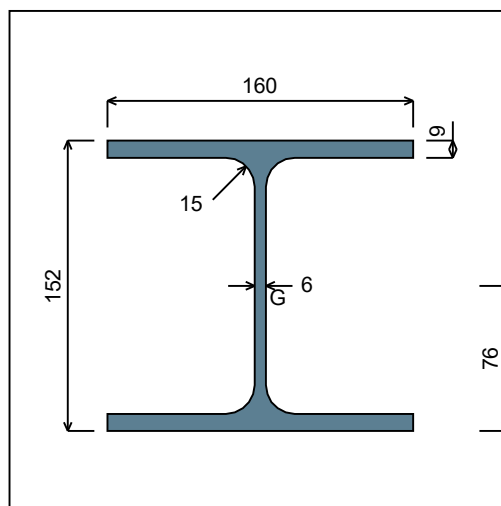


Figure 3 : Section No. 2 (HEA 160).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_s$ | = 0 cm                             |
| $z_G$ | = 7,6 cm                           |
| $I_y$ | = 1673 cm <sup>4</sup>             |
| $I_z$ | = 615,57 cm <sup>4</sup>           |
| $I_t$ | = 11,83 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 31470 cm <sup>6</sup>            |

Other geometrical properties :

|                |                          |            |                          |
|----------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| $A$            | = 38,77 cm <sup>2</sup>  | $A_{v,z}$  | = 13,21 cm <sup>2</sup>  |
| $A_{v,y}$      | = 28,8 cm <sup>2</sup>   | $W_{el,z}$ | = 76,95 cm <sup>3</sup>  |
| $W_{el,y,sup}$ | = 220,13 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ | = 117,63 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,inf}$ | = 220,13 cm <sup>3</sup> |            |                          |
| $W_{pl,y}$     | = 245,15 cm <sup>3</sup> |            |                          |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

**- Section No. 3 : HEA 160**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 8,5 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

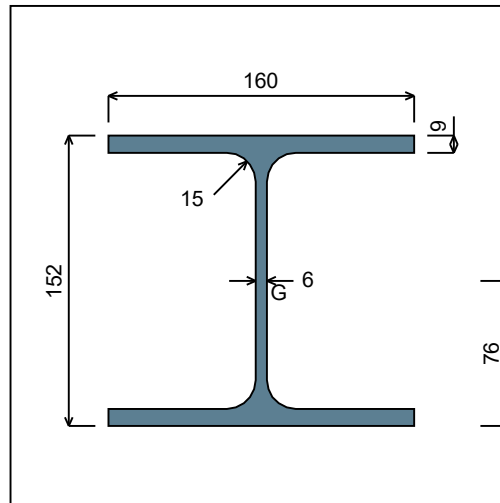


Figure 4 : Section No. 3 (HEA 160).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_s$ | = 0 cm                             |
| $z_G$ | = 7,6 cm                           |
| $I_y$ | = 1673 cm <sup>4</sup>             |
| $I_z$ | = 615,57 cm <sup>4</sup>           |
| $I_t$ | = 11,83 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 31470 cm <sup>6</sup>            |

Other geometrical properties :

|                |                          |            |                          |
|----------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| $A$            | = 38,77 cm <sup>2</sup>  | $A_{v,z}$  | = 13,21 cm <sup>2</sup>  |
| $A_{v,y}$      | = 28,8 cm <sup>2</sup>   | $W_{el,z}$ | = 76,95 cm <sup>3</sup>  |
| $W_{el,y,sup}$ | = 220,13 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ | = 117,63 cm <sup>3</sup> |
| $W_{el,y,inf}$ | = 220,13 cm <sup>3</sup> |            |                          |
| $W_{pl,y}$     | = 245,15 cm <sup>3</sup> |            |                          |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

#### I.4 - Lateral restraints

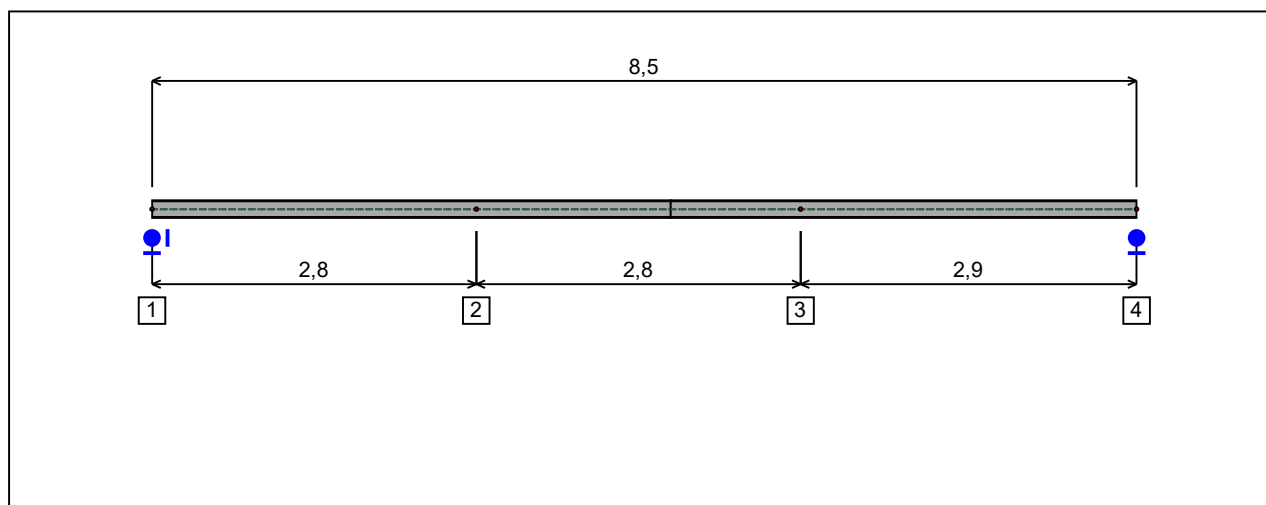


Figure 5 : Profile in long with restraint numbers.

##### - 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 :  $x = 2,8$  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 :  $x = 5,6$  m

Vertical position from the shear centre :

$z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Free

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 4 :**

Type :

Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 8,5 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre :

$z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

### 1.5 - Supports

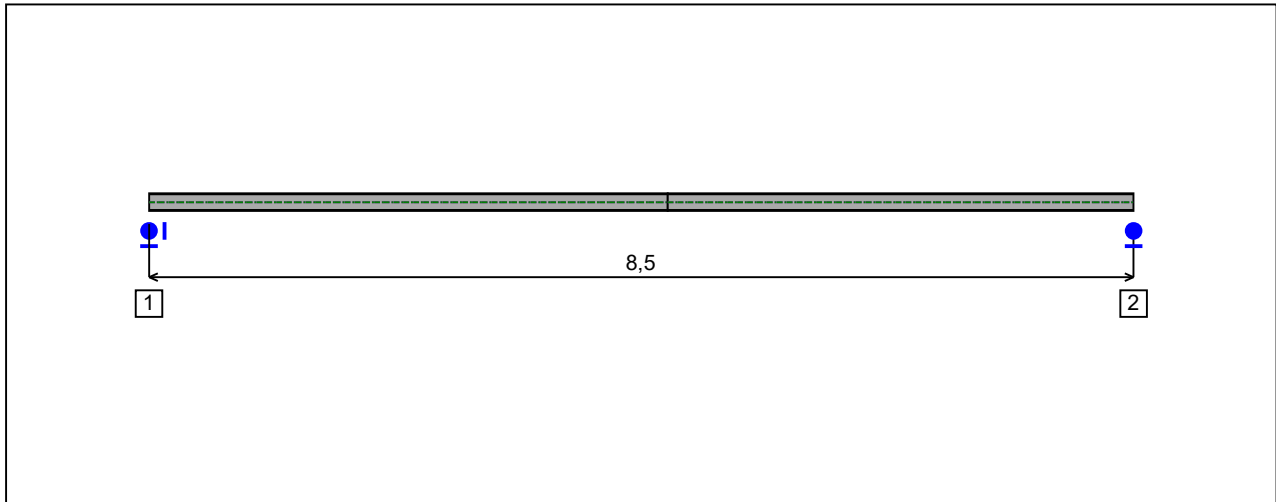


Figure 6 : Profile in long with support numbers.

#### - Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0 \text{ m}$

Support conditions :

u : Fixed  
w : Fixed  
w' : Free

#### - Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 8,5 \text{ m}$

Support conditions :

u : Free  
w : Fixed  
w' : Free

1.6 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

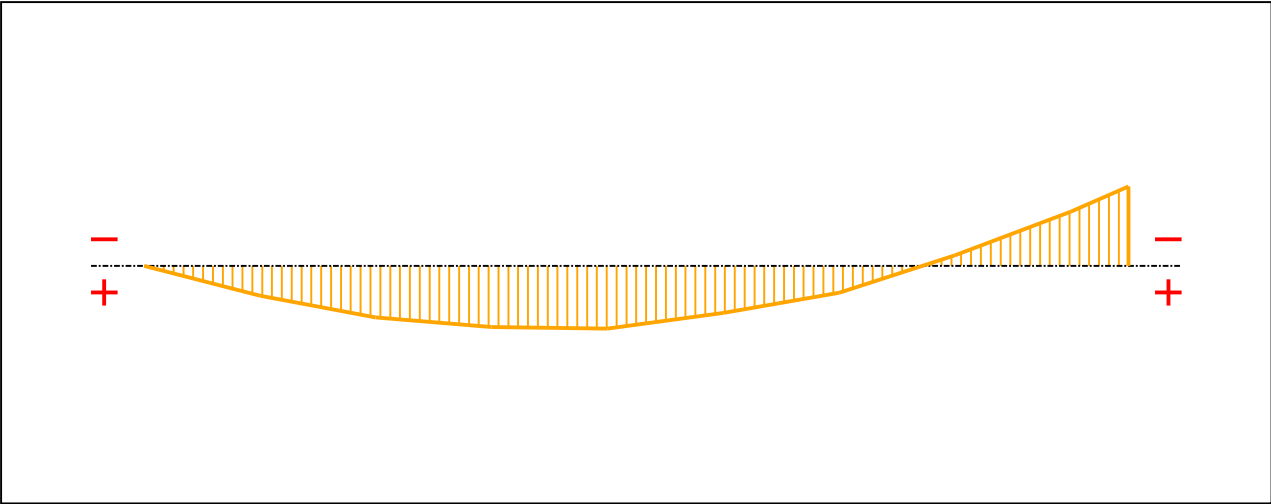


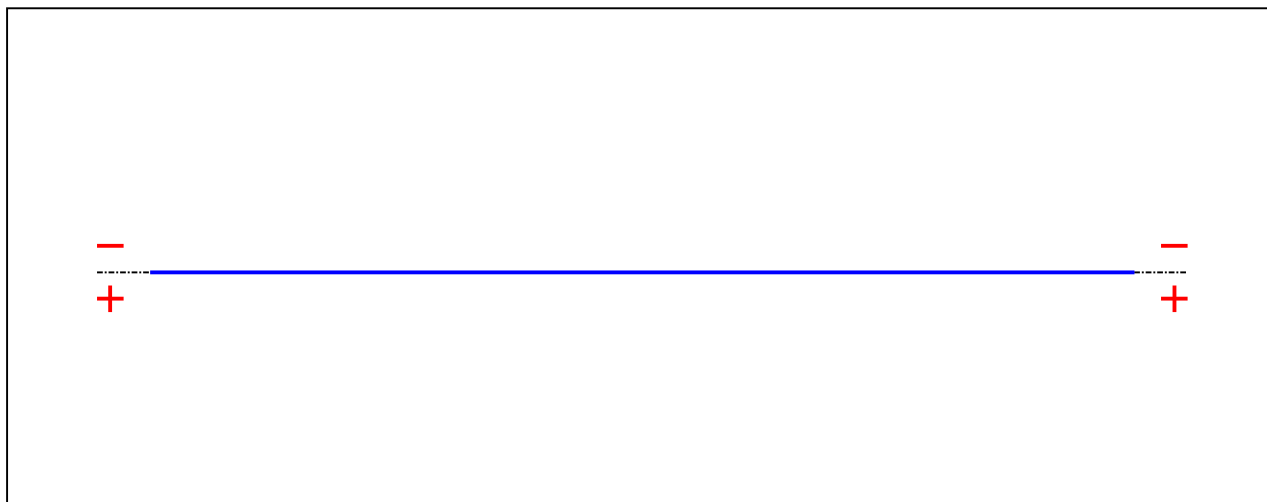
Figure 7 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

| x(m) | M(kN.m) |
|------|---------|
| 0    | 0       |
| 1    | 6,64    |
| 2    | 11,5    |
| 3    | 13,6    |
| 4    | 14      |
| 5    | 10,47   |
| 6    | 6       |
| 7    | -2,35   |
| 8    | -12,06  |
| 8,5  | -17,74  |

- Axial force diagram :

*Figure 8 : Axial force diagram.*

Active :

Yes

*Table 2 : Axial force diagram.*

| x(m) | N(kN) |
|------|-------|
| 0    | 0     |
| 8,5  | 0     |

**- 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    | 10,03      | -177,86             | 8,5              | 0                 | 8,5              |

### 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    | 10,03      | -177,86             | 8,5              | 0                 | 8,5              |

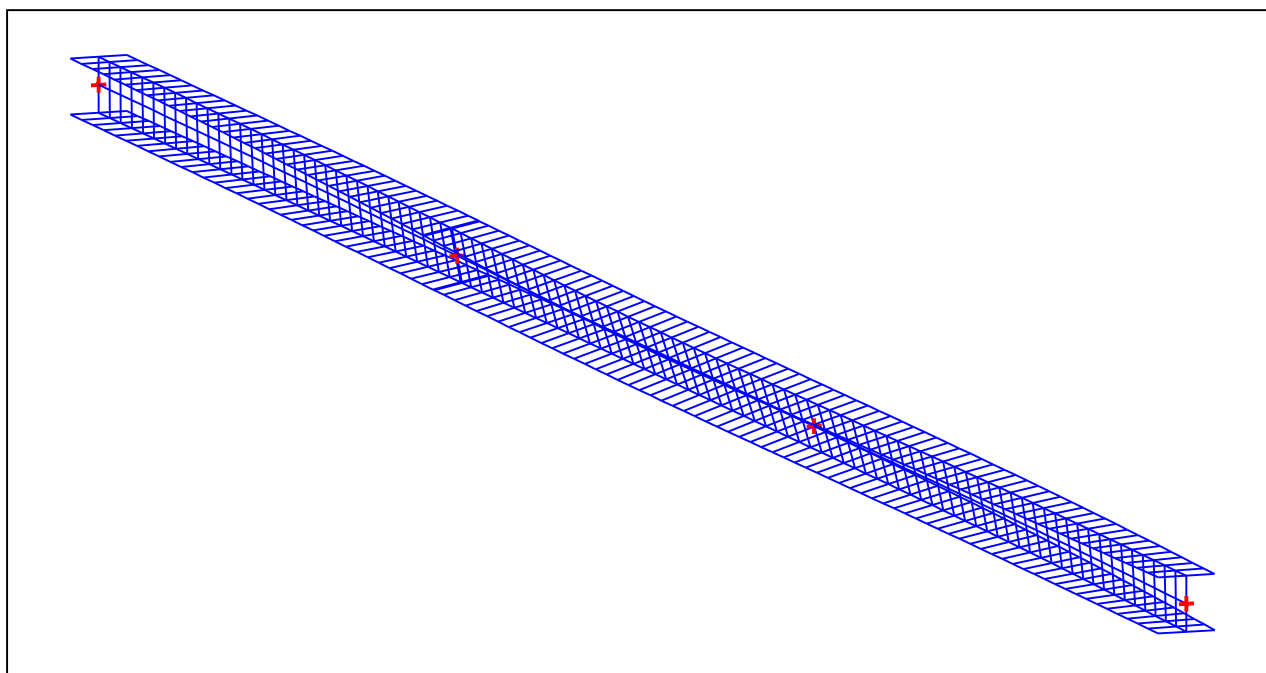


Figure 9 : Mode shape in 3D (Mode 1).

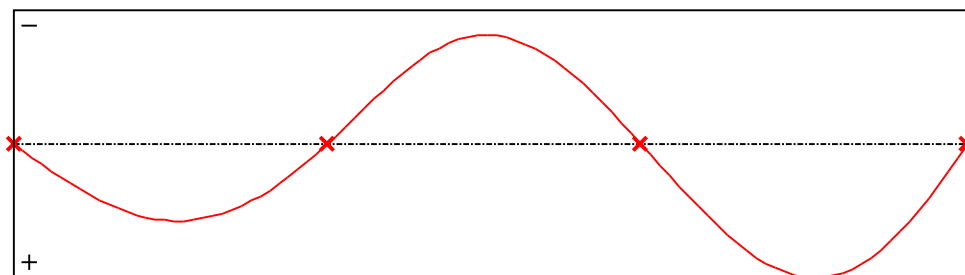


Figure 10 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

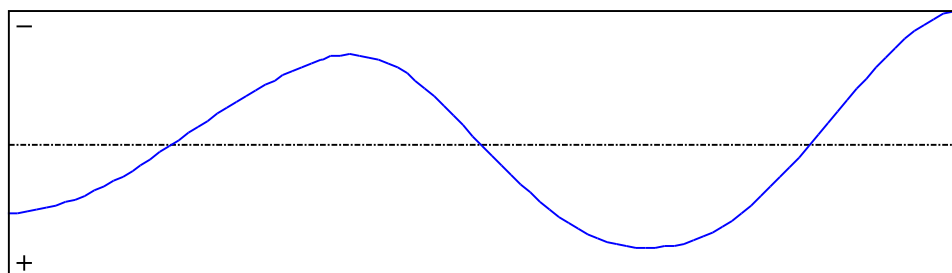


Figure 11 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

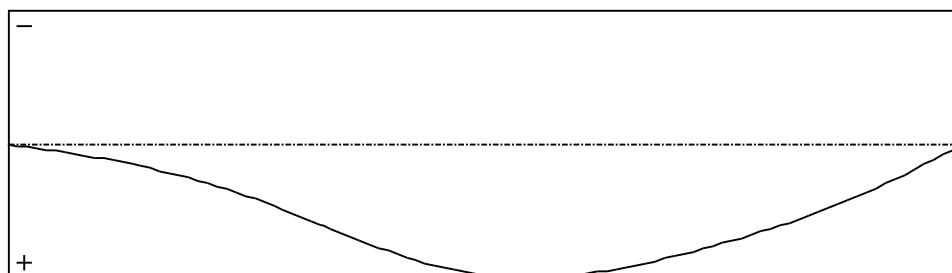


Figure 12 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

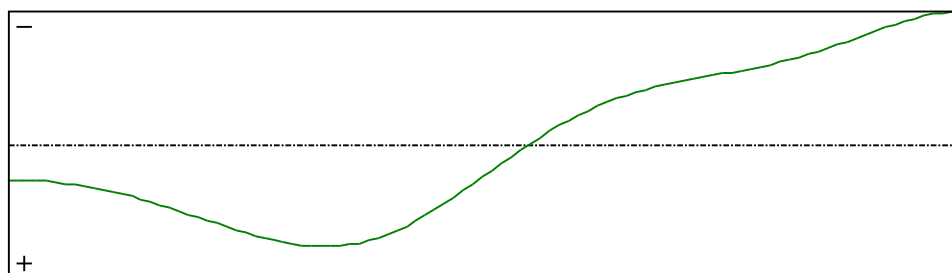


Figure 13 : Warping compoment of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| <b>I - PARAMETERS</b>            | <b>p.1</b>  |
| <b>I.1 - General parameters</b>  | <b>p.1</b>  |
| <b>I.2 - Material</b>            | <b>p.1</b>  |
| <b>I.3 - Sections</b>            | <b>p.1</b>  |
| - Section No. 1 : HEA 160        | p.2         |
| - Section No. 2 : HEA 160        | p.3         |
| - Section No. 3 : HEA 160        | p.4         |
| <b>I.4 - Lateral restraints</b>  | <b>p.5</b>  |
| - Restraint No. 1 :              | p.5         |
| - Restraint No. 2 :              | p.5         |
| - Restraint No. 3 :              | p.5         |
| - Restraint No. 4 :              | p.6         |
| <b>I.5 - Supports</b>            | <b>p.7</b>  |
| - Support No. 1 :                | p.7         |
| - Support No. 2 :                | p.7         |
| <b>I.6 - Loads</b>               | <b>p.8</b>  |
| - Moment diagram :               | p.8         |
| - Axial force diagram :          | p.8         |
| - Eccentric concentrated loads : | p.9         |
| - Eccentric distributed loads :  | p.9         |
| <b>II - LTB CALCULATION</b>      | <b>p.10</b> |
| <b>II.1 - LTB modes</b>          | <b>p.10</b> |
| <b>II.2 - Mode shapes</b>        | <b>p.10</b> |
| - Mode 1                         | p.10        |

**WARNING !**

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Nosná konstrukce jednolodní skladové haly**

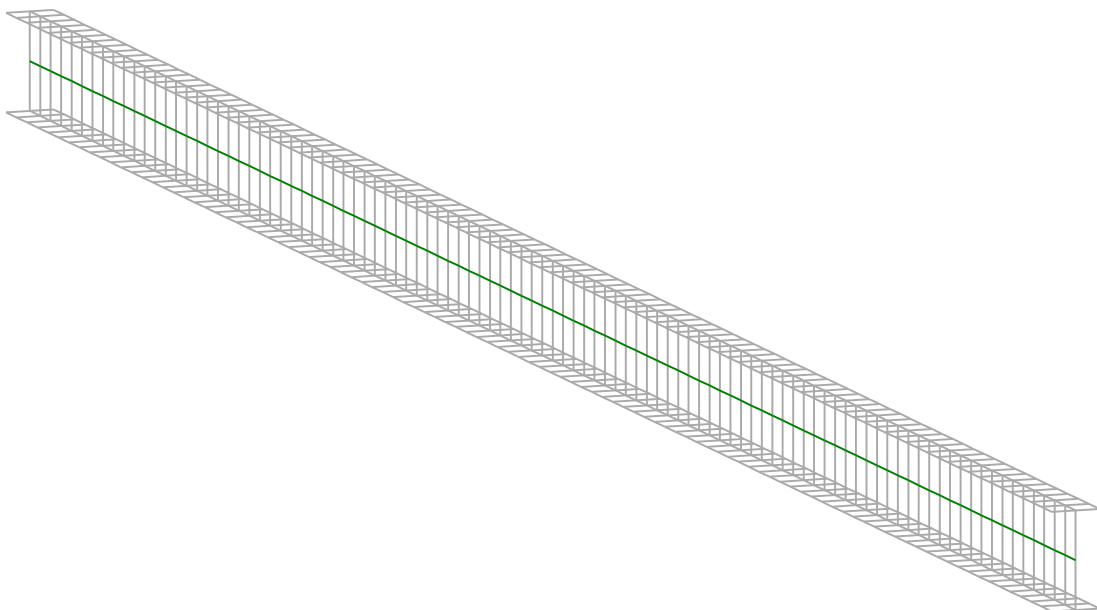
**Load-bearing structure of a single-bay storage hall**

**Příloha č. 5 – Výpočet kritického momentu příčle IPE 200**

# ***LTBeamN***

**v 1.0.3**

## **CALCULATION SHEET**





## I - PARAMETERS

### I.1 - General parameters

|                                      |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Projected total length :             | $L = 6,05 \text{ m}$            |
| 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 |
|-------------------------|-----|

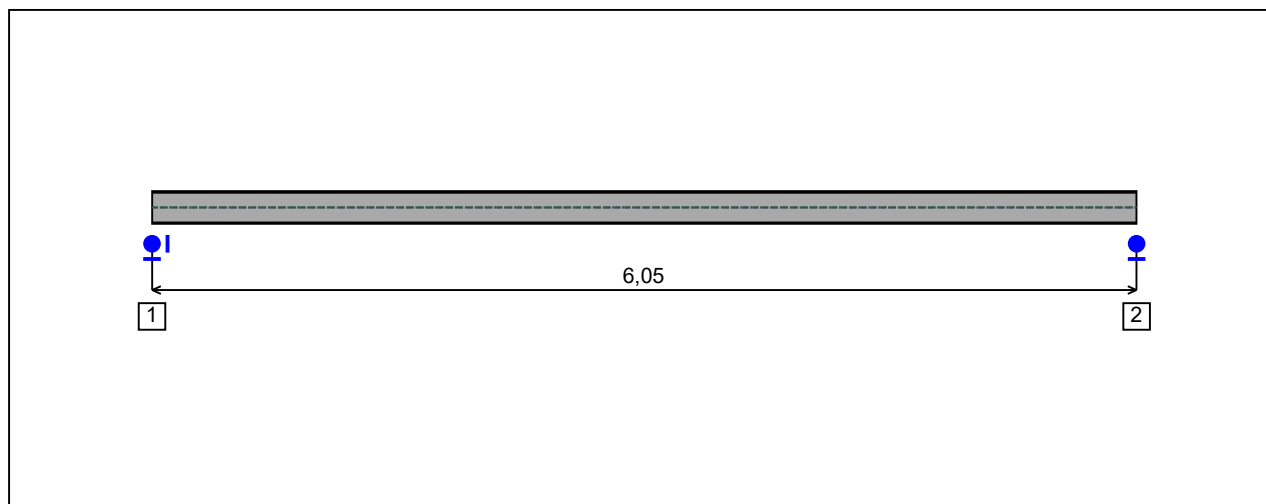


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

**- Section No. 1 : IPE 200**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 0$  m

Type :

In catalogue (OTUA)

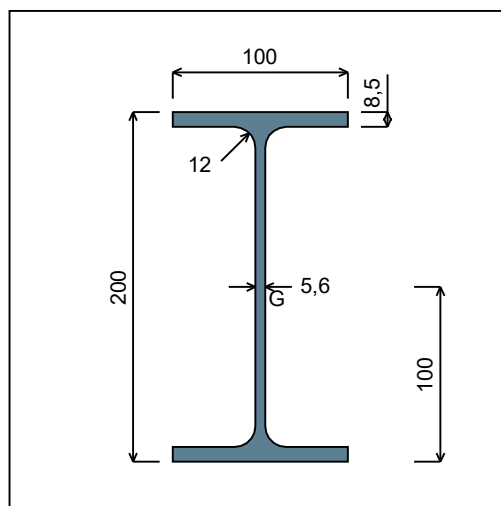


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 200).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_s$ | = 0 cm                             |
| $z_G$ | = 10 cm                            |
| $I_y$ | = 1943,2 cm <sup>4</sup>           |
| $I_z$ | = 142,37 cm <sup>4</sup>           |
| $I_t$ | = 6,884 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 13052 cm <sup>6</sup>            |

Other geometrical properties :

|                |                          |                                    |
|----------------|--------------------------|------------------------------------|
| $A$            | = 28,48 cm <sup>2</sup>  |                                    |
| $A_{v,y}$      | = 17 cm <sup>2</sup>     | $A_{v,z}$ = 14 cm <sup>2</sup>     |
| $W_{el,y,sup}$ | = 194,32 cm <sup>3</sup> |                                    |
| $W_{el,y,inf}$ | = 194,32 cm <sup>3</sup> | $W_{el,z}$ = 28,47 cm <sup>3</sup> |
| $W_{pl,y}$     | = 220,64 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ = 44,61 cm <sup>3</sup> |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

**- Section No. 2 : IPE 200**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 6,05 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

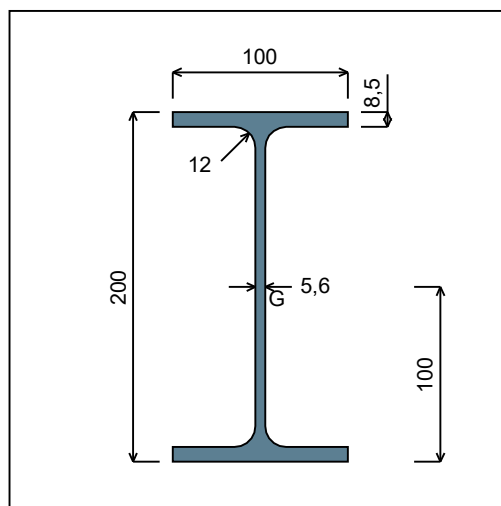


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 200).

Main geometrical properties :

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| $z_s$ | = 0 cm                             |
| $z_G$ | = 10 cm                            |
| $I_y$ | = 1943,2 cm <sup>4</sup>           |
| $I_z$ | = 142,37 cm <sup>4</sup>           |
| $I_t$ | = 6,884 cm <sup>4</sup> (Villette) |
| $I_w$ | = 13052 cm <sup>6</sup>            |

Other geometrical properties :

|                |                          |                                    |
|----------------|--------------------------|------------------------------------|
| $A$            | = 28,48 cm <sup>2</sup>  |                                    |
| $A_{v,y}$      | = 17 cm <sup>2</sup>     | $A_{v,z}$ = 14 cm <sup>2</sup>     |
| $W_{el,y,sup}$ | = 194,32 cm <sup>3</sup> |                                    |
| $W_{el,y,inf}$ | = 194,32 cm <sup>3</sup> | $W_{el,z}$ = 28,47 cm <sup>3</sup> |
| $W_{pl,y}$     | = 220,64 cm <sup>3</sup> | $W_{pl,z}$ = 44,61 cm <sup>3</sup> |

Stiffness relaxations :

|           |              |
|-----------|--------------|
| $\theta$  | : Continuous |
| $v'$      | : Continuous |
| $\theta'$ | : Continuous |
| $w'$      | : Continuous |

#### I.4 - Lateral restraints

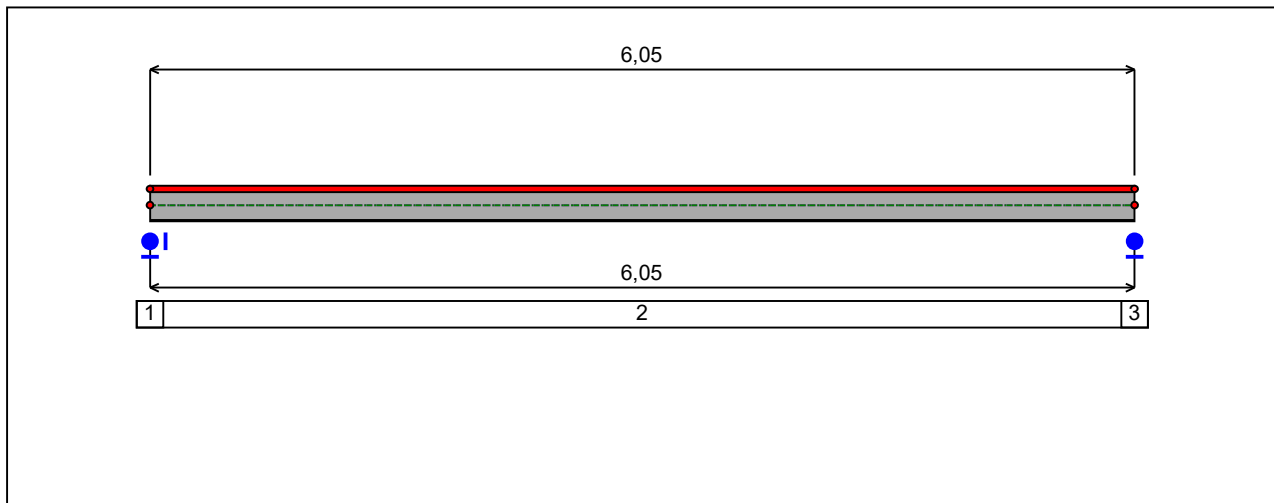


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

##### - 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 : Continuous

Coordinates of the left end :

Abscissa from the left end of the beam :  $x_1 = 0$  m

Vertical position from the shear centre :  $z_1 = 10$  cm

Coordinates of the right end :

Abscissa from the left end of the beam :  $x_2 = 6,05$  m

Vertical position from the shear centre :  $z_2 = 10$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Free

$v'$  : Free

**- Restraint No. 3 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 6,05$  m

Vertical position from the shear centre :  $z = 0$  cm

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

### 1.5 - Supports

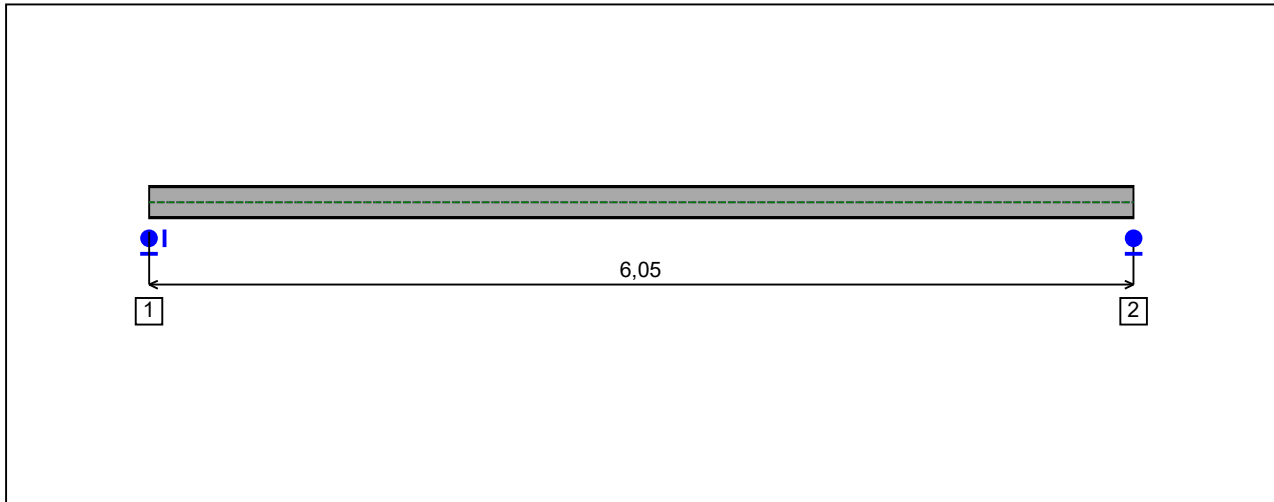


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

#### - Support No. 1 :

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 0 \text{ m}$

Support conditions :

$u$  : Fixed  
 $w$  : Fixed  
 $w'$  : Free

#### - Support No. 2 :

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 6,05 \text{ m}$

Support conditions :

$u$  : Free  
 $w$  : Fixed  
 $w'$  : Free

1.6 - Loads

Type of loading : Internal

- Moment diagram :

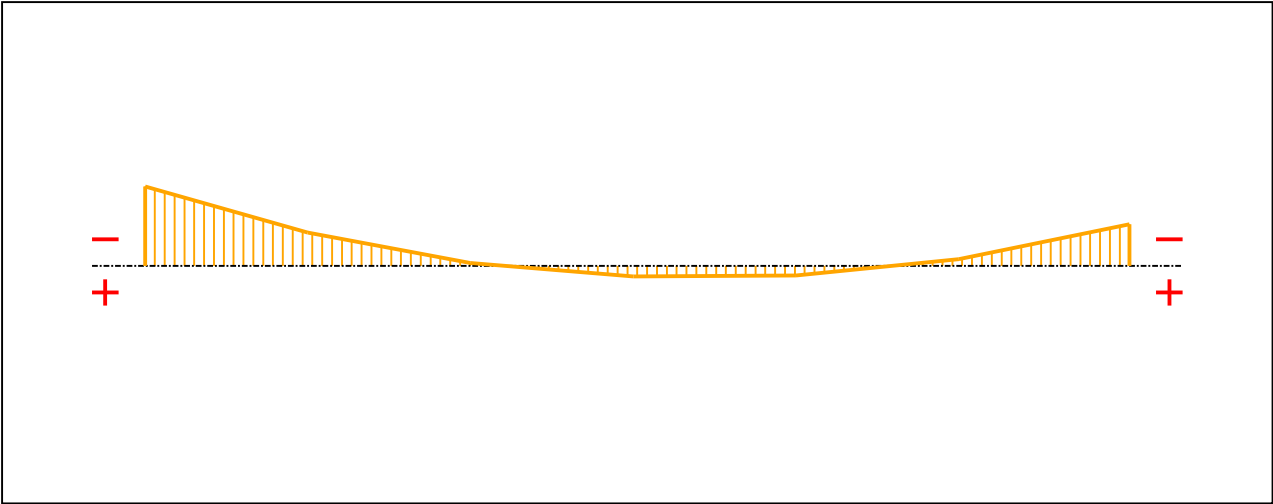


Figure 6 : Moment diagram.

Active : Yes

Table 1 : Moment diagram.

| x(m) | M(kN.m) |
|------|---------|
| 0    | -17,18  |
| 1    | -7,18   |
| 2    | -0,66   |
| 3    | 2,3     |
| 4    | 2,06    |
| 5    | -1,48   |
| 6,05 | -9      |

- Axial force diagram :

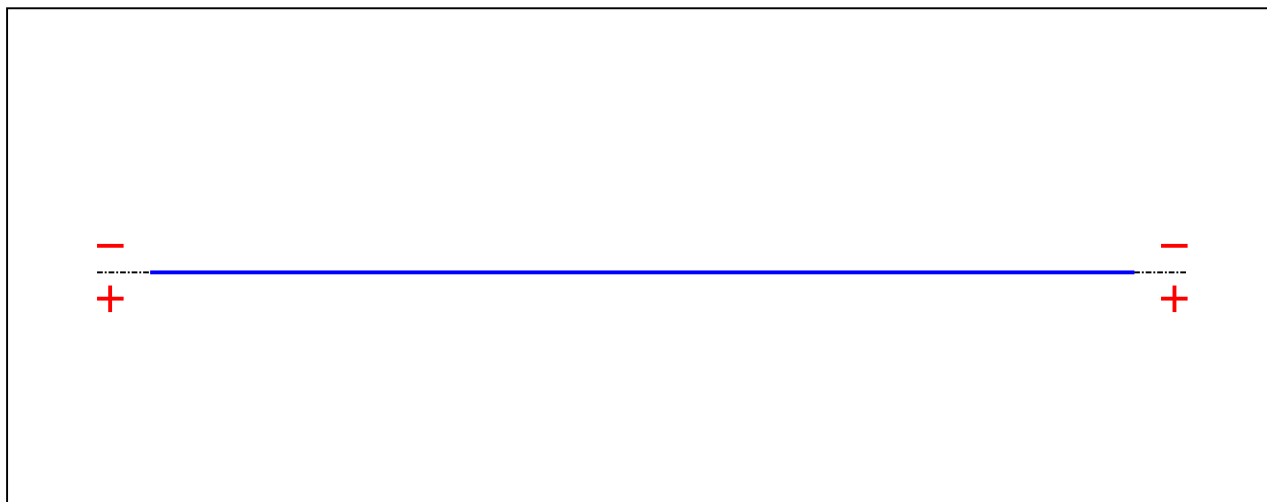


Figure 7 : Axial force diagram.

Active :

Yes

Table 2 : Axial force diagram.

| x(m) | N(kN) |
|------|-------|
| 0    | 0     |
| 6,05 | 0     |

**- 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    | 8,079      | -138,8              | 0                | 0                 | 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    | 8,079      | -138,8              | 0                | 0                 | 0                |

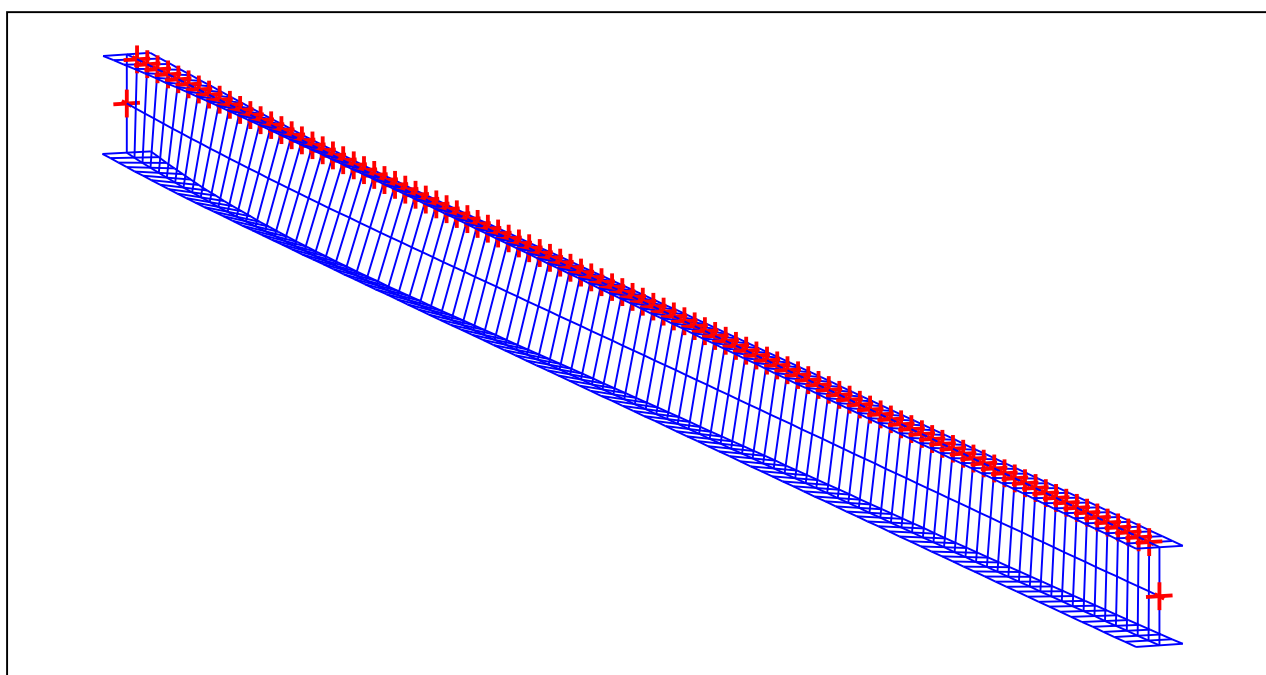


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

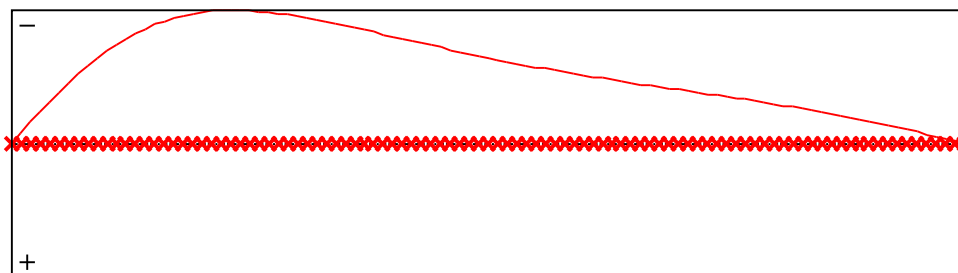


Figure 9 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

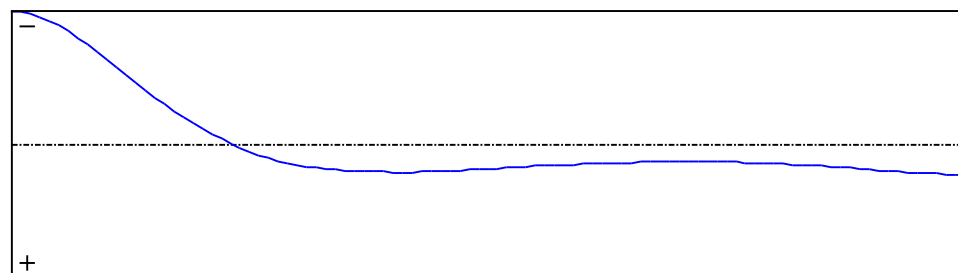


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

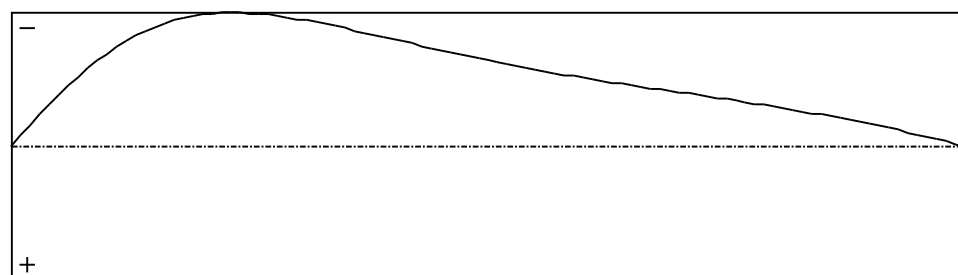


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

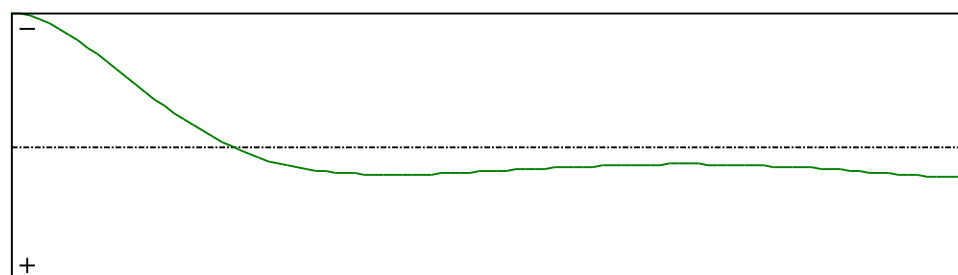


Figure 12 : Warping compoment of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| <b>I - PARAMETERS</b>            | <b>p.1</b> |
| <b>I.1 - General parameters</b>  | <b>p.1</b> |
| <b>I.2 - Material</b>            | <b>p.1</b> |
| <b>I.3 - Sections</b>            | <b>p.1</b> |
| - Section No. 1 : IPE 200        | p.2        |
| - Section No. 2 : IPE 200        | p.3        |
| <b>I.4 - Lateral restraints</b>  | <b>p.4</b> |
| - Restraint No. 1 :              | p.4        |
| - Restraint No. 2 :              | p.4        |
| - Restraint No. 3 :              | p.5        |
| <b>I.5 - Supports</b>            | <b>p.6</b> |
| - Support No. 1 :                | p.6        |
| - Support No. 2 :                | p.6        |
| <b>I.6 - Loads</b>               | <b>p.7</b> |
| - Moment diagram :               | p.7        |
| - Axial force diagram :          | p.7        |
| - Eccentric concentrated loads : | p.8        |
| - Eccentric distributed loads :  | p.8        |
| <b>II - LTB CALCULATION</b>      | <b>p.9</b> |
| <b>II.1 - LTB modes</b>          | <b>p.9</b> |
| <b>II.2 - Mode shapes</b>        | <b>p.9</b> |
| - Mode 1                         | p.9        |

**WARNING !**

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Nosná konstrukce jednolodní skladové haly**

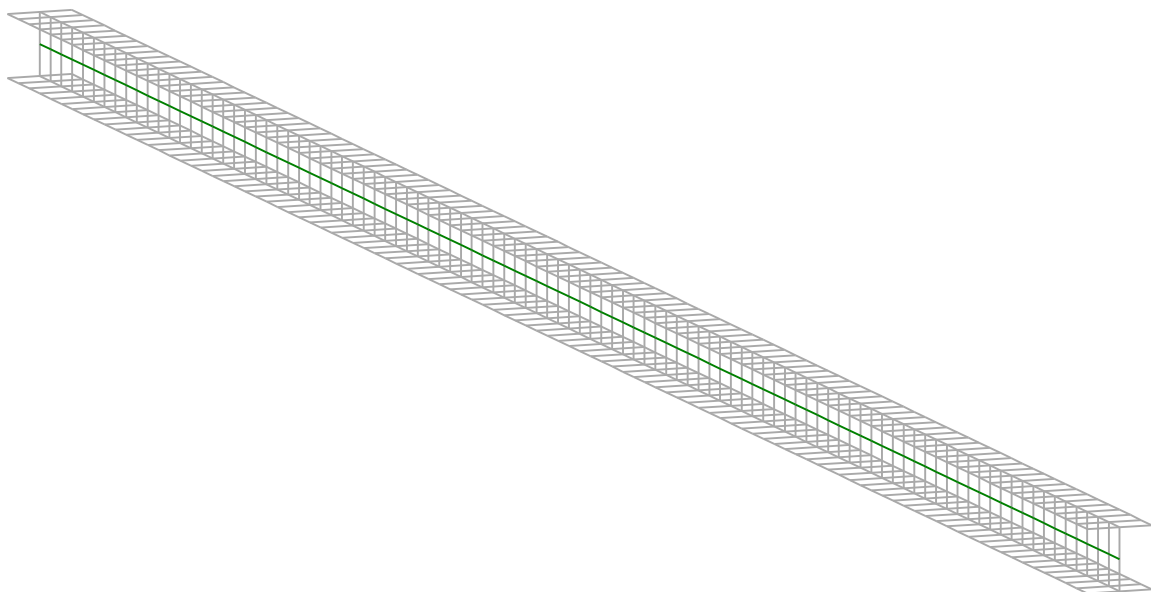
**Load-bearing structure of a single-bay storage hall**

**Příloha č. 6 – Výpočet kritického momentu sloupu HEA 200**

# ***LTBeamN***

**v 1.0.3**

## **CALCULATION SHEET**





## I - PARAMETERS

### *I.1 - General parameters*

|                                      |                                 |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Projected total length :             | $L = 9,215 \text{ m}$           |
| 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 |
|-------------------------|-----|

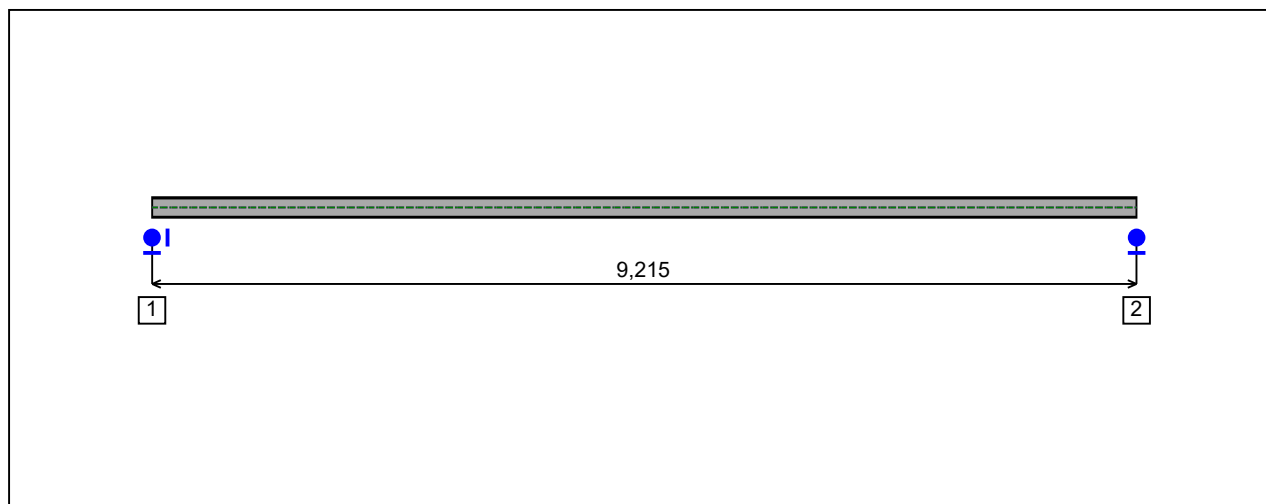


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

**- Section No. 1 : HEA 200**

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 0$  m

Type :

In catalogue (OTUA)

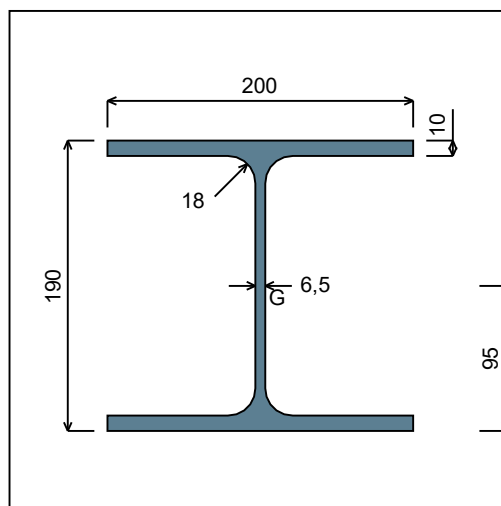


Figure 2 : Section No. 1 (HEA 200).

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 :

$x = 9,215 \text{ m}$

Type :

In catalogue (OTUA)

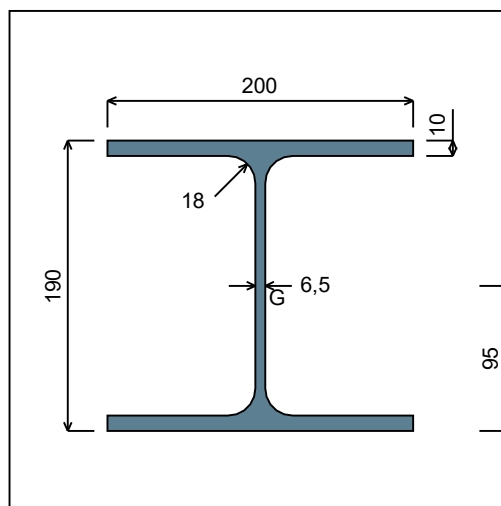


Figure 3 : Section No. 2 (HEA 200).

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

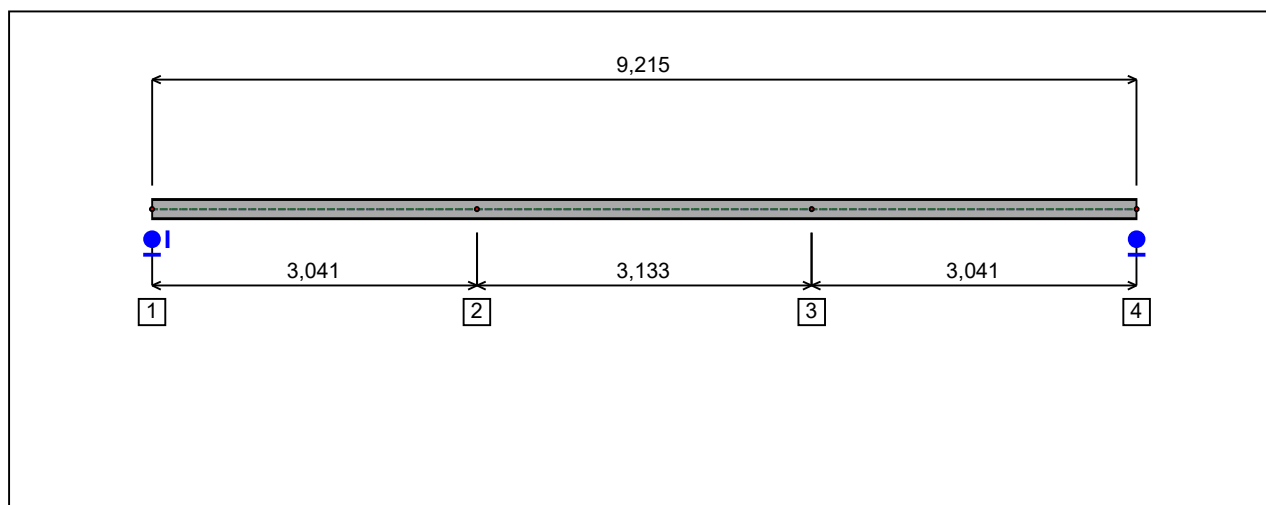


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

### - 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 :  $x = 3,041$  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 :  $x = 6,174$  m

Vertical position from the shear centre :

$z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Free

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

**- Restraint No. 4 :**

Type :

Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :

$x = 9,215 \text{ m}$

Vertical position from the shear centre :

$z = 0 \text{ cm}$

Restraint conditions :

$v$  : Fixed

$\theta$  : Fixed

$v'$  : Free

$\theta'$  : Free

### 1.5 - Supports

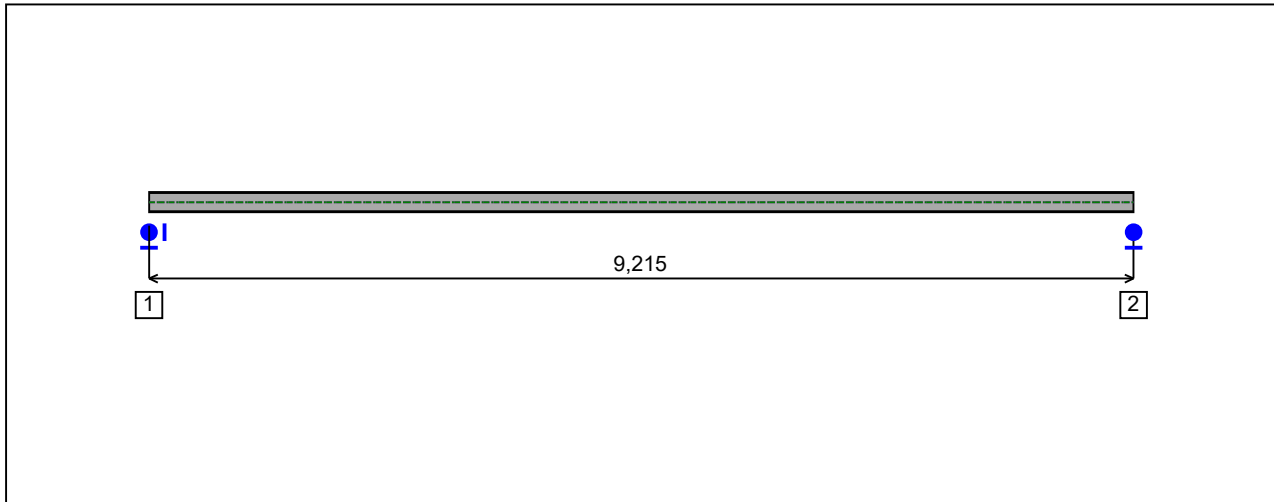


Figure 5 : Profile in long with support numbers.

#### - 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 :  $x = 9,215$  m

Support conditions :

u : Free  
w : Fixed  
w' : Free

I.6 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

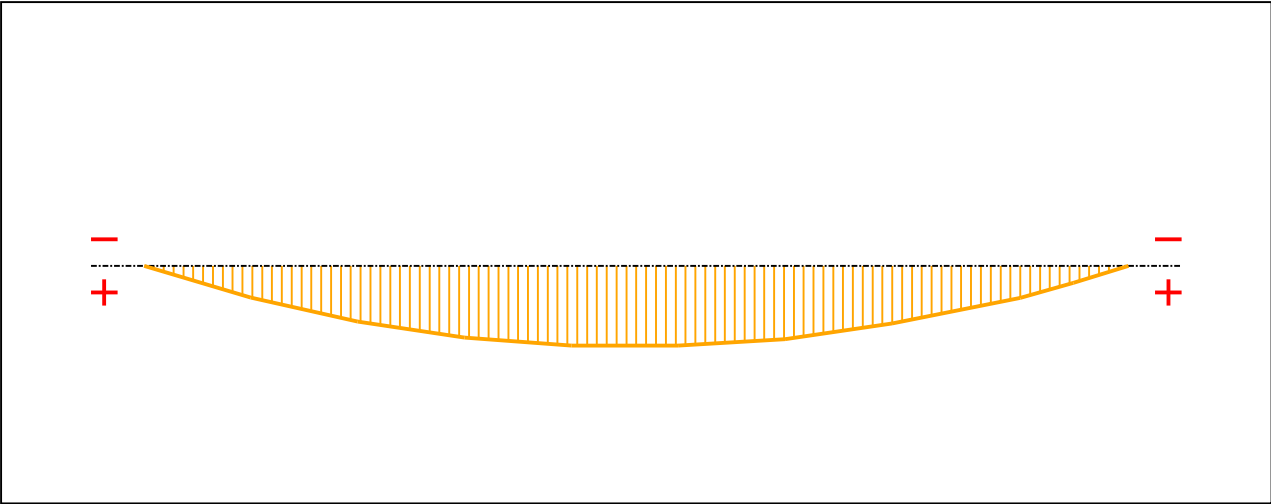


Figure 6 : Moment diagram.

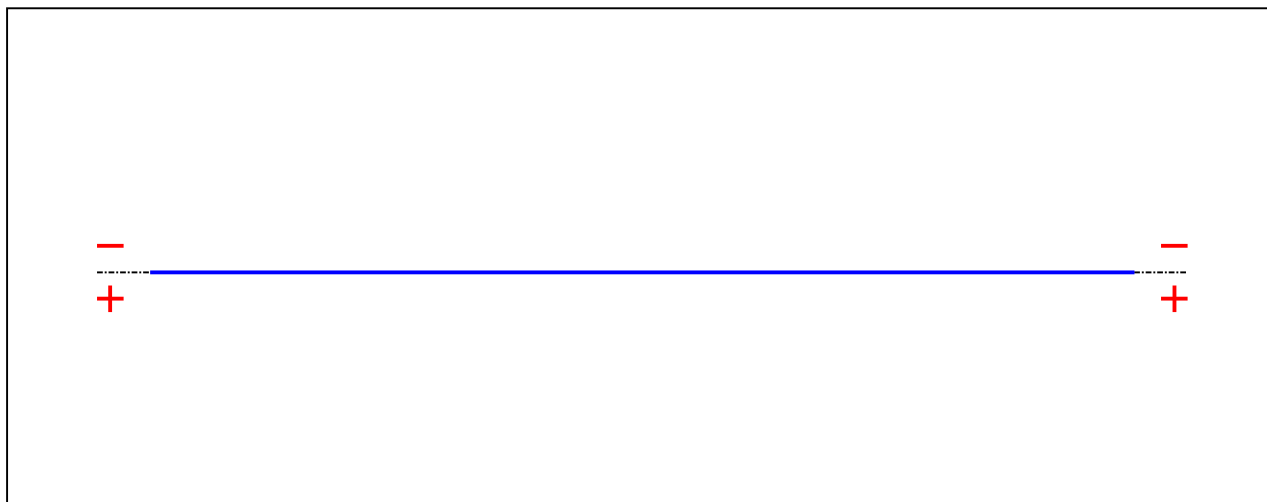
Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

| x(m)  | M(kN.m) |
|-------|---------|
| 0     | 0       |
| 1     | 20,3    |
| 2     | 35,71   |
| 3     | 46,01   |
| 4     | 51      |
| 5     | 51      |
| 6     | 47      |
| 7     | 37      |
| 8,2   | 20,45   |
| 8,7   | 10,86   |
| 9,215 | 0       |

- Axial force diagram :

*Figure 7 : Axial force diagram.*

Active :

Yes

*Table 2 : Axial force diagram.*

| x(m)  | N(kN) |
|-------|-------|
| 0     | 0     |
| 9,215 | 0     |

**- 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    | 6,746      | 344,06              | 4,055            | 0                 | 4,055            |

### 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    | 6,746      | 344,06              | 4,055            | 0                 | 4,055            |

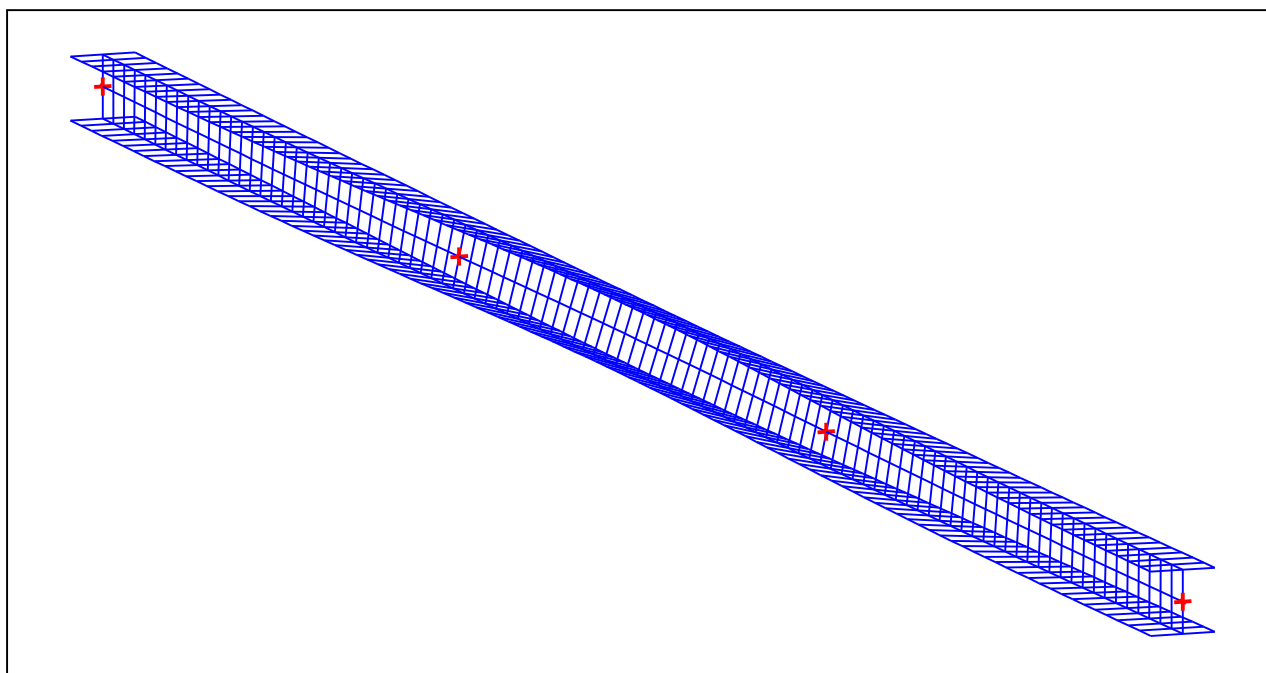


Figure 8 : Mode shape in 3D (Mode 1).

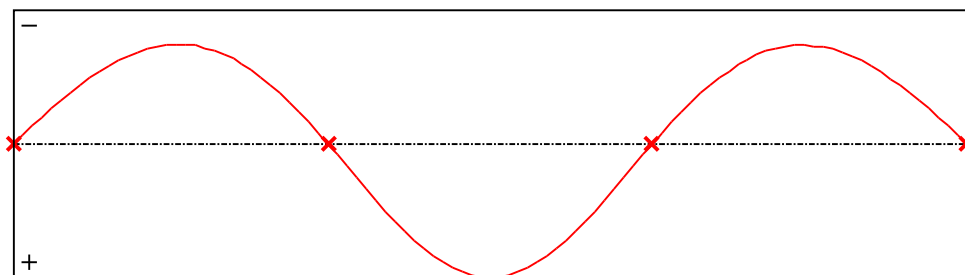


Figure 9 : Lateral displacement compoment of the shear centre (Mode 1).

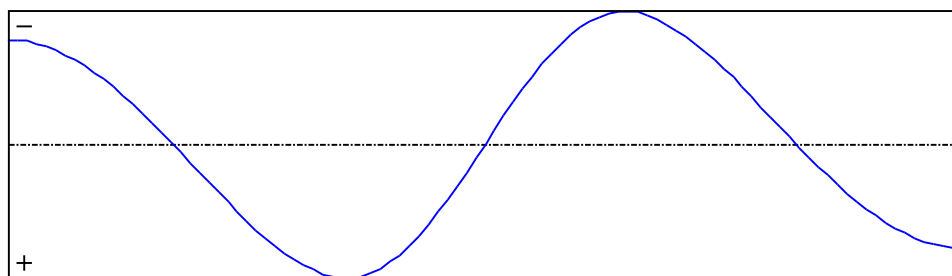


Figure 10 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

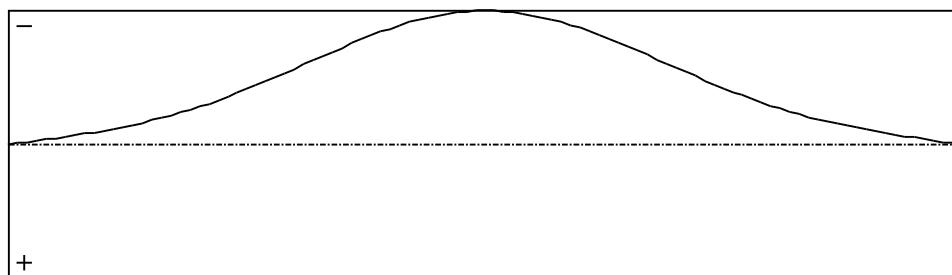


Figure 11 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

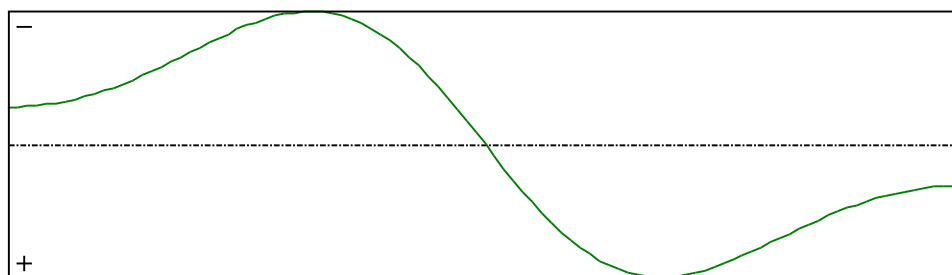


Figure 12 : Warping compoment of the shear centre (Mode 1).

TABLE OF CONTENTS

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| <b>I - PARAMETERS</b>            | <b>p.1</b> |
| <b>I.1 - General parameters</b>  | <b>p.1</b> |
| <b>I.2 - Material</b>            | <b>p.1</b> |
| <b>I.3 - Sections</b>            | <b>p.1</b> |
| - Section No. 1 : HEA 200        | p.2        |
| - Section No. 2 : HEA 200        | p.3        |
| <b>I.4 - Lateral restraints</b>  | <b>p.4</b> |
| - Restraint No. 1 :              | p.4        |
| - Restraint No. 2 :              | p.4        |
| - Restraint No. 3 :              | p.4        |
| - Restraint No. 4 :              | p.5        |
| <b>I.5 - Supports</b>            | <b>p.6</b> |
| - Support No. 1 :                | p.6        |
| - Support No. 2 :                | p.6        |
| <b>I.6 - Loads</b>               | <b>p.7</b> |
| - Moment diagram :               | p.7        |
| - Axial force diagram :          | p.7        |
| - Eccentric concentrated loads : | p.8        |
| - Eccentric distributed loads :  | p.8        |
| <b>II - LTB CALCULATION</b>      | <b>p.9</b> |
| <b>II.1 - LTB modes</b>          | <b>p.9</b> |
| <b>II.2 - Mode shapes</b>        | <b>p.9</b> |
| - Mode 1                         | p.9        |

**WARNING !**

The following software may be used for working out technical solutions during preparatory engineering studies.

Because of the complexity of the calculations involved, the software is only for users who are able to make themselves an accurate idea of its possibilities, its limitations and adequacy to the various practical applications. The user will use it under his own responsibilities at his own risk.

This software is available free of charge. No rights are conferred on the user of the present software. The property and all intellectual rights of the latter continue belonging exclusively to CTICM. The use of this software involves no guarantee for the profit of the user who is committed to keep CTICM released and unharmed from any direct or indirect recourse and damage resulting from an incorrect or improper use or from a use for inadequate or inappropriate ends.

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

Fakulta stavební

Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí



## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Nosná konstrukce jednolodní skladové haly**

**Load-bearing structure of a single-bay storage hall**

**Příloha č. 7 – Výpočet únosnosti chemických kotev DETAIL 3**

**fischer international s.r.o.**

Průmyslová 1833  
25001 Brandýs nad Labem  
Telefon: +42 03 26 90 46 01  
Fax: +42 03 26 90 46 00  
adam.vesely@fischer-cz.cz  
www.fischer-cz.cz

## Detaily návrhu

### Kotva

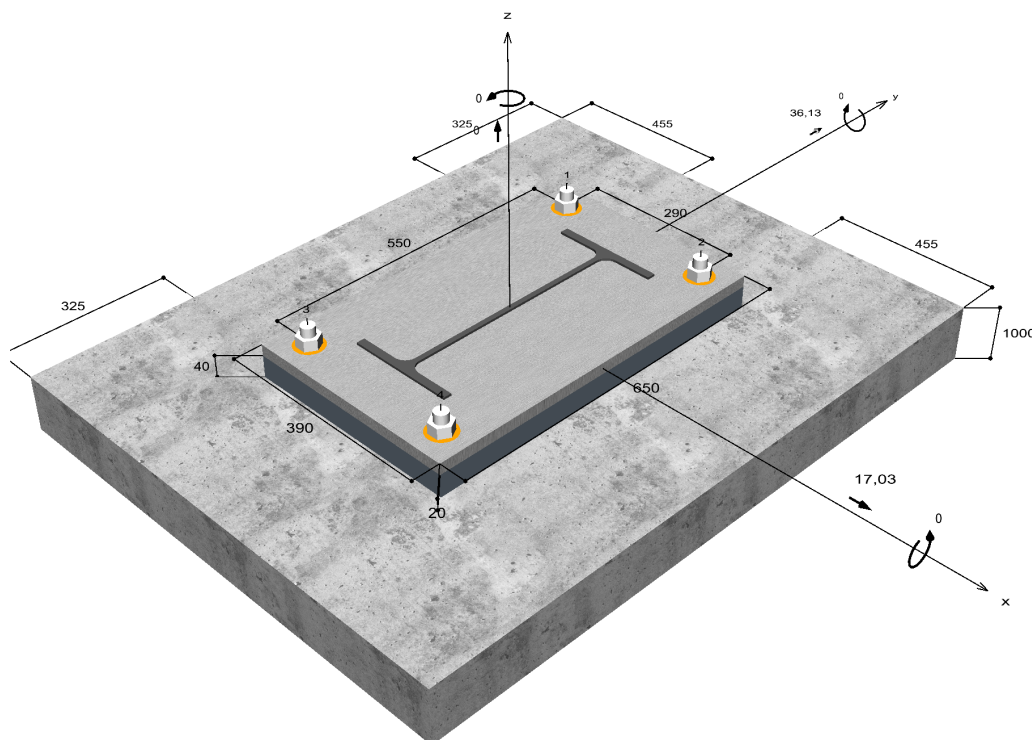
|                    |                                                                                                       |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Systém             | fischer Injektážní systém FIS V Plus                                                                  |
| Injektážní malta   | FIS V Plus 360 S                                                                                      |
| Upevňovací element | Závitová tyč FIS A M 24 x 450 8.8,<br>Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 8.8                  |
| Kotevní hloubka    | 96,00 mm                                                                                              |
| Design data        | Návrh kotev dle Beton Evropský technický posudek<br>ETA-20/0603, Option 1,<br>Datum vydání 13.11.2020 |



### Geometrie / Zatížení

mm, kN, kNm

Hodnoty návrhového zatížení (včetně součinitele bezpečnosti pro zatížení)



Neodpovídá měřítku

**Vstupní data**

|                    |                                                                     |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Návrhová metoda    | ETAG 001, TR 029, Příloha C, Metoda A                               |
| Kotevní podklad    | C30/37, EN 206                                                      |
| Vlastnosti betonu  | Tažený beton, Suchý otvor                                           |
| Teplotní rozmezí   | 24 °C dlouhodobá teplota, 40 °C Krátkodobá teplota                  |
| Výztuž             | Žádné nebo běžné armování.. Bez výztuže. S výztuží proti rozštěpení |
| Metoda vrtání      | Příklepové vrtání                                                   |
| Typ montáže        | Průvlečná montáž                                                    |
| Prstencová mezera  | Prstencová mezera vyplněna                                          |
| Druh zatížení      | Statické                                                            |
| Distance           | S nenosnou vrstvou, g = 40 mm                                       |
|                    | Rameno síly l = 62 mm                                               |
|                    | Míra vetknutí $\alpha_M = 1,0$                                      |
|                    | Pevnost malty v tlaku: 30,0 N/mm <sup>2</sup>                       |
| Tvar kotevní desky | 390 mm x 650 mm x 20 mm                                             |
| Typ profilu        | IPE 450                                                             |

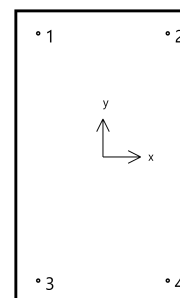
**Návrhová zatížení \*)**

| # | N <sub>Sd</sub><br>kN | V <sub>Sd,x</sub><br>kN | V <sub>Sd,y</sub><br>kN | M <sub>Sd,x</sub><br>kNm | M <sub>Sd,y</sub><br>kNm | M <sub>T,Sd</sub><br>kNm | Druh zatížení |
|---|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|
| 1 | 0,00                  | 17,03                   | 36,13                   | 0,00                     | 0,00                     | 0,00                     | Statické      |

\*) Požadovaný součinitel bezpečnosti pro zatížení je vzat do úvahy

**Výsledné síly kotev**

| Kotva č. | Tahová síla<br>kN | Smyková síla<br>kN | Smyková síla x<br>kN | Smyková síla y<br>kN |
|----------|-------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| 1        | 0,00              | 9,99               | 4,26                 | 9,03                 |
| 2        | 0,00              | 9,99               | 4,26                 | 9,03                 |
| 3        | 0,00              | 9,99               | 4,26                 | 9,03                 |
| 4        | 0,00              | 9,99               | 4,26                 | 9,03                 |



Max. stlačení betonu :

Max. tlakové napětí v betonu :

Výsledné tahové síly :

Výsledné tlakové síly :

‰

N/mm<sup>2</sup>

kN , Poloha X/Y ( / )

kN , Poloha X/Y ( / )

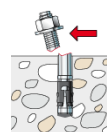
## Únosnost ve smyku

| Důkaz                                    | Zatížení<br>kN | Únosnost<br>kN | Využití $\beta_v$<br>% |
|------------------------------------------|----------------|----------------|------------------------|
| Selhání ocele s ramenem síly *           | 10             | 11,6           | <b>86,4</b>            |
| Selhání betonu na opačné straně zatížení | 10             | 53,1           | 18,8                   |
| Selhání okraje betonu                    | 37,1           | 77,7           | 47,8                   |

\* Nejnepříznivější kotva

### Selhání ocele s ramenem síly

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (V_{Rd,s})$$



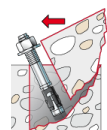
$$V_{Rk,s} = \frac{\alpha_M}{l} \cdot M_{Rk,s}^0 \cdot \left(1 - \frac{N_{Sd}}{N_{Rd,s}}\right) = \left(\frac{1}{0,062m} \cdot 896,0Nm \cdot \left(1 - \frac{0,00kN}{188,27kN}\right)\right) \div \left(1000 \frac{N}{kN}\right) = 14,45kN \quad \text{Rovnice (5.6/a)}$$

| $V_{Rk,s}$<br>kN | $\gamma_{Ms}$ | $V_{Rd,s}$<br>kN | $V_{Sd}$<br>kN | $\beta_{Vs}$<br>% |
|------------------|---------------|------------------|----------------|-------------------|
| 14,5             | 1,25          | 11,6             | 10             | 86,4              |

| Kotva č. | $\beta_{Vs}$<br>% | Skupina N° | Rozhodující<br>Beta |
|----------|-------------------|------------|---------------------|
| 1        | 86,4              | 1          | $\beta_{Vs,1}$      |
| 2        | 86,4              | 2          | $\beta_{Vs,2}$      |
| 3        | 86,4              | 3          | $\beta_{Vs,3}$      |
| 4        | 86,4              | 4          | $\beta_{Vs,4}$      |

### Selhání betonu na opačné straně zatížení

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mcp}} \quad (V_{Rd,cp})$$



$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,p} = 2 \cdot 39,81kN = 79,62kN$$

Rovnice (5.7)

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{re,Np}$$

Rovnice (5.2)

$$N_{Rk,p} = 39,81kN \cdot \frac{82944mm^2}{82944mm^2} \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 39,81kN$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 24mm \cdot 96mm \cdot 5,5N/mm^2 = 39,81kN$$

Rovnice  
(5.2a)

$$s_{cr,Np} = \min\left(20 \cdot d \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,ucr}}{7,5}\right)^{0,5} ; 3 \cdot h_{ef}\right)$$

Rovnice  
(5.2c)

Rovnice  
(5.2d)

$$\Psi_{s,Np} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{325mm}{144mm}\right) = 1,000 \leq 1$$

 Rovnice  
 (5.2e)

$$\Psi_{g,Np} = \max\left(1; \Psi_{g,Np}^0 - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot (\Psi_{g,Np}^0 - 1)\right)$$

Rovnice (5.2f)

$$\Psi_{g,Np} = \max\left(1; 1,000 - \sqrt{\frac{0mm}{288mm}} \cdot (1,000 - 1)\right) = 1,000 \geq 1$$

$$\Psi_{g,Np}^0 = \max\left(1; \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef}} \cdot f_{ck,cube}}\right)^{1,5}\right)$$

 Rovnice  
 (5.2g)

$$\Psi_{g,Np}^0 = \max\left(1; \sqrt{1} - (\sqrt{1} - 1) \cdot \left(\frac{24mm \cdot 5,5N/mm^2}{2,3 \cdot \sqrt{96mm} \cdot 37,0N/mm^2}\right)^{1,5}\right) = 1,000 \geq 1$$

$$\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2e_n}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{ec,Npx} \cdot \Psi_{ec,Npy} = 1,000 \cdot 1,000 = 1,000 \leq 1$$

 Rovnice  
 (5.2h)

$$\Psi_{re,Np} = 1,000$$

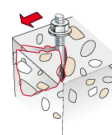
Rovnice (5.2i)

| <b>V<sub>Rk,cp</sub></b><br>kN | <b>γ<sub>Mc</sub></b> | <b>V<sub>Rd,cp</sub></b><br>kN | <b>V<sub>Sd</sub></b><br>kN | <b>β<sub>V,cp</sub></b><br>% |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 79,6                           | 1,50                  | 53,1                           | 10                          | 18,8                         |

| <b>Kotva č.</b> | <b>β<sub>V,cp</sub></b><br>% | <b>Skupina N°</b> | <b>Rozhodující Beta</b> |
|-----------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|
| 1               | 18,8                         | 1                 | β <sub>V,cp;1</sub>     |
| 2               | 18,8                         | 2                 | β <sub>V,cp;2</sub>     |
| 3               | 18,8                         | 3                 | β <sub>V,cp;3</sub>     |
| 4               | 18,8                         | 4                 | β <sub>V,cp;4</sub>     |

### Selhání okraje betonu

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (V_{Rd,c})$$



$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{\alpha,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{re,V}$$

Rovnice (5.8)

$$V_{Rk,c} = 94,43kN \cdot \frac{585000mm^2}{475313mm^2} \cdot 0,980 \cdot 1,000 \cdot 1,023 \cdot 1,000 \cdot 1,000 = 116,50kN$$

$$V_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot d^\alpha \cdot h_{ef}^\beta \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot c_1^{1,5}$$

 Rovnice  
 (5.8a)

$$V_{Rk,c}^0 = 1,7 \cdot (24mm)^{0,054} \cdot (96mm)^{0,059} \cdot \sqrt{37,0N/mm^2} \cdot (325mm)^{1,5} = 94,43kN$$

$$\alpha = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{h_{ef}}{c_1}} = 0,1 \cdot \sqrt{\frac{96mm}{325mm}} = 0,054 \quad \beta = 0,1 \cdot \left(\frac{d}{c_1}\right)^{0,2} = 0,1 \cdot \left(\frac{24mm}{325mm}\right)^{0,2} = 0,059$$

 Rovnice  
 (5.8b/c)

$$\Psi_{s,V} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c_2}{1,5c_1} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{455mm}{1,5 \cdot 325mm} = 0,980 \leq 1$$

 Rovnice  
 (5.8e)

$$\Psi_{h,V} = \max\left(1; \sqrt{\frac{1,5c_1}{h}}\right) = \max\left(1; \sqrt{\frac{1,5 \cdot 325mm}{1000mm}}\right) = 1,000 \geq 1$$

Rovnice (5.8f)

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{(\cos \alpha_V)^2 + \left(\frac{\sin \alpha_V}{2,5}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{(\cos 13,3)^2 + \left(\frac{\sin 13,3}{2,5}\right)^2}} = 1,023 \geq 1$$

 Rovnice  
(5.8g)

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2e_{ex}}{3c_1}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{3 \cdot 325mm}} = 1,000 \leq 1$$

 Rovnice  
(5.8h)

$$\Psi_{re,V} = 1,000$$

| $V_{RK,c}$<br>kN | $Y_{Mc}$ | $V_{Rd,c}$<br>kN | $V_{Sd}$<br>kN | $\beta_{V,c}$<br>% |
|------------------|----------|------------------|----------------|--------------------|
| 116,5            | 1,50     | 77,7             | 37,1           | 47,8               |

| Kotva č. | $\beta_{V,c}$<br>% | Skupina N° | Rozhodující<br>Beta |
|----------|--------------------|------------|---------------------|
| 1, 2     | 47,8               | 1          | $\beta_{V,c;1}$     |
| 3, 4     | 42,7               | 2          | $\beta_{V,c;2}$     |

## Únosnost kombinace tahu a smyku.

$$\beta_V = \beta_{Vs;1} = 0,86 \leq 1$$


**Zkouška úspěšná**

(5.9b)

## Informace o kotevní desce

### Podrobnosti kotevní desky

Tloušťka kotevní desky specifikovaná užitelem bez zkoušky

t = 20 mm

Typ profilu

IPE 450

## Technické poznámky

Pokud je zadaná okrajová vzdálenost nižší než charakteristická ( $c_{cr,N}$  - návrhová metoda A), měla by být přítomna podélná výztuž o průměru min. 6mm souběžná s okrajem betonové konstrukce a to po celé hloubce kotvení. Výpočet byl proveden s předpokladem, že je v kotevním podkladu podélná výztuž účinně bránící jeho rozštěpení. V tomto případě lze vypustit posouzení selhání rozštěpením.

Přenos zatížení prostřednictvím kotev do betonové konstrukce by měl být zohledněn při posuzování konstrukce na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti; posouzení by mělo být provedeno s ohledem na zatížení představované kotevami. Pro ověření je nutné vzít do úvahy bezpečnostní standardy v souladu s platnými normami.

## Informace k montáži

### Kotva

#### System

Injektážní malta

Upevňovací element

#### fischer Injektážní systém FIS V Plus

FIS V Plus 360 S (kartuše dalších rozměrů jsou k dispozici)

Závitová tyč FIS A M 24 x 450 8.8, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 8.8

Kat. č. 558762

Kat. č. 558867



Příslušenství

FIS MR Plus

FIS prodlužovací hadička 9 mm

FIS DM S Pro

Nástroj pro čištění stlačeným vzduchem

Stlačený vzduch ( $p \geq 6$  bar)

Čistící kartáček BS 30

Stopka SDS s vnitřním závitem M8

Quattric II 28/200/250

nebo také

FHD Max 28/600/820

Příklepové vrtání s nebo bez odsávání

Kat. č. 545853

Kat. č. 48983

Kat. č. 563337

Kat. č. 93286

Na stavbě

Kat. č. 90063

Kat. č. 530332

Kat. č. 549966

Kat. č. 546605

### Detaily montáže

Průměr závitu

M 24

Průměr vyvrtaného otvoru

$d_0 = 28$  mm

Hloubka vyvrtaného otvoru

$h_2 = 156$  mm

Kotevní hloubka

$h_{ef} = 96,00$  mm

Kotevní hloubka

$h_{nom} = 96$  mm

Metoda vrtání

Příklepové vrtání

Čištění vyvrtaného otvoru

4 x vyfouknout,  
4 x vyčistit kartáčkem,  
4 x vyfouknout

Při použití dutého vrtáku s odsáváním (např. fischer FHD) se nevyžaduje čištění vyvrtaného otvoru.

Typ montáže

Průvlečná montáž

Prstencová mezera

Prstencová mezera vyplněna

Maximální krouticí moment

$T_{inst,max} = 150,0$  Nm

Velikost klíče

36 mm

Tloušťka kotevní desky

$t = 20$  mm

Tloušťka podlití

$g \leq 40$  mm

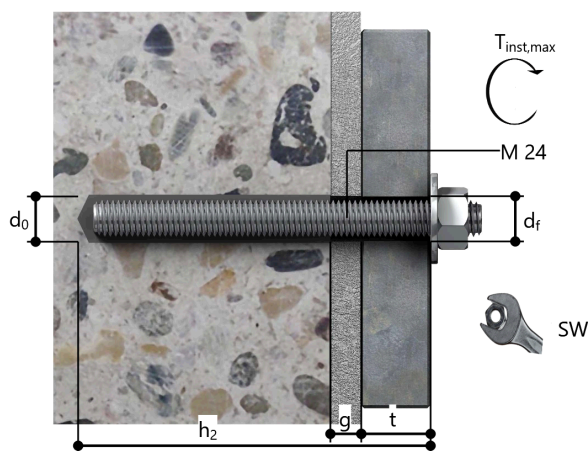
$t_{fix}$

$t_{fix} \leq 60$  mm

$T_{fix,max}$

Objem chemické malty na jednu kotvu

46 ml/23 Stupnice jednotek



### Podrobnosti kotevní desky

Materiál kotevní desky Nedostupné  
Tloušťka kotevní desky  $t = 20 \text{ mm}$   
Průměr otvoru v kotevní desce  $d_i = 30 \text{ mm}$

### Přípevňovaná součást

Typ profilu IPE 450

### Souřadnice kotvy

| Kotva č. | x<br>mm | y<br>mm |
|----------|---------|---------|
| 1        | -145    | 275     |
| 2        | 145     | 275     |
| 3        | -145    | -275    |
| 4        | 145     | -275    |

