

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí**



**DIPLOMOVÁ  
PRÁCE**

**SPORTOVNÍ HALA ELIPSOVÉHO PŮDORYSU**

**VYPRACOVAL:**  
**VEDOUCÍ PRÁCE:**  
**DATUM:**

**Bc. Vojtěch Rataj**  
**doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.**  
**3. 1. 2021**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Rataj Jméno: Vojtěch Osobní číslo: 438379

Zadávající katedra: Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Studijní program: Konstrukce pozemních staveb

Studijní obor: Stavební inženýrství

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Sportovní hala elipsového půdorysu

Název diplomové práce anglicky: Elliptical sports hall

Pokyny pro vypracování:

Návrh hlavních prvků ocelové konstrukce sportovní haly a vybraných detailů. Technická zpráva. Výkresová dokumentace (dispozice a navržené detaily).

Seznam doporučené literatury:

Platné normy ČSN EN

Jméno vedoucího diplomové práce: Michal Jandera

Datum zadání diplomové práce: 22.9.2020

Termín odevzdání diplomové práce: 3.1.2021

*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Sportovní hala elipsového půdorysu“ vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem č.1/2009 O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

.....  
Vojtěch Rataj

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Michalu Janderovi, Ph.D. za věnovaný čas a odbornou pomoc při zpracování této práce.

## **Anotace**

Tématem této diplomové práce je návrh nosné ocelové konstrukce sportovní haly elipsového půdorysu. Obsahem je návrh a posouzení hlavních vazníků, rámových vazeb, konstrukce mezipatra, prvků ztužení a vybraných detailů. Navržené konstrukce jsou znázorněné v příložené výkresové dokumentaci.

## **Klíčová slova**

Sportovní hala, ocelová konstrukce, elipsa, vazník, ztužení

## **Abstract**

The subject of the thesis is design of load-bearing steel structure of a elliptical sports hall. The content is structural design of the main girders, frames, the mezzanine floor, bracings and selected details. The designed structure is represented in enclosed drawings.

## **Key words**

Sports hall, steel structure, ellipse, girder, bracing

# **OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE**

- I. TECHNICKÁ ZPRÁVA**
- II. STATICKÝ VÝPOČET**
- III. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**

# I. TECHNICKÁ ZPRÁVA

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

### SPORTOVNÍ HALA ELIPSOVÉHO PŮDORYSU

VYPRACOVAL:  
VEDOUCÍ PRÁCE:  
DATUM:

Bc. Vojtěch Rataj  
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.  
3. 1. 2021

## Popis konstrukce

Tématem této diplomové práce je ocelová víceúčelová sportovní hala. Stavba se nachází na severu města Hodonína. Objekt je členěn na tři části – centrální víceúčelový sál, sál stolního tenisu a sál pro aerobik a tělesnou výchovu. Tato práce se zabývá pouze konstrukcí centrálního víceúčelového sálu. Sál stolního tenisu a sál pro aerobik a tělesnou výchovu jsou oddílovány, tudíž staticky nezávislé na centrálním víceúčelovém sálu. Většina hlavní haly je jednopodlažní, v části vstupu do haly se nachází mezipatro.

Hala má půdorysný tvar elipsy s délkou 78,5 m a šířkou 40 m. Konstrukce střechy je tvořena dvěma podélnými obloukovými vazníky a příčnými žebry. Obloukové vazníky jsou navrženy ze svařeného I-profilu s výškou 1200 mm, žebra jsou navržena z válcovaných profilů IPE výšky 360–550 mm. Žebra jsou připojena k obloukovým vazníkům i ke sloupům rámovými přípoji. Po obvodu střešní konstrukce probíhá prstenec z profilu HEB 220. Všechny styčníky jsou navrženy jako šroubované. Vrchol střešní konstrukce dosahuje 15 m. Po obvodu haly jsou šikmé sloupy s náklonem  $10^\circ$  z válcovaných profilů IPE výšky 400-600 mm. Sloupy jsou kloubově uloženy na základovém pasu. Uvnitř haly se nachází čtyři sloupy z kruhové trubky průměru 356 mm podpírající obloukové nosníky. Vnitřní sloupy jsou umístěny ve vzdálenosti 45 m. Konstrukce mezipatra leží v úrovni 6,5 m nad podlahou haly, průvlaky i stropnice jsou navrženy z válcovaných profilů IPE. Nosníky mezipatra jsou uloženy na vnitřní a obvodové sloupy. Střešní plášť se skládá z trapézového plechu TR 85/280/0,75, desek z minerální vlny tloušťky 240 mm a střešní PVC folie. Trapézový plech je prostě uložen na žebra, maximální vzdálenost mezi žebry je 3,7 m. Stěnový plášť je tvořen sendvičovými panely KS1150 NF/TL 120 prostě uloženými na obvodové sloupy.

Ztužidla jsou navržena z kruhových trubek. Ztužidla pomáhají přenášet svislá i vodorovná zatížení a slouží také k příčnému podepření sloupů a žeber.

## Zatížení

Pro výpočet zatížení od sněhu je uvažováno zatížení nenavátým i navátým sněhem. Charakteristická hodnota zatížení sněhem byla odečtena ze sněhové mapy ČR ( $s_k = 0,64$  kPa).

Pro výpočet zatížení od větru byla uvažována kategorie terénu II a výchozí základní rychlost větru pro oblast II.

Na střeše je uvažováno s užitným zatížením kategorie H ( $q_k = 0,75$  kN/m<sup>2</sup>). Na konstrukce mezipatra působí užité zatížení kategorie C4 ( $q_k = 5$  kN/m<sup>2</sup>).

Na střechu je počítáno s technologickým zatížením ( $g_k = 0,5$  kN/m<sup>2</sup>).

## Použité materiály

Ocel:	S 235 JR
Beton:	C 20/25
Šrouby:	8.8
Kotvení:	HILTI HIT-V (8.8) M20 + HIT-HY 200-A HILTI HIT-V (8.8) M30 + HIT-HY 200-A



## **Použité normy**

ČSN EN 1991-1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

ČSN EN 1991-1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

ČSN EN 1991-1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem

ČSN EN 1993-1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1993-1-5: Boulení stěn

ČSN EN 1993-1-8: Navrhování styčníků

## **Výroba ocelové konstrukce**

Konstrukce bude provedena dle třídy provedení EXC2.

## **Montáž ocelové konstrukce**

Nejprve budou sestaveny hlavní obloukové vazníky. Vazníky budou montážně svařeny tupými svary na stavbě. Po svaření budou vazníky vyzdviženy do požadované výšky. Následně budou na vazníky postupně montována žebra se sloupy a ztužidly. Potom budou namontovány prvky mezipatra, na které bude uložen trapézový plech. Trapézový plech bude při betonáži montážně podepřen uprostřed každého pole. Jako poslední bude montován střešní trapézový plech a stěnové sendvičové panely. Největší montážní dílec konstrukce je střešní žebro IPE 550 s délkou 15.2 m.

## **Ochrana proti korozi**

Veškeré ocelové konstrukce jsou zabudovány v interiéru budovy, kde se nenachází agresivní ani vlhké prostředí.

Protikorozní ochrana je navržena v souladu s ČSN EN ISO 12944 (1998):

- Stupeň korozní agresivity: C2 – nízká (prostory s občasnou kondenzací)
- Předpokládaná životnost: Vysoká(H) – více než 15 let
- Příprava povrchu: Sa 21/2 – Otryskávání – odstranění okují, rzi, nátěrů a cizích látek
- Zvolený nátěrový systém: ISO 12944-5/A2.02.

Požadovaná tloušťka suchého povlaku vrchního nátěru: 120  $\mu\text{m}$

Ocelové profily budou natřeny dílensky 1-2x základním nátěrem a 2-3x vrchním nátěrem.

Za studena tvarované trubky jsou žárově pozinkovány ( $275 \text{ g/m}^2$ ). Veškeré šrouby jsou také chráněny zinkovou povrchovou úpravou.

## **Ochrana proti požáru**

Posouzení požární odolnosti nebylo předmětem této práce.

# II. STATICKÝ VÝPOČET

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

### SPORTOVNÍ HALA ELIPSOVÉHO PŮDORYSU

VYPRACOVAL:  
VEDOUCÍ PRÁCE:  
DATUM:

Bc. Vojtěch Rataj  
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.  
3. 1. 2021

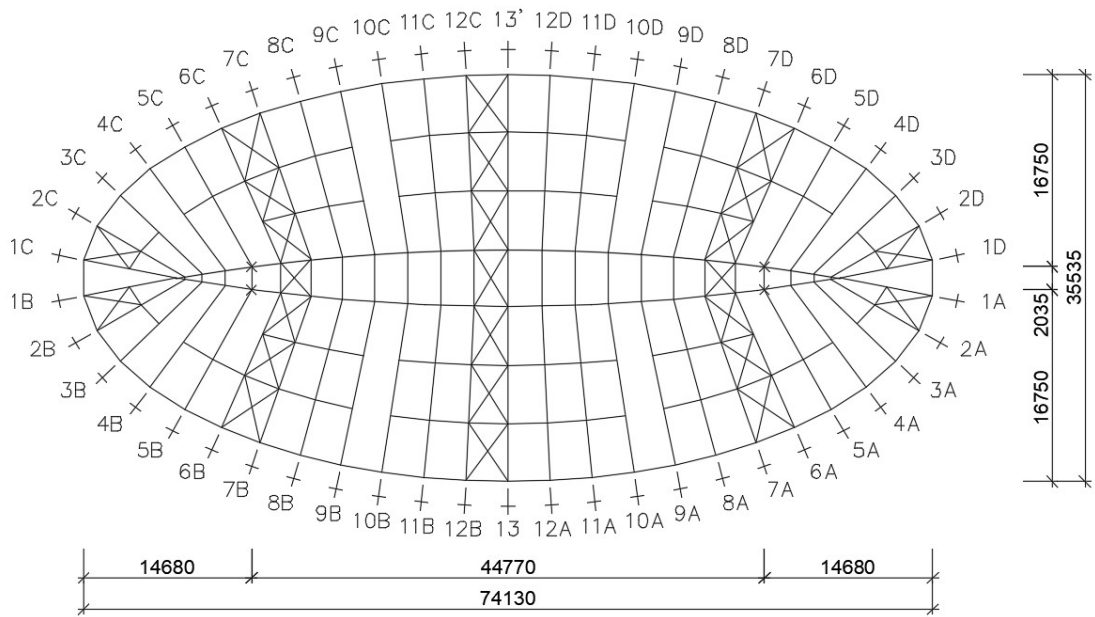
# Obsah

1. Dispozice.....	3
2. Zatížení sněhem.....	4
3. Zatížení větrem .....	5
4. Návrh střešního pláště.....	10
5. Návrh stěnového pláště.....	11
6. Návrh a posouzení konstrukce mezipatra.....	13
7. Zatěžovací stavy.....	21
8. Kombinace zatěžovacích stavů.....	21
9. Konstrukční varianty.....	23
10. Globální imperfekce.....	27
11. Celkové deformace.....	27
12. Posouzení obloukového vazníku.....	29
13. Posouzení rámových vazeb.....	33
Posouzení vazby – osa 13.....	33
Posouzení vazby – osa 10.....	39
Posouzení vazby – osa 7.....	45
Posouzení vazby – osa 6.....	52
Posouzení vazby – osa 5.....	54
Posouzení vazby – osa 2.....	60
Posouzení vazby – osa 1.....	63
Výsledné profily rámových vazeb.....	67
14. Posouzení vnitřního sloupu.....	68
15. Posouzení obvodového prstence.....	68
16. Posouzení trubky mezi sloupy.....	69
17. Posouzení trubky mezi žebry.....	70
18. Posouzení ztužidel.....	71
19. Posouzení přípojí.....	73
Rámový roh – osa 13.....	73
Rámový roh – osa 6.....	80
Rámový přípoj žebra na obloukový nosník – osa 13.....	87
Rámový přípoj žebra na obloukový nosník – osa 6.....	93

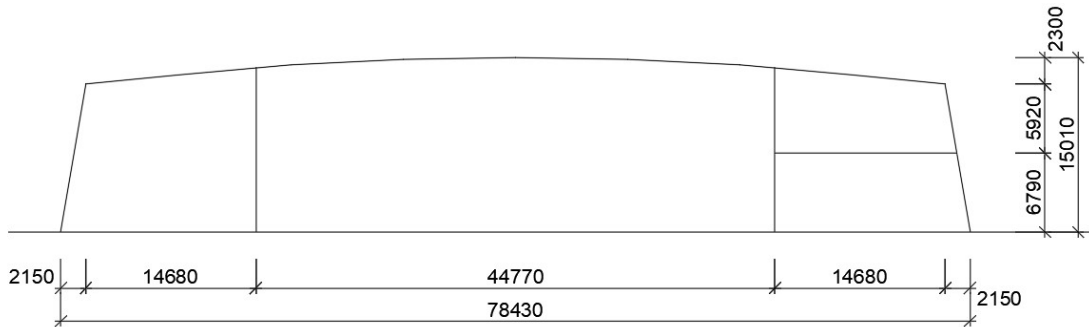
Přípoj obvodového prstence na sloup.....	100
Přípoj střešního ztužidla k rámovému rohu - osa 13.....	102
Přípoj stěnového ztužidla k rámovému rohu - osa 6.....	105
Přípoj střešního ztužidla k rámovému rohu - osa 6.....	107
Přípoj střešních ztužidel k obloukovému nosníku - osa 13.....	109
Přípoj střešních ztužidel k obloukovému nosníku - osa 6.....	111
Přípoj střešních ztužidel k žebříku - osa 7.....	114
Přípoj stěnových ztužidel ke sloupu - osa 1.....	116
Přípoj stěnového ztužidla k patě sloupu - osa 2.....	120
Přípoj sloupu na obloukový vazník.....	122
19. Kotvení.....	126
Obvodový sloup.....	126
Vnitřní sloup.....	128

# Dispozice

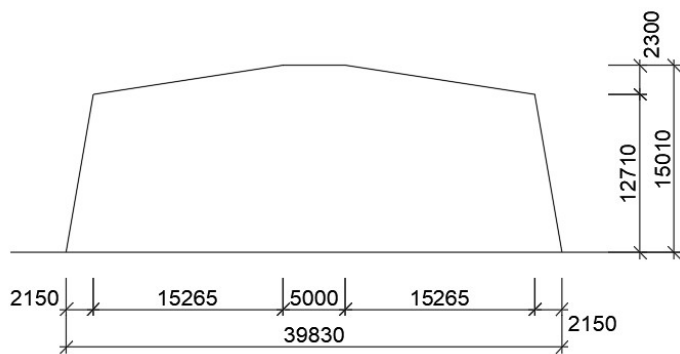
## Pohled na střechu



## Podélný řez



## Příčný řez



## Zatížení sněhem

$$C_e := 1.0$$

$$C_t := 1.0$$

$$s_k := 0.64 \text{ kPa}$$

www.snehovamapa.cz

- Hodonín

### a) Příklad (i) - rovnoměrné zatížení od sněhu

$$\mu_1 := 0.8$$

$$s_i := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.512 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- pro vyvolání nesymetrického zatížení od sněhu bude také uvažován případ, kdy na polovinu střechy působí zatížení s tvarovým součinitelem  $\mu_1 = 0.8$  a na druhou polovinu zatížení s tvarovým součinitelem  $0.5 \cdot \mu_1 = 0.4$

### b) Příklad (ii) - navátý sníh

$$h_{st} := 2.3 \text{ m}$$

$$b_{st.1} := 75 \text{ m}$$

$$b_{st.2} := 36 \text{ m}$$

Zatížení podélného řezu halou:

$$\mu_{3.1} := 0.2 + 10 \cdot \frac{h_{st}}{b_{st.1}} = 0.507$$

$$s_{ii.1} := \mu_{3.1} \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.324 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

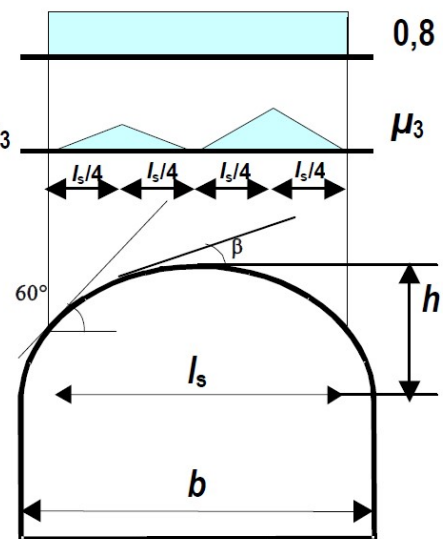
Zatížení příčného řezu halou:

$$\mu_{3.2} := 0.2 + 10 \cdot \frac{h_{st}}{b_{st.2}} = 0.839$$

$$s_{ii.2} := \mu_{3.2} \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0.537 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Příklad (i)

Příklad (ii)  $0,5\mu_3$



## Zatížení větrem

Výchozí základní rychlost větru

$$v_{b,0} := 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{Mapa větrných oblastí ČR - Hodonín}$$

$$c_{dir} := 1.0$$

$$c_{season} := 1.0$$

Základní rychlost větru

$$v_b := c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kategorie terénu II

$$\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Základní dynamický tlak větru

$$q_b := \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = 390.625 \text{ Pa}$$

$h := 15.5 \text{ m}$  výška objektu

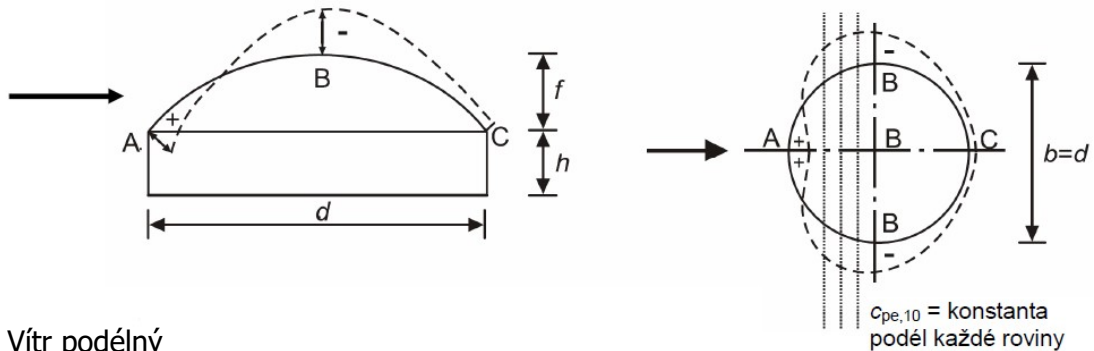
$c_{e,z} := 2.65$  součinitel expozice

Maximální dynamický tlak větru

$$q_{p,z} := c_{e,z} \cdot q_b = 1.035 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

## Střecha

Hodnoty součinitelů  $c_{pe,10}$  jsou brány pro kopule s kruhovou základnou (dle ČSN EN 1991-1-4). Jako délka  $d$  je uvažován rozměr haly rovnoběžný s příslušným směrem větru.



## Vítr podélný

$$d := 75 \text{ m}$$

$$h := 12.7 \text{ m}$$

$$f := 2.3 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = 0.169 \quad \frac{f}{d} = 0.031$$

Součinitele tlaku

$$c_{pe,10,pod.A} := -0.93$$

$$c_{pe,10,pod.B} := -0.34$$

$$c_{pe,10,pod.C} := -0.17$$

### Tlak větru

$$w_{stř.pod.A} := c_{pe.10.pod.A} \cdot q_{p.z} = -0.963 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{stř.pod.B} := c_{pe.10.pod.B} \cdot q_{p.z} = -0.352 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{stř.pod.C} := c_{pe.10.pod.C} \cdot q_{p.z} = -0.176 \frac{kN}{m^2}$$

### Vítr příčný

$$d := 36 \text{ m}$$

$$h := 12.7 \text{ m}$$

$$f := 2.3 \text{ m}$$

$$\frac{h}{d} = 0.353 \quad \frac{f}{d} = 0.064$$

### Součinitele tlaku

$$c_{pe.10.př.A} := -1.36$$

$$c_{pe.10.př.B} := -0.48$$

$$c_{pe.10.př.C} := -0.35$$

### Tlak větru

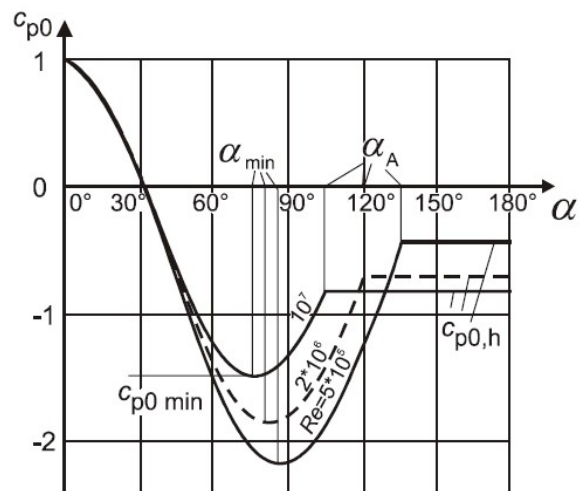
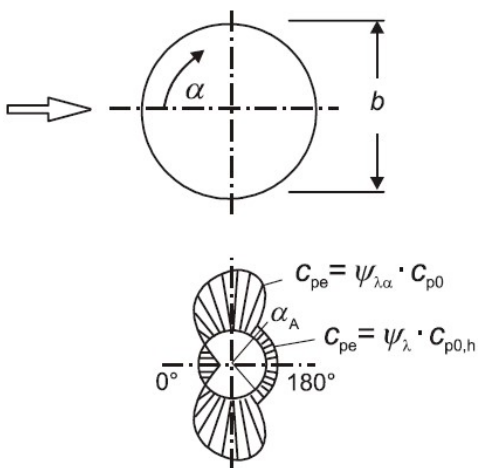
$$w_{stř.př.A} := c_{pe.10.př.A} \cdot q_{p.z} = -1.408 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{stř.př.B} := c_{pe.10.př.B} \cdot q_{p.z} = -0.497 \frac{kN}{m^2}$$

$$w_{stř.př.C} := c_{pe.10.př.C} \cdot q_{p.z} = -0.362 \frac{kN}{m^2}$$

### Stěny

Hodnoty součinitelů  $c_{pe}$  jsou brány pro kruhový válec (dle ČSN EN 1991-1-4). Jako délka  $b$  je uvažován delší půdorysný rozměr halý pro oba směry větru.





$$b := 75 \text{ m}$$

Maximální rychlost větru

$$v_z := \sqrt{2 \cdot \frac{q_{p,z}}{\rho}} = 40.697 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\nu := 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{kinematická viskozita vzduchu}$$

Reynoldsovo číslo

$$Re := \frac{b \cdot v_z}{\nu} = 2.035 \cdot 10^8$$

$$\alpha_{min} := 75^\circ$$

$$c_{p0,min} := -1.5$$

$$\alpha_A := 105^\circ$$

$$c_{p0,h} := -0.8$$

Efektivní štíhlost

$$h = 12.7 \text{ m}$$

$$b = 75 \text{ m}$$

$$\lambda := \min \left( \left[ \frac{h}{b} \right], \left[ \frac{h}{70} \right] \right) = 0.169$$

Součinitel plnosti

$$\varphi := 1$$

Součinitel koncového efektu

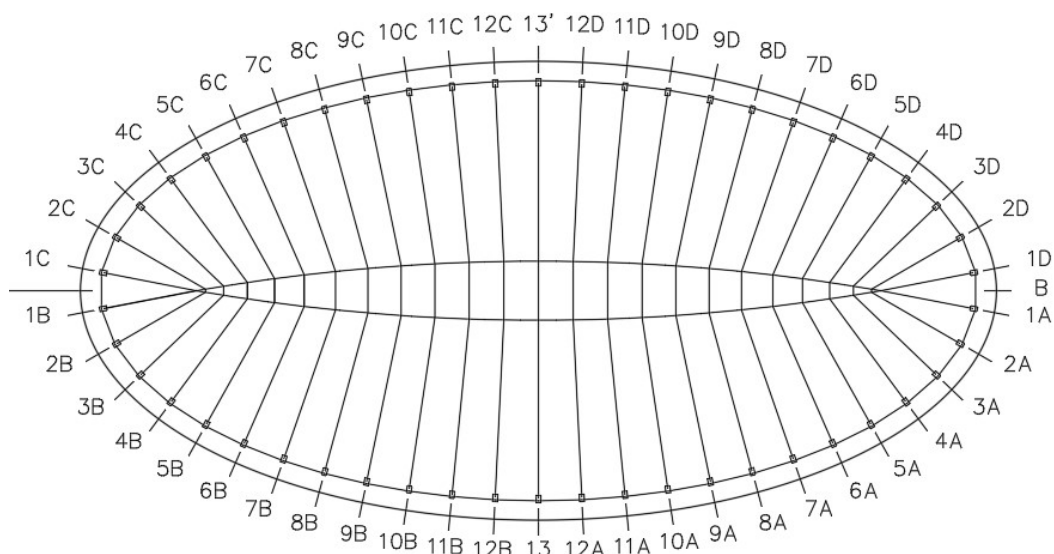
$$\psi_\lambda := 0.6 \quad \text{odečteno z grafu}$$

$$\text{pro } 0 \leq \alpha \leq \alpha_{min}: \quad \psi_{\lambda\alpha} := 1$$

$$\text{pro } \alpha_{min} \leq \alpha \leq \alpha_A: \quad \psi_{\lambda\alpha} := \psi_\lambda + (1 - \psi_\lambda) \cdot \cos \left( \frac{\pi}{2} \cdot \left( \frac{\alpha - \alpha_{min}}{\alpha_A - \alpha_{min}} \right) \right)$$

$$\text{pro } \alpha_A \leq \alpha \leq 180^\circ: \quad \psi_{\lambda\alpha} := \psi_\lambda = 0.6$$

Schéma haly:



## Vítr podélný

$\alpha$  ... úhel odpovídá odklonu osy sloupu od směru větru

$c_{p0}$  - odečteno z grafu

$$c_{pe} := \psi_{\lambda\alpha} \cdot c_{p0}$$

$$w_e := c_{pe} \cdot q_{p,z}$$

Osa sloupu	$\alpha$ [°]	$\psi_{\lambda\alpha}$	$c_{p0}$	$c_{pe}$	$w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Zat. šířka sloupu [m]	$w_e$ [kN/m]
B	0	1	1.00	1.00	1.04	-	-
1B	11	1	0.85	0.85	0.88	3.30	2.90
2B	30	1	0.10	0.10	0.10	3.45	0.36
3B	44	1	-0.70	-0.70	-0.72	3.60	-2.61
4B	53	1	-1.00	-1.00	-1.04	3.65	-3.78
5B	61	1	-1.20	-1.20	-1.24	3.70	-4.60
6B	66	1	-1.35	-1.35	-1.40	3.75	-5.24
7B	71	1	-1.45	-1.45	-1.50	3.75	-5.63
8B	75	1	-1.50	-1.50	-1.55	3.80	-5.90
9B	78	1.00	-1.50	-1.49	-1.54	3.80	-5.87
10B	81	0.98	-1.45	-1.42	-1.47	3.80	-5.59
11B	84	0.96	-1.40	-1.34	-1.39	3.80	-5.27
12B	87	0.92	-1.35	-1.25	-1.29	3.80	-4.90
13	90	0.88	-1.30	-1.15	-1.19	3.80	-4.51
12A	93	0.84	-1.20	-1.00	-1.04	3.80	-3.94
11A	96	0.78	-1.10	-0.86	-0.89	3.80	-3.38
10A	99	0.72	-1.00	-0.72	-0.75	3.80	-2.85
9A	102	0.66	-0.90	-0.60	-0.62	3.80	-2.35
8A	105	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.80	-1.89
7A	109	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.75	-1.86
6A	114	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.75	-1.86
5A	119	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.70	-1.84
4A	127	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.65	-1.81
3A	136	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.60	-1.79
2A	150	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.45	-1.71
1A	169	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.30	-1.64
B	180	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	-	-

## Vítr příčný

$\alpha$  ... úhel odpovídá odklonu osy sloupu od směru větru

$c_{p0}$  - odečteno z grafu

$$c_{pe} := \psi_{\lambda\alpha} \cdot c_{p0}$$

$$w_e := c_{pe} \cdot q_{p,z}$$

Osa sloupu	$\alpha$ [°]	$\psi_{\lambda\alpha}$	$c_{p0}$	$c_{pe}$	$w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Zat. šířka sloupu [m]	$w_e$ [kN/m]
13	0	1	1.00	1.00	1.04	3.80	3.93
12A	3	1	0.95	0.95	0.98	3.80	3.74
11A	6	1	0.90	0.90	0.93	3.80	3.54
10A	9	1	0.85	0.85	0.88	3.80	3.34
9A	12	1	0.80	0.80	0.83	3.80	3.15
8A	15	1	0.70	0.70	0.72	3.80	2.75
7A	19	1	0.50	0.50	0.52	3.75	1.94
6A	24	1	0.30	0.30	0.31	3.75	1.16
5A	29	1	0.10	0.10	0.10	3.70	0.38
4A	37	1	-0.30	-0.30	-0.31	3.65	-1.13
3A	46	1	-0.70	-0.70	-0.72	3.60	-2.61
2A	60	1	-1.20	-1.20	-1.24	3.45	-4.28
1A	79	0.99	-1.45	-1.44	-1.49	3.30	-4.91
B	90	0.88	-1.30	-1.15	-1.19	-	-
1D	101	0.68	-1.00	-0.68	-0.71	3.30	-2.33
2D	120	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.45	-1.71
3D	134	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.60	-1.79
4D	143	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.65	-1.81
5D	151	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.70	-1.84
6D	156	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.75	-1.86
7D	161	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.75	-1.86
8D	165	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.80	-1.89
9D	168	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.80	-1.89
10D	171	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.80	-1.89
11D	174	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.80	-1.89
12D	177	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.80	-1.89
13'	180	0.6	-0.80	-0.48	-0.50	3.80	-1.89

# Návrh střešního pláště

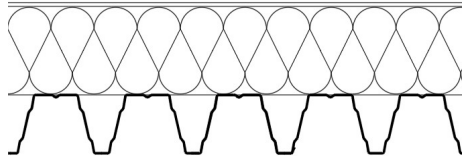
## Trapézový plech TR 85/280/0,75

- maximální rozpon:  $L_{max} := 3.7 \text{ m}$
- prostý nosník
- sklon střechy zanedbán

### Skladba střechy

- střešní PVC folie

$$g_{pvc} := 0.0185 \frac{kN}{m^2}$$



- desky z minerálních vláken 2x120 mm

$$g_{izo} := 0.0504 \frac{kN}{m^2}$$

- trapézový plech TR 85/280/0,75

$$g_{tr} := 0.0804 \frac{kN}{m^2}$$

### Stálé zatížení

$$g_{st.k} := g_{pvc} + g_{izo} + g_{tr} = 0.149 \frac{kN}{m^2}$$

### Minimální stálé zatížení

$$g_{min.st.k} := g_{tr} = 0.08 \frac{kN}{m^2}$$

### Zatížení od sněhu (navátý sníh)

$$q_{s.nav.k} := 0.537 \frac{kN}{m^2}$$

### Zatížení od větru - maximální sání

$$q_{w.k} := 0.963 \frac{kN}{m^2}$$

### Užitné zatížení kategorie H

$$q_{H.k} := 0.75 \frac{kN}{m^2}$$

### Kombinace zatížení

#### Součinitele zatížení

$\gamma_G := 1.35$  stálé zatížení, nepříznivé působení

$\gamma_{G,p} := 1.0$  stálé zatížení, příznivé působení

$\gamma_Q := 1.5$  proměnné zatížení

#### Kombinační součinitel pro sníh

$$\psi_0 := 0.5$$

Kombinace 1:

$$f_{1.d} := \gamma_G \cdot g_{st.k} + \gamma_Q \cdot q_{H.k} + \psi_0 \cdot \gamma_Q \cdot q_{s.nav.k} = 1.729 \frac{kN}{m^2}$$

Kombinace 2:

$$f_{2.d} := \gamma_{G.p} \cdot g_{min.st.k} + \gamma_Q \cdot q_{w.k} = 1.525 \frac{kN}{m^2}$$

Kombinace 3:

$$f_{3.d} := g_{st.k} + q_{H.k} + \psi_0 \cdot q_{s.nav.k} = 1.168 \frac{kN}{m^2}$$

### Posouzení trapézového plechu

MSÚ:

$$q_{d2} := 2.91 \frac{kN}{m^2} \quad \text{návrhová hodnota únosnosti} \\ \text{viz Příloha A}$$

$$f_{1.d} = 1.729 \frac{kN}{m^2} \quad \text{rozhodující kombinace pro MSÚ}$$

$$q_{d2} = 2.91 \frac{kN}{m^2} \geq f_{1.d} = 1.729 \frac{kN}{m^2} \quad \text{VYHOVUJE}$$

MSP:

$$q_k := 1.30 \frac{kN}{m^2} \quad \text{charakteristická hodnota zatížení pro pružnou deformaci L/200} \\ \text{viz Příloha A}$$

$$f_{3.d} = 1.168 \frac{kN}{m^2} \quad \text{rozhodující kombinace pro MSP}$$

$$q_k = 1.30 \frac{kN}{m^2} \geq f_{3.d} = 1.168 \frac{kN}{m^2} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Závěr

Vzhledem k zakřivenému tvaru střechy je nutné uvažovat s tím, že jednotlivé dílce budou vytvářet zborcenou plochu. Odchylka od roviny na metrovém dílci ale nebude větší než 20 mm, proto bude možné tento typ zastřešení použít.

Další možnou variantou zastřešení by bylo použití kombinace tenkostěnných vaznic a sendvičových panelů. Pro tento typ haly by to byl méně vhodný způsob s ohledem na složitost provádění.

## Návrh stěnového pláště

### **Sendvičový panel KS1150 NF/TL 120**

- maximální rozpon:  $L_{max} := 3.7 \text{ m}$
- prostý nosník
- stěny ve sklonu

$$g_{pan.k} := 0.1328 \frac{kN}{m^2}$$

Složka vlastní tíhy panelu působící kolmo na stěny

$\alpha := 13.03^\circ$  úhel sklonu stěn

$$g_{pan.kol.k} := g_{pan.k} \cdot \sin(\alpha) = 0.03 \frac{kN}{m^2}$$

Maximální zatížení od větru - tlak

$$q_{w.tlak.k} := 1.035 \frac{kN}{m^2}$$

Maximální zatížení od větru - sání

$$q_{w.sání.k} := 1.553 \frac{kN}{m^2}$$

Celkové charakteristické zatížení stěn - tlak

$$q_{tlak.k} := g_{pan.kol.k} + q_{w.tlak.k} = 1.065 \frac{kN}{m^2}$$

Celkové charakteristické zatížení stěn - sání

$$q_{sání.k} := q_{w.sání.k} = 1.553 \frac{kN}{m^2}$$

Posouzení stěnového panelu

Tlak:

$l_{max.tlak} := 5.98 \text{ m}$  max. rozpon panelu pro zatížení tlakem  
viz Příloha B

$l_{max.tlak} = 5.98 \text{ m} \geq L_{max} = 3.7 \text{ m}$  VYHOVUJE

Sání:

$l_{max.sání} := 3.93 \text{ m}$  max. rozpon panelu pro zatížení tlakem  
viz Příloha B

$l_{max.sání} = 3.93 \text{ m} \geq L_{max} = 3.7 \text{ m}$  VYHOVUJE

# Návrh a posouzení konstrukce mezipatra

- železobetonová deska v trapézovém plechu na stropnicích

Schéma konstrukce:

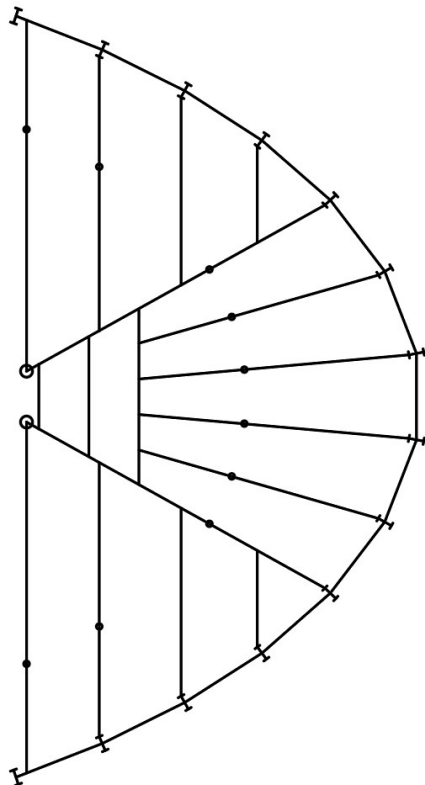
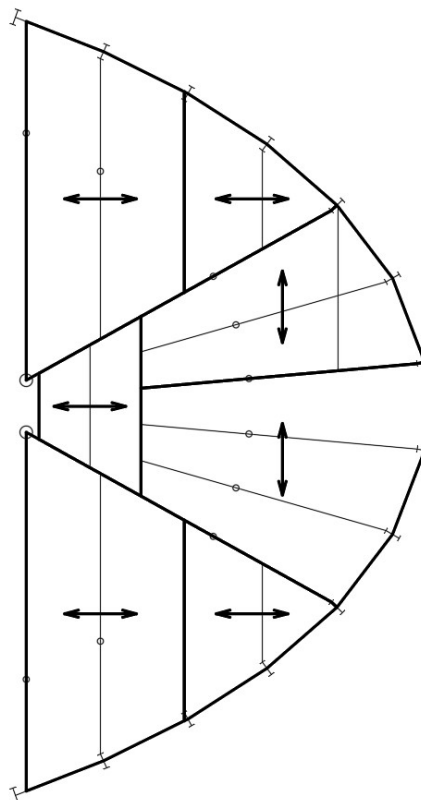


Schéma uložení trapézových plechů:



## Posouzení trapézového plechu

- montážní stav
- spojitý nosník o čtyřech polích - trapézový plech bude v montážním stádiu podepřen uprostřed každého pole

$L := 1.75 \text{ m}$  délka jednoho pole

### Trapézový plech Hacierco 40/160/0,75

$h_c := 70 \text{ mm}$

$E := 210 \text{ GPa}$

$h_{tr} := 40 \text{ mm}$

$I_{eff} := 186003.29 \frac{\text{mm}^4}{\text{m}}$

$b_{tr} := 50 \text{ mm}$

$b_{tr.1} := 110 \text{ mm}$

$V := 160 \text{ mm}$

$$h_d := h_c + h_{tr} \cdot \frac{b_{tr} + b_{tr.1}}{2 \cdot V} = 90 \text{ mm} \quad \text{tloušťka betonu}$$

### Zatížení

Čerstvý beton

$$\gamma_c := 26 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$g_c := \gamma_c \cdot h_d = 2.34 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Trapézový plech

$$g_{tr} := 0.0728 \frac{kN}{m^2}$$

Montážní zatížení

- pro zjednodušení je počítáno se zvýšeným montážním zatížením na celé délce

$$q_m := 1.5 \frac{kN}{m^2}$$

Zatížení celkem

$\gamma_G := 1.35$  dílčí součinitel pro stálé zatížení

$\gamma_Q := 1.5$  dílčí součinitel pro proměnné zatížení

$$f_k := g_c + g_{tr} + q_m = 3.913 \frac{kN}{m^2}$$

$$f_d := (g_c + g_{tr}) \cdot \gamma_G + q_m \cdot \gamma_Q = 5.507 \frac{kN}{m^2}$$

Posouzení MSÚ

$$f_d = 5.507 \frac{kN}{m^2}$$

$$q_{Ed} := 8.93 \frac{kN}{m^2} \quad \text{návrhová hodnota únosnosti viz Příloha C}$$

$$q_{Ed} = 8.93 \frac{kN}{m^2} \geq f_d = 5.507 \frac{kN}{m^2} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení MSP

- největší průhyb v krajním poli
- průhyb v poli bude určen součtem vlivu spojitěho zatížení na prostém nosníku a vlivu momentu ve vnitřní podpoře
- od stálého zatížení

$$M_{b,k} := -\frac{1}{10} (g_c + g_{tr}) \cdot L^2 = -0.739 \frac{kN \cdot m}{m} \quad \text{moment ve vnitřní podpoře}$$

$$\delta := \frac{1}{E \cdot I_{eff}} \cdot \left( \frac{5}{384} \cdot (g_c + g_{tr}) \cdot L^4 + \frac{1}{16} \cdot M_{b,k} \cdot L^2 \right) = 3.923 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} := \frac{h_d}{10} = 9 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 9 \text{ mm} \geq \delta = 3.923 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

není nutné uvažovat rybníkový efekt



## Zatížení

### Stálé zatížení

- ŽB deska + trapézový plech  $g_{d.k} = 2.5 \frac{kN}{m^2}$

- Podlaha  $g_{p.k} = 1.5 \frac{kN}{m^2}$

- Celkem stálé  $g_{s.k} = 4 \frac{kN}{m^2}$

- Skleněná příčka (hmotnost  $50 \frac{kg}{m^2}$ )

- liniové zatížení krajních stropnic (B3 a B7)

$$g_{pr.k} := 0.5 \frac{kN}{m^2} \cdot 6.2 m = 3.1 \frac{kN}{m}$$

### Užitné zatížení

- kategorie C4  $q_k = 5 \frac{kN}{m^2}$

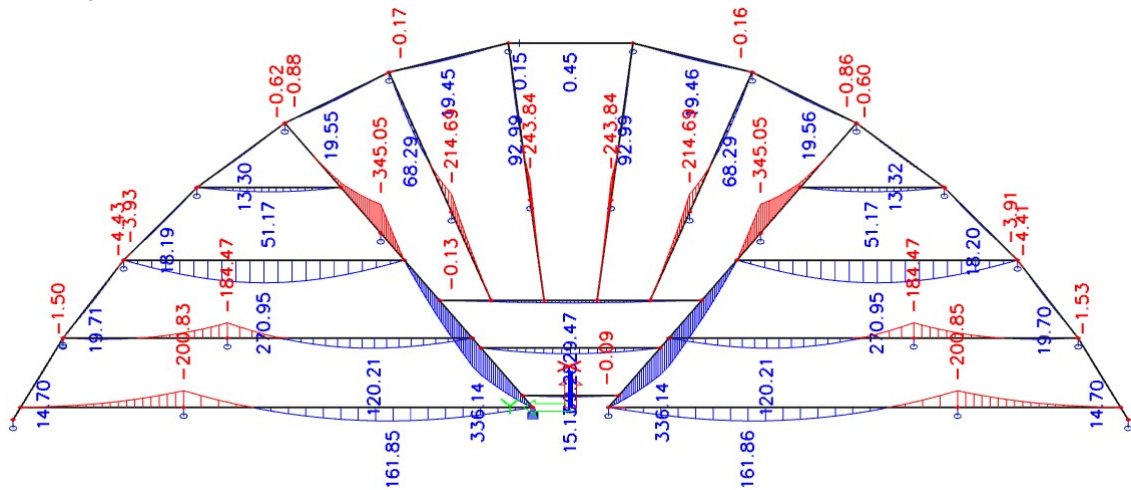
## Kombinace zatížení

MSÚ:  $1,35 \cdot \text{Stálé} + 1,5 \cdot \text{Užitné}$

MSP:  $1,0 \cdot \text{Stálé} + 1,0 \cdot \text{Užitné}$

## Vnitřní síly

$M_y$  [kNm]





## Návrh a posouzení - průvlak B1

### Ocel S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

### IPE 500

$$A_{v.z} := 5987 \text{ mm}^2$$

$$W_{pl.y} := 2104 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

### Vnitřní síly a průhyb

$$V_{Ed} := 283 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 346 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\delta := 14.4 \text{ mm}$$

### Posouzení - ohyb

$$M_{Rd} := W_{pl.y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 494.44 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 494.44 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 346 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení - smyk

$$V_{Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 812.3 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = 812.3 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 283 \text{ kNm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení - průhyb

$$L := 8.4 \text{ m}$$

$$\delta_{lim} := \frac{L}{250} = 33.6 \text{ mm}$$

$$\delta_{lim} = 33.6 \text{ mm} \geq \delta = 14.4 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Návrh a posouzení - vybrané stropnice

- posouzení provedeno stejným způsobem jako průvlak B1

Prvek	Profil	$M_{Ed}$ [kNm]	$M_{Rd}$ [kNm]	Využití	$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Rd}$ [kN]	Využití	$\delta$ [mm]	$\delta_{lim}$ [mm]	Využití
B3	IPE 450	201	400.0	<b>0.50</b>	132	689.9	<b>0.19</b>	12.8	37.6	<b>0.34</b>
B4	IPE 360	185	239.5	<b>0.77</b>	158	476.8	<b>0.33</b>	11.0	26.4	<b>0.42</b>
B5	IPE 450	271	400.0	<b>0.68</b>	122	689.9	<b>0.18</b>	16.2	30.2	<b>0.54</b>
B11	IPE 240	30	86.2	<b>0.35</b>	19	259.7	<b>0.07</b>	12.3	28.2	<b>0.44</b>
B14	IPE 400	244	307.1	<b>0.79</b>	149	579.2	<b>0.26</b>	24.3	33.9	<b>0.72</b>
B16	IPE 240	70	86.2	<b>0.81</b>	49	259.7	<b>0.19</b>	14.5	19.3	<b>0.75</b>

## Návrh a posouzení vnitřního sloupu

- nejvíce zatížený sloup pod průvlakem B1

**Ocel: S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

**Průřez: TR 194/8**

$$d := 194 \text{ mm}$$

$$t := 8 \text{ mm}$$

$$i := 65.8 \text{ mm}$$

$$A := 4675 \text{ mm}^2$$

Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$N_{Ed} := 447 \text{ kN}$$

Vzpěrná délka a součinitel vzpěrnosti

Štíhlost

$$L_{cr} := 6.75 \text{ m}$$

$$\lambda := \frac{L_{cr}}{i} = 102.584$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

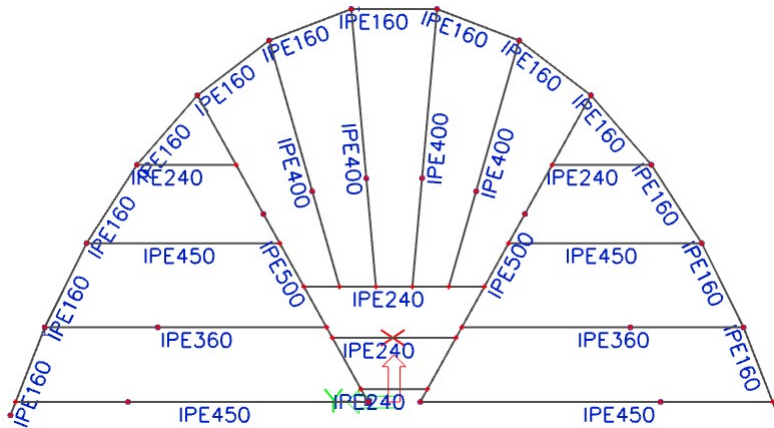
$$\lambda' := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 1.092$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi := 0.484 \quad \text{křivka "c"}$$

Posouzení na vzpěrný tlak

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 531.735 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 447 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$



### Ověření vlastní frekvence nosníků

- ověření pomocí průhybu
- kmitající hmota = stálé zatížení + 10 % užitého zatížení

- průhyb na prostém nosníku:  $\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{EI}$

- 1. vlastní frekvence:  $f_1 = \sqrt{\frac{EI \cdot g}{q \cdot L^4} \cdot \frac{\pi}{2}}$

Limitní průhyb

$$g = 9.807 \frac{m}{s^2}$$

$f_{min} := 6 \text{ Hz}$  min. vlastní frekvence pro tělocvičny dle ČSN EN 1993-1-1

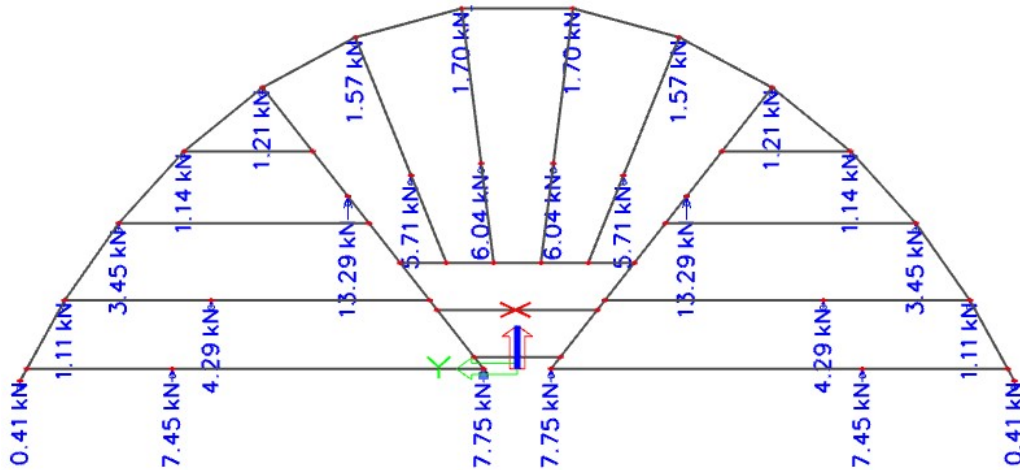
$$\delta_{max} := \frac{5 \cdot g \cdot \pi^2}{384 \cdot 4 \cdot f_{min}^2} = 8.752 \text{ mm}$$

Prvek	$\delta$ [mm]	$\delta_{max}$ [mm]	Využití
B1	7.5	8.752	<b>0.86</b>
B3	8	8.752	<b>0.91</b>
B4	5.7	8.752	<b>0.65</b>
B5	8.4	8.752	<b>0.96</b>
B11	6.5	8.752	<b>0.74</b>
B16	7.4	8.752	<b>0.85</b>

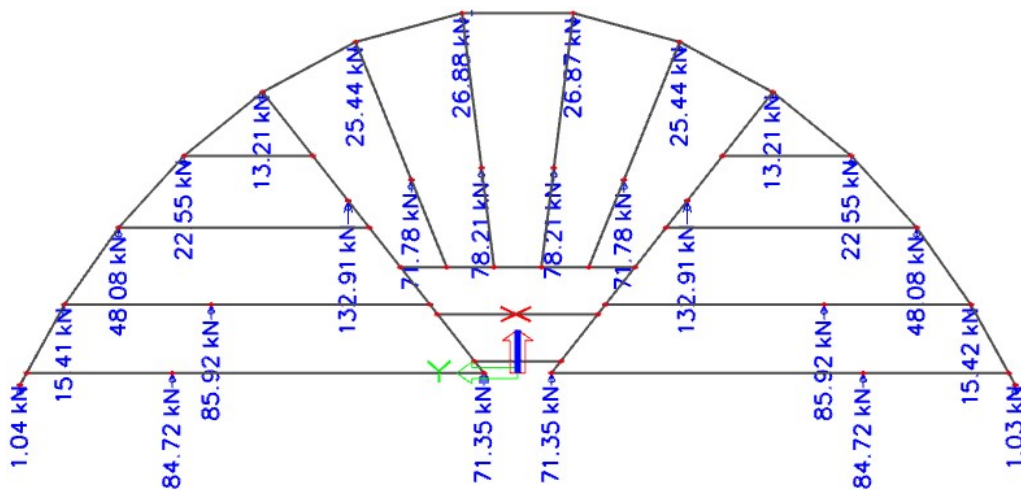
## Reakce od konstrukce mezipatra

- reakce z modelu konstrukce mezipatra budou zadány do modelu haly
- do konstrukce haly budou přenášeny pouze svislé reakce, přenášení vodorovných sil bude zabráněno kluzným uložením průvlaků a stropnic na sloupy

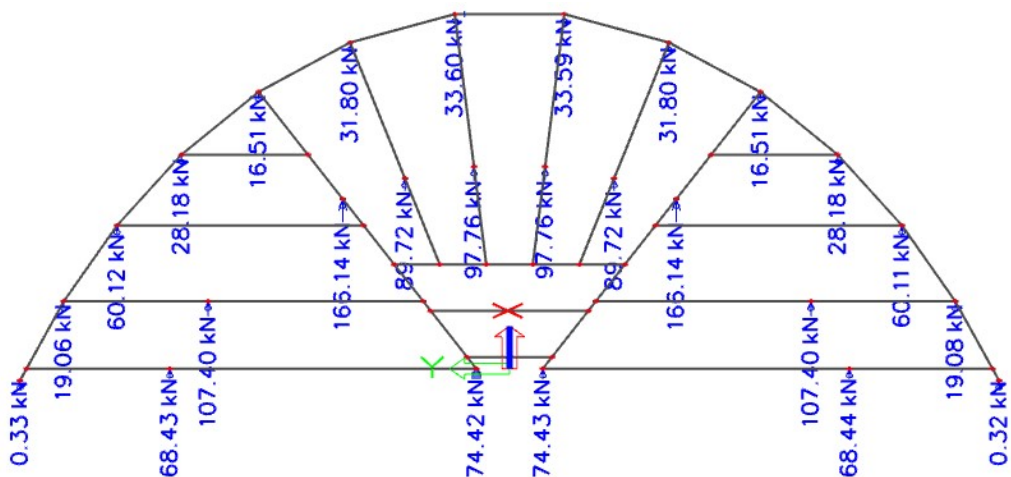
### Vlastní tíha



### Ostatní stálé zatížení



### Užitné zatížení



## Zatěžovací stavy

ZS1:	Vlastní tíha
ZS2:	Skladby
ZS3:	Skladby - střecha min.
ZS4:	Technologie
ZS5:	Užitné ( kat. C4 a H - viz Poznámka 1)
ZS6:	Sníh plný
ZS7:	Sníh pol. podélný
ZS8:	Sníh pol. příčný
ZS9:	Sníh navátý podélný
ZS10:	Sníh navátý příčný
ZS11:	Vítr podélný
ZS12:	Vítr příčný

Poznámka 1: Užitné zatížení kat. H dle normy ČSN EN 1991-1-1 působí na ploše  $10 \text{ m}^2$ . Zatížení bude uvažováno pouze při posuzování jednotlivých prvků střechy. Zatížení bude umístěno jen na zatěžovací plochu prvku.

Poznámka 2: Zatížení působící na jednotlivá žebra - viz příloha D.

Poznámka 3: Zatížení působící v zatěžovacích stavech ve výpočetním modelu - viz příloha E.

## Kombinace zatěžovacích stavů

Dílčí a kombinační součinitele zatížení:

$\gamma_G = 1.35$	dílčí součinitel pro stálé zatížení - působící nepříznivě
$\gamma_G = 1.0$	dílčí součinitel pro stálé zatížení - působící příznivě
$\gamma_Q = 1.5$	dílčí součinitel pro proměnné zatížení
$\psi_0 = 0.5$	kombinační součinitel pro zatížení sněhem
$\psi_0 = 0.6$	kombinační součinitel pro zatížení větrem
$\psi_0 = 0.7$	kombinační součinitel pro užitné zatížení

MSÚ:

KZS1:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS6 + 0,7*1,5*ZS5$
KZS2:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS7 + 0,7*1,5*ZS5$
KZS3:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS8 + 0,7*1,5*ZS5$
KZS4:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS9 + 0,7*1,5*ZS5$
KZS5:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS10 + 0,7*1,5*ZS5$
KZS6:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS6$
KZS7:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS7$
KZS8:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS8$
KZS9:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS9$
KZS10:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS10$
KZS11:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS6 + 0,6*1,5*ZS11 + 0,7*1,5*ZS5$
KZS12:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS6 + 0,6*1,5*ZS12 + 0,7*1,5*ZS5$
KZS13:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS7 + 0,6*1,5*ZS11 + 0,7*1,5*ZS5$
KZS14:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS8 + 0,6*1,5*ZS12 + 0,7*1,5*ZS5$
KZS15:	$1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS9 + 0,6*1,5*ZS11 + 0,7*1,5*ZS5$

KZS16:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS10 + 0,6*1,5*ZS12 + 0,7*1,5*ZS5$   
 KZS17:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS6 + 0,6*1,5*ZS11$   
 KZS15:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS6 + 0,6*1,5*ZS12$   
 KZS19:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS7 + 0,6*1,5*ZS11$   
 KZS20:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS8 + 0,6*1,5*ZS12$   
 KZS21:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS9 + 0,6*1,5*ZS11$   
 KZS22:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS10 + 0,6*1,5*ZS12$   
 KZS23:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS11 + 0,7*1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS6$   
 KZS24:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS12 + 0,7*1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS6$   
 KZS25:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS11 + 0,7*1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS7$   
 KZS26:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS12 + 0,7*1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS8$   
 KZS27:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS11 + 0,7*1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS9$   
 KZS28:  $1,35*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,5*ZS12 + 0,7*1,5*ZS5 + 0,5*1,5*ZS10$   
 KZS29:  $1,0*(ZS1+ZS3) + 1,5*ZS11$   
 KZS30:  $1,0*(ZS1+ZS3) + 1,5*ZS12$

**MSP:**

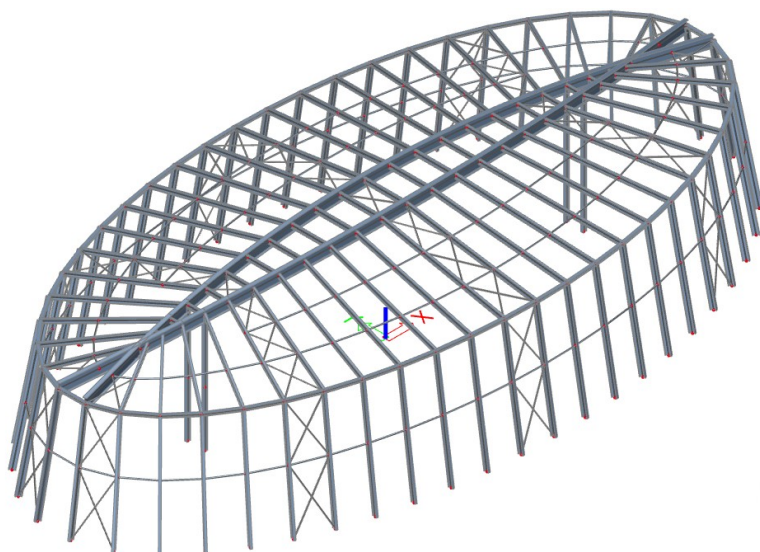
KZS31:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS6 + 0,7*1,0*ZS5$   
 KZS32:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS7 + 0,7*1,0*ZS5$   
 KZS33:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS8 + 0,7*1,0*ZS5$   
 KZS34:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS9 + 0,7*1,0*ZS5$   
 KZS35:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS10 + 0,7*1,0*ZS5$   
 KZS36:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS6$   
 KZS37:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS7$   
 KZS38:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS8$   
 KZS39:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS9$   
 KZS40:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS10$   
 KZS41:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS6 + 0,6*1,0*ZS11 + 0,7*1,0*ZS5$   
 KZS42:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS6 + 0,6*1,0*ZS12 + 0,7*1,0*ZS5$   
 KZS43:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS7 + 0,6*1,0*ZS11 + 0,7*1,0*ZS5$   
 KZS44:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS8 + 0,6*1,0*ZS12 + 0,7*1,0*ZS5$   
 KZS45:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS9 + 0,6*1,0*ZS11 + 0,7*1,0*ZS5$   
 KZS46:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS10 + 0,6*1,0*ZS12 + 0,7*1,0*ZS5$   
 KZS47:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS6 + 0,6*1,0*ZS11$   
 KZS45:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS6 + 0,6*1,0*ZS12$   
 KZS49:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS7 + 0,6*1,0*ZS11$   
 KZS50:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS8 + 0,6*1,0*ZS12$   
 KZS51:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS9 + 0,6*1,0*ZS11$   
 KZS52:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS10 + 0,6*1,0*ZS12$   
 KZS53:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS11 + 0,7*1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS6$   
 KZS54:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS12 + 0,7*1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS6$   
 KZS55:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS11 + 0,7*1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS7$   
 KZS56:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS12 + 0,7*1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS8$   
 KZS57:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS11 + 0,7*1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS9$   
 KZS58:  $1,0*(ZS1+ZS2+ZS4) + 1,0*ZS12 + 0,7*1,0*ZS5 + 0,5*1,0*ZS10$   
 KZS59:  $1,0*(ZS1+ZS3) + 1,0*ZS11$   
 KZS60:  $1,0*(ZS1+ZS3) + 1,0*ZS12$

Poznámka: Vnitřní síly jsou počítány nelineárním výpočtem. Na jednotlivé nelineární kombinace je dále odkazováno jako NK\_ (čísla nelineárních kombinací odpovídají číslům lineárních kombinací).



## Konstrukční varianty

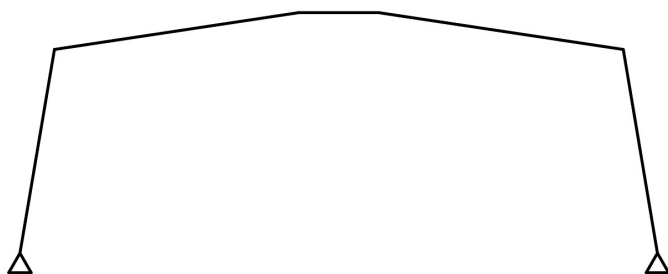
Ve fázi výběru statického systému je počítáno se stejným ztužením a stejnými profily prvků pro viditelné porovnání variant.



### Varianta 1

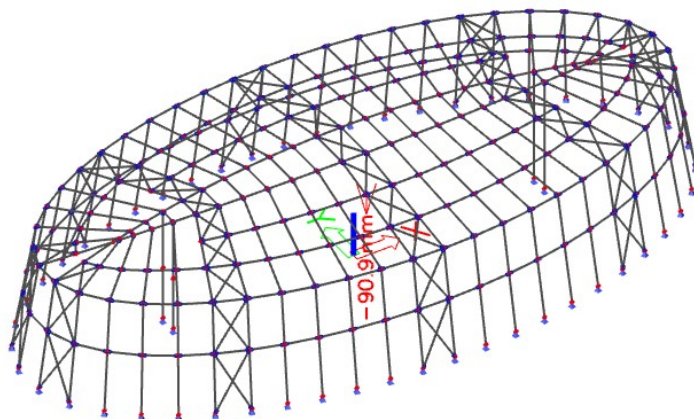
- sloupy jsou kloubově uloženy
- žebra společně se sloupy tvoří tuhý rám

### Statické schéma příčné vazby



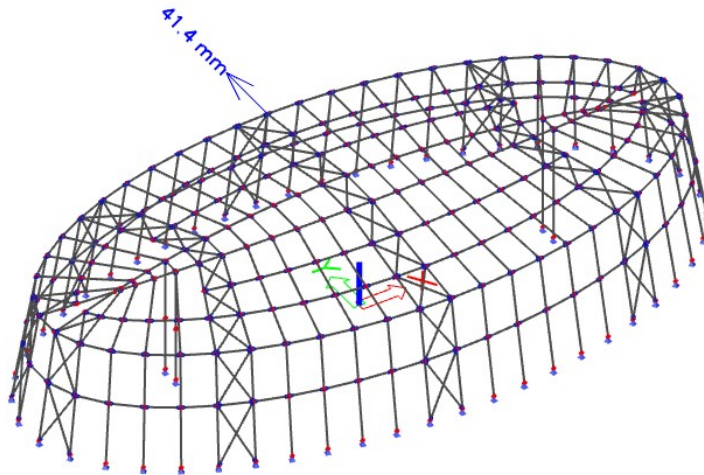
### Svislý průhyb

- maximální hodnota z kombinací MSP



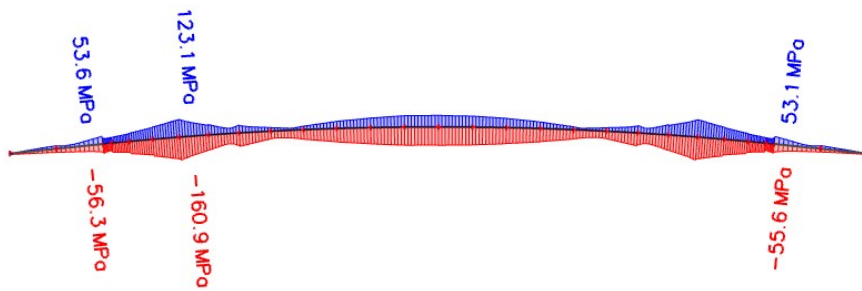
Vodorovný posun

- maximální hodnota z kombinací MSP



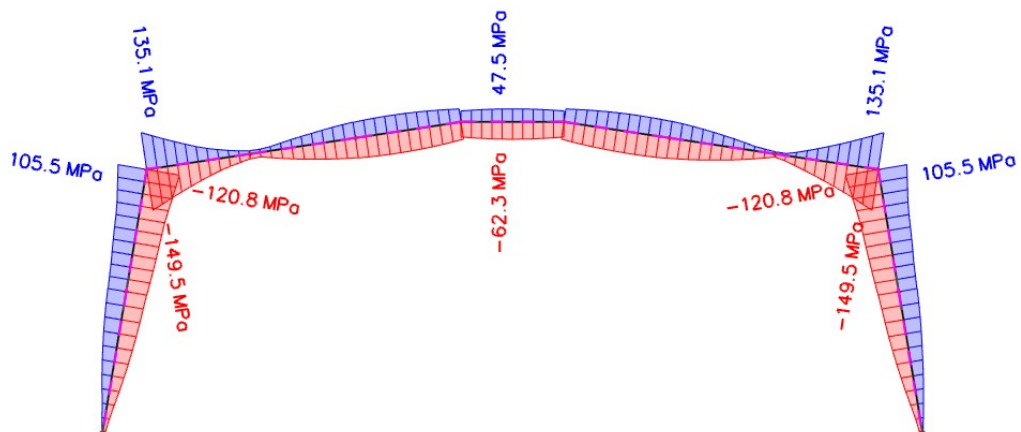
Normálové napětí - obloukový vazník

- obálka kombinací MSÚ



Normálové napětí - nejvíce zatížená příčná vazba

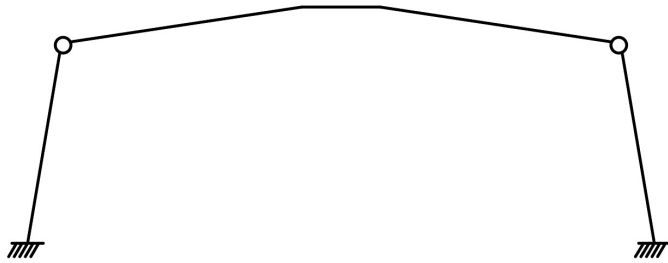
- obálka kombinací MSÚ



## Varianta 2

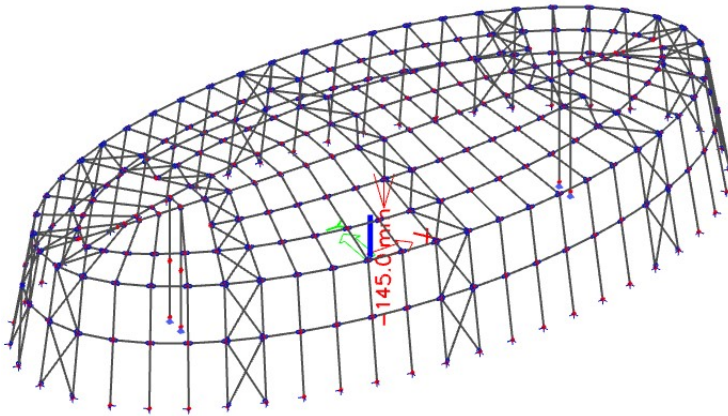
- sloupy jsou vetknuty
- žebra jsou připojena kloubově ke sloupům

Statické schéma příčné vazby:



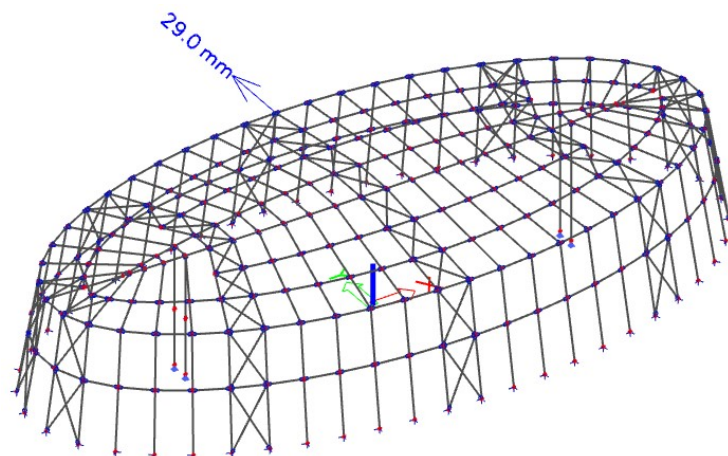
### Vodorovný posun

- maximální hodnota z kombinací MSP

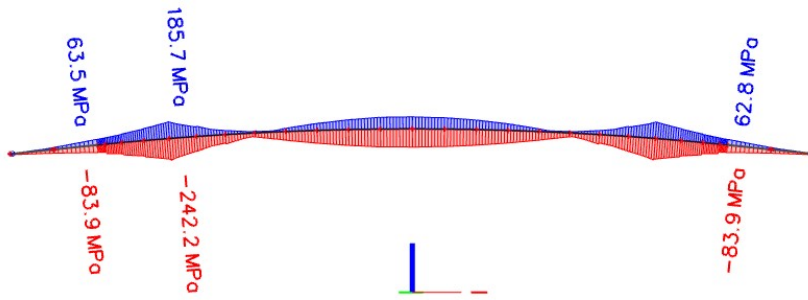


### Vodorovný posun

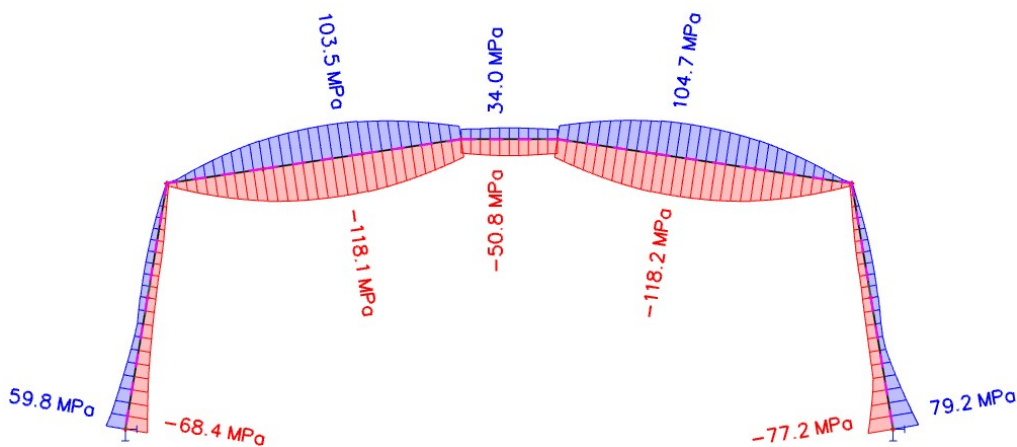
- maximální hodnota z kombinací MSP



Normálové napětí - obloukový vazník  
 - obálka kombinací MSÚ



Normálové napětí - nejvíce zatížená příčná vazba  
 - obálka kombinací MSÚ



**Srovnání variant**

	Varianta 1	Varianta 2
Svislý průhyb [mm]	90.9	145.0
Vodorovný posun [mm]	41.4	29.0
$\sigma_x$ - oblouk [MPa]	160.9	242.2
$\sigma_x$ - příčná vazba [MPa]	149.5	118.1

Ve variantě 1 se na nesení střechy podílí výrazně rámové vazby. To se projevuje menším svislým průhybem a nižším namáháním obloukových vazníků.

Ve variantě 2, kde žebra nejsou tak tuhá, se přesune napětí více do obloukových vazníků. Díky vetknutým patkám sloupů konstrukce lépe odolává příčnému zatížení.

Komplikaci ve variantě 1 představuje nutnost rámového připojení žebra na sloupy. Naopak velkou výhodou jsou kloubové patky sloupů oproti vetknutým ve variantě 2.

**Volím Variantu 1.**

## Globální imperfekce

- nelineární výpočet vnitřních sil

$m := 2$  počet sloupů v řadě

$$\alpha_m := \sqrt{0.5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = 0.866$$

$h := 15 \text{ m}$  výška konstrukce

$$\alpha_h := \frac{2}{\sqrt{h}} = 0.365$$

$$\frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1.0 \quad \dots \quad \alpha_h := \frac{2}{3}$$

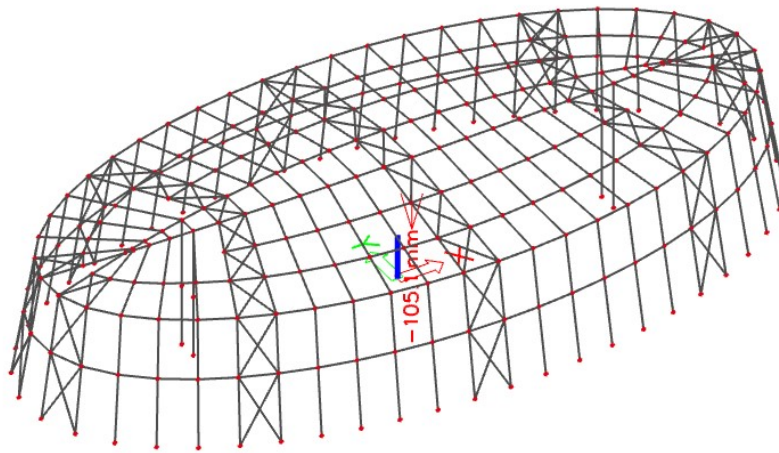
$\phi_0 := \frac{1}{200}$  základní hodnota

$$\phi := \phi_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 2.887 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

## Celkové deformace

Svislý průhyb

- nelineární kombinace NK31



$$u_z := 105.1 \text{ mm}$$

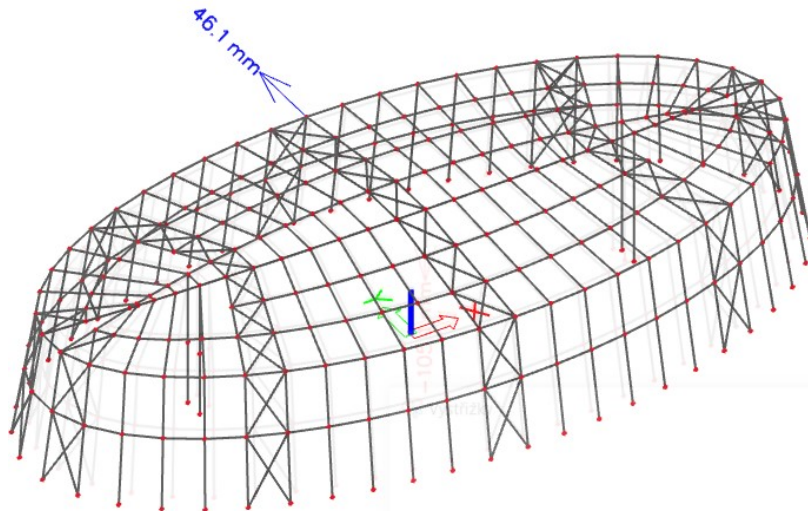
$L := 35.5 \text{ m}$  rozpětí haly (příčný směr)

$$u_{z.lim} := \frac{L}{250} = 142 \text{ mm}$$

$$u_{z.lim} = 142 \text{ mm} \geq u_z = 105.1 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vodorovný posun

- nelineární kombinace NK56



$$u_y := 46.1 \text{ mm}$$

$$h := 15 \text{ m} \quad \text{výška haly}$$

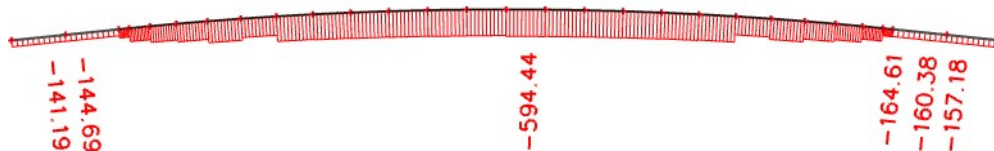
$$u_{y.lim} := \frac{h}{300} = 50 \text{ mm}$$

$$u_{y.lim} = 50 \text{ mm} \geq u_z = 46.1 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

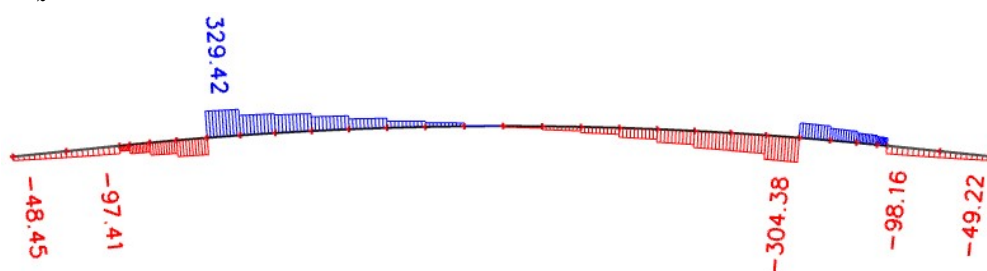
## Posouzení obloukového vazníku

Vnitřní síly (kombinace NK01)

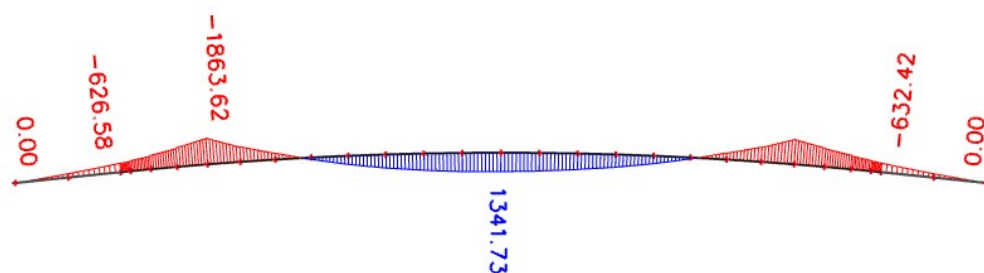
$N$  [kN]



$V_z$  [kN]



$M_y$  [kNm]



## Posouzení

Ocel: **S235**

$f_y := 235 \text{ MPa}$

$E := 210 \text{ GPa}$

$G := 80 \text{ GPa}$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$\gamma_{M0} := 1$

$\gamma_{M1} := 1$

Průřez: **Svařovaný I-profil**

$h := 1200 \text{ mm}$

$i_y := 473 \text{ mm}$

$W_{el.y} := 11450 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$b := 400 \text{ mm}$

$i_z := 79 \text{ mm}$

$W_{pl.y} := 13253 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$t_w := 14 \text{ mm}$

$A := 30696 \text{ mm}^2$

$I_y := 687000 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

$t_f := 18 \text{ mm}$

$A_{v.z} := 16423 \text{ mm}^2$

$I_z := 19227 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

$d := 1134 \text{ mm}$

### Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$N_{Ed} := 595 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 330 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 1864 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Zatřídění průřezu

$$\sigma_c := -\frac{N_{Ed}}{A} - \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{d}{2} = -173.225 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t := -\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot \frac{d}{2} = 134.457 \text{ MPa}$$

$$\psi := \frac{\sigma_t}{\sigma_c} = -0.776$$

Podmínka pro stojinu 3. třídy

$$\frac{d}{t_w} = 81 \leq \frac{42 \cdot \varepsilon}{0.67 + 0.33 \cdot \psi} = 101.485 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 3. třídy

$$c := \frac{b - t_w - 30 \text{ mm}}{2} = 178 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 9.889 \leq 14 \cdot \varepsilon = 14 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Štíhlosti

$$L_{cr.y} := 45 \text{ m}$$

$$L_{cr.z} := 3 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 95.137$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 37.975$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 1.013$$

$$\lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.404$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.584 \quad \text{křivka "b"}$$

$$\chi_z := 0.892 \quad \text{křivka "c"}$$



### Vliv klopení

- výpočet kritického momentu v programu LTBeamN (viz příloha F)

$$M_{cr} := 39716 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda'_{LT,0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.76 \quad \text{křivka "d"}$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.26$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot \left( 1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT,0}) + \lambda'_{LT}{}^2 \right) = 0.481$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}{}^2 - \beta \cdot \lambda'_{LT}{}^2}} = 1.104$$

$$\chi_{LT} = 1.104 \leq 1.0 \quad \text{nosník neklopí}$$

$$\chi_{LT} := 1.0$$

$$\chi_{LT} = 1 \leq \frac{1}{\lambda'_{LT}{}^2} = 14.76 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení kombinace tlaku s ohybem

$$M_h := -1864 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_s := 1342 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\alpha_s := \frac{M_s}{M_h} = -0.72$$

$$\psi := \frac{-1776 \text{ kN} \cdot \text{m}}{M_h} = 0.953$$

$$C_{my} := 0.1 - 0.8 \cdot \alpha_s = 0.676 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\psi := \frac{1326 \text{ kN}}{1342 \text{ kN}} = 0.988$$

$$C_{mLT} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.995 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 7.214 \text{ MN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{el,y} \cdot f_y = 2.691 \text{ MN} \cdot \text{m}$$

$$k_{yy} := \min \left( \left[ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.69 \lambda'_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right], \left[ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.6 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right] \right) = 0.733$$

$$k_{zy} := \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0.05 \cdot \lambda'_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0.05}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right) = 0.997$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.649 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.783 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

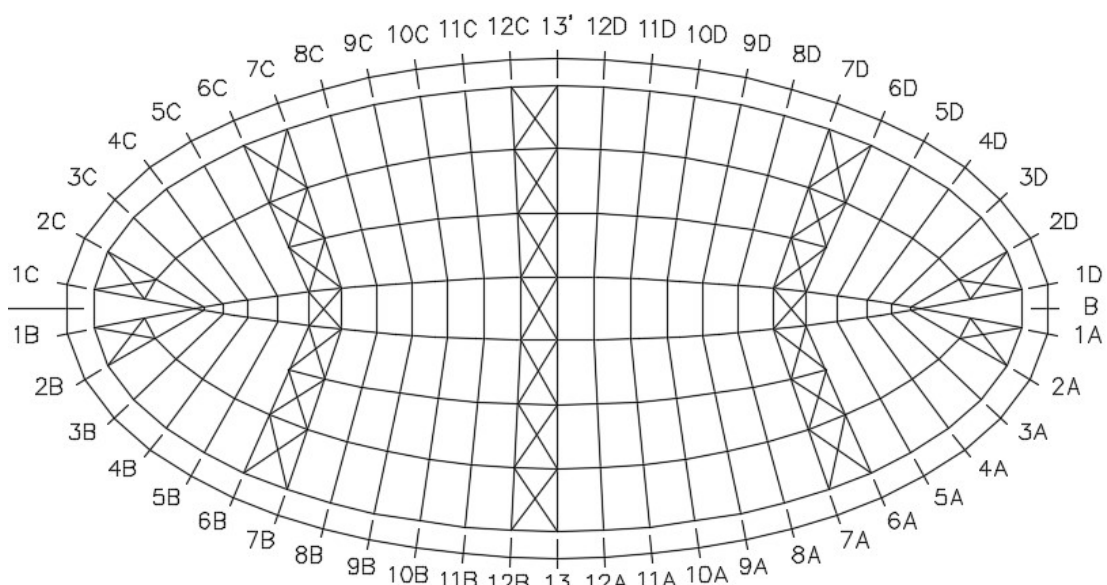
Podmínka únosnosti pro průřez

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed}}{\gamma_{M0}} = 0.775 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 2.228 \text{ MN} \geq V_{Ed} = 330 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Schéma haly

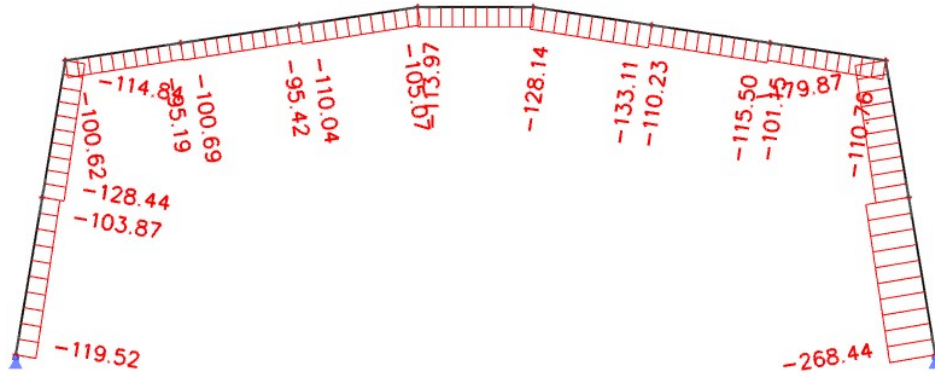


# Posouzení vazby - osa 13

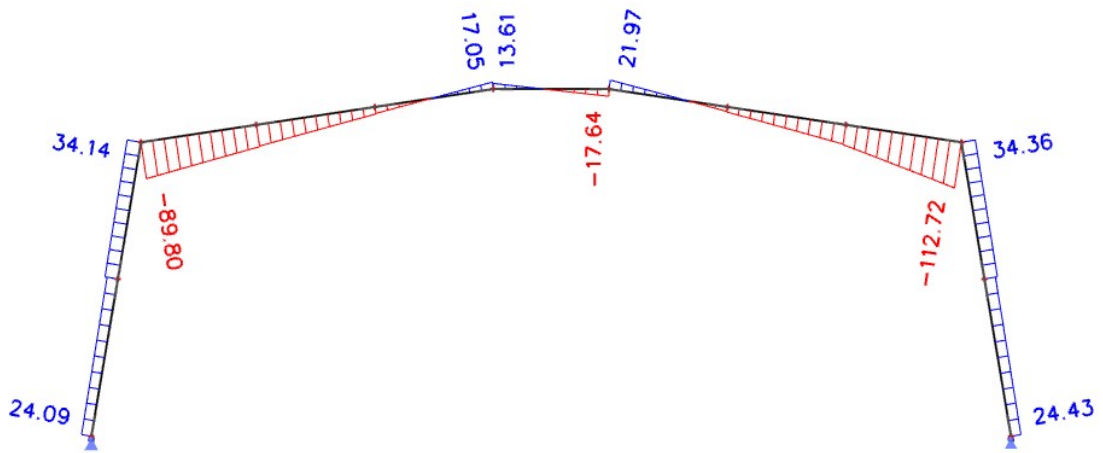
- jedná se o nejvíce zatížený ráh

Vnitřní síly (kombinace NK01)

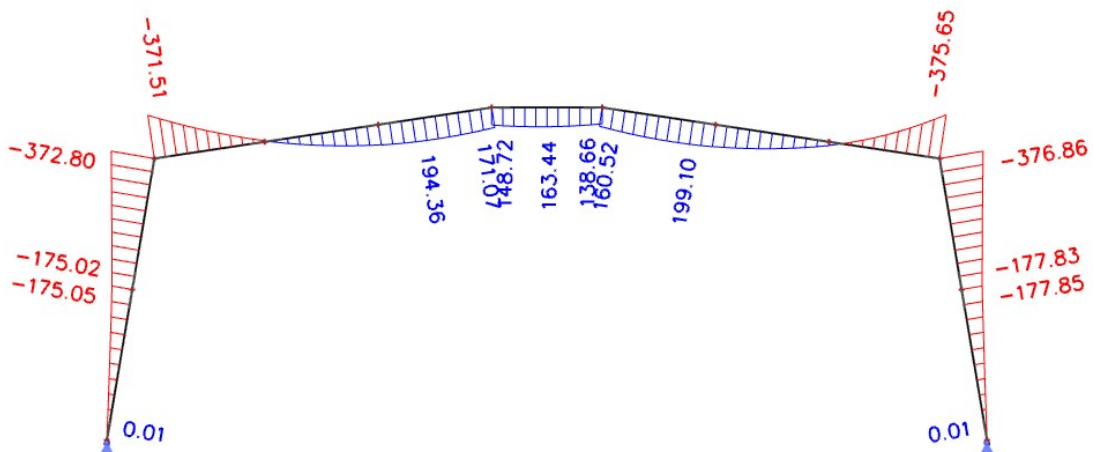
$N$  [kN]



$V_z$  [kN]



$M_y$  [kNm]



## Posouzení sloupu - osa 13

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

Průřez: **IPE 600**

$$h := 600 \text{ mm}$$

$$i_y := 243 \text{ mm}$$

$$W_{el.y} := 3069 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$b := 220 \text{ mm}$$

$$i_z := 46.6 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 3512 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$t_w := 12 \text{ mm}$$

$$A := 15600 \text{ mm}^2$$

$$I_z := 3387 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$t_f := 19 \text{ mm}$$

$$A_{v.z} := 8378 \text{ mm}^2$$

$$d := 514 \text{ mm}$$

$$r := 24 \text{ mm}$$

Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$N_{Ed} := 269 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 35 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 377 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 95.39 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.686$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy

$$\frac{d}{t_w} = 42.833 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 2} = 57.287 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1. třídy

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 80 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.211 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Štíhlosti

$$L_{cr.y} := 12.9 \text{ m}$$

$$L_{cr.z} := 6.9 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 53.086$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 148.069$$

### Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.565$$

$$\lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.577$$

### Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.901 \quad \text{křivka "a"}$$

$$\chi_z := 0.314 \quad \text{křivka "b"}$$

### Vliv klopení

- výpočet kritického momentu v programu LTBeamN (viz příloha G)

$$M_{cr} := 961 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda'_{LT,0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.866$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot \left( 1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT,0}) + \lambda'^2_{LT} \right) = 0.955$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'^2_{LT}}} = 0.647$$

$$\chi_{LT} = 0.647 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\chi_{LT} = 0.647 \leq \frac{1}{\lambda'^2_{LT}} = 1.332 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení kombinace tlaku s ohybem

$$C_{my} := 0.9 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE} \quad (\text{vybočení s posuvem styčniců})$$

$$\psi := \frac{-178 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-377 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.472$$

$$C_{mLT} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.789 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 3.666 \text{ MN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{pl,y} \cdot f_y = 825.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$k_{yy} := \min \left( \left[ C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda'_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right], \left[ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right] \right) = 0.927$$

$$k_{zy} := \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right) = 0.957$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.735 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.909 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka únosnosti pro průřez

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed}}{\gamma_{M0}} = 0.53 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 1.137 \text{ MN} \geq V_{Ed} = 35 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení žebra - osa 13

**Ocel: S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

**Průřez: IPE 550**

$$h := 550 \text{ mm}$$

$$b := 210 \text{ mm}$$

$$t_w := 11.1 \text{ mm}$$

$$t_f := 17.2 \text{ mm}$$

$$d := 467.6 \text{ mm}$$

$$r := 24 \text{ mm}$$

$$i_y := 223 \text{ mm}$$

$$i_z := 44.5 \text{ mm}$$

$$A := 13440 \text{ mm}^2$$

$$A_{v.z} := 7234 \text{ mm}^2$$

$$W_{el.y} := 2441 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl.y} := 2787 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$I_z := 2668 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

### Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$N_{Ed} := 134 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 113 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 376 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 51.371 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.61$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy

$$\frac{d}{t_w} = 42.126 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 2} = 66.8 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1 třídy

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 75.45 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.387 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Štíhlosti

$$L_{cr.y} := 15.44 \text{ m}$$

$$L_{cr.z} := 5.2 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 69.238$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 116.854$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.737$$

$$\lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.244$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.828 \quad \text{křivka "a"}$$

$$\chi_z := 0.452 \quad \text{křivka "b"}$$

### Vliv klopení

- výpočet kritického momentu v programu LTBeamN (viz příloha H)

$$M_{cr} := 981 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\chi_{LT,0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el.y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.765$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot \left( 1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT.0}) + \lambda'_{LT}{}^2 \right) = 0.854$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}{}^2 - \beta \cdot \lambda'_{LT}{}^2}} = 0.717$$

$$\chi_{LT} = 0.717 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\chi_{LT} = 0.717 \leq \frac{1}{\lambda'_{LT}{}^2} = 1.71 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení kombinace tlaku s ohybem

$$M_h := -376 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_s := 199 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\alpha_s := \frac{M_s}{M_h} = -0.529$$

$$\psi := \frac{161 \text{ kN} \cdot \text{m}}{M_h} = -0.428$$

$$C_{my} := 0.1 \cdot (1 - \psi) - 0.8 \cdot \alpha_s = 0.566 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$M := -376 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi := \frac{33 \text{ kN} \cdot \text{m}}{M} = -0.088$$

$$C_{mLT} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.565 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 3.158 \text{ MN}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 654.945 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$k_{yy} := \min \left( \left[ \begin{array}{c} C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda'_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right] \right) = 0.582$$

$$k_{zy} := \max \left( \left[ \begin{array}{c} 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda'_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right] \right) = 0.97$$



$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.517 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.87 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka únosnosti pro průřez

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{y,Rk}} = 0.617 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$\gamma_{M0} \quad \gamma_{M0}$

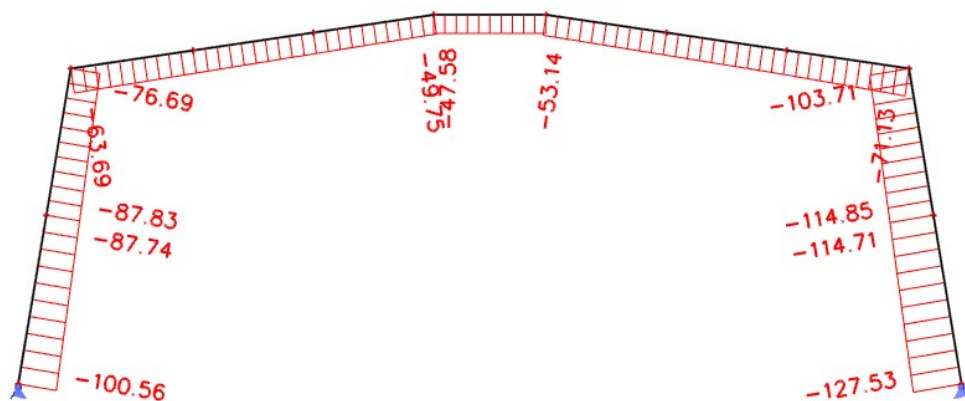
Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 981.49 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 113 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

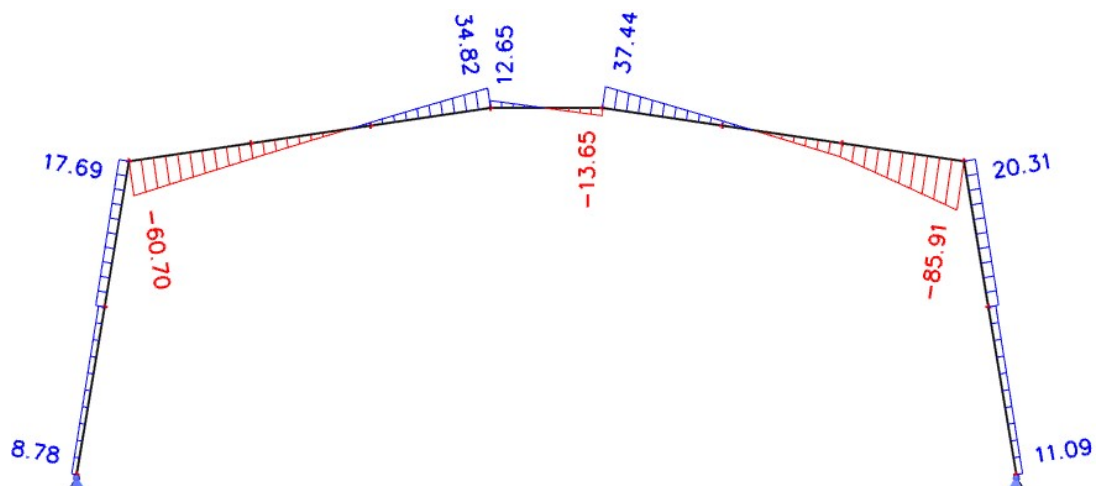
## Posouzení vazby - osa 10

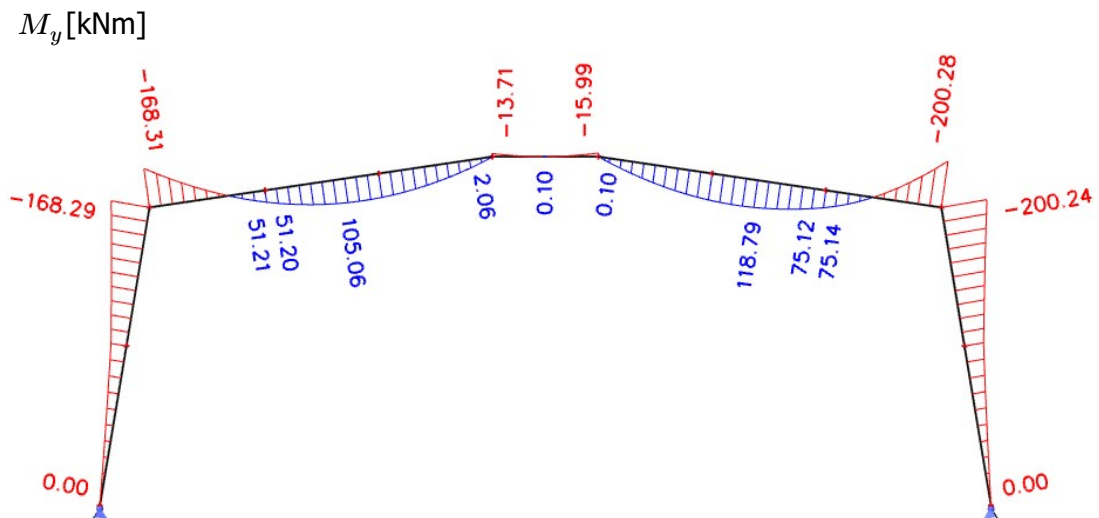
Vnitřní síly (kombinace NK01)

$N$  [kN]



$V_z$  [kN]





### Posouzení sloupu - osa 10

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

Průřez: **IPE 500**

$$h := 500 \text{ mm}$$

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

$$W_{el.y} := 1928 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

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

$$i_z := 43.1 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 2194 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$t_w := 10.2 \text{ mm}$$

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

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

$$t_f := 16 \text{ mm}$$

$$A_{v.z} := 5987 \text{ mm}^2$$

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

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

Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$N_{Ed} := 128 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 21 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 201 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 53.4 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.625$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy

$$\frac{d}{t_w} = 41.765 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 2} = 64.605 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1 třídy

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 73.9 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.619 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Štíhlosti

$$L_{cr.y} := 12.9 \text{ m}$$

$$L_{cr.z} := 6.9 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 63.235$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 160.093$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.673$$

$$\lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.705$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.857 \quad \text{křivka "a"}$$

$$\chi_z := 0.275 \quad \text{křivka "b"}$$

Vliv klopení

- výpočet kritického momentu v programu LTBeamN (viz příloha I)

$$M_{cr} := 537 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda'_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el.y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.919$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot \left( 1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT.0}) + \lambda'^2_{LT} \right) = 1.01$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'^2_{LT}}} = 0.613$$

$$\chi_{LT} = 0.613 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\chi_{LT} = 0.613 \leq \frac{1}{\lambda'^2_{LT}} = 1.185 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení kombinace tlaku s ohybem

$$C_{my} := 0.9 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE} \quad (\text{vybočení s posuvem styčnicků})$$

$$\psi := \frac{-85 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-201 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.423$$

$$C_{mLT} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.769 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2.714 \text{ MN}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 515.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$k_{yy} := \min \left( \begin{array}{l} C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda'_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right) = 0.923$$

$$k_{zy} := \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda'_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right) = 0.967$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.643 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.787 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka únosnosti pro průřez

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M0} \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{Ed}}{\gamma_{M0} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M0}}} = 0.437 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 812.3 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 21 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení žebra - osa 10

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

Průřez: **IPE 450**

$$h := 450 \text{ mm}$$

$$i_y := 185 \text{ mm}$$

$$W_{el.y} := 1500 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$b := 190 \text{ mm}$$

$$i_z := 41.2 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 1702 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$t_w := 9.4 \text{ mm}$$

$$A := 9882 \text{ mm}^2$$

$$I_z := 1676 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$t_f := 14.6 \text{ mm}$$

$$A_{v.z} := 5085 \text{ mm}^2$$

$$d := 378.8 \text{ mm}$$

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

Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$N_{Ed} := 72 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 86 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 201 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 32.594 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.586$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy

$$\frac{d}{t_w} = 40.298 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 2} = 70.48 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1 třídy

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 69.3 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.747 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Štíhlosti

$$L_{cr.y} := 15.0 \text{ m}$$

$$L_{cr.z} := 5.0 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 81.081$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 121.359$$

### Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.863$$

$$\lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.292$$

### Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.753 \quad \text{křivka "a"}$$

$$\chi_z := 0.427 \quad \text{křivka "b"}$$

### Vliv klopení

- výpočet kritického momentu v programu LTBeamN (viz příloha J)

$$M_{cr} := 517 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda'_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el.y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.826$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot \left( 1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT.0}) + \lambda'^2_{LT} \right) = 0.913$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'^2_{LT}}} = 0.675$$

$$\chi_{LT} = 0.675 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\chi_{LT} = 0.675 \leq \frac{1}{\lambda'^2_{LT}} = 1.467 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení kombinace tlaku s ohybem

$$M_h := -201 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_s := 119 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\alpha_s := \frac{M_s}{M_h} = -0.592$$

$$\psi := \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{M_h} = 0$$

$$C_{my} := 0.1 - 0.8 \cdot \alpha_s = 0.574 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$M := -201 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi := \frac{75 \text{ kN} \cdot \text{m}}{M} = -0.373$$

$$C_{mLT} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.451 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2.322 \text{ MN}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 399.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$k_{yy} := \min \left( \begin{array}{l} C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda'_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right) = 0.589$$

$$k_{zy} := \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda'_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right) = 0.964$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.48 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.79 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka únosnosti pro průřez

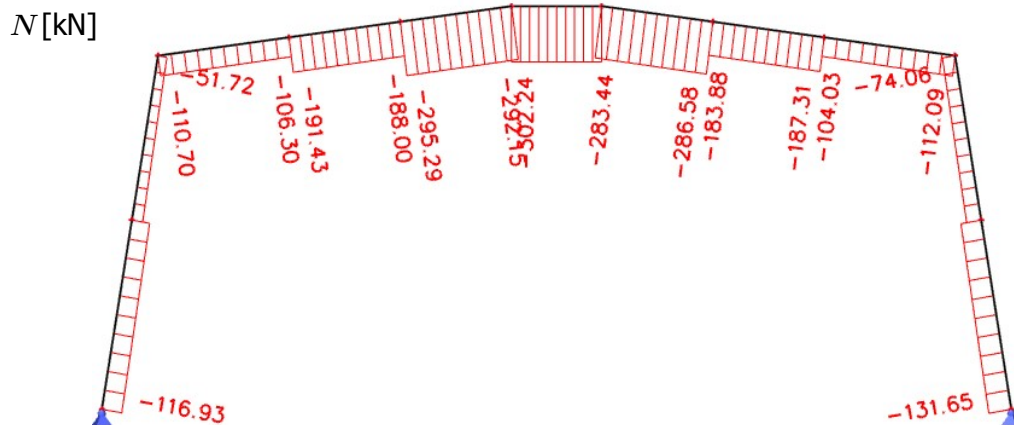
$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M0}}} = 0.534 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

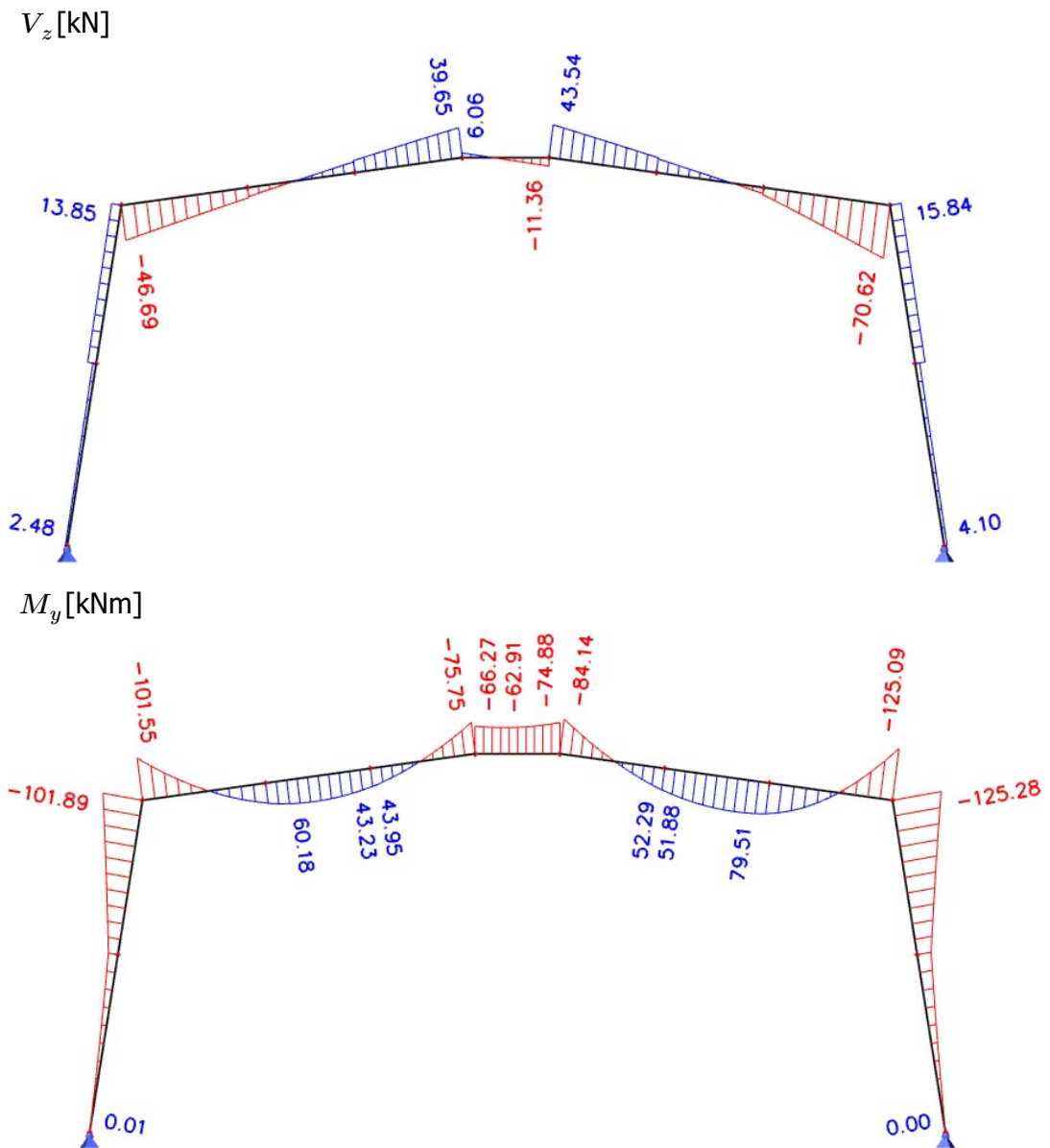
Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 689.919 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 86 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení vazby - osa 7

Vnitřní síly (kombinace NK01)





### Posouzení sloupu - osa 7

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$



### Průřez: IPE 500

$$h := 500 \text{ mm}$$

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

$$t_w := 10.2 \text{ mm}$$

$$t_f := 16 \text{ mm}$$

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

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

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

$$i_z := 43.1 \text{ mm}$$

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

$$A_{v.z} := 5987 \text{ mm}^2$$

$$W_{el.y} := 1928 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{pl.y} := 2194 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

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

### Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$N_{Ed} := 132 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 16 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 126 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 55.069 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.629$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy

$$\frac{d}{t_w} = 41.765 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 2} = 64.072 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1 třídy

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 73.9 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.619 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Štíhlosti

$$L_{cr.y} := 12.9 \text{ m}$$

$$L_{cr.z} := 6.9 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 63.235$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 160.093$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.673$$

$$\lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.705$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.857 \quad \text{křivka "a"}$$

$$\chi_z := 0.275 \quad \text{křivka "b"}$$

### Vliv klopení

- výpočet kritického momentu v programu LTBeamN (viz příloha K)

$$M_{cr} := 537 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda'_{LT,0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.919$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT,0}) + \lambda'_{LT}{}^2) = 1.01$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}{}^2 - \beta \cdot \lambda'_{LT}{}^2}} = 0.613$$

$$\chi_{LT} = 0.613 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\chi_{LT} = 0.613 \leq \frac{1}{\lambda'_{LT}{}^2} = 1.185 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení kombinace tlaku s ohybem

$$C_{my} := 0.9 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE} \quad (\text{vybočení s posuvem styčniců})$$

$$\psi := \frac{-36 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-126 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 0.286$$

$$C_{mLT} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.714 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2.714 \text{ MN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{pl,y} \cdot f_y = 515.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$k_{yy} := \min \left( \left[ \begin{array}{l} C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda'_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right] \right) = 0.924$$

$$k_{zy} := \max \left( \left[ \begin{array}{l} 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda'_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right] \right) = 0.962$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.425 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.561 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka únosnosti pro průřez

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M0}}} = 0.293 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 812.3 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 16 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení žebra - osa 7

**Ocel: S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

**Průřez: IPE 450**

$$h := 450 \text{ mm}$$

$$i_y := 185 \text{ mm}$$

$$W_{el.y} := 1500 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$b := 190 \text{ mm}$$

$$i_z := 41.2 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 1702 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$t_w := 9.4 \text{ mm}$$

$$A := 9882 \text{ mm}^2$$

$$I_z := 1676 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$t_f := 14.6 \text{ mm}$$

$$A_{v.z} := 5085 \text{ mm}^2$$

$$d := 378.8 \text{ mm}$$

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

**Vnitřní síly (kombinace NK01)**

$$N_{Ed} := 287 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 71 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 126 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**Zatřídění průřezu**

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 129.923 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.843$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy

$$\frac{d}{t_w} = 40.298 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 2} = 44.202 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1 třídy

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 69.3 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.747 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Štíhlosti

$$L_{cr.y} := 13.7 \text{ m}$$

$$L_{cr.z} := 5.1 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 74.054$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 123.786$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.789$$

$$\lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.318$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.801 \quad \text{křivka "a"}$$

$$\chi_z := 0.417 \quad \text{křivka "b"}$$

Vliv klopení

- výpočet kritického momentu v programu LTBeamN (viz příloha L)

$$M_{cr} := 548 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda'_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el.y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.802$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot \left( 1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT.0}) + \lambda'^2_{LT} \right) = 0.89$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'^2_{LT}}} = 0.691$$

$$\chi_{LT} = 0.691 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\chi_{LT} = 0.691 \leq \frac{1}{\lambda'^2_{LT}} = 1.555 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení kombinace tlaku s ohybem

$$M_h := -126 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_s := 80 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\alpha_s := \frac{M_s}{M_h} = -0.635$$

$$\psi := \frac{-85 \text{ kN} \cdot \text{m}}{M_h} = 0.675$$

$$C_{my} := 0.1 - 0.8 \cdot \alpha_s = 0.608 \quad \geq \quad 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$M := -126 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi := \frac{75 \text{ kN} \cdot \text{m}}{M} = -0.595$$

$$C_{mLT} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.362 \quad \geq \quad 0.4$$

$$C_{mLT} := 0.4$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2.322 \text{ MN}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 399.97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$k_{yy} := \min \left( \left[ \begin{array}{l} C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda'_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right] \right) = 0.663$$

$$k_{zy} := \max \left( \left[ \begin{array}{l} 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda'_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right] \right) = 0.802$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.456 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.662 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka únosnosti pro průřez

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{y.Rk}} = 0.439 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\gamma_{M0} \quad \gamma_{M0}$$

Smyková únosnost

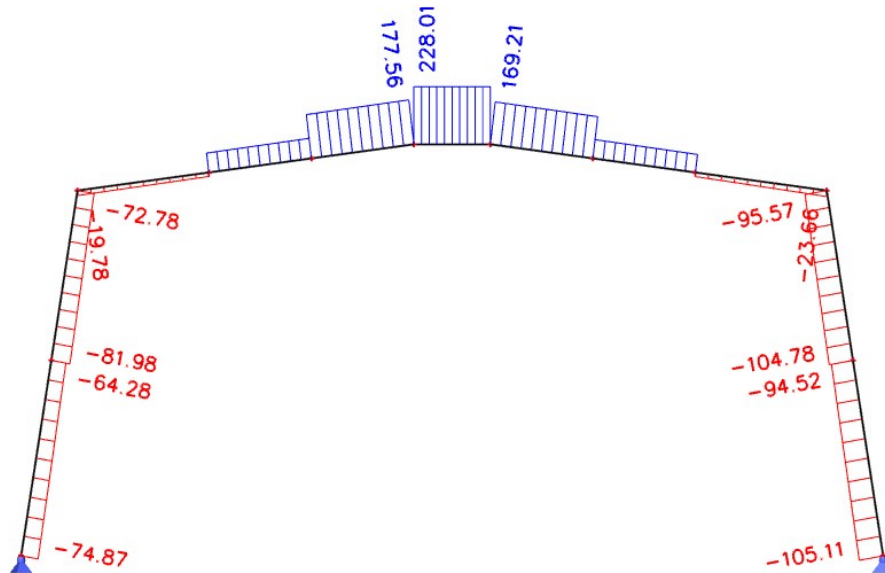
$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 689.919 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 71 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení vazby - osa 6

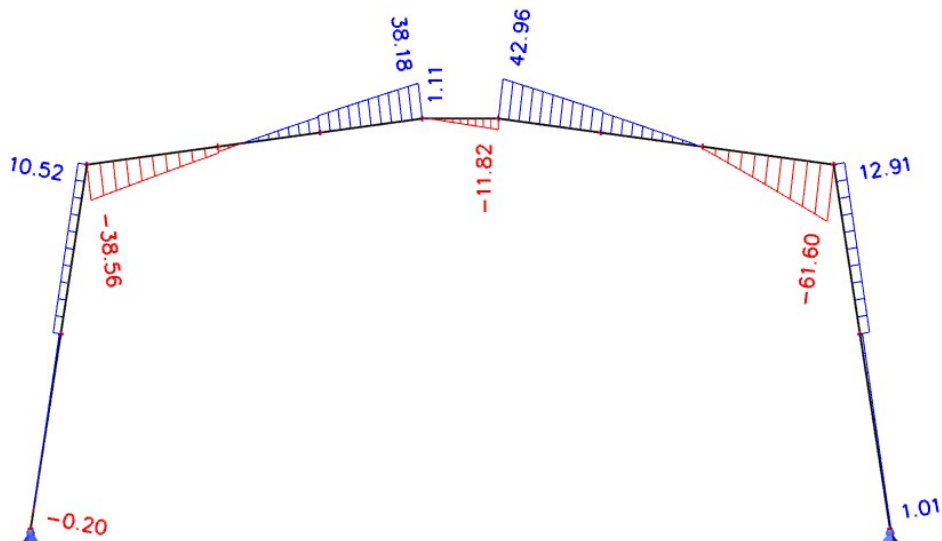
- je posuzováno pouze žebro, pro sloup platí posudek sloupu na ose 5, kde vznikají větší vnitřní síly

### Vnitřní síly (kombinace NK01)

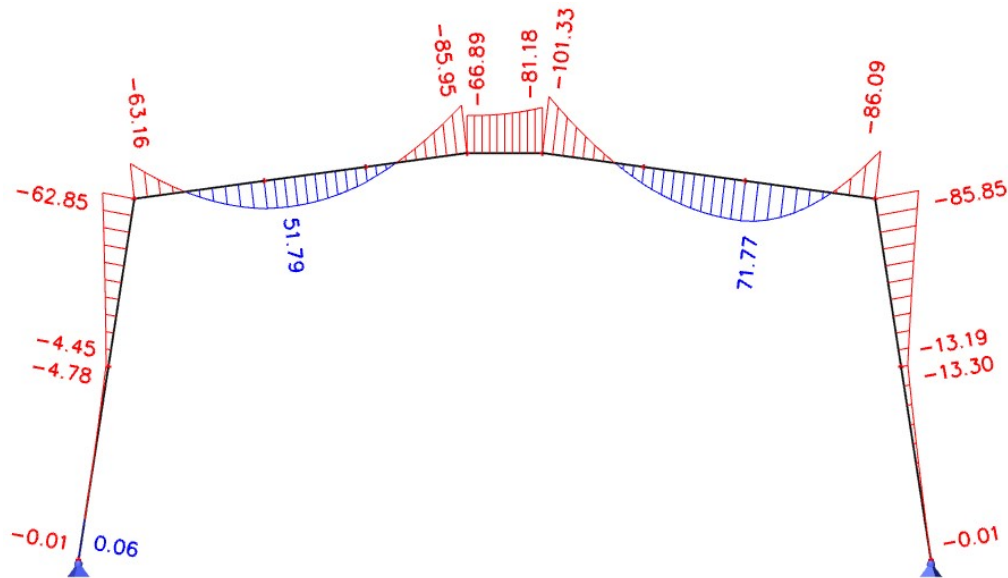
$N$  [kN]



$V_z$  [kN]



$M_y$  [kNm]



## Posouzení žebra - osa 6

Průřez: **IPE 360**

$$h := 360 \text{ mm}$$

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

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

$$W_{pl.y} := 1019 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$t_w := 8.0 \text{ mm}$$

$$t_f := 12.7 \text{ mm}$$

$$d := 298.6 \text{ mm}$$

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

Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$N_{Ed} := 170 \text{ kN} \quad (\text{tah})$$

$$V_{Ed} := 62 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 102 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Posouzení

$$N_{pl.Rd} := A \cdot f_y = 1.709 \text{ MN}$$

$$N_{Ed} = 170 \text{ kN} \leq 0.25 \cdot N_{pl.Rd} = 427.289 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{Ed} = 170 \text{ kN} \leq \frac{0.5 \cdot d \cdot t_w \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 280.684 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Není nutné uvažovat účinek účinek osové síly na plastický moment únosnosti při ohybu.

$$M_{pl.Rd} := W_{pl.y} \cdot f_y = 239.465 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{Ed} = 102 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

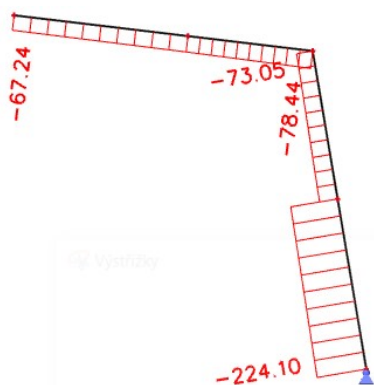
$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 689.919 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 62 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

# Posouzení vazby - osa 5

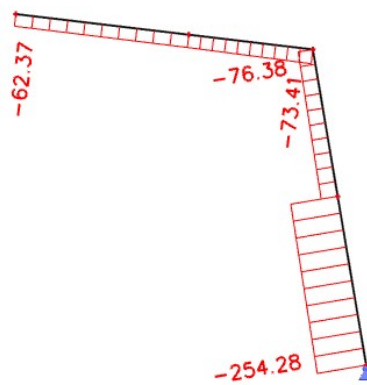
## Vnitřní síly

$N$  [kN]

Kombinace NK01

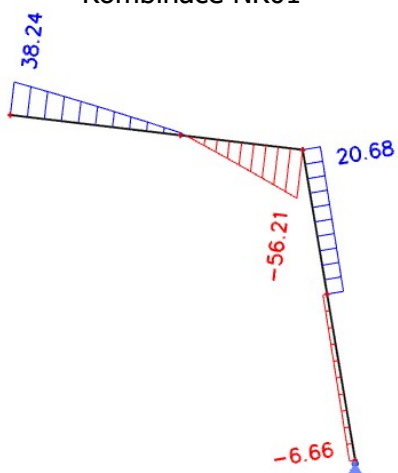


Kombinace NK06

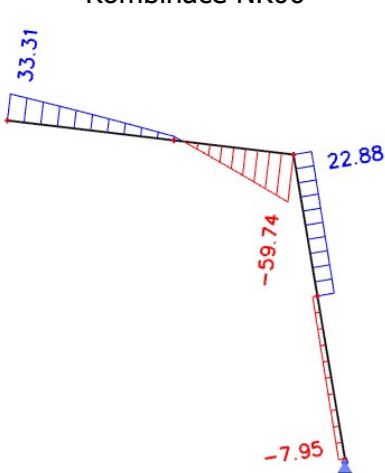


$V_z$  [kN]

Kombinace NK01

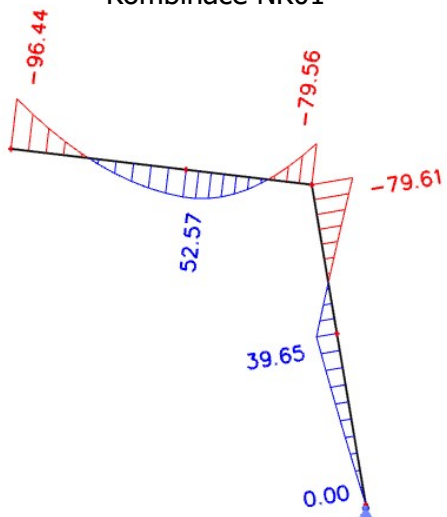


Kombinace NK06

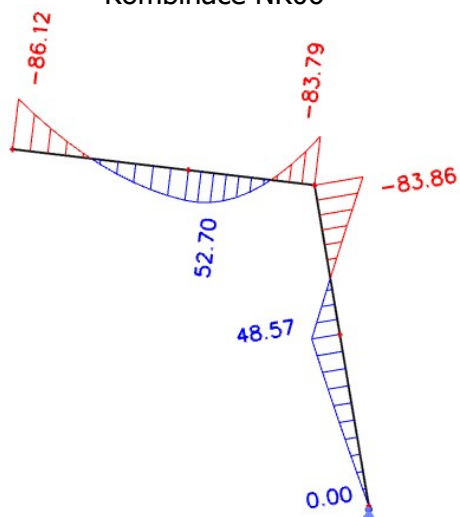


$M_y$  [kNm]

Kombinace NK01



Kombinace NK06





## Posouzení sloupu - osa 5

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

Průřez: **IPE 400**

$$h := 400 \text{ mm}$$

$$i_y := 165 \text{ mm}$$

$$W_{el.y} := 1156 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

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

$$i_z := 39.5 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 1307 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$t_w := 8.6 \text{ mm}$$

$$A := 8446 \text{ mm}^2$$

$$I_z := 1318 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$t_f := 13.5 \text{ mm}$$

$$A_{v.z} := 4269 \text{ mm}^2$$

$$d := 331 \text{ mm}$$

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

Vnitřní síly (kombinace NK06)

$$N_{Ed} := 255 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 23 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 84 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 126.175 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.881$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy

$$\frac{d}{t_w} = 38.488 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 2} = 41.88 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1 třídy

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 64.7 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.793 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Štíhlosti

$$L_{cr.y} := 12.9 \text{ m}$$

$$L_{cr.z} := 6.9 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 78.182$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 174.684$$

### Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.833$$

$$\lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.86$$

### Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.772 \quad \text{křivka "a"}$$

$$\chi_z := 0.238 \quad \text{křivka "b"}$$

### Vliv klopení

- výpočet kritického momentu v programu LTBeamN (viz příloha M)

$$M_{cr} := 331 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda'_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el.y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.906$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot \left( 1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT.0}) + \lambda'^2_{LT} \right) = 0.996$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'^2_{LT}}} = 0.621$$

$$\chi_{LT} = 0.621 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\chi_{LT} = 0.621 \leq \frac{1}{\lambda'^2_{LT}} = 1.218 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení kombinace tlaku s ohybem

$$C_{my} := 0.9 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE} \quad (\text{vybočení s posuvem styčniců})$$

$$\psi := \frac{49 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-84 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.583$$

$$C_{mLT} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.367 \geq 0.4$$

$$C_{mLT} := 0.4$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1.985 \text{ MN}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 307.145 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$k_{yy} := \min \left( \left[ C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda'_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right], \left[ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right] \right) = 0.995$$

$$k_{zy} := \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda'_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right) = 0.64$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.605 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.822 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka únosnosti pro průřez

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed}}{\gamma_{M0}} = 0.402 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 579.206 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 23 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení žebra - osa 5

**Ocel: S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

**Průřez: IPE 360**

$$h := 360 \text{ mm}$$

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

$$W_{el.y} := 903.6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

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

$$i_z := 37.9 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 1019 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$t_w := 8.0 \text{ mm}$$

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

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

$$t_f := 12.7 \text{ mm}$$

$$A_{v.z} := 3514 \text{ mm}^2$$

$$d := 298.6 \text{ mm}$$

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

### Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$N_{Ed} := 79 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 57 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 42.021 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.641$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy

$$\frac{d}{t_w} = 37.325 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 2} = 62.565 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1 třídy

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 63 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.961 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Štíhlosti

$$L_{cr.y} := 12.1 \text{ m}$$

$$L_{cr.z} := 7.1 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 80.667$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 187.335$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.859$$

$$\lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.995$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.760 \quad \text{křivka "a"}$$

$$\chi_z := 0.209 \quad \text{křivka "b"}$$

### Vliv klopení

- výpočet kritického momentu v programu LTBeamN (viz příloha N)

$$M_{cr} := 352 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda'_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el.y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.777$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot (1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT.0}) + \lambda'_{LT}{}^2) = 0.866$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}{}^2 - \beta \cdot \lambda'_{LT}{}^2}} = 0.709$$

$$\chi_{LT} = 0.709 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\chi_{LT} = 0.709 \leq \frac{1}{\lambda'_{LT}{}^2} = 1.658 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení kombinace tlaku s ohybem

$$M_h := -97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_s := 53 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\alpha_s := \frac{M_s}{M_h} = -0.546$$

$$\psi := \frac{-80 \text{ kN} \cdot \text{m}}{M_h} = 0.825$$

$$C_{my} := 0.1 - 0.8 \cdot \alpha_s = 0.537 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$M := -97 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi := \frac{53 \text{ kN} \cdot \text{m}}{M} = -0.546$$

$$C_{mLT} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.381 \geq 0.4$$

$$C_{mLT} := 0.4$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1.709 \text{ MN}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 239.465 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$k_{yy} := \min \left( \left[ C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda'_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right], \left[ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right] \right) = 0.559$$

$$k_{zy} := \max \left( \left[ 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda'_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right], \left[ 1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right] \right) = 0.853$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.38 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.708 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka únosnosti pro průřez

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{y,Rk}} = 0.451 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$\gamma_{M0} \quad \gamma_{M0}$

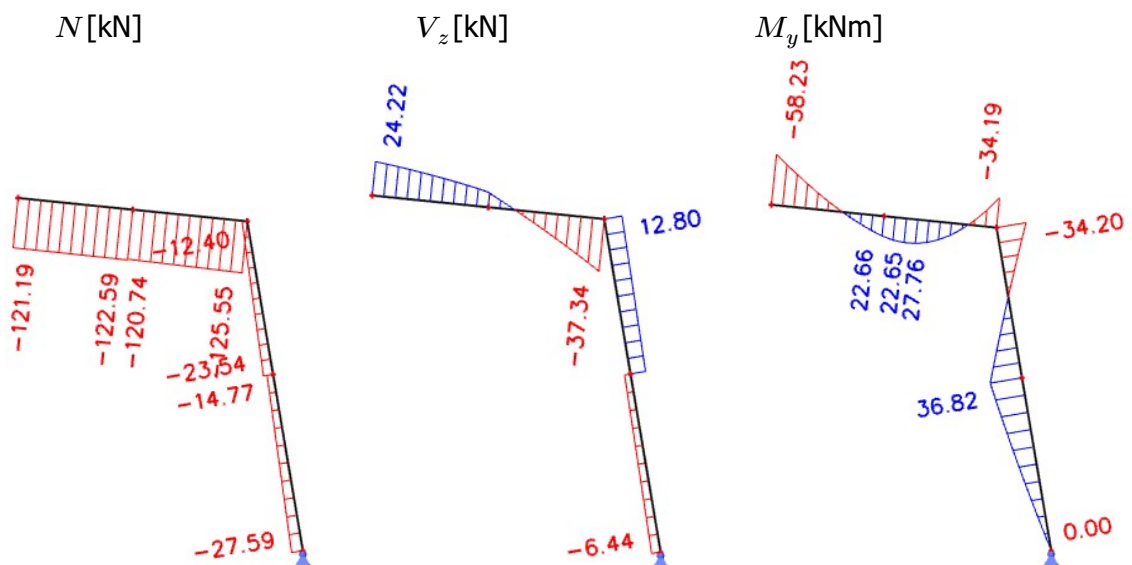
Smyková únosnost

$$V_{pl,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 476.77 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 57 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení vazby - osa 2

- je posuzováno pouze žebro, pro sloup platí posudek sloupu na ose 1, kde vznikají větší vnitřní síly

Vnitřní síly (kombinace NK01)



## Posouzení žebra - osa 2

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

### Průřez: IPE 360

$$h := 360 \text{ mm}$$

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

$$W_{el.y} := 903.6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

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

$$i_z := 37.9 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 1019 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$t_w := 8.0 \text{ mm}$$

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

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

$$t_f := 12.7 \text{ mm}$$

$$A_{v.z} := 3514 \text{ mm}^2$$

$$d := 298.6 \text{ mm}$$

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

### Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$N_{Ed} := 126 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 38 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Zatřídění průřezu

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 67.021 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.724$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy

$$\frac{d}{t_w} = 37.325 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 2} = 53.385 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1 třídy

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 63 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.961 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti

Štíhlosti

$$L_{cr.y} := 8.9 \text{ m}$$

$$L_{cr.z} := 4.5 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 59.333$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 118.734$$

Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.632$$

$$\lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.264$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.874 \quad \text{křivka "a"}$$

$$\chi_z := 0.442 \quad \text{křivka "b"}$$

### Vliv klopení

- výpočet kritického momentu v programu LTBeamN (viz příloha O)

$$M_{cr} := 455 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda'_{LT,0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.683$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot \left( 1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT,0}) + \lambda'^2_{LT} \right) = 0.781$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'^2_{LT}}} = 0.774$$

$$\chi_{LT} = 0.774 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\chi_{LT} = 0.774 \leq \frac{1}{\lambda'^2_{LT}} = 2.143 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení kombinace tlaku s ohybem

$$M_h := -59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_s := 28 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\alpha_s := \frac{M_s}{M_h} = -0.475$$

$$\psi := \frac{-35 \text{ kN} \cdot \text{m}}{M_h} = 0.593$$

$$C_{my} := 0.1 - 0.8 \cdot \alpha_s = 0.48 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$M := -59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\psi := \frac{23 \text{ kN} \cdot \text{m}}{M} = -0.39$$

$$C_{mLT} := 0.6 + 0.4 \cdot \psi = 0.444 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 1.709 \text{ MN}$$

$$M_{y,Rk} := W_{pl,y} \cdot f_y = 239.465 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$k_{yy} := \min \left( \left[ C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda'_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right], \left[ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \right] \right) = 0.497$$



$$k_{zy} := \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right) = 0.914$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.243 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.458 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka únosnosti pro průřez

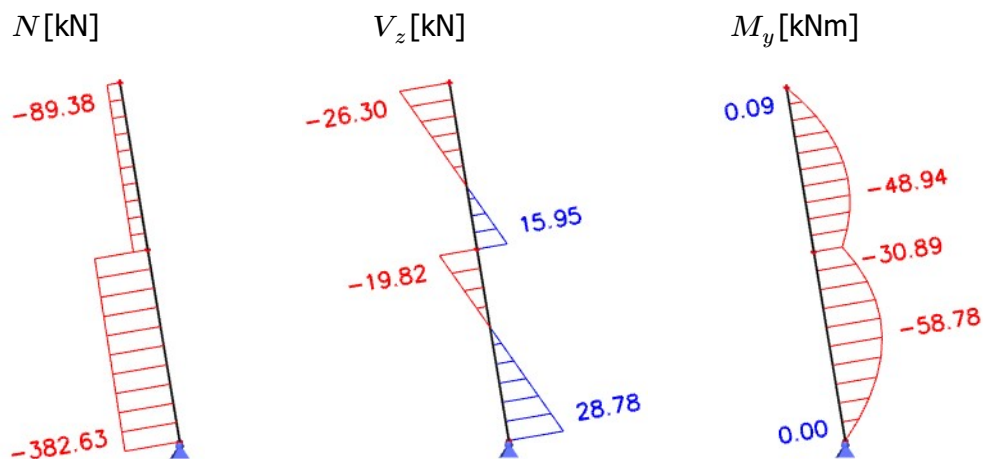
$$\frac{N_{Ed}}{\frac{N_{Rk}}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{Ed}}{\frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M0}}} = 0.32 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 476.77 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 38 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení vazby - osa 1

Vnitřní síly (kombinace NK26)



## Posouzení sloupu - osa 1

**Ocel: S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

**Průřez: IPE 500**

$$h := 500 \text{ mm}$$

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

$$W_{el.y} := 1928 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

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

$$i_z := 43.1 \text{ mm}$$

$$W_{pl.y} := 2194 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$t_w := 10.2 \text{ mm}$$

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

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

$$t_f := 16 \text{ mm}$$

$$A_{v.z} := 5987 \text{ mm}^2$$

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

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

**Vnitřní síly (kombinace NK26)**

$$N_{Ed} := 382 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} := 29 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} := 59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**Zatřídění průřezu**

$$x := \frac{N_{Ed}}{t_w \cdot f_y} = 159.366 \text{ mm}$$

$$\alpha := \frac{0.5 \cdot d + x}{d} = 0.874$$

Podmínka pro stojinu 1. třídy

$$\frac{d}{t_w} = 41.765 \leq \frac{396 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 2} = 42.293 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka pro pásnici 1 třídy

$$c := \frac{b}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 73.9 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 4.619 \leq 9 \cdot \varepsilon = 9 \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Vzpěrné délky a součinitelé vzpěrnosti**

Štíhlosti

$$L_{cr.y} := 12.9 \text{ m}$$

$$L_{cr.z} := 6.9 \text{ m}$$

$$\lambda_y := \frac{L_{cr.y}}{i_y} = 63.235$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 160.093$$

### Poměrné štíhlosti

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda'_y := \frac{\lambda_y}{\lambda_1} = 0.673$$

$$\lambda'_z := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 1.705$$

### Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi_y := 0.857 \quad \text{křivka "a"}$$

$$\chi_z := 0.275 \quad \text{křivka "b"}$$

### Vliv klopení

- výpočet kritického momentu v programu LTBeamN (viz příloha P)

$$M_{cr} := 429 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\lambda'_{LT.0} := 0.4$$

$$\beta := 0.75$$

$$\alpha_{LT} := 0.34$$

$$\lambda'_{LT} := \sqrt{\frac{W_{el.y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 1.028$$

$$\Phi_{LT} := 0.5 \cdot \left( 1 + \alpha_{LT} \cdot (\lambda'_{LT} - \lambda'_{LT.0}) + \lambda'^2_{LT} \right) = 1.135$$

$$\chi_{LT} := \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda'^2_{LT}}} = 0.544$$

$$\chi_{LT} = 0.544 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\chi_{LT} = 0.544 \leq \frac{1}{\lambda'^2_{LT}} = 0.947 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení kombinace tlaku s ohybem

$$C_{my} := 0.9 \geq 0.4 \quad \text{VYHOVUJE} \quad (\text{vybočení s posuvem styčnicků})$$

$$M_h := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_s := -59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\alpha_h := \frac{M_h}{M_s} = 0$$

$$\psi := 0$$

$$C_{mLT} := 0.95 + 0.05 \cdot \alpha_h = 0.95$$

$$N_{Rk} := A \cdot f_y = 2.714 \text{ MN}$$

$$M_{y.Rk} := W_{pl.y} \cdot f_y = 515.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$k_{yy} := \min \left( \begin{array}{l} C_{my} \cdot \left( 1 + (\lambda'_y - 0.2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \\ C_{my} \cdot \left( 1 + 0.8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \right) \end{array} \right) = 0.97$$

$$k_{zy} := \max \left( \begin{array}{l} 1 - \frac{0.1 \cdot \lambda'_z}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \\ 1 - \frac{0.1}{C_{mLT} - 0.25} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} \end{array} \right) = 0.927$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.368 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y.Rk}}{\gamma_{M1}}} = 0.707 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínka únosnosti pro průřez

$$\frac{N_{Ed}}{\gamma_{M0}} + \frac{M_{Ed}}{\gamma_{M0}} = 0.255 \leq 1.0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

Smyková únosnost

$$V_{pl.Rd} := \frac{A_{v.z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 812.3 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 29 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Výsledné profily rámových vazeb

Osa	Profil - sloup	Profil - žebro
1	IPE 500	-
2	IPE 500	IPE 360
3	IPE 400	IPE 360
4	IPE 400	IPE 360
5	IPE 400	IPE 360
6	IPE 400	IPE 360
7	IPE 500	IPE 450
8	IPE 500	IPE 450
9	IPE 500	IPE 450
10	IPE 500	IPE 450
11	IPE 600	IPE 550
12	IPE 600	IPE 550
13	IPE 600	IPE 550

## Posouzení vnitřního sloupu

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

Průřez: **TR 356/9**

$$d := 356 \text{ mm}$$

$$t := 9 \text{ mm}$$

$$i := 123 \text{ mm}$$

$$A := 9811 \text{ mm}^2$$

Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$N_{Ed} := 782 \text{ kN}$$

Vzpěrná délka a součinitel vzpěrnosti

Štíhlost

$$L_{cr} := 13.83 \text{ m}$$

$$\lambda := \frac{L_{cr}}{i} = 112.439$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda' := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 1.197$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi := 0.434 \quad \text{křivka "c"}$$

Posouzení na vzpěrný tlak

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 1.001 \text{ MN} \geq N_{Ed} = 782 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení obvodového prstence

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

### Průřez: HEB 220

$$h := 220 \text{ mm}$$

$$b := 220 \text{ mm}$$

$$i_y := 94.3 \text{ mm}$$

$$i_z := 55.9 \text{ mm}$$

$$A := 9104 \text{ mm}^2$$

### Vnitřní síly

$$N_{t.Ed} := 476 \text{ kN} \quad \text{maximální tah (NK01)}$$

$$N_{c.Ed} := 197 \text{ kN} \quad \text{maximální tlak (NK30)}$$

### Vzpěrná délka a součinitel vzpěrnosti

#### Štíhlost

$$L_{cr.z} := 3.7 \text{ m}$$

$$\lambda_z := \frac{L_{cr.z}}{i_z} = 66.19$$

#### Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda_z' := \frac{\lambda_z}{\lambda_1} = 0.705$$

#### Součinitel vzpěrnosti

$$\chi_z := 0.718 \quad \text{křivka "c"}$$

### Posouzení na vzpěrný tlak

$$N_{c.Rd} := \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 928.517 \text{ kN} \geq N_{c.Ed} = 197 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení na tah

$$N_{t.Rd} := A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 2.139 \text{ MN} \geq N_{t.Ed} = 476 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Poznámka: Průřez obvodového prstence má značný vliv na vnitřní síly a průhyby v celé konstrukci, proto byl zvolen masivní profil.

## Posouzení trubky mezi sloupy

### Ocel: S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

### Průřez: TR 89/5

$$d := 89 \text{ mm}$$

$$t := 5 \text{ mm}$$

$$i := 29.8 \text{ mm}$$

$$A := 1319 \text{ mm}^2$$

### Vnitřní síly (kombinace NK27)

$$N_{Ed} := 89 \text{ kN}$$

### Vzpěrná délka a součinitel vzpěrnosti

Štíhlost

$$L_{cr} := 3.75 \text{ m}$$

$$\lambda := \frac{L_{cr}}{i} = 125.839$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda' := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 1.34$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi := 0.372 \quad \text{křivka "c"}$$

### Posouzení na vzpěrný tlak

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 115.307 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 89 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení trubky mezi žebry

### Ocel: S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

### Průřez: TR 51/4

$$d := 51 \text{ mm}$$

$$t := 4 \text{ mm}$$

$$i := 16.7 \text{ mm}$$

$$A := 591 \text{ mm}^2$$



### Vnitřní síly (kombinace NK23)

$$N_{Ed} := 12 \text{ kN}$$

### Vzpěrná délka a součinitel vzpěrnosti

Štíhlost

$$L_{cr} := 3.45 \text{ m}$$

$$\lambda := \frac{L_{cr}}{i} = 206.587$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda' := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 2.2$$

Součinitel vzpěrnosti

$$\chi := 0.166 \quad \text{křivka "c"}$$

### Posouzení na vzpěrný tlak

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 23.055 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 12 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení ztužidel

### Stěnová ztužidla - osy 12-13

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

Průřez: **TR 102/5**

$$d := 102 \text{ mm}$$

$$t := 5 \text{ mm}$$

$$i := 34.3 \text{ mm}$$

$$A := 1524 \text{ mm}^2$$

### Vnitřní síly (kombinace NK18)

$$N_{c.Ed} := 69 \text{ kN} \quad \text{tlaková síla v diagonále}$$

$$N_{t.Ed} := 44 \text{ kN} \quad \text{stabilizující tahová síla v příčném ztužidle}$$

### Vzpěrná délka a součinitel vzpěrnosti

Kritická délka

$$L := 7.85 \text{ m}$$

$$L_{cr} := L \cdot \sqrt{1 - 0.75 \cdot \frac{N_{t.Ed}}{N_{c.Ed}}} = 5.67 \text{ m}$$

Štíhlost

$$\lambda := \frac{L_{cr}}{i} = 165.311$$

Poměrná štíhlost

$$\lambda_1 := 93.9 \cdot \varepsilon = 93.9$$

$$\lambda' := \frac{\lambda}{\lambda_1} = 1.761$$

Součinitelé vzpěrnosti

$$\chi := 0.243 \quad \text{křivka "c"}$$

Posouzení na vzpěrný tlak

$$N_{Rd} := \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 87.028 \text{ kN} \geq N_{c.Ed} = 69 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Ostatní ztužidla

- posouzení stejným způsobem jako stěnové ztužidlo mezi osami 12 a 13

Ztužidla	Osy	Profil	KZS	$N_{Ed,c}$ [kN]	$N_{Ed,t}$ [kN]	L [m]	$\lambda$	$N_{Rd}$ [kN]	Využití [-]
Stěnová	12-13	102/5	NK18	69	44	7.85	165.31	87.1	<b>0.79</b>
	6-7	102/5	NK28	102	84	7.85	141.52	111.8	<b>0.91</b>
	1-2	TR 114/5	NK26	156	142	7.84	114.41	171.0	<b>0.91</b>
Střešní	12-13	TR 76/5	NK01	31	5	6.07	225.83	37.2	<b>0.83</b>
	6-7	TR 63.5/5	NK26	94	90	3.98	101.60	106.7	<b>0.88</b>
	1-2	57/4	NK26	21	10	4.77	203.43	26.7	<b>0.79</b>

## Posouzení rámového rohu - osa 13

### Ocel: S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$

### Šrouby: M27 8.8

$$A := 573 \text{ mm}^2$$

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

$$d := 27 \text{ mm}$$

$$d_0 := 30 \text{ mm}$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

### Čelní deska

$$t_d := 20 \text{ mm}$$

### Průřez sloupu: IPE 600

$$h_c := 600 \text{ mm}$$

$$b_c := 220 \text{ mm}$$

$$t_{w,c} := 12 \text{ mm}$$

$$t_{f,c} := 19 \text{ mm}$$

$$r_c := 24 \text{ mm}$$

$$d_c := 514 \text{ mm}$$

$$A_{v,c} := 8378 \text{ mm}^2$$

### Průřez žebra: IPE 550

$$h_b := 550 \text{ mm}$$

$$b_b := 210 \text{ mm}$$

$$t_{w,b} := 11.1 \text{ mm}$$

$$t_{f,b} := 17.2 \text{ mm}$$

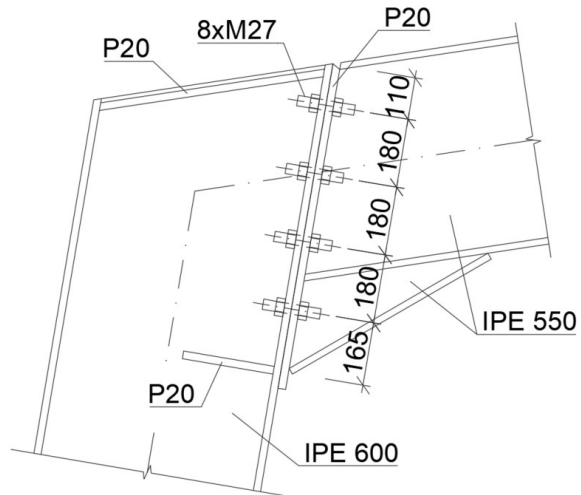
$$r_b := 24 \text{ mm}$$

$$W_{pl,y,b} := 2787 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

### Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$M_{Ed} := 377 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := 113 \text{ kN}$$



## Návrh svarů

- návrh svarů na plnou únosnost průřezu

### Svar čelní desky a tažené pásnice žebra

$$a_{1.min} := \frac{t_{f.b}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 7.939 \text{ mm} \quad a_1 := 8 \text{ mm}$$

### Svar čelní desky a tlačené pásnice náběhu

- tupý svar (velký úhel mezi spojovanými prvky) - plná únosnost

### Svar čelní desky a stojiny žebra

$$a_{2.min} := \frac{t_{w.b}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 5.124 \text{ mm} \quad a_2 := 6 \text{ mm}$$

## Výpočet únosnosti řad šroubů v tahu

### 1. řada (pod horní pásnicí)

$$m_2 := 92 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_1 \cdot \sqrt{2} = 82.949 \text{ mm}$$

$$m := 55 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 48.212 \text{ mm}$$

$$p := 180 \text{ mm}$$

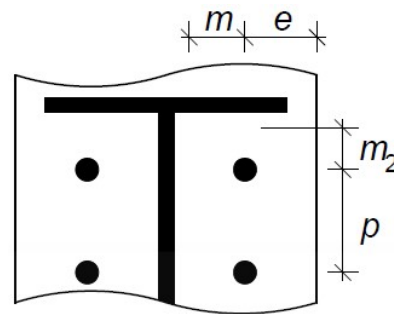
$$e := 50 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.491$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 0.845$$

$\alpha := 5.3$  hodnota odečtena z grafu

$$n := \min \left( \begin{bmatrix} e \\ 1.25 \cdot m \end{bmatrix} \right) = 50 \text{ mm}$$



### Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Šrouby působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sa} := 2 \cdot \pi \cdot m = 302.924 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sa} := \alpha \cdot m = 255.522 \text{ mm}$$

Šrouby působí ve skupině

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sk} := \pi \cdot m + p = 331.462 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sk} := 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 217.849 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \left( \begin{array}{l} l_{eff.cp.sa} \\ l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.cp.sk} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right) = 217.849 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := \min \left( \begin{array}{l} l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right) = 217.849 \text{ mm}$$

Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_{f.c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 4.62 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_{f.c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 4.62 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 264.384 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace pásnice

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 383.334 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací pásnice

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 363.286 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 528.768 \text{ kN}$$

$$F_{t.1.Rd} := \min \left( \begin{array}{l} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{array} \right) = 363.286 \text{ kN}$$

**2. a 3. řada (vnitřní)**

$$m := 55 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 48.212 \text{ mm}$$

$$p := 180 \text{ mm}$$

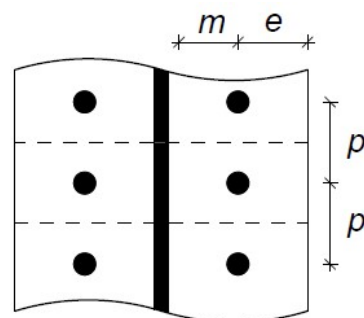
$$e := 50 \text{ mm}$$

$$m_2 := p = 180 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m + e} = 0.491$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m + e} = 1.833$$

$$\alpha := 5.3 \quad \text{hodnota odečtena z grafu}$$



$$n := \min \left( \left[ \begin{array}{c} e \\ 1.25 \cdot m \end{array} \right] \right) = 50 \text{ mm}$$

#### Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Šrouby působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sa} := 2 \cdot \pi \cdot m = 302.924 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sa} := 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 255.347 \text{ mm}$$

Šrouby působí ve skupině

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sk} := 2 \cdot p = 360 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sk} := p = 180 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \left( \left[ \begin{array}{c} l_{eff.cp.sa} \\ l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.cp.sk} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right] \right) = 180 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := \min \left( \left[ \begin{array}{c} l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right] \right) = 180 \text{ mm}$$

#### Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_{f.c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.818 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_{f.c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.818 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

#### Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 264.384 \text{ kN}$$

#### Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace pásnice

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 316.734 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací pásnice

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 346.94 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 528.768 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} := \min \begin{pmatrix} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{pmatrix} = 316.734 \text{ kN}$$

$$F_{t.3.Rd} := F_{t.2.Rd} = 316.734 \text{ kN}$$

## Výpočet únosnosti spodní řady šroubů ve smyku

- spodní řada šroubů není uvažována při výpočtu momentové únosnosti, bude využita pouze pro přenesení smykové síly

### Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 176.256 \text{ kN}$$

### Únosnost šroubu v otláčení

$$t := \min \begin{pmatrix} t_{f.c} \\ t_d \end{pmatrix} = 19 \text{ mm}$$

$$p := 210 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \begin{pmatrix} \frac{p}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{pmatrix} = 1$$

$$k_1 := \min \begin{pmatrix} 2.5 \\ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \end{pmatrix} = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 369.36 \text{ kN}$$

### Únosnost řady šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \begin{pmatrix} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{pmatrix} = 352.512 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 113 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Únosnost základních komponent

### Únosnost pásnice žebra v tlaku

$$F_{c.fb.Rd} := \frac{W_{pl.y.b} \cdot f_y}{(h_b - t_{f.b}) \cdot \gamma_{M0}} = 1.229 \text{ MN}$$

$$\Sigma F_{t.i.Rd} := F_{t.1.Rd} + F_{t.2.Rd} + F_{t.3.Rd} = 996.754 \text{ kN}$$

$$F_{c.fb.Rd} = 1.229 \text{ MN} \geq \Sigma F_{t.i.Rd} = 996.754 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Není nutné redukovat spodní řadu šroubů započítanou v momentové únosnosti.

## Únosnost stěny sloupu ve smyku

### Kontrola štíhlosti

Podmínka pro stojinu 1. třídy průřezu

$$\frac{d_c}{t_{w.c}} = 42.833 \leq 69 \cdot \varepsilon = 69 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Únosnost stěny sloupu ve smyku

$d_{sv} := 790 \text{ mm}$  vzálenost mezi výztuhami sloupu

$b_{st} := 212 \text{ mm}$  šířka výztuh sloupu

$t_{st} := 20 \text{ mm}$  tloušťka výztuh sloupu

$$M_{pl.fc.Rd} := \frac{1}{4} \cdot b_c \cdot t_{f.c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 4.666 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.st.Rd} := \frac{1}{4} \cdot b_{st} \cdot t_{st}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 4.982 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{wp.add.Rd} := \min \left( \left[ \begin{array}{c} \frac{4 \cdot M_{pl.fc.Rd}}{d_{sv}} \\ \frac{2 \cdot M_{pl.fc.Rd} + 2 \cdot M_{pl.st.Rd}}{d_{sv}} \end{array} \right] \right) = 23.625 \text{ kN}$$

$$V_{wp.Rd} := \frac{0.9 \cdot f_y \cdot A_{v.c}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} + V_{wp.add.Rd} = 1.047 \text{ MN}$$

$$V_{wp.Rd} = 1.047 \text{ MN} \geq \Sigma F_{t.i.Rd} = 996.754 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Rozdělení sil a momentová únosnost

$$F_{t.1.Rd} = 363.286 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 502.33 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$F_{t.2.Rd} = 316.734 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 502.33 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$F_{t.3.Rd} = 316.734 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 502.33 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínky jsou splněny - je možné uvažovat plastické rozdělení sil.

### Ramena sil

$$h_1 := 705 \text{ mm}$$

$$h_2 := 525 \text{ mm}$$

$$h_3 := 345 \text{ mm}$$

### Momentová únosnost styčnicku

$$M_{Rd} := F_{t.1.Rd} \cdot h_1 + F_{t.2.Rd} \cdot h_2 + F_{t.3.Rd} \cdot h_3 = 531.675 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 531.675 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{Ed} = 377 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{VYHOVUJE}$$



## Nevyztužená stěna sloupu v příčném tlaku

### Tlaková síla působící kolmo na sloup

- tlaková síla v pásnici náběhu je rozdělena na dvě složky - jedna je přenášena pásnicí sloupu a druhá působí kolmo na sloup

$\alpha := 40^\circ$  úhel mezi pásnicí náběhu a kolmicí k pásnici sloupu

$$F_{c.Ed} := \Sigma F_{t.i.Rd} \cdot \cos(\alpha) = 763.558 \text{ kN}$$

### Účinná šířka stěny sloupu v tlaku

$a_p := 0 \text{ mm}$  tloušťka svaru (tupý svar)

$s := r_c = 24 \text{ mm}$

$s_p := 2 \cdot t_d = 40 \text{ mm}$

$$b_{eff.c.wc} := t_{f,b} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{f,c} + s) + s_p = 272.2 \text{ mm}$$

### Redukční součinitel $\omega$

$\beta := 1$

$$\omega_1 := \frac{1}{\sqrt{1 + 1.3 \cdot \left( \frac{b_{eff.c.wc} \cdot t_{w.c}}{A_{v.c}} \right)^2}} = 0.914$$

$\omega := \omega_1 = 0.914$

### Redukční součinitel $k_{wc}$

$f_{y.wc} := f_y = 235 \text{ MPa}$

$$\Sigma F_{t.i.Rd} \cdot \cos(40^\circ) = 763.558 \text{ kN}$$

$N_{Ed.c} := 167 \text{ kN}$

$M_{Ed.c} := 366 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$W_{pl.y.c} := 3512 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$A_c := 15600 \text{ mm}^2$

$$\sigma_{com.Ed} := \frac{N_{Ed.c}}{A_c} + \frac{M_{Ed.c}}{W_{pl.y.c}} = 114.919 \text{ MPa} \leq 0.7 \cdot f_{y.wc} = 164.5 \text{ MPa}$$

$k_{wc} := 1.0$

### Návrhová únosnost nevyztužené stěny sloupu v příčném tlaku

$$F_{c.wc.Rd} := \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff.c.wc} \cdot t_{w.c} \cdot f_{y.wc}}{\gamma_{M0}} = 701.423 \text{ kN} \geq F_{c.Ed} = 763.558 \text{ kN}$$

NEVYHOVUJE

Nevyztužená stojina sloupu na příčný tlak nevyhoví, bude navržena zkrácená výztuha.

## Posouzení zkrácené výztuhy stojiny sloupu

$L := 240 \text{ mm}$  délka výztuhy

$t := 20 \text{ mm}$  tloušťka výztuhy

### Smyková únosnost výztuhy

$$\frac{2 \cdot L \cdot t \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 1.303 \text{ MN} \geq F_{c.Ed} = 763.558 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Smyková únosnost svarů výztuhy

$$a_w := 5 \text{ mm}$$

$$l_w := L = 240 \text{ mm}$$

$$\frac{F_{c.Ed}}{4 \cdot a_w \cdot l_w} = 159.075 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 207.846 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Smyková únosnost stojiny sloupu

$$\frac{2 \cdot L \cdot t_{w.c} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 781.501 \text{ kN} \geq F_{c.Ed} = 763.558 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení rámového rohu - osa 6

### Ocel: S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$

### Šrouby: M20 8.8

$$A := 314 \text{ mm}^2$$

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

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

### Čelní deska

$$t_d := 15 \text{ mm}$$

### Průřez sloupu: IPE 400

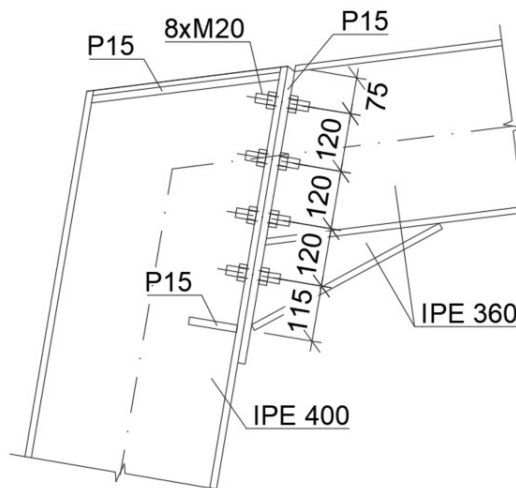
$$h_c := 400 \text{ mm} \quad d_c := 331 \text{ mm}$$

$$b_c := 180 \text{ mm} \quad A_{v.c} := 4269 \text{ mm}^2$$

$$t_{w.c} := 8.6 \text{ mm}$$

$$t_{f.c} := 13.5 \text{ mm}$$

$$r_c := 21 \text{ mm}$$



### Průřez žebra: **IPE 360**

$$h_b := 360 \text{ mm}$$

$$b_b := 170 \text{ mm}$$

$$t_{w,b} := 8.0 \text{ mm}$$

$$t_{f,b} := 12.7 \text{ mm}$$

$$r_b := 18 \text{ mm}$$

$$W_{pl,y,b} := 1019 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

### Vnitřní síly (kombinace NK01)

$$M_{Ed} := 86 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := 62 \text{ kN}$$

### Návrh svarů

- návrh svarů na plnou únosnost průřezu

#### Svar čelní desky a tažené pásnice žebra

$$a_{1,min} := \frac{t_{f,b}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 5.862 \text{ mm} \quad a_1 := 6 \text{ mm}$$

#### Svar čelní desky a tlačené pásnice náběhu

- tupý svar (velký úhel mezi spojovanými prvky) - plná únosnost

#### Svar čelní desky a stojiny žebra

$$a_{2,min} := \frac{t_{w,b}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 3.693 \text{ mm} \quad a_2 := 4 \text{ mm}$$

### Výpočet únosnosti řad šroubů v tahu

#### 1. řada (pod horní pásnicí)

$$m_2 := 62 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_1 \cdot \sqrt{2} = 55.212 \text{ mm}$$

$$m := 46 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 41.475 \text{ mm}$$

$$p := 120 \text{ mm}$$

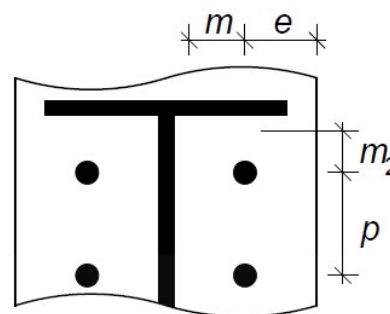
$$e := 40 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.509$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 0.678$$

$\alpha := 5.1$  hodnota odečtena z grafu

$$n := \min \left( \left[ \begin{array}{c} e \\ 1.25 \cdot m \end{array} \right] \right) = 40 \text{ mm}$$



### Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Šrouby působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sa} := 2 \cdot \pi \cdot m = 260.592 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sa} := \alpha \cdot m = 211.52 \text{ mm}$$

Šrouby působí ve skupině

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sk} := \pi \cdot m + p = 250.296 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sk} := 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 163.571 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \left( \begin{array}{l} l_{eff.cp.sa} \\ l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.cp.sk} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right) = 163.571 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := \min \left( \begin{array}{l} l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right) = 163.571 \text{ mm}$$

### Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_{f,c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.751 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_{f,c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.751 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

### Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace pásnice

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 168.912 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací pásnice

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 181.558 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t.1.Rd} := \min \left( \begin{array}{l} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{array} \right) = 168.912 \text{ kN}$$

## 2. a 3. řada (vnitřní)

$$m := 46 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 41.475 \text{ mm}$$

$$p := 120 \text{ mm}$$

$$e := 40 \text{ mm}$$

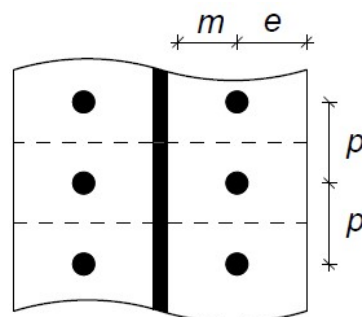
$$m_2 := p = 120 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m + e} = 0.509$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m + e} = 1.473$$

$\alpha := 5.2$  hodnota odečtena z grafu

$$n := \min \left( \begin{bmatrix} e \\ 1.25 \cdot m \end{bmatrix} \right) = 40 \text{ mm}$$



### Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Šrouby působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sa} := 2 \cdot \pi \cdot m = 260.592 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sa} := 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 215.898 \text{ mm}$$

Šrouby působí ve skupině

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sk} := 2 \cdot p = 240 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sk} := p = 120 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \left( \begin{bmatrix} l_{eff.cp.sa} \\ l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.cp.sk} \\ l_{eff.nc.sk} \end{bmatrix} \right) = 120 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := \min \left( \begin{bmatrix} l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.nc.sk} \end{bmatrix} \right) = 120 \text{ mm}$$

### Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_{f.c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.285 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_{f.c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.285 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

### Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace pásnice

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 123.918 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací pásnice

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 170.106 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} := \min \left( \begin{array}{c} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{array} \right) = 123.918 \text{ kN}$$

$$F_{t.3.Rd} := F_{t.2.Rd} = 123.918 \text{ kN}$$

### Výpočet únosnosti spodní řady šroubů ve smyku

- spodní řada šroubů není uvažována při výpočtu momentové únosnosti, bude využita pouze pro přenesení smykové síly

#### Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

#### Únosnost šroubu v otláčení

$$t := \min \left( \begin{array}{c} t_{f.c} \\ t_d \end{array} \right) = 13.5 \text{ mm}$$

$$p := 120 \text{ mm}$$

$$e_2 := 40 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \begin{array}{c} \left( \frac{p}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \right) \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right) = 1$$

$$k_1 := \min \left( \begin{array}{c} 2.5 \\ \left( 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \right) \end{array} \right) = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 194.4 \text{ kN}$$

#### Únosnost řady šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \begin{array}{c} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right) = 188.16 \text{ kN} \quad \geq \quad V_{Ed} = 62 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Únosnost základních komponent

### Únosnost pásnice žebra v tlaku

$$F_{c.fb.Rd} := \frac{W_{pl.y.b} \cdot f_y}{(h_b - t_{f.b}) \cdot \gamma_{M0}} = 689.505 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{t.i.Rd} := F_{t.1.Rd} + F_{t.2.Rd} + F_{t.3.Rd} = 416.748 \text{ kN}$$

$$F_{c.fb.Rd} = 689.505 \text{ kN} \geq \Sigma F_{t.i.Rd} = 416.748 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Není nutné redukovat spodní řadu šroubů započítanou v momentové únosnosti.

### Únosnost stěny sloupu ve smyku

#### Kontrola štíhlosti

Podmínka pro stojinu 1. třídy průřezu

$$\frac{d_c}{t_{w.c}} = 38.488 \leq 69 \cdot \epsilon = 69 \quad \text{VYHOVUJE}$$

#### Únosnost stěny sloupu ve smyku

$d_{sv} := 970 \text{ mm}$  vzdálenost mezi výztuhami sloupu

$b_{st} := 168.6 \text{ mm}$  šířka výztuh sloupu

$t_{st} := 15 \text{ mm}$  tloušťka výztuh sloupu

$$M_{pl.fc.Rd} := \frac{1}{4} \cdot b_c \cdot t_{f.c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.927 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.st.Rd} := \frac{1}{4} \cdot b_{st} \cdot t_{st}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.229 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{wp.add.Rd} := \min \left( \left[ \begin{array}{l} \frac{4 \cdot M_{pl.fc.Rd}}{d_{sv}} \\ \frac{2 \cdot M_{pl.fc.Rd} + 2 \cdot M_{pl.st.Rd}}{d_{sv}} \end{array} \right] \right) = 7.948 \text{ kN}$$

$$V_{wp.Rd} := \frac{0.9 \cdot f_y \cdot A_{v.c}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} + V_{wp.add.Rd} = 529.233 \text{ kN}$$

$$V_{wp.Rd} = 529.233 \text{ kN} \geq \Sigma F_{t.i.Rd} = 416.748 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Rozdělení sil a momentová únosnost

$$F_{t.1.Rd} = 168.912 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$F_{t.2.Rd} = 123.918 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$F_{t.3.Rd} = 123.918 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínky jsou splněny - je možné uvažovat plastické rozdělení sil.

#### Ramena sil

$$h_1 := 475 \text{ mm}$$

$$h_2 := 355 \text{ mm}$$

$$h_3 := 235 \text{ mm}$$

### Momentová únosnost styčníku

$$M_{Rd} := F_{t.1.Rd} \cdot h_1 + F_{t.2.Rd} \cdot h_2 + F_{t.3.Rd} \cdot h_3 = 153.345 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 153.345 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{Ed} = 86 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Nevyztužená stěna sloupu v příčném tlaku

#### Tlaková síla působící kolmo na sloup

- tlaková síla v pásnici náběhu je rozdělena na dvě složky - jedna je přenášena pásnicí sloupu a druhá působí kolmo na sloup

$\alpha := 40^\circ$  úhel mezi pásnicí náběhu a kolmicí k pásnici sloupu

$$F_{c.Ed} := \Sigma F_{t.i.Rd} \cdot \cos(\alpha) = 319.248 \text{ kN}$$

#### Účinná šířka stěny sloupu v tlaku

$a_p := 0 \text{ mm}$  tloušťka svaru (tupý svar)

$s := r_c = 21 \text{ mm}$

$s_p := 2 \cdot t_d = 30 \text{ mm}$

$$b_{eff.c.wc} := t_{f.b} + 2 \cdot \sqrt{2} \cdot a_p + 5 \cdot (t_{f.c} + s) + s_p = 215.2 \text{ mm}$$

#### Redukční součinitel $\omega$

$\beta := 1$

$$\omega_1 := \frac{1}{\sqrt{1 + 1.3 \cdot \left( \frac{b_{eff.c.wc} \cdot t_{w.c}}{A_{v.c}} \right)^2}} = 0.896$$

$\omega := \omega_1 = 0.896$

#### Redukční součinitel $k_{wc}$

$f_{y.wc} := f_y = 235 \text{ MPa}$

$N_{Ed.c} := 65 \text{ kN}$

$M_{Ed.c} := 86 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$W_{pl.y.c} := 1307 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$A_c := 8446 \text{ mm}^2$

$$\sigma_{com.Ed} := \frac{N_{Ed.c}}{A_c} + \frac{M_{Ed.c}}{W_{pl.y.c}} = 73.495 \text{ MPa} \leq 0.7 \cdot f_{y.wc} = 164.5 \text{ MPa}$$

$k_{wc} := 1.0$

#### Návrhová únosnost nevyztužené stěny sloupu v příčném tlaku

$$F_{c.wc.Rd} := \frac{\omega \cdot k_{wc} \cdot b_{eff.c.wc} \cdot t_{w.c} \cdot f_{y.wc}}{\gamma_{M0}} = 389.889 \text{ kN} \geq F_{c.Ed} = 319.248 \text{ kN}$$

VYHOVUJE



## Posouzení rámového přípoje žebra na obloukový nosník - osa 13

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$

Šrouby: **M20 8.8**

$$A := 314 \text{ mm}^2$$

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

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

Čelní deska

$$t_d := 15 \text{ mm}$$

Průřez žebra: **IPE 550**

$$h_b := 550 \text{ mm}$$

$$b_b := 210 \text{ mm}$$

$$t_{w,b} := 11.1 \text{ mm}$$

$$t_{f,b} := 17.2 \text{ mm}$$

$$r_b := 24 \text{ mm}$$

$$W_{pl,y,b} := 2787 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Obloukový nosník

$$t_{w,o} := 14 \text{ mm}$$

Vnitřní síly

$$M_{Ed} := 163 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad (\text{kombinace NK01; kladný moment})$$

$$V_{Ed} := 24 \text{ kN} \quad (\text{kombinace NK03})$$

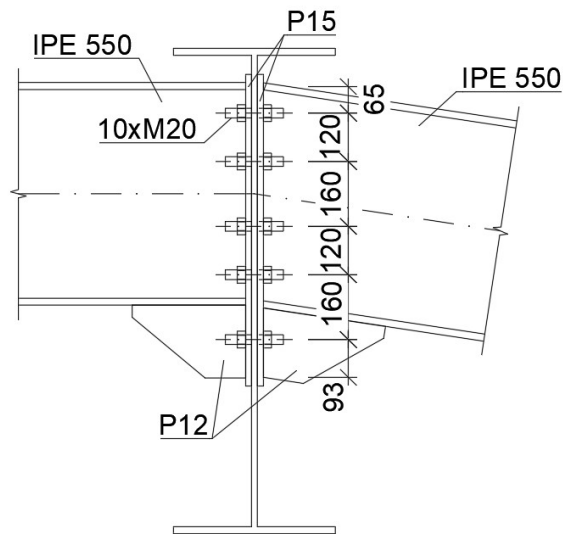
Návrh svarů

- návrh svarů na plnou únosnost průřezu

Svar čelní desky a tažené pásnice žebra

$$a_{1,min} := \frac{t_{f,b}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 7.939 \text{ mm}$$

$$a_1 := 8 \text{ mm}$$



### Svar čelní desky a tlačené pásnice žebra

- konstrukční svar - tlak je přenášen kontaktem

$$a_2 := 5 \text{ mm}$$

### Svar čelní desky a stojiny žebra

$$a_{3.min} := \frac{t_{w.b}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 5.124 \text{ mm}$$

$$a_3 := 6 \text{ mm}$$

## Výpočet únosnosti řad šroubů v tahu

### 1. řada (pod spodní pásnicí)

$$m_2 := 85 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_1 \cdot \sqrt{2} = 75.949 \text{ mm}$$

$$m := 55 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_3 \cdot \sqrt{2} = 48.212 \text{ mm}$$

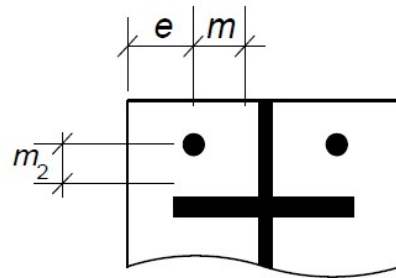
$$e := 50 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.491$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 0.773$$

$\alpha := 5.4$  hodnota odečtena z grafu

$$n := \min \left( \left[ \begin{array}{c} e \\ 1.25 \cdot m \end{array} \right] \right) = 50 \text{ mm}$$



### Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp} := 2 \cdot \pi \cdot m = 302.924 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc} := \alpha \cdot m = 260.344 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \left( \left[ \begin{array}{c} l_{eff.cp} \\ l_{eff.nc} \end{array} \right] \right) = 260.344 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := l_{eff.nc} = 260.344 \text{ mm}$$

### Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.441 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3.441 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

## Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace čelní desky

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 285.525 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací čelní desky

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 213.771 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t.1.Rd} := \min \left( \begin{array}{l} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{array} \right) = 213.771 \text{ kN}$$

## **2. řada (nad spodní pásnicí)**

$$m_2 := 65 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_1 \cdot \sqrt{2} = 55.949 \text{ mm}$$

$$m := 55 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_3 \cdot \sqrt{2} = 48.212 \text{ mm}$$

$$p := 120 \text{ mm}$$

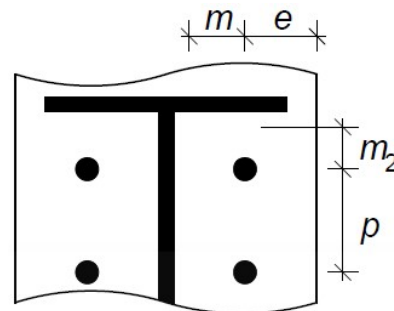
$$e := 50 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m + e} = 0.491$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m + e} = 0.57$$

$\alpha := 5.6$  hodnota odečtena z grafu

$$n := \min \left( \begin{array}{l} e \\ 1.25 \cdot m \end{array} \right) = 50 \text{ mm}$$



## Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Šrouby působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sa} := 2 \cdot \pi \cdot m = 302.924 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sa} := \alpha \cdot m = 269.986 \text{ mm}$$

Šrouby působí ve skupině

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sk} := \pi \cdot m + p = 271.462 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sk} := 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 202.312 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \begin{pmatrix} l_{eff.cp.sa} \\ l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.cp.sk} \\ l_{eff.nc.sk} \end{pmatrix} = 202.312 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := \min \begin{pmatrix} l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.nc.sk} \end{pmatrix} = 202.312 \text{ mm}$$

### Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.674 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.674 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

### Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace čelní desky

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 221.881 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací čelní desky

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 198.15 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} := \min \begin{pmatrix} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{pmatrix} = 198.15 \text{ kN}$$

### **3. a 4. řada (vnitřní)**

$$m := 55 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 49.343 \text{ mm}$$

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

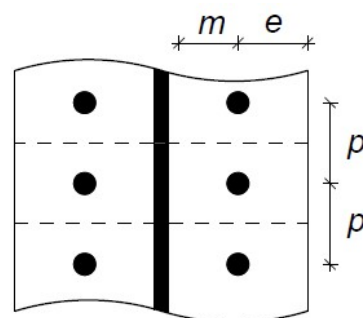
$$e := 50 \text{ mm}$$

$$m_2 := p = 140 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m + e} = 0.497$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m + e} = 1.409$$

$\alpha := 5.3$  hodnota odečtena z grafu



$$n := \min \left( \left[ \begin{array}{c} e \\ 1.25 \cdot m \end{array} \right] \right) = 50 \text{ mm}$$

### Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Šrouby působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sa} := 2 \cdot \pi \cdot m = 310.032 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sa} := 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 259.873 \text{ mm}$$

Šrouby působí ve skupině

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sk} := 2 \cdot p = 280 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sk} := p = 140 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \left( \left[ \begin{array}{c} l_{eff.cp.sa} \\ l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.cp.sk} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right] \right) = 140 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := \min \left( \left[ \begin{array}{c} l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right] \right) = 140 \text{ mm}$$

### Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.851 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.851 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

### Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace čelní desky

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 150.021 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací čelní desky

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 179.31 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t.3.Rd} := \min \begin{pmatrix} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{pmatrix} = 150.021 \text{ kN}$$

$$F_{t.4.Rd} := F_{t.3.Rd} = 150.021 \text{ kN}$$

## Výpočet únosnosti horní řady šroubů ve smyku

- horní řada šroubů není uvažována při výpočtu momentové únosnosti, bude využita pouze pro přenesení smykové síly

### Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

### Únosnost šroubu v otláčení

$$t := \min \begin{pmatrix} t_{w.o} \\ t_d \end{pmatrix} = 14 \text{ mm}$$

$$p := 120 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \begin{pmatrix} \frac{p}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{pmatrix} = 1$$

$$k_1 := \min \begin{pmatrix} 2.5 \\ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \end{pmatrix} = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 201.6 \text{ kN}$$

### Únosnost řady šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \begin{pmatrix} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{pmatrix} = 188.16 \text{ kN} \quad \geq \quad V_{Ed} = 24 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Únosnost základních komponent

### Únosnost pásnice žebra v tlaku

$$F_{c.fb.Rd} := \frac{W_{pl.y.b} \cdot f_y}{(h_b - t_{f.b}) \cdot \gamma_{M0}} = 1.229 \text{ MN}$$

$$\Sigma F_{t.i.Rd} := F_{t.1.Rd} + F_{t.2.Rd} + F_{t.3.Rd} + F_{t.4.Rd} = 711.962 \text{ kN}$$

$$F_{c.fb.Rd} = 1.229 \text{ MN} \quad \geq \quad \Sigma F_{t.i.Rd} = 711.962 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Není nutné redukovat horní řadu šroubů započítanou v momentové únosnosti.

## Rozdělení sil a momentová únosnost

$$\begin{aligned} F_{t.1.Rd} &= 213.771 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN} && \text{VYHOVUJE} \\ F_{t.2.Rd} &= 198.15 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN} && \text{VYHOVUJE} \\ F_{t.3.Rd} &= 150.021 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN} && \text{VYHOVUJE} \\ F_{t.4.Rd} &= 150.021 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN} && \text{VYHOVUJE} \end{aligned}$$

Podmínky jsou splněny - je možné uvažovat plastické rozdělení sil.

### Ramena sil

$$h_1 := 625 \text{ mm}$$

$$h_2 := 465 \text{ mm}$$

$$h_3 := 345 \text{ mm}$$

$$h_4 := 185 \text{ mm}$$

### Momentová únosnost styčnicku

$$M_{Rd} := F_{t.1.Rd} \cdot h_1 + F_{t.2.Rd} \cdot h_2 + F_{t.3.Rd} \cdot h_3 + F_{t.4.Rd} \cdot h_4 = 305.258 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 305.258 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq M_{Ed} = 163 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení rámového přípoje žebra na obloukový nosník - osa 6

### Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$

### Šrouby: **M20 8.8**

$$A := 314 \text{ mm}^2$$

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

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

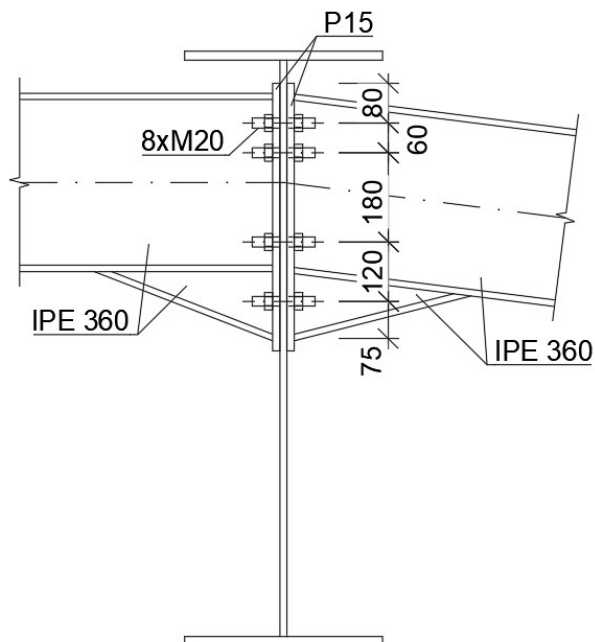
$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

### Čelní deska

$$t_d := 15 \text{ mm}$$

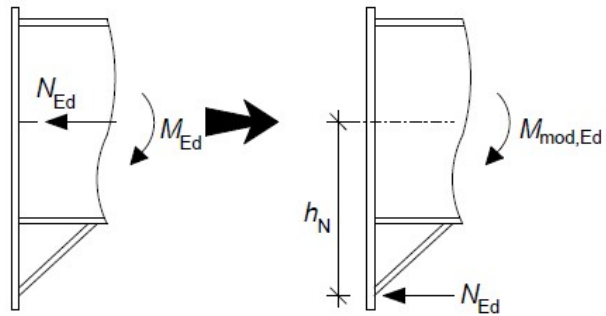


### Průřez žebra: IPE 360

$$\begin{aligned}h_b &:= 360 \text{ mm} \\ b_b &:= 170 \text{ mm} \\ t_{w,b} &:= 8.0 \text{ mm} \\ t_{f,b} &:= 12.7 \text{ mm} \\ r_b &:= 18 \text{ mm} \\ W_{pl,y,b} &:= 1019 \cdot 10^3 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

### Obloukový nosník

$$t_{w,o} := 14 \text{ mm}$$



### Vnitřní síly

$$\begin{aligned}N_{Ed} &:= 147 \text{ kN} && (\text{kombinace NK01; tah}) \\ M_{Ed} &:= 100 \text{ kN} \cdot \text{m} && (\text{kombinace NK01; záporný moment}) \\ V_{Ed} &:= 43 \text{ kN} && (\text{kombinace NK01})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_N &:= 315 \text{ mm} \\ M_{mod,Ed} &:= M_{Ed} + N_{Ed} \cdot h_N = 146.305 \text{ kN} \cdot \text{m}\end{aligned}$$

### Návrh svarů

- návrh svarů na plnou únosnost průřezu

#### Svar čelní desky a tažené pásnice žebra

$$a_{1,min} := \frac{t_{f,b}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 5.862 \text{ mm} \quad a_1 := 6 \text{ mm}$$

#### Svar čelní desky a tlačené pásnice náběhu

- konstrukční svar - tlak je přenášen kontaktem  $a_2 := 6 \text{ mm}$

#### Svar čelní desky a stojiny žebra

$$a_{3,min} := \frac{t_{w,b}}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 3.693 \text{ mm} \quad a_3 := 4 \text{ mm}$$

### Výpočet únosnosti řad šroubů v tahu

#### 1. řada (pod horní pásnicí)

$$m_2 := 48 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_1 \cdot \sqrt{2} = 41.212 \text{ mm}$$

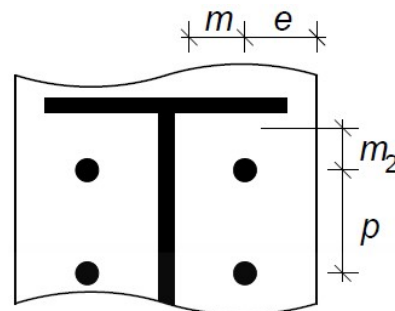
$$m := 46 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 39.212 \text{ mm}$$

$$p := 60 \text{ mm}$$

$$e := 40 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.495$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 0.52$$





$\alpha := 5.7$  hodnota odečtena z grafu

$$n := \min \left( \begin{bmatrix} e \\ 1.25 \cdot m \end{bmatrix} \right) = 40 \text{ mm}$$

### Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Šrouby působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sa} := 2 \cdot \pi \cdot m = 246.375 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sa} := \alpha \cdot m = 223.507 \text{ mm}$$

Šrouby působí ve skupině

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sk} := \pi \cdot m + p = 183.187 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sk} := 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 150.084 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \left( \begin{bmatrix} l_{eff.cp.sa} \\ l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.cp.sk} \\ l_{eff.nc.sk} \end{bmatrix} \right) = 150.084 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := \min \left( \begin{bmatrix} l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.nc.sk} \end{bmatrix} \right) = 150.084 \text{ mm}$$

### Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.984 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.984 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

### Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace čelní desky

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 202.38 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací čelní desky

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 192.616 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t.1.Rd} := \min \begin{pmatrix} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{pmatrix} = 192.616 \text{ kN}$$

## 2. řada (vnitřní)

$$m := 46 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 39.212 \text{ mm}$$

$$p := 120 \text{ mm}$$

$$e := 40 \text{ mm}$$

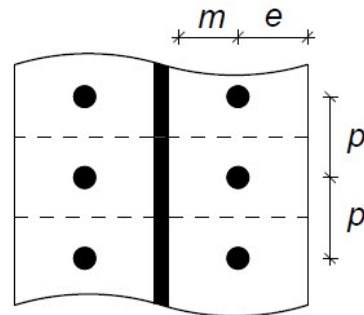
$$m_2 := p = 120 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.495$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 1.515$$

$$\alpha := 5.3 \quad \text{hodnota odečtena z grafu}$$

$$n := \min \begin{pmatrix} e \\ 1.25 \cdot m \end{pmatrix} = 40 \text{ mm}$$



### Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Šrouby působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sa} := 2 \cdot \pi \cdot m = 246.375 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sa} := 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 206.847 \text{ mm}$$

Šrouby působí ve skupině

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sk} := 2 \cdot p = 240 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sk} := p = 120 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \begin{pmatrix} l_{eff.cp.sa} \\ l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.cp.sk} \\ l_{eff.nc.sk} \end{pmatrix} = 120 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := \min \begin{pmatrix} l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.nc.sk} \end{pmatrix} = 120 \text{ mm}$$

### Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.586 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1.586 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

### Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace čelní desky

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 161.814 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací čelní desky

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 182.575 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t.2.Rd} := \min \left( \begin{array}{l} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{array} \right) = 161.814 \text{ kN}$$

### **3. řada (nad spodní pásnicí)**

$$m_2 := 52 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_1 \cdot \sqrt{2} = 45.212 \text{ mm}$$

$$m := 46 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_2 \cdot \sqrt{2} = 39.212 \text{ mm}$$

$$p := 180 \text{ mm}$$

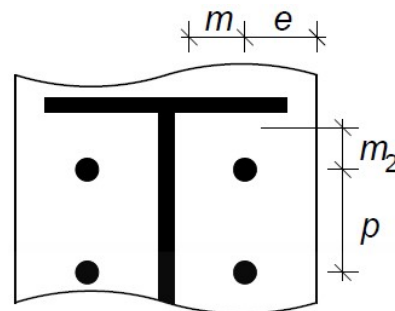
$$e := 40 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m + e} = 0.495$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m + e} = 0.571$$

$\alpha := 5.6$  hodnota odečtena z grafu

$$n := \min \left( \begin{array}{l} e \\ 1.25 \cdot m \end{array} \right) = 40 \text{ mm}$$



### Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Šrouby působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sa} := 2 \cdot \pi \cdot m = 246.375 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sa} := \alpha \cdot m = 219.586 \text{ mm}$$

Šrouby působí ve skupině

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sk} := \pi \cdot m + p = 303.187 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sk} := 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 206.162 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \left( \begin{array}{c} l_{eff.cp.sa} \\ l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.cp.sk} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right) = 206.162 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := \min \left( \begin{array}{c} l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right) = 206.162 \text{ mm}$$

### Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.725 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.725 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

### Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace čelní desky

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 277.999 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací čelní desky

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 211.332 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

$$F_{t.1.Rd} := \min \left( \begin{array}{c} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{array} \right) = 211.332 \text{ kN}$$

### Výpočet únosnosti spodní řady šroubů ve smyku

- spodní řada šroubů není uvažována při výpočtu momentové únosnosti, bude využita pouze pro přenesení smykové síly

### Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

### Únosnost šroubu v otláčení

$$t := \min \left( \begin{array}{c} t_{w.o} \\ t_d \end{array} \right) = 14 \text{ mm}$$

$$p := 60 \text{ mm}$$

$$e_2 := 40 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \left[ \begin{array}{c} \frac{p}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right] \right) = 0.659$$

$$k_1 := \min \left( \left[ \begin{array}{c} 2.5 \\ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \end{array} \right] \right) = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 132.873 \text{ kN}$$

Únosnost řady šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \left[ \begin{array}{c} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right] \right) = 188.16 \text{ kN} \quad \geq \quad V_{Ed} = 43 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Únosnost základních komponent**

**Únosnost pásnice žebra v tlaku**

$$F_{c.fb.Rd} := \frac{W_{pl.y.b} \cdot f_y}{(h_b - t_{f.b}) \cdot \gamma_{M0}} = 689.505 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_{t.i.Rd} := F_{t.1.Rd} + F_{t.2.Rd} + F_{t.3.Rd} = 523.167 \text{ kN}$$

$$F_{c.fb.Rd} = 689.505 \text{ kN} \quad \geq \quad \Sigma F_{t.i.Rd} = 523.167 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Není nutné redukovat horní řadu šroubů započítanou v momentové únosnosti.

**Rozdělení sil a momentová únosnost**

$$F_{t.1.Rd} = 211.332 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$F_{t.2.Rd} = 161.814 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$F_{t.3.Rd} = 150.021 \text{ kN} \leq 1.9 \cdot F_{t.Rd} = 268.128 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Podmínky jsou splněny - je možné uvažovat plastické rozdělení sil.

Ramena sil

$$h_1 := 435 \text{ mm}$$

$$h_2 := 375 \text{ mm}$$

$$h_3 := 195 \text{ mm}$$

Momentová únosnost styčnicku

$$M_{Rd} := F_{t.1.Rd} \cdot h_1 + F_{t.2.Rd} \cdot h_2 + F_{t.3.Rd} \cdot h_3 = 181.864 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{Rd} = 181.864 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \geq \quad M_{mod.Ed} = 146.305 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Přípoj obvodového prstence na sloup

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

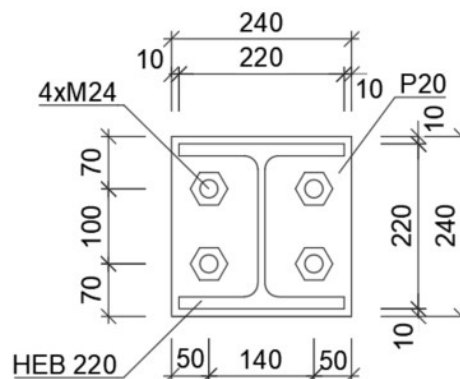
$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$



Šrouby: **M24 8.8**

$$A := 452 \text{ mm}^2$$

$$A_s := 353 \text{ mm}^2$$

$$d := 24 \text{ mm}$$

$$d_0 := 26 \text{ mm}$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

Čelní deska

$$t_d := 20 \text{ mm}$$

Vnitřní síly (kombinace NC01; osa 7)

$$N_{Ed} := 444 \text{ kN} + 51 \text{ kN} \cdot \cos(55^\circ) + 21 \text{ kN} \cdot \cos(58^\circ) = 484.381 \text{ kN}$$

Poznámka: K normálové síle v obvodovém prstenci jsou přičteny normálové síly ve tzužidlech, která jsou součástí styčnicku.

Posouzení svaru profilu s čelní deskou

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 1270 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\sigma_{kol} := \frac{N_{Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot l_w} = 67.423 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 67.423 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 134.846 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kol} = 67.423 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení tahové únosnosti přípoje

$$m_2 := 44 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_w \cdot \sqrt{2} = 39.475 \text{ mm}$$

$$m := 66 \text{ mm} - 0.8 \cdot a_w \cdot \sqrt{2} = 61.475 \text{ mm}$$

$$p := 100 \text{ mm}$$

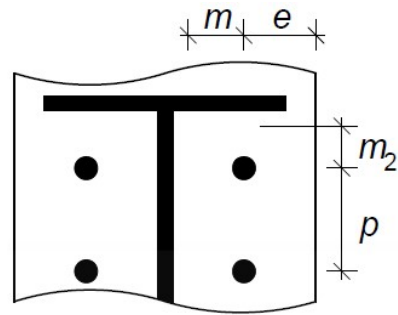
$$e := 50 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 := \frac{m}{m+e} = 0.551$$

$$\lambda_2 := \frac{m_2}{m+e} = 0.354$$

$$\alpha := 5.8 \quad \text{hodnota odečtena z grafu}$$

$$n := \min \left( \left[ \begin{array}{c} e \\ 1.25 \cdot m \end{array} \right] \right) = 50 \text{ mm}$$



### Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Šrouby působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sa} := 2 \cdot \pi \cdot m = 386.256 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sa} := \alpha \cdot m = 356.552 \text{ mm}$$

Šrouby působí ve skupině

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp.sk} := \pi \cdot m + p = 293.128 \text{ mm}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc.sk} := 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 252.353 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \left( \left[ \begin{array}{c} l_{eff.cp.sa} \\ l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.cp.sk} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right] \right) = 252.353 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := \min \left( \left[ \begin{array}{c} l_{eff.nc.sa} \\ l_{eff.nc.sk} \end{array} \right] \right) = 252.353 \text{ mm}$$

### Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 5.93 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 5.93 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 203.328 \text{ kN}$$

### Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace čelní desky

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 385.87 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací čelní desky

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 288.796 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 406.656 \text{ kN}$$

### Návrhová únosnost šroubového přípoje

$$F_{t.2.Rd} := 2 \cdot \min \left( \begin{matrix} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{matrix} \right) = 577.592 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 484.381 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Přípoj střešního ztužidla k rámovému rohu - osa 13

### Ocel: S235

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$

### Šrouby: M16 8.8

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

$$A_s := 157 \text{ mm}^2$$

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

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

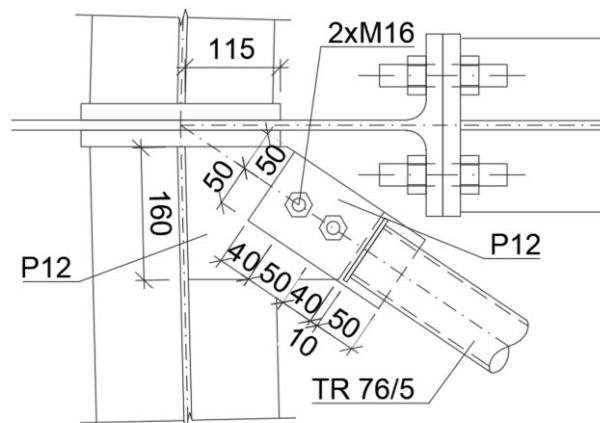
$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

### Vnitřní síly (kombinace NC11)

$$N_{Ed} := 16 \text{ kN}$$





## Posouzení šroubů ve smyku

### Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

### Únosnost šroubu v otláčení

$$t := 12 \text{ mm}$$

$$p_1 := 50 \text{ mm}$$

$$e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \left[ \begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right] \right) = 0.676$$

$$k_1 := \min \left( \left[ \begin{array}{c} 2.5 \\ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \end{array} \right] \right) = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 93.44 \text{ kN}$$

### Celková únosnost šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \left[ \begin{array}{c} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right] \right) = 120.576 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 16 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení svarů trubky s plechem

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 4 \cdot 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot l_w} = 20 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 34.641 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení svarů styčnickového plechu

$\alpha := 34^\circ$  úhel mezi ztužidlem a žebrem

### Svar styčnickového plechu s čelní deskou

$N_{Ed.1} := N_{Ed} \cdot \cos(\alpha) = 13.265 \text{ kN}$  složka normálové síly ve směru svaru

$a_w := 4 \text{ mm}$  tloušťka svaru

$l_w := 2 \cdot 115 \text{ mm}$  délka svaru

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.1}}{a_w \cdot l_w} = 14.418 \text{ MPa}$$

- ostatní složky napětí jsou zjednodušeně uvažovány nulové

$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$

$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 24.973 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Svar styčnickového plechu se stojinou prstence

$N_{Ed.2} := N_{Ed} \cdot \sin(\alpha) = 8.947 \text{ kN}$  složka normálové síly ve směru svaru

$a_w := 4 \text{ mm}$  tloušťka svaru

$l_w := 2 \cdot 160 \text{ mm}$  délka svaru

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.2}}{a_w \cdot l_w} = 6.99 \text{ MPa}$$

- ostatní složky napětí jsou zjednodušeně uvažovány nulové

$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$

$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 12.107 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Přípoj stěnového ztužidla k rámovému rohu - osa 6

- posudek platí i pro přípoj ztužidla na ose 13 - přípoj ztužidla stejný je a ve ztužidle působí menší normálová síla

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$

Šrouby: **M16 8.8**

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

$$A_s := 157 \text{ mm}^2$$

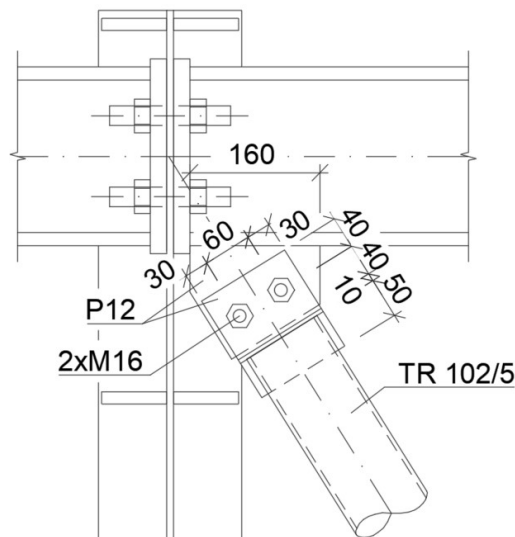
$$d := 16 \text{ mm}$$

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

$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$



Vnitřní síly (kombinace NC26)

$$N_{Ed} := 90 \text{ kN}$$

**Posouzení šroubů ve smyku**

Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$t := 12 \text{ mm}$$

$$e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_2 := 30 \text{ mm}$$

$$p_2 := 60 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right) = 0.741$$

$$k_1 := \min \left( \begin{array}{c} 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \\ 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7 \\ 2.5 \end{array} \right) = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 102.4 \text{ kN}$$

Celková únosnost šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \begin{array}{c} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right) = 120.576 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 90 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů trubky s plechem

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 4 \cdot 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot l_w} = 112.5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 194.856 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svaru styčnickového plechu s pásnicí prstence

$$\alpha := 58^\circ \quad \text{úhel mezi ztužidlem a pásnicí prstence}$$

$$N_{Ed.1} := N_{Ed} \cdot \cos(\alpha) = 47.693 \text{ kN} \quad \text{vodorovná složka normálové síly}$$

$$N_{Ed.2} := N_{Ed} \cdot \sin(\alpha) = 76.324 \text{ kN} \quad \text{svislá složka normálové síly}$$

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 2 \cdot 160 \text{ mm} = 320 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$e := 38 \text{ mm} \quad \text{excentricita svislé složky normálové síly}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.1}}{a_w \cdot l_w} = 37.26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \frac{N_{Ed.2}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot l_w} + \frac{N_{Ed.2} \cdot e}{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_w \cdot \left(\frac{l_w}{2}\right)^2} = 102.247 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 102.247 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 214.435 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kol} = 102.247 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Přípoj střešního ztužidla k rámovému rohu - osa 6

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$

Šrouby: **M16 8.8**

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

$$A_s := 157 \text{ mm}^2$$

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

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

$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

Vnitřní síly (kombinace NC01)

$$N_{Ed} := 55 \text{ kN}$$

**Posouzení šroubů ve smyku**

Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

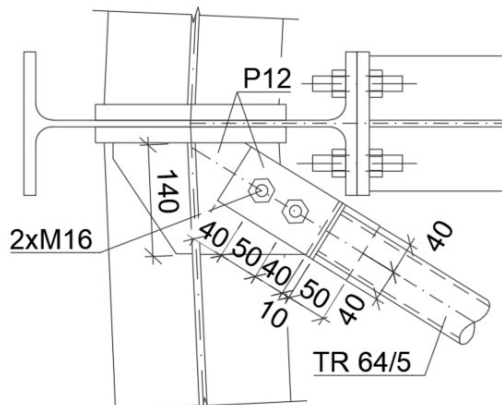
$$t := 12 \text{ mm}$$

$$e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_2 := 40 \text{ mm}$$

$$p_1 := 50 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \left[ \begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right] \right) = 0.676$$



$$k_1 := \min \left( \left[ \begin{array}{c} 2.5 \\ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \end{array} \right] \right) = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 93.44 \text{ kN}$$

Celková únosnost šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \left[ \begin{array}{c} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right] \right) = 120.576 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 55 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů trubky s plechem

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 4 \cdot 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot l_w} = 68.75 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 119.078 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů styčnickového plechu

- pro posouzení je uvažován pouze svar se stojinou prstence

$$\alpha := 32^\circ \quad \text{úhel mezi ztužidlem a žebrem}$$

$$N_{Ed.1} := N_{Ed} \cdot \cos(\alpha) = 46.643 \text{ kN} \quad \text{vodorovná složka normálové síly}$$

$$N_{Ed.2} := N_{Ed} \cdot \sin(\alpha) = 29.146 \text{ kN} \quad \text{svislá složka normálové síly}$$

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 2 \cdot 140 \text{ mm} = 280 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$e := 62 \text{ mm} \quad \text{excentricita vodorovné složky normálové síly}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.2}}{a_w \cdot l_w} = 26.023 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \frac{N_{Ed.1}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot l_w} + \frac{N_{Ed.1} \cdot e}{\sqrt{2} \cdot 2 \cdot \frac{1}{6} \cdot a_w \cdot \left(\frac{l_w}{2}\right)^2} = 107.694 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 107.694 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 220.054 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kol} = 107.694 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Přípoj střešních ztužidel k obloukovému nosníku - osa 13

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

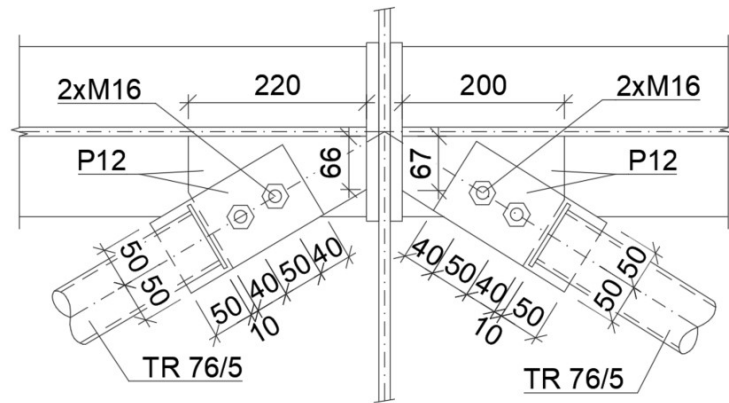
$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$



**Šrouby: M16 8.8**

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

$$A_s := 157 \text{ mm}^2$$

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

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

$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

Vnitřní síly (kombinace NC01)

$$N_{Ed} := 20 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v pravém ztužidle}$$

$$N_{Ed} = 5 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v levém ztužidle}$$

Poznámka: Bude posuzován pouze přípoj ztužidla na pravé straně. Přípoj levého ztužidla bude proveden stejným způsobem.

**Posouzení šroubů ve smyku**

Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v,Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$t := 12 \text{ mm}$$

$$p_1 := 50 \text{ mm}$$

$$e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_2 := 50 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \left[ \begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right] \right) = 0.676$$

$$k_1 := \min \left( \left[ \begin{array}{c} 2.5 \\ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \end{array} \right] \right) = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 93.44 \text{ kN}$$

Celková únosnost šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \left[ \begin{array}{c} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right] \right) = 120.576 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 20 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů trubky s plechem

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 4 \cdot 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot l_w} = 25 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 43.301 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů styčnickového plechu

$$\alpha := 32^\circ \quad \text{úhel mezi ztužidlem a žebrem}$$

Svar styčnickového plechu se stojinou žebra

$$N_{Ed.1} := N_{Ed} \cdot \cos(\alpha) = 16.961 \text{ kN} \quad \text{složka normálové síly ve směru svaru}$$

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 2 \cdot 200 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.1}}{a_w \cdot l_w} = 10.601 \text{ MPa}$$

- ostatní složky napětí jsou zjednodušeně uvažovány nulové

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 18.361 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Svar styčnickového plechu s čelní deskou

$$N_{Ed.2} := N_{Ed} \cdot \sin(\alpha) = 10.598 \text{ kN} \quad \text{složka normálové síly ve směru svaru}$$

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 2 \cdot 67 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$



$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.2}}{a_w \cdot l_w} = 19.773 \text{ MPa}$$

- ostatní složky napětí jsou zjednodušeně uvažovány nulové

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 34.248 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Přípoj střechních ztužidel k obloukovému nosníku - osa 6

### Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$

### Šrouby: **M16 8.8**

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

$$A_s := 157 \text{ mm}^2$$

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

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

$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

### Vnitřní síly

$$N_{Ed.P} := 74 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v pravém ztužidle; kombinace NC01}$$

$$N_{Ed.L} := 74 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v levém ztužidle; kombinace NC26}$$

Poznámka: Posouzení šroubů a svarů trubky s plechem bude pro oba přípoje společný, svary styčnickových plechů budou posouzeny zvlášť.

### Posouzení šroubů ve smyku

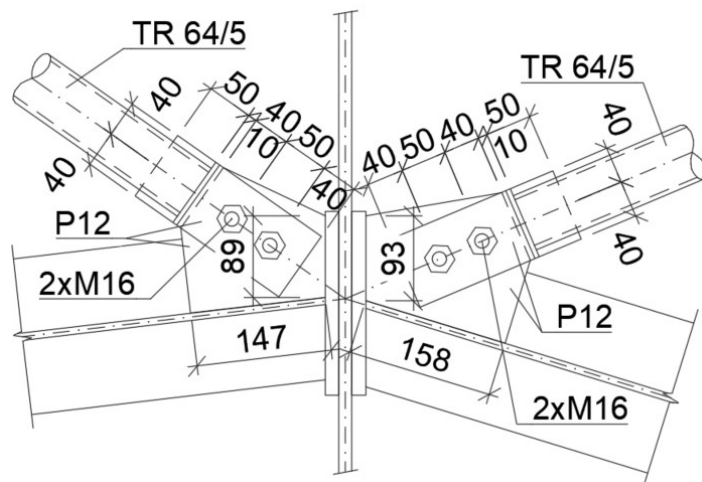
#### Únosnost šroubu ve stříhu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

#### Únosnost šroubu v otláčení

$$t := 12 \text{ mm}$$

$$p_1 := 50 \text{ mm}$$



$$e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_2 := 40 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \left[ \begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right] \right) = 0.676$$

$$k_1 := \min \left( \left[ \begin{array}{c} 2.5 \\ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \end{array} \right] \right) = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 93.44 \text{ kN}$$

Celková únosnost šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \left[ \begin{array}{c} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right] \right) = 120.576 \text{ kN} \geq N_{Ed.P} = 74 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů trubky s plechem

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 4 \cdot 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.P}}{a_w \cdot l_w} = 92.5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 160.215 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů styčnickového plechu - pravý přípoj

Svar styčnickového plechu se stojinou žebra

$$N_{Ed.1} := 72 \text{ kN} \quad \text{složka normálové síly ve směru svaru}$$

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 2 \cdot 158 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.1}}{a_w \cdot l_w} = 56.962 \text{ MPa}$$

- ostatní složky napětí jsou zjednodušeně uvažovány nulové

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 98.661 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

#### Svar styčnickového plechu s čelní deskou

$N_{Ed,2} := 50 \text{ kN}$  složka normálové síly ve směru svaru

$a_w := 4 \text{ mm}$  tloušťka svaru

$l_w := 2 \cdot 93 \text{ mm}$  délka svaru

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed,2}}{a_w \cdot l_w} = 67.204 \text{ MPa}$$

- ostatní složky napětí jsou zjednodušeně uvažovány nulové

$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$

$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 116.401 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

#### **Posouzení svarů styčnickového plechu - levý přípoj**

##### Svar styčnickového plechu se stojinou žebra

$N_{Ed,1} := 61 \text{ kN}$  složka normálové síly ve směru svaru

$a_w := 4 \text{ mm}$  tloušťka svaru

$l_w := 2 \cdot 147 \text{ mm}$  délka svaru

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed,1}}{a_w \cdot l_w} = 51.871 \text{ MPa}$$

- ostatní složky napětí jsou zjednodušeně uvažovány nulové

$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$

$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 89.843 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

##### Svar styčnickového plechu s čelní deskou

$N_{Ed,2} := 50 \text{ kN}$  složka normálové síly ve směru svaru

$a_w := 4 \text{ mm}$  tloušťka svaru

$l_w := 2 \cdot 89 \text{ mm}$  délka svaru

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed,2}}{a_w \cdot l_w} = 70.225 \text{ MPa}$$

- ostatní složky napětí jsou zjednodušeně uvažovány nulové

$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$

$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 121.633 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Přípoj střechních ztužidel k žebru - osa 7

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$

Šrouby: **M16 8.8**

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

$$A_s := 157 \text{ mm}^2$$

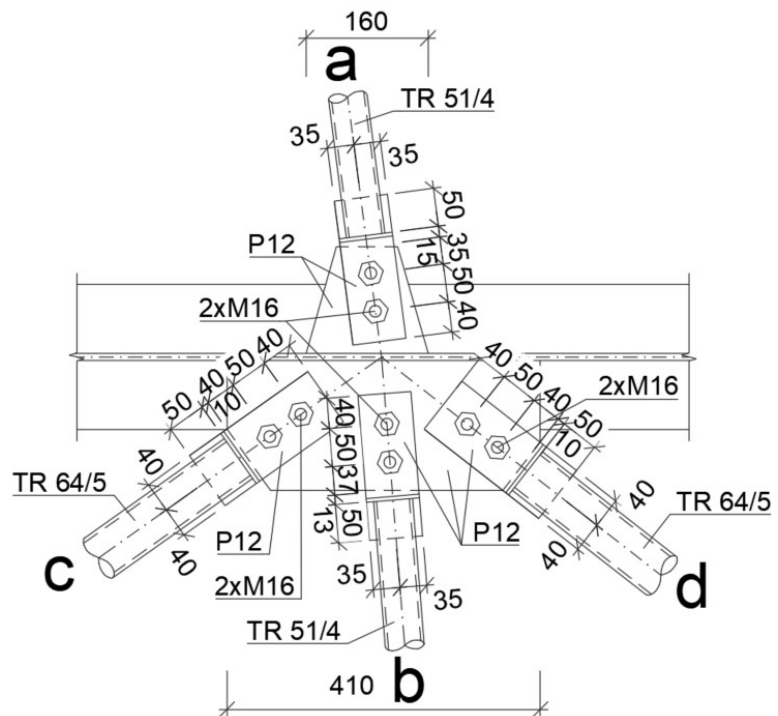
$$d := 16 \text{ mm}$$

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

$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$



Vnitřní síly

$$N_{Ed,a} := 1 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v trubce "a"; tah; kombinace NC30}$$

$$N_{Ed,b} := 9 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v trubce "b"; tlak; kombinace NC11}$$

$$N_{Ed,c} := 74 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v trubce "c"; tah; kombinace NC01}$$

$$N_{Ed,d} := 56 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v trubce "d"; tlak; kombinace NC01}$$

Poznámka: Svary styčnickového plechu v přípoji "a" nebudou posuzovány. V přípoji působí velmi malá normálová síla, navržené svary  $a_w = 4 \text{ mm}$  bezpečně vyhoví.

**Posouzení šroubů ve smyku - přípoj "a" a "b"**

Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v,Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$t := 12 \text{ mm} \quad p_1 := 50 \text{ mm} \quad e_1 := 40 \text{ mm} \quad e_2 := 35 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right) = 0.676$$

$$k_1 := \min \left( \left[ \begin{array}{c} 2.5 \\ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \end{array} \right] \right) = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 93.44 \text{ kN}$$

Celková únosnost šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \left[ \begin{array}{c} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right] \right) = 120.576 \text{ kN} \geq N_{Ed,b} = 9 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení šroubů ve smyku - přípoj "b" a "c"

Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$t := 12 \text{ mm}$$

$$p_1 := 50 \text{ mm}$$

$$e_1 := 40 \text{ mm}$$

$$e_2 := 40 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \left[ \begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right] \right) = 0.676$$

$$k_1 := \min \left( \left[ \begin{array}{c} 2.5 \\ 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \end{array} \right] \right) = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 93.44 \text{ kN}$$

Celková únosnost šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \left[ \begin{array}{c} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right] \right) = 120.576 \text{ kN} \geq N_{Ed,c} = 74 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů trubky s plechem

- přípoj "c" - největší normálová síla

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 4 \cdot 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed,c}}{a_w \cdot l_w} = 92.5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 160.215 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů styčnickového plechu ztužidel "b", "c", "d"

Vodorovná složka výslednice sil

$$N_{Ed,1} := N_{Ed,b} \cdot \cos(85^\circ) + N_{Ed,c} \cdot \cos(35^\circ) + N_{Ed,d} \cdot \cos(38^\circ) = 105.53 \text{ kN}$$

Svislá složka výslednice sil

$$N_{Ed,2} := N_{Ed,b} \cdot \sin(85^\circ) - N_{Ed,c} \cdot \sin(35^\circ) + N_{Ed,d} \cdot \sin(38^\circ) = 0.998 \text{ kN}$$

- kolmé složky napětí jsou uvažovány nulové

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 2 \cdot 410 \text{ mm} = 820 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed,1}}{a_w \cdot l_w} = 32.174 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 55.727 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Přípoj stěnových ztužidel ke sloupu - osa 1

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

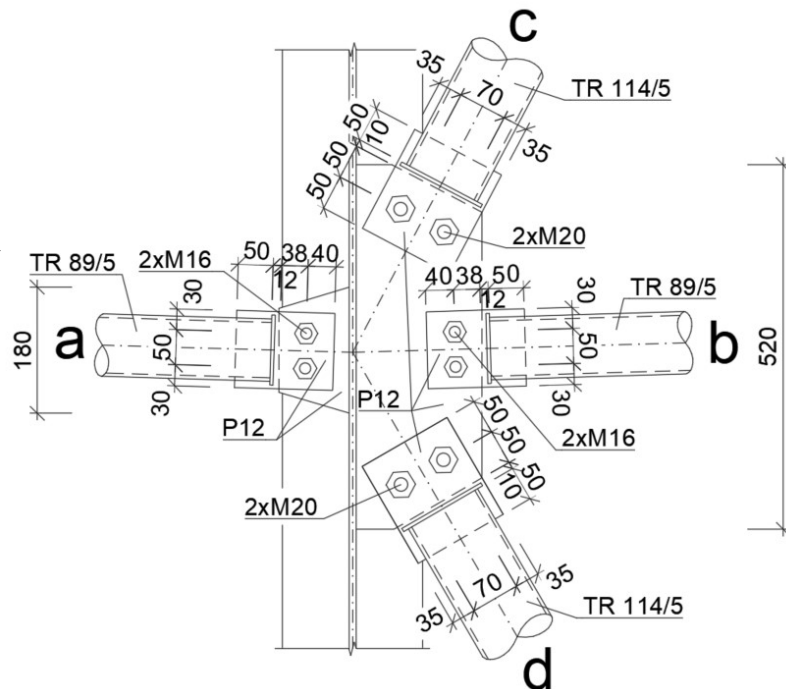
$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$



## Šrouby

### **M16 8.8**

$$A_{M16} := 201 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.M16} := 157 \text{ mm}^2$$

$$d_{M16} := 16 \text{ mm}$$

$$d_{0.M16} := 18 \text{ mm}$$

### **M20 8.8**

$$A_{M20} := 314 \text{ mm}^2$$

$$A_{s.M20} := 245 \text{ mm}^2$$

$$d_{M20} := 20 \text{ mm}$$

$$d_{0.M20} := 22 \text{ mm}$$

$$\alpha_v := 0.6 \quad f_{ub} := 800 \text{ MPa} \quad \gamma_{M2} := 1.25$$

## Vnitřní síly

$$N_{Ed.a} := 87 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v trubce "a"; tlak; kombinace NC27}$$

$$N_{Ed.b} := 38 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v trubce "b"; tlak; kombinace NC23}$$

$$N_{Ed.c} := 154 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v trubce "c"; tah; kombinace NC26}$$

$$N_{Ed.d} := 95 \text{ kN} \quad \text{normálová síla v trubce "d"; tlak; kombinace NC20}$$

## Posouzení šroubů ve smyku - přípoj "a" a "b"

### Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_{s.M16} \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 60.288 \text{ kN}$$

### Únosnost šroubu v otláčení

$$t := 12 \text{ mm}$$

$$e_1 := 38 \text{ mm}$$

$$e_2 := 30 \text{ mm}$$

$$p_2 := 50 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \left[ \begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_{0.M16}} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right] \right) = 0.704$$

$$k_1 := \min \left( \left[ \begin{array}{c} 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_{0.M16}} - 1.7 \\ 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_{0.M16}} - 1.7 \\ 2.5 \end{array} \right] \right) = 2.189$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d_{M16} \cdot t}{\gamma_{M2}} = 85.174 \text{ kN}$$

### Celková únosnost šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \left[ \begin{array}{c} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right] \right) = 120.576 \text{ kN} \quad \geq \quad N_{Ed.a} = 87 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení šroubů ve smyku - přípoj "b" a "c"

### Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v.Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

### Únosnost šroubu v otláčení

$$t := 12 \text{ mm}$$

$$e_1 := 50 \text{ mm}$$

$$e_2 := 35 \text{ mm}$$

$$p_2 := 70 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \begin{array}{c} \frac{e_1}{3 \cdot d_{0.M20}} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right) = 0.758$$

$$k_1 := \min \left( \begin{array}{c} 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_{0.M20}} - 1.7 \\ 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_{0.M20}} - 1.7 \\ 2.5 \end{array} \right) = 2.5$$

$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d_{M20} \cdot t}{\gamma_{M2}} = 130.909 \text{ kN}$$

### Celková únosnost šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \begin{array}{c} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right) = 188.16 \text{ kN} \geq N_{Ed.c} = 154 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Posouzení svarů trubky s plechem

- přípoj "c" - největší normálová síla

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 4 \cdot 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.c}}{a_w \cdot l_w} = 192.5 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 333.42 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$



### Posouzení svarů styčnickového plechu ztužidla "a"

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 2 \cdot 180 \text{ mm} = 360 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$e := 3 \text{ mm}$  excentricita působící síly je zanedbatelná

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

$$\sigma_{kol} := \frac{N_{Ed.a}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot l_w} = 42.721 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 42.721 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 85.442 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kol} = 42.721 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů styčnickového plechu ztužidel "b", "c", "d"

Vodorovná výslednice sil

$$N_{Ed.1} := N_{Ed.b} - N_{Ed.c} \cdot \sin(28^\circ) + N_{Ed.d} \cdot \sin(30^\circ) = 13.201 \text{ kN}$$

Svislá složka výslednice sil

$$N_{Ed.2} := N_{Ed.c} \cdot \cos(28^\circ) + N_{Ed.d} \cdot \cos(30^\circ) = 218.246 \text{ kN}$$

- kolmé složky napětí jsou uvažovány nulové

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 2 \cdot 520 \text{ mm} = 1.04 \text{ m} \quad \text{délka svaru}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.2}}{a_w \cdot l_w} = 52.463 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{kol} := \frac{N_{Ed.1}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot l_w} = 2.244 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 2.244 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 90.979 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Přípoj stěnového ztužidla k patě sloupu - osa 2

Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$

**M20 8.8**

$$A := 314 \text{ mm}^2$$

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

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

Vnitřní síly (kombinace NC26)

$$N_{Ed} := 145 \text{ kN}$$

**Posouzení šroubů ve smyku**

Únosnost šroubu ve střihu

$$F_{v,Rd} := \frac{\alpha_v \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 94.08 \text{ kN}$$

Únosnost šroubu v otláčení

$$t := 12 \text{ mm}$$

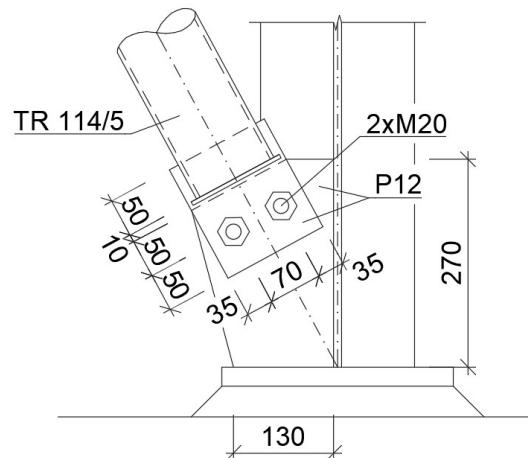
$$e_1 := 50 \text{ mm}$$

$$e_2 := 35 \text{ mm}$$

$$p_2 := 70 \text{ mm}$$

$$\alpha_b := \min \left( \begin{array}{l} \frac{e_1}{3 \cdot d_0} \\ \frac{f_{ub}}{f_u} \\ 1.0 \end{array} \right) = 0.758$$

$$k_1 := \min \left( \begin{array}{l} 2.8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1.7 \\ 1.4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1.7 \\ 2.5 \end{array} \right) = 2.5$$



$$F_{b.Rd} := \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 130.909 \text{ kN}$$

Celková únosnost šroubů ve smyku

$$V_{Rd} := 2 \cdot \min \left( \left[ \begin{array}{l} F_{v.Rd} \\ F_{b.Rd} \end{array} \right] \right) = 188.16 \text{ kN} \quad \geq \quad N_{Ed} = 145 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů trubky s plechem

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 4 \cdot 50 \text{ mm} = 200 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed}}{a_w \cdot l_w} = 181.25 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 313.934 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení svarů styčnickového plechu

$$\alpha := 28^\circ \quad \text{úhel mezi ztužidlem a sloupem}$$

Svar styčnickového plechu s čelní deskou

$$N_{Ed.1} := N_{Ed} \cdot \sin(\alpha) = 68.073 \text{ kN} \quad \text{složka normálové síly ve směru svaru}$$

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 2 \cdot 130 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.1}}{a_w \cdot l_w} = 65.455 \text{ MPa}$$

- ostatní složky napětí jsou zjednodušeně uvažovány nulové

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 113.372 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Svar styčnickového plechu se stojinou sloupu

$$N_{Ed.2} := N_{Ed} \cdot \cos(\alpha) = 128.027 \text{ kN} \quad \text{složka normálové síly ve směru svaru}$$

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 2 \cdot 270 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\tau_{\parallel} := \frac{N_{Ed.2}}{a_w \cdot l_w} = 59.272 \text{ MPa}$$

- ostatní složky napětí jsou zjednodušeně uvažovány nulové

$$\sigma_{kol} := 0 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 0 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 102.662 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Přípoj sloupu na obloukový nosník

### Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

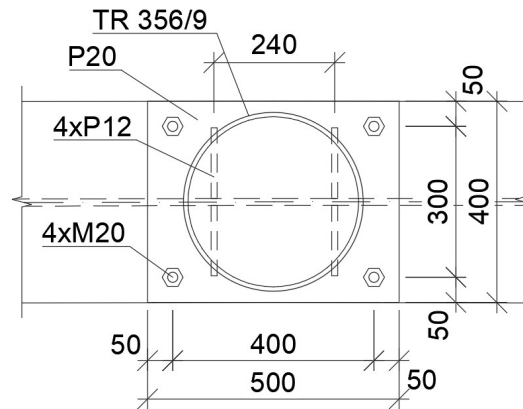
$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$



### Šrouby: **M20 8.8**

$$A := 314 \text{ mm}^2$$

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

$$d := 20 \text{ mm}$$

$$d_0 := 22 \text{ mm}$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$f_{ub} := 800 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

### Sloup: **TR 356/9**

$$t_{tr} := 9 \text{ mm}$$

### Čelní deska

$$t_d := 20 \text{ mm}$$

### Obloukový nosník

$$t_{f.o} := 18 \text{ mm} \quad t_{w.o} := 14 \text{ mm}$$

### Vnitřní síly

$$N_{c.Ed} := 580 \text{ kN} \quad \text{tlak; kombinace NC01}$$

$$N_{t.Ed} := 132 \text{ kN} \quad \text{tah; kombinace NC30}$$

### Posouzení svaru profilu s čelní deskou

$$a_w := 4 \text{ mm} \quad \text{tloušťka svaru}$$

$$l_w := 2237 \text{ mm} \quad \text{délka svaru}$$

$$\sigma_{kol} := \frac{N_{t.Ed}}{\sqrt{2} \cdot a_w \cdot l_w} = 10.431 \text{ MPa}$$

$$\tau_{kol} := \sigma_{kol} = 10.431 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{\sigma_{kol}^2 + 3 \cdot (\tau_{kol}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = 20.862 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{kol} = 10.431 \text{ MPa} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 288 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení tahové únosnosti přípoje - čelní deska v ohybu

$$m := 73 \text{ mm}$$

$$n := \sqrt{2 \cdot (50 \text{ mm})^2} = 70.711 \text{ mm}$$

$$l_{eff} := 2 \cdot 50 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

Plastický momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff} \cdot t_d^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2.35 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace čelní desky

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.Rd}}{m} = 128.767 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací čelní desky

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 171.577 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

Návrhová únosnost šroubového přípoje

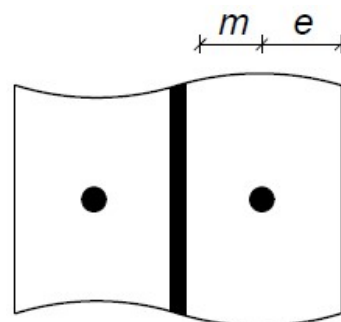
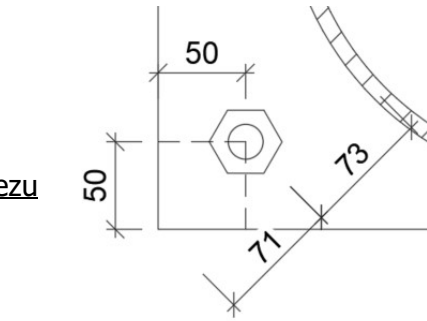
$$F_{t.2.Rd} := 2 \cdot \min \left( \begin{matrix} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{matrix} \right) = 257.534 \text{ kN} \geq N_{t.Ed} = 132 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení tahové únosnosti přípoje - pásnice obloukového nosníku v ohybu

$$m := \frac{400 \text{ mm} - 14 \text{ mm}}{2} = 193 \text{ mm}$$

$$e := 50 \text{ mm}$$

$$n := \min \left( \begin{matrix} e \\ 1.25 \cdot m \end{matrix} \right) = 50 \text{ mm}$$



### Ekvivalentní délky náhradního T-průřezu

Šrouby působí samostatně

Kruhové porušení

$$l_{eff.cp} := 2 \cdot \pi \cdot m = 1.213 \text{ m}$$

Nekruhové porušení

$$l_{eff.nc} := 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 834.5 \text{ mm}$$

$$l_{eff.1} := \min \left( \begin{array}{l} l_{eff.cp} \\ l_{eff.nc} \end{array} \right) = 834.5 \text{ mm}$$

$$l_{eff.2} := l_{eff.nc} = 834.5 \text{ mm}$$

### Plastické momenty únosnosti náhradního T-průřezu

$$M_{pl.1.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.1} \cdot t_{f.o}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 15.885 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_{pl.2.Rd} := \frac{1}{4} \cdot l_{eff.2} \cdot t_{f.o}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 15.885 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Únosnost jednoho šroubu v tahu

$$F_{t.Rd} := \frac{0.9 \cdot A_s \cdot f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 141.12 \text{ kN}$$

### Návrhová únosnost řady šroubů

a) Úplná plastifikace čelní desky

$$F_{t.a.Rd} := \frac{4 \cdot M_{pl.1.Rd}}{m} = 329.217 \text{ kN}$$

b) Porušení šroubů s plastifikací čelní desky

$$F_{t.b.Rd} := \frac{2 \cdot M_{pl.2.Rd} + n \cdot 2 \cdot F_{t.Rd}}{m + n} = 188.812 \text{ kN}$$

c) Porušení šroubů

$$F_{t.c.Rd} := 2 \cdot F_{t.Rd} = 282.24 \text{ kN}$$

### Návrhová únosnost šroubového přípoje

$$F_{t.2.Rd} := 2 \cdot \min \left( \begin{array}{l} F_{t.a.Rd} \\ F_{t.b.Rd} \\ F_{t.c.Rd} \end{array} \right) = 377.625 \text{ kN} \geq N_{t.Ed} = 132 \text{ kN}$$

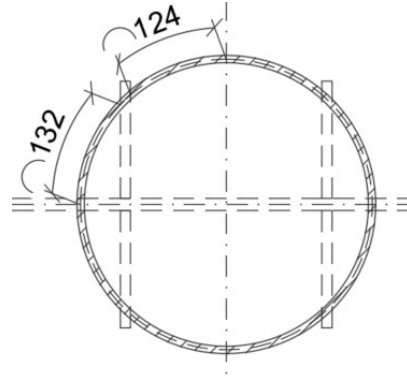
VYHOVUJE

## Posouzení únosnosti účinného průřezu výztuhy

### a) průřez sloupu

$$l_{s,eff} := 15 \cdot \varepsilon \cdot t_{tr} = 135 \text{ mm} \quad \text{vzdálenost působení průřezu od výztuhy}$$

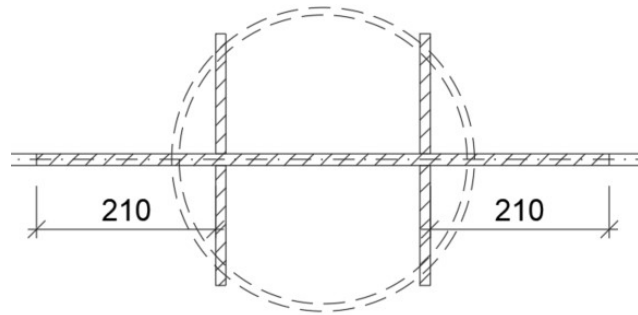
Celý průřez trubky je účinný, není potřeba posuzovat únosnost oslabeného průřezu.



### b) stojina obloukového nosníku

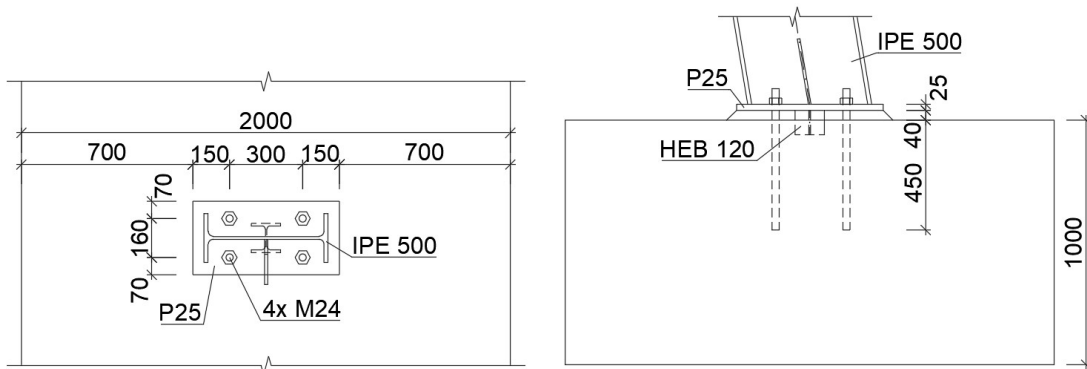
$$l_{s,eff} := 15 \cdot \varepsilon \cdot t_{w,o} = 210 \text{ mm}$$

$$A_{eff} := 16128 \text{ mm}^2$$



$$N_{Rd} := A_{eff} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 3.79 \text{ MN} \geq N_{c.Ed} = 580 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

## Základ a kotvení obvodového sloupu



### Vnitřní síly

$N_{Ed.c} := 426 \text{ kN}$	maximální tlak - kombinace NK26 - osa 1
$N_{Ed.t} := 354 \text{ kN}$	maximální tah - kombinace NK26 - osa 2
$V_{z.Ed} := 65 \text{ kN}$	smysková síla - směr z - kombinace NK26 - osa 2
$V_{y.Ed} := 34 \text{ kN}$	smysková síla - směr y - kombinace NK26 - osa 2

V kotvení sloupů na osách 1 a 2 (sloupy u stěnových ztužidel) vznikají velké tahové síly způsobené příčným zatížením. Z toho důvodu není vhodné založení na patkách. Obvodové sloupy budou založeny na **základovém pasu**, který zajistí roznos tahových sil. Do základového pasu je nutné navrhnout výztuž, která přenesese tyto smyskové síly a ohybové momenty.

Návrh základových konstrukcí není předmětem této práce.

Další možností by bylo snížit tahové síly v kotvení přidáním dalších ztužidel mezi osy 2 a 3. Tím by se maximální hodnota tahové síly v kotvení snížila na  $197 \text{ kN}$ .

### Rozměry základového pasu

Šířka: 2 m

Výška: 1 m

### Posouzení smyskové zarážky

Chemické kotvy budou sloužit pro přenos tahu, na přenos smyskových sil je navržena smysková zarážka.

#### Ocel: **S235**

$$f_y := 235 \text{ MPa}$$

$$f_u := 360 \text{ MPa}$$

$$E := 210 \text{ GPa}$$

$$G := 80 \text{ GPa}$$

$$\varepsilon := \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} = 1$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$\gamma_{M1} := 1$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$\beta_w := 0.8$$



**Beton: C20/25**

$f_{ck} := 20 \text{ MPa}$

$\gamma_C := 1.5$

**Průřez: HEB 120**

$b := 120 \text{ mm}$

$t_f := 11 \text{ mm}$

$t_w := 6.5 \text{ mm}$

$A_{v,z} := 1096 \text{ mm}^2$

$A_{v,y} := 2 \cdot b \cdot t_f = (2.64 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$

$W_{pl,y} := 165.2 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

$W_{pl,z} := 80.94 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

**Výška zarážky**

$$h_{z,min} := \frac{\sqrt{V_{z,Ed}^2 + V_{y,Ed}^2}}{b \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_C}} = 45.847 \text{ mm}$$

**NÁVRH:**  $h_z := 60 \text{ mm}$

**Posouzení - smyk**

$$V_{z,Rd} := \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 148.702 \text{ kN} \geq V_{z,Ed} = 65 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$V_{y,Rd} := \frac{A_{v,y} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 358.188 \text{ kN} \geq V_{y,Ed} = 34 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení - ohyb**

$t_{pod} := 40 \text{ mm}$  výška podlití

$e := 40 \text{ mm} + \frac{h_z}{2} = 70 \text{ mm}$

$M_{y,Ed} := V_{z,Ed} \cdot e = 4.55 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{z,Ed} := V_{y,Ed} \cdot e = 2.38 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$\frac{M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = 0.242 \leq \text{VYHOVUJE}$$

**Posouzení svarů**

- návrh svarů na plnou únosnost průřezu

Svar patří desky a pásnice zarážky

$$a_{1,min} := \frac{t_f}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{\frac{f_u}{\sqrt{2}}} = 5.077 \text{ mm} \quad a_1 := 6 \text{ mm}$$

### Svar patní desky a stojiny zarážky

$$a_{2.min} := \frac{t_w}{2} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot \frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}{f_u} = 3 \text{ mm} \quad a_2 := 6 \text{ mm}$$

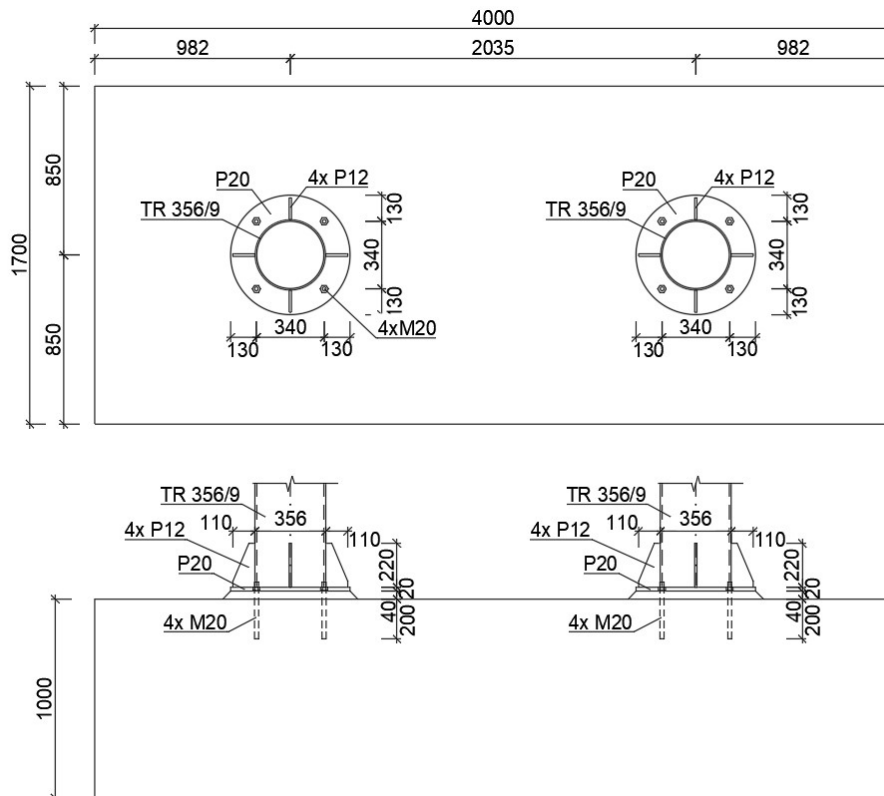
### **Posouzení kotvení na tlakovou a tahovou sílu**

Posouzení v HILTI PROFIS Engineering - viz. příloha Q

#### Využití:

Tah:	89 %
Smyk:	2 %
Kombinace:	75 %

### **Základ a kotvení vnitřních sloupů**



#### Vnitřní síly

Maximální tlak na patku (kombinace NK01)

$$N_{Ed.01.A} := 711 \text{ kN} \quad \text{sloup A}$$

$$N_{Ed.01.B} := 726 \text{ kN} \quad \text{sloup B}$$

Maximální tah v kotvení (kombinace NK30)

$$N_{Ed.30.A} := 122 \text{ kN} \quad \text{sloup A; tah}$$

$$N_{Ed.30.B} := 48 \text{ kN} \quad \text{sloup B; tlak}$$

### Rozměry základové patky

$R_d := 300 \text{ kPa}$  uvažovaná únosnost zeminy

$$A_{min} := \frac{N_{Ed.01.A} + N_{Ed.01.B}}{R_d} = 4.79 \text{ m}^2 \quad \text{minimální půdorysná plocha patky}$$

$$a_c := 4 \text{ m}$$

$$b_c := 1.7 \text{ m}$$

$$h_c := 1 \text{ m}$$

$$A := a_c \cdot b_c = 6.8 \text{ m}^2 \geq A_{min} = 4.79 \text{ m}^2$$

### Ověření stability patky proti překlpení

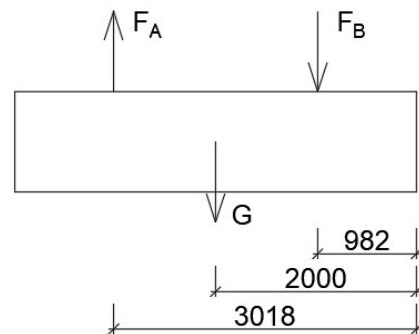
$$\gamma_c := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$G := a_c \cdot b_c \cdot h_c \cdot \gamma_c = 170 \text{ kN}$$

$$r_A := 3.018 \text{ m}$$

$$r_B := 0.982 \text{ m}$$

$$r_G := 2 \text{ m}$$



$$N_{Ed.30.B} \cdot r_B + G \cdot r_G - N_{Ed.30.A} \cdot r_A = 18.94 \text{ kN} \cdot \text{m} \geq 0 \quad \text{VYHOVUJE}$$

### Posouzení kotvení na tlakovou a tahovou sílu

Posouzení v HILTI PROFIS Engineering - viz. příloha R

#### Využití:

Tah:	63 %
Smyk:	3 %
Kombinace:	50 %

# Seznam příloh

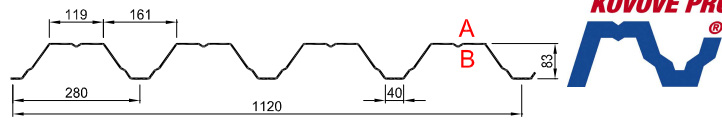
- Příloha A – Trapézový plech TR 85/280 – tabulky únosnosti
- Příloha B – Stěnový sendvičový panel KS1150 NF/TL 120 – tabulky únosnosti
- Příloha C – Trapézový plech Hacierco 40/160 – tabulky únosnosti
- Příloha D – Zatížení střešních žeber
- Příloha E – SCIA Engineer 19.1 – Zatěžovací stavy
- Příloha F – LTBeamN 1.0.3 – Kritický moment – Obloukový vazník
- Příloha G – LTBeamN 1.0.3 – Kritický moment – Sloup – osa 13
- Příloha H – LTBeamN 1.0.3 – Kritický moment – Žebro – osa 13
- Příloha I – LTBeamN 1.0.3 – Kritický moment – Sloup – osa 10
- Příloha J – LTBeamN 1.0.3 – Kritický moment – Žebro – osa 10
- Příloha K – LTBeamN 1.0.3 – Kritický moment – Sloup – osa 7
- Příloha L – LTBeamN 1.0.3 – Kritický moment – Žebro – osa 7
- Příloha M – LTBeamN 1.0.3 – Kritický moment – Sloup – osa 5
- Příloha N – LTBeamN 1.0.3 – Kritický moment – Žebro – osa 5
- Příloha O – LTBeamN 1.0.3 – Kritický moment – Žebro – osa 2
- Příloha P – LTBeamN 1.0.3 – Kritický moment – Sloup – osa 1
- Příloha Q – Hilti PROFIS Engineering 3.0.66 - Kotvení obvodového sloupu
- Příloha R – Hilti PROFIS Engineering 3.0.66 - Kotvení vnitřního sloupu

# **PŘÍLOHA A**

**TRAPÉZOVÝ PLECH TR 85/280 – TABULKY ÚNOSNOSTI**

# TR 85/280

pozitivní



KOVOVÉ PROFILY

dle ČSN EN 1993-1-3: 2010

$\gamma_{Mo} = 1,00$

Deformace = L/200

t <sub>N</sub> [mm]		g [kg/m <sup>2</sup> ]		Připustné rovnoměrné zatížení [kN/m <sup>2</sup> ]																							
				Rozpětí [m]																							
				2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00			
0,75	8,04	q <sub>d1</sub>	11,18	8,83	7,16	5,91	4,97	4,23	3,65	3,18	2,80	2,48	2,21	1,98	1,79	1,62	1,48	1,35	1,24	1,14	1,06	0,98	0,91				
		q <sub>d2</sub>	5,46	4,85	4,37	3,97	3,64	3,36	3,12	2,91	2,73	2,48	2,21	1,98	1,79	1,62	1,48	1,35	1,24	1,14	1,06	0,98	0,91				
		q <sub>k</sub>	8,59	6,03	4,40	3,30	2,54	2,00	1,60	1,30	1,07	0,90	0,75	0,64	0,55	0,47	0,41	0,36	0,32	0,28	0,25	0,22	0,20				
0,88	9,43	q <sub>d1</sub>	13,42	10,60	8,59	7,10	5,96	5,08	4,38	3,82	3,35	2,97	2,65	2,38	2,15	1,95	1,77	1,62	1,49	1,37	1,27	1,18	1,10				
		q <sub>d2</sub>	7,80	6,93	6,24	5,67	5,20	4,80	4,38	3,82	3,35	2,97	2,65	2,38	2,15	1,95	1,77	1,62	1,49	1,37	1,27	1,18	1,10				
		q <sub>k</sub>	10,60	7,44	5,43	4,08	3,14	2,47	1,98	1,61	1,32	1,10	0,93	0,79	0,68	0,59	0,51	0,45	0,39	0,35	0,31	0,28	0,25				
1,00	10,71	q <sub>d1</sub>	15,45	12,21	9,89	8,17	6,87	5,85	5,05	4,40	3,86	3,42	3,05	2,74	2,47	2,24	2,04	1,87	1,72	1,58	1,46	1,36	1,26				
		q <sub>d2</sub>	10,30	9,16	8,24	7,49	6,87	5,85	5,05	4,40	3,86	3,42	3,05	2,74	2,47	2,24	2,04	1,87	1,72	1,58	1,46	1,36	1,26				
		q <sub>k</sub>	12,17	8,54	6,23	4,68	3,60	2,84	2,27	1,85	1,52	1,27	1,07	0,91	0,78	0,67	0,58	0,51	0,45	0,40	0,35	0,32	0,28				
1,13	12,11	q <sub>d1</sub>	17,58	13,89	11,25	9,30	7,81	6,66	5,74	5,00	4,40	3,89	3,47	3,12	2,81	2,55	2,33	2,13	1,95	1,80	1,66	1,54	1,44				
		q <sub>d2</sub>	13,38	11,89	10,71	9,30	7,81	6,66	5,74	5,00	4,40	3,89	3,47	3,12	2,81	2,55	2,33	2,13	1,95	1,80	1,66	1,54	1,44				
		q <sub>k</sub>	13,81	9,70	7,07	5,31	4,09	3,22	2,58	2,10	1,73	1,44	1,21	1,03	0,88	0,76	0,66	0,58	0,51	0,45	0,40	0,36	0,32				
1,25	13,39	q <sub>d1</sub>	19,52	15,42	12,49	10,32	8,67	7,39	6,37	5,55	4,88	4,32	3,85	3,46	3,12	2,83	2,58	2,36	2,17	2,00	1,85	1,71	1,59				
		q <sub>d2</sub>	16,55	14,71	12,49	10,32	8,67	7,39	6,37	5,55	4,88	4,32	3,85	3,46	3,12	2,83	2,58	2,36	2,17	2,00	1,85	1,71	1,59				
		q <sub>k</sub>	15,33	10,77	7,85	5,90	4,54	3,57	2,86	2,33	1,92	1,60	1,35	1,14	0,98	0,85	0,74	0,65	0,57	0,50	0,45	0,40	0,36				
1,50	16,07	q <sub>d1</sub>	23,54	18,60	15,06	12,45	10,46	8,91	7,69	6,70	5,88	5,21	4,65	4,17	3,77	3,42	3,11	2,85	2,62	2,41	2,23	2,07	1,92				
		q <sub>d2</sub>	23,54	18,60	15,06	12,45	10,46	8,91	7,69	6,70	5,88	5,21	4,65	4,17	3,77	3,42	3,11	2,85	2,62	2,41	2,23	2,07	1,92				
		q <sub>k</sub>	18,50	12,99	9,47	7,12	5,48	4,31	3,45	2,81	2,31	1,93	1,62	1,38	1,18	1,02	0,89	0,78	0,69	0,61	0,54	0,48	0,43				

**LEGENDA**

**Prostý nosník**  
 q<sub>d1</sub> návrhová hodnota únosnosti : přesah TR plechu min. 124 mm za podporu  
 q<sub>d2</sub> návrhová hodnota únosnosti : šířka podpory min. 40 mm  
 q<sub>k</sub> charakteristická (normová) hodnota zatížení pro pružnou deformaci L/200, pro jinou mezní deformaci L/xxx přenásobte tabelizovanou hodnotou q<sub>k</sub> koeficientem 200/xxx

**Spojité nosníky**  
 šířka vnitřní podpory min. 140 mm, šířka krajní podpory min. 40 mm  
 šířka vnitřní podpory min. 80 mm, šířka krajní podpory min. 40 mm

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

Statický návrh trapezových plechů smí provádět pouze oprávněná osoba.  
 Statické tabulky slouží jako pomůcka, jejíž použití nesmí být zodpovědností za bezpečný návrh.

**Tabulky platí pouze pro daný trapezový profil ze sortimentu firmy Kovové profily, spol. s r. o. z materiálu S320GD.**

vydání 07.2013/SAB

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

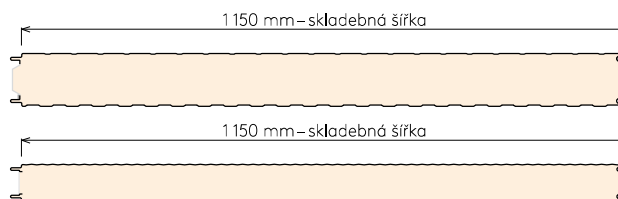
# **PŘÍLOHA B**

**STĚNOVÝ SENDVIČOVÝ PANEL KS1150 NF/TL 120 – TABULKY**

**ÚNOSNOSTI**

## Stěnový panel KS1150 NF/TL 120

plech vnější/vnitřní 0,6/0,4 mm, profilace M/Q, S280GD  
podle ČSN EN 14509



TLAK										
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení								
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	[kN/m <sup>2</sup> ]
prostý nosník ▲ — ▲	I., II., III.	40	40	53	65	76	85	94	102	<b>Význam hodnot v tabulce:</b> AA min. šířka krajní podpory [mm] X,XX max. rozpon [m] BB min. šířka střední podpory [mm]
		<b>11,34</b>	<b>9,12</b>	<b>7,72</b>	<b>6,69</b>	<b>5,98</b>	<b>5,46</b>	<b>5,06</b>	<b>4,73</b>	
spojitý nosník o 2 polích ▲ — ▲ — ▲	I.	40	40	40	43	53	64	73	82	
		<b>8,28</b>	<b>6,38</b>	<b>5,53</b>	<b>5,02</b>	<b>4,67</b>	<b>4,40</b>	<b>4,17</b>	<b>3,97</b>	
spojitý nosník o 2 polích ▲ — ▲ — ▲	II.	40	40	40	43	53	64	73	82	
		<b>8,28</b>	<b>6,38</b>	<b>5,53</b>	<b>5,02</b>	<b>4,67</b>	<b>4,40</b>	<b>4,17</b>	<b>3,97</b>	
spojitý nosník o 2 polích ▲ — ▲ — ▲	III.	40	40	40	43	53	64	73	82	
		<b>8,28</b>	<b>6,38</b>	<b>5,53</b>	<b>5,02</b>	<b>4,67</b>	<b>4,40</b>	<b>4,17</b>	<b>3,97</b>	
spojitý nosník o 3 polích ▲ — ▲ — ▲ — ▲	I.	40	40	40	51	61	70	78	87	
		<b>10,83</b>	<b>7,78</b>	<b>6,43</b>	<b>5,63</b>	<b>5,09</b>	<b>4,70</b>	<b>4,39</b>	<b>4,14</b>	
spojitý nosník o 3 polích ▲ — ▲ — ▲ — ▲	II.	40	40	40	51	61	70	78	87	
		<b>10,83</b>	<b>7,78</b>	<b>6,43</b>	<b>5,63</b>	<b>5,09</b>	<b>4,70</b>	<b>4,39</b>	<b>4,14</b>	
spojitý nosník o 3 polích ▲ — ▲ — ▲ — ▲	III.	40	40	40	51	61	70	78	87	
		<b>10,83</b>	<b>7,78</b>	<b>6,43</b>	<b>5,63</b>	<b>5,09</b>	<b>4,70</b>	<b>4,39</b>	<b>4,14</b>	

**Příklady začlenění odstínu do skupiny:**  
 I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010  
 II. barevná skupina RAL 9006, 9007  
 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000

**Přípustná deformace:**  
 – pro krátkodobé zatížení L/200  
 – pro dlouhodobá zatížení L/100  
 kde L je vzdálenost mezi podporami

SÁNÍ										
systém	barevná skupina	charakteristické proměnné zatížení								
		0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	[kN/m <sup>2</sup> ]
prostý nosník ▲ — ▲	I.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	<b>3,93</b>	3,68	<b>Význam hodnot v tabulce:</b> X,XX max. rozpon [m]
	II.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	
	III.	10,18	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	
spojitý nosník o 2 polích ▲ — ▲ — ▲	I.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	<b>Příklady začlenění odstínu do skupiny:</b> I. barevná skupina RAL 1015, 7035, 9002, 9010 II. barevná skupina RAL 9006, 9007 III. barevná skupina RAL 8004, 3009, 5010, 6020, 7016, 3000  <b>Přípustná deformace:</b> – pro krátkodobé zatížení L/200 – pro dlouhodobá zatížení L/100 kde L je vzdálenost mezi podporami
	II.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	
	III.	10,20	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	
spojitý nosník o 3 polích ▲ — ▲ — ▲ — ▲	I.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	
	II.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	
	III.	10,40	7,36	6,01	5,20	4,65	4,25	3,93	3,68	

Minimální šířka krajní podpory je 40 mm, minimální šířka střední podpory je 60 mm, nevyplývá-li z tabulek pro zatížení v tlaku šířka větší.

Tabulka platí pro běžná proměnná klimatická zatížení (typicky zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4). Pro jiné typy profilací, jiné tloušťky povrchových plechů a pro jiné požadavky zatížení (dlouhodobá zatížení, zatížení stálým teplotním gradientem v chladírnách apod.) kontaktujte technické oddělení pro konkrétní statické posouzení.

Výpočty jsou provedeny v souladu s ČSN EN 14509. Hodnoty mezních zatížení uvedené v tabulkách porovnávejte s charakteristickými hodnotami zatížení. Výpočty berou v úvahu vlastní hmotnost panelů. Možné chyby a opomenutí vyhrazeny. Mějte prosím na paměti, že tato tabulka nenahrazuje statický výpočet.



# **PŘÍLOHA C**

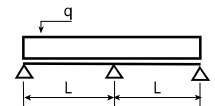
**TRAPÉZOVÝ PLECH HACIERCO 40/160 – TABULKY ÚNOSNOSTI**

## Hacierco 40/160

### Vysvětlivky

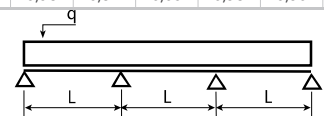
$q_{Ed} (c < 1,5h)$	návrhová hodnota únosnosti: krajní podpora šířky min. 40 mm s přesahem plechu 40 mm za podporu, vnitřní podpora šířky min. 120 mm [kN/m <sup>2</sup> ]
$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	návrhová hodnota únosnosti: krajní podpora šířky min. 40 mm s přesahem plechu 1,5 x výška plechu za podporu, vnitřní podpora šířky min. 120 mm [kN/m <sup>2</sup> ]
$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	charakteristická hodnota zatížení pro deformaci L/200 [kN/m <sup>2</sup> ]

### SPOJITÝ NOSNÍK SE DVĚMA SHODNÝMI POLI - SYMETRICKÝ PLECH



tN (mm)	g (kN/m <sup>2</sup> )	rozpětí pole L [m]																	
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	
0,55	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	11,81	8,27	6,13	4,73	3,76	3,07	2,55	2,15	1,84	1,57	1,36	1,18	1,04	0,92	0,82	0,74	0,67	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	11,81	8,27	6,13	4,73	3,76	3,07	2,55	2,15	1,84	1,57	1,36	1,18	1,04	0,92	0,82	0,74	0,67	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	26,18	13,41	7,76	4,89	3,27	2,30	1,68	1,26	0,97	0,76	0,61	0,50	0,41	0,34	0,29	0,24	0,21	
0,63	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	14,64	10,19	7,52	5,78	4,58	3,73	3,09	2,59	2,18	1,86	1,60	1,39	1,23	1,09	0,97	0,87	0,78	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	14,64	10,19	7,52	5,78	4,58	3,73	3,09	2,59	2,18	1,86	1,60	1,39	1,23	1,09	0,97	0,87	0,78	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	30,60	15,67	9,07	5,71	3,83	2,69	1,96	1,47	1,13	0,89	0,71	0,58	0,48	0,40	0,34	0,29	0,24	
0,75	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	18,88	13,05	9,57	7,32	5,79	4,69	3,83	3,17	2,66	2,27	1,95	1,70	1,50	1,33	1,18	1,06	0,96	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	18,88	13,05	9,57	7,32	5,79	4,69	3,83	3,17	2,66	2,27	1,95	1,70	1,50	1,33	1,18	1,06	0,96	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	37,11	19,00	10,99	6,92	4,64	3,26	2,37	1,78	1,37	1,08	0,87	0,70	0,58	0,48	0,41	0,35	0,30	
0,88	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	23,63	16,23	11,85	9,04	7,12	5,66	4,59	3,79	3,18	2,71	2,34	2,04	1,79	1,59	1,42	1,27	1,15	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	23,63	16,23	11,85	9,04	7,12	5,66	4,59	3,79	3,18	2,71	2,34	2,04	1,79	1,59	1,42	1,27	1,15	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	44,20	22,63	13,10	8,25	5,53	3,88	2,83	2,13	1,64	1,29	1,03	0,84	0,69	0,58	0,49	0,41	0,35	
1,00	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	28,14	19,24	13,99	10,64	8,26	6,53	5,29	4,37	3,67	3,13	2,70	2,35	2,06	1,83	1,63	1,46	1,32	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	28,14	19,24	13,99	10,64	8,26	6,53	5,29	4,37	3,67	3,13	2,70	2,35	2,06	1,83	1,63	1,46	1,32	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	50,78	26,00	15,05	9,48	6,35	4,46	3,25	2,44	1,88	1,48	1,18	0,96	0,79	0,66	0,56	0,47	0,41	
1,25	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	36,51	24,71	17,85	13,12	10,05	7,94	6,43	5,31	4,46	3,80	3,28	2,86	2,51	2,22	1,98	1,78	1,61	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	36,51	24,71	17,85	13,12	10,05	7,94	6,43	5,31	4,46	3,80	3,28	2,86	2,51	2,22	1,98	1,78	1,61	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	62,60	32,05	18,55	11,68	7,83	5,50	4,01	3,01	2,32	1,82	1,46	1,19	0,98	0,82	0,69	0,58	0,50	

### SPOJITÝ NOSNÍK SE TŘEMI SHODNÝMI POLI - SYMETRICKÝ PLECH



tN (mm)	g (kN/m <sup>2</sup> )	rozpětí pole L [m]																	
		1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	
0,55	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	14,15	9,96	7,41	5,74	4,58	3,74	3,11	2,63	2,26	1,96	1,70	1,48	1,30	1,15	1,03	0,92	0,83	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	14,15	9,96	7,41	5,74	4,58	3,74	3,11	2,63	2,26	1,96	1,70	1,48	1,30	1,15	1,03	0,92	0,83	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	20,35	10,42	6,03	3,80	2,54	1,79	1,30	0,98	0,75	0,59	0,47	0,39	0,32	0,27	0,22	0,19	0,16	
0,63	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	17,60	12,31	9,11	7,03	5,59	4,55	3,78	3,19	2,72	2,32	2,00	1,74	1,53	1,36	1,21	1,09	0,98	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	17,60	12,31	9,11	7,03	5,59	4,55	3,78	3,19	2,72	2,32	2,00	1,74	1,53	1,36	1,21	1,09	0,98	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	23,79	12,18	7,05	4,44	2,97	2,09	1,52	1,14	0,88	0,69	0,55	0,45	0,37	0,31	0,26	0,22	0,19	
0,75	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	22,76	15,80	11,63	8,93	7,08	5,75	4,76	3,96	3,33	2,83	2,44	2,13	1,87	1,66	1,48	1,33	1,20	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	22,76	15,80	11,63	8,93	7,08	5,75	4,76	3,96	3,33	2,83	2,44	2,13	1,87	1,66	1,48	1,33	1,20	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	28,84	14,77	8,55	5,38	3,61	2,53	1,85	1,39	1,07	0,84	0,67	0,55	0,45	0,38	0,32	0,27	0,23	
0,88	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	28,57	19,71	14,44	11,04	8,72	7,06	5,73	4,74	3,98	3,39	2,92	2,55	2,24	1,98	1,77	1,59	1,43	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	28,57	19,71	14,44	11,04	8,72	7,06	5,73	4,74	3,98	3,39	2,92	2,55	2,24	1,98	1,77	1,59	1,43	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	34,36	17,59	10,18	6,41	4,29	3,02	2,20	1,65	1,27	1,00	0,80	0,65	0,54	0,45	0,38	0,32	0,27	
1,00	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	34,09	23,41	17,08	13,03	10,27	8,16	6,61	5,46	4,59	3,91	3,37	2,94	2,58	2,29	2,04	1,83	1,65	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	34,09	23,41	17,08	13,03	10,27	8,16	6,61	5,46	4,59	3,91	3,37	2,94	2,58	2,29	2,04	1,83	1,65	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	39,48	20,21	11,70	7,37	4,93	3,47	2,53	1,90	1,46	1,15	0,92	0,75	0,62	0,51	0,43	0,37	0,32	
1,25	$q_{Ed} (c < 1,5h)$	44,42	30,19	21,87	16,40	12,56	9,92	8,04	6,64	5,58	4,76	4,10	3,57	3,14	2,78	2,48	2,23	2,01	
	$q_{Ed} (c \geq 1,5h)$	44,42	30,19	21,87	16,40	12,56	9,92	8,04	6,64	5,58	4,76	4,10	3,57	3,14	2,78	2,48	2,23	2,01	
	$q_{Ek} (\delta \leq L/200)$	48,66	24,92	14,42	9,08	6,08	4,27	3,11	2,34	1,80	1,42	1,13	0,92	0,76	0,63	0,53	0,45	0,39	

# **PŘÍLOHA D**

**ZATÍŽENÍ STŘEŠNÍCH ŽEBER**

# Zatížení žeber

## Rovnoměrné zatížení

Skladba	0.149	kN/m <sup>2</sup>	
Skladba min.	0.0804	kN/m <sup>2</sup>	(pouze tr. plech)
Užitné H	0.75	kN/m <sup>2</sup>	(zatěžováno pouze lokálně nad posuzovanými prvky)
Technologie	0.5	kN/m <sup>2</sup>	
Sníh rov.	0.512	kN/m <sup>2</sup>	
Sníh pol.	0.256	kN/m <sup>2</sup>	

Žebro	Zatěžovací šířka [m]		Skladba střechy [kN/m]		Skladba min. [kN/m]		Technologie [kN/m]	
	Dole	Nahoře	Dole	Nahoře	Dole	Nahoře	Dole	Nahoře
1	3.11	0.26	0.46	0.04	0.25	0.02	1.56	0.13
2	3.26	0.79	0.49	0.12	0.26	0.06	1.63	0.40
3	3.41	1.43	0.51	0.21	0.27	0.11	1.71	0.72
4	3.51	1.92	0.52	0.29	0.28	0.15	1.76	0.96
5	3.58	2.26	0.53	0.34	0.29	0.18	1.79	1.13
6	3.62	2.49	0.54	0.37	0.29	0.20	1.81	1.25
7	3.64	2.64	0.54	0.39	0.29	0.21	1.82	1.32
8	3.66	2.75	0.55	0.41	0.29	0.22	1.83	1.38
9	3.67	2.83	0.55	0.42	0.30	0.23	1.84	1.42
10	3.68	2.89	0.55	0.43	0.30	0.23	1.84	1.45
11	3.68	2.92	0.55	0.44	0.30	0.23	1.84	1.46
12	3.68	2.94	0.55	0.44	0.30	0.24	1.84	1.47
13	3.68	2.95	0.55	0.44	0.30	0.24	1.84	1.48

Žebro	Zatěžovací šířka [m]		Sníh rov. [kN/m]		Sníh pol. [kN/m]	
	Dole	Nahoře	Dole	Nahoře	Dole	Nahoře
1	3.11	0.26	1.59	0.13	0.80	0.07
2	3.26	0.79	1.67	0.40	0.83	0.20
3	3.41	1.43	1.75	0.73	0.87	0.37
4	3.51	1.92	1.80	0.98	0.90	0.49
5	3.58	2.26	1.83	1.16	0.92	0.58
6	3.62	2.49	1.85	1.27	0.93	0.64
7	3.64	2.64	1.86	1.35	0.93	0.68
8	3.66	2.75	1.87	1.41	0.94	0.70
9	3.67	2.83	1.88	1.45	0.94	0.72
10	3.68	2.89	1.88	1.48	0.94	0.74
11	3.68	2.92	1.88	1.50	0.94	0.75
12	3.68	2.94	1.88	1.51	0.94	0.75
13	3.68	2.95	1.88	1.51	0.94	0.76

## Nerovnoměrné zatížení - podélné

Sníh navátý - maximum

$s_k$  0.324 kN/m<sup>2</sup>

Vítr podélný

$w_{k,A}$  0.963 kN/m<sup>2</sup>

$w_{k,B}$  0.352 kN/m<sup>2</sup>

$w_{k,C}$  0.176 kN/m<sup>2</sup>

Žebro	Zatěžovací šířka [m]		Souřadnice x [m]		Sníh nav. pod. [kN/m]		Vítr podélný [kN/m]	
	Dole	Nahoře	Dole	Nahoře	Dole	Nahoře	Dole	Nahoře
1A	3.11	0.26	0.00	8.04	0.00	0.04	2.99	0.22
2A	3.26	0.79	1.15	8.82	0.07	0.12	3.08	0.65
3A	3.41	1.43	3.20	10.35	0.19	0.26	3.10	1.13
4A	3.51	1.92	5.82	12.37	0.36	0.42	3.04	1.46
5A	3.58	2.26	8.81	14.68	0.55	0.58	2.93	1.63
6A	3.62	2.49	12.03	17.19	0.76	0.75	2.77	1.69
7A	3.64	2.64	15.41	19.84	0.98	0.79	2.58	1.68
8A	3.66	2.75	18.90	22.59	1.16	0.70	2.38	1.62
9A	3.67	2.83	22.46	25.41	0.94	0.58	2.18	1.54
10A	3.68	2.89	26.07	28.29	0.71	0.44	1.96	1.44
11A	3.68	2.92	29.72	31.19	0.47	0.30	1.74	1.31
12A	3.68	2.94	33.39	34.13	0.24	0.15	1.52	1.18
13	3.68	2.95	37.07	37.07	0.00	0.00	1.30	1.04
12B	3.68	2.94	40.75	40.01	0.12	0.08	1.23	0.99
11B	3.68	2.92	44.42	42.94	0.24	0.15	1.17	0.95
10B	3.68	2.89	48.06	45.85	0.35	0.22	1.10	0.90
9B	3.67	2.83	51.67	48.72	0.47	0.29	1.04	0.84
8B	3.66	2.75	55.24	51.54	0.58	0.35	0.97	0.78
7B	3.64	2.64	58.72	54.29	0.49	0.40	0.91	0.71
6B	3.62	2.49	62.10	56.94	0.38	0.37	0.84	0.64
5B	3.58	2.26	65.32	59.45	0.28	0.29	0.78	0.56
4B	3.51	1.92	68.31	61.77	0.18	0.21	0.71	0.45
3B	3.41	1.43	70.94	63.78	0.10	0.13	0.65	0.32
2B	3.26	0.79	72.98	65.32	0.03	0.06	0.59	0.17
1B	3.11	0.26	74.13	66.09	0.00	0.02	0.55	0.06

## Nerovnoměrné zatížení - příčné

Sníh navátý - maximum

$s_k$  0.537 kN/m<sup>2</sup>

Vítr příčný

$w_{k,A}$  1.360 kN/m<sup>2</sup>

$w_{k,B}$  0.480 kN/m<sup>2</sup>

$w_{k,C}$  0.350 kN/m<sup>2</sup>

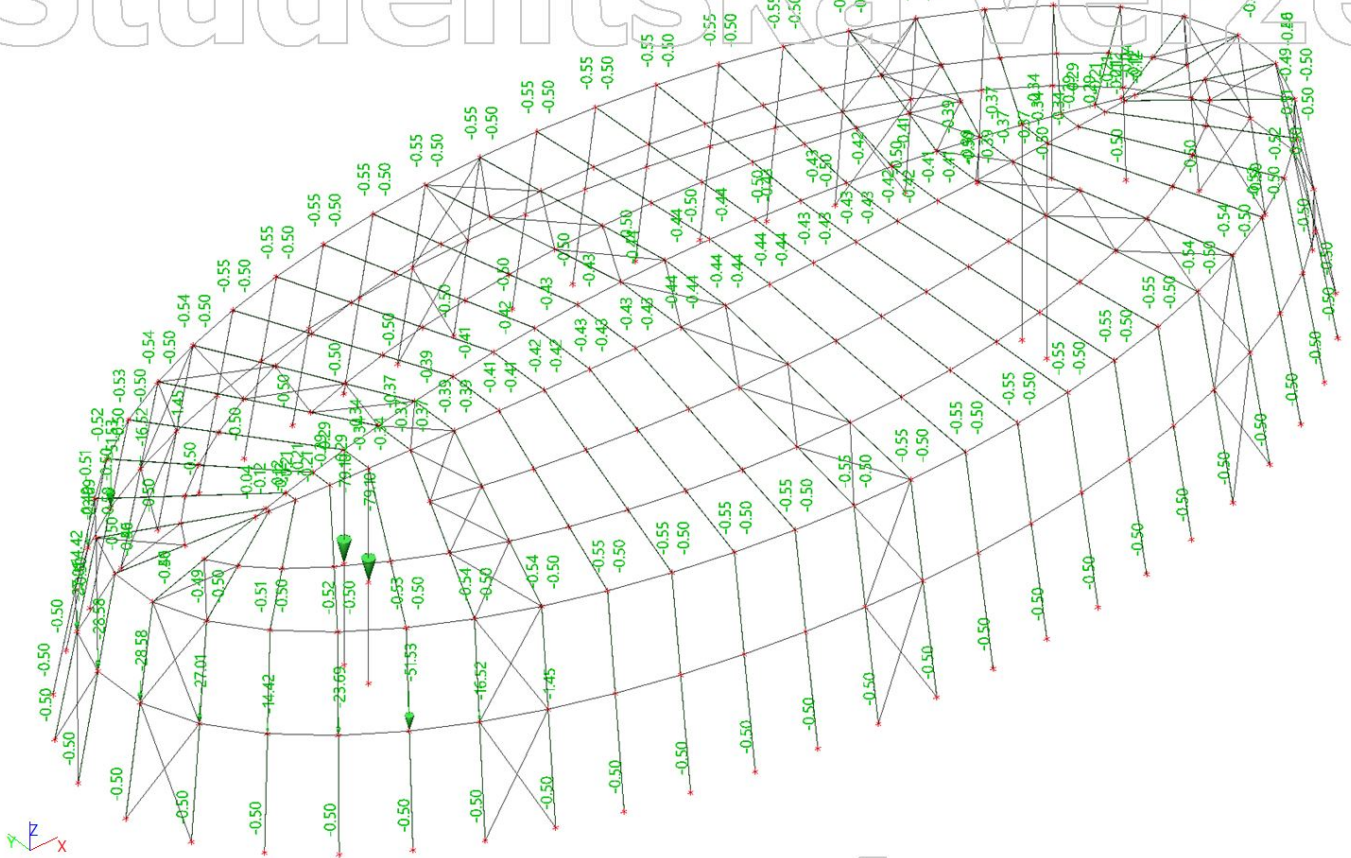
Žebro	Zatěžovací šířka [m]			Souřadnice y [m]		Sníh nav. př. [kN/m]			Vítr příčný [kN/m]	
	Dole	V poli	Nahoře	Dole	Nahoře	Dole	V poli	Nahoře	Dole	Nahoře
13	3.68	3.26	2.95	0.00	15.27	0.00	1.75	0.49	5.00	1.78
12A	3.68	3.25	2.94	0.09	15.29	0.00	1.75	0.49	4.99	1.77
11A	3.68	3.24	2.92	0.36	15.37	0.00	1.74	0.48	4.94	1.75
10A	3.68	3.22	2.89	0.81	15.49	0.00	1.73	0.46	4.86	1.71
9A	3.67	3.19	2.83	1.46	15.67	0.00	1.71	0.44	4.73	1.65
8A	3.66	3.15	2.75	2.31	15.89	0.00	1.69	0.41	4.56	1.58
7A	3.64	3.08	2.64	3.39	16.14	0.00	1.65	0.37	4.34	1.48
6A	3.62	2.99	2.49	4.71	16.43	0.00	1.61	0.33	4.08	1.36
5A	3.58	2.86	2.26	6.31	16.75	0.00	1.54	0.27	3.75	1.20
4A	3.51	2.67	1.92	8.24	17.07	0.00	1.43	0.21	3.34	0.99
3A	3.41	2.4	1.43	10.53	17.38	0.00	1.29	0.14	2.86	0.71
2A	3.26	2.06	0.79	13.21	17.63	0.00	1.11	0.06	2.30	0.38
1A	3.11	1.8	0.26	16.21	17.77	0.00	0.97	0.00	1.73	0.12
1D	3.11	1.8	0.26	19.32	17.77	0.00	0.48	0.00	1.46	0.12
2D	3.26	2.06	0.79	22.33	17.90	0.00	0.55	0.03	1.46	0.38
3D	3.41	2.4	1.43	25.01	18.15	0.00	0.64	0.07	1.46	0.68
4D	3.51	2.67	1.92	27.30	18.46	0.00	0.72	0.10	1.44	0.91
5D	3.58	2.86	2.26	29.22	18.79	0.00	0.77	0.14	1.42	1.07
6D	3.62	2.99	2.49	30.82	19.10	0.00	0.80	0.16	1.39	1.17
7D	3.64	3.08	2.64	32.15	19.39	0.00	0.83	0.19	1.36	1.24
8D	3.66	3.15	2.75	33.22	19.65	0.00	0.85	0.21	1.34	1.28
9D	3.67	3.19	2.83	34.08	19.87	0.00	0.86	0.22	1.32	1.31
10D	3.68	3.22	2.89	34.72	20.04	0.00	0.86	0.23	1.31	1.34
11D	3.68	3.24	2.92	35.18	20.17	0.00	0.87	0.24	1.30	1.35
12D	3.68	3.25	2.94	35.44	20.24	0.00	0.87	0.24	1.29	1.36
13'	3.68	3.26	2.95	35.53	20.27	0.00	0.88	0.25	1.29	1.36

# **PŘÍLOHA E**

**SCIA ENGINEER 19.1 – ZATĚŽOVACÍ STAVY**

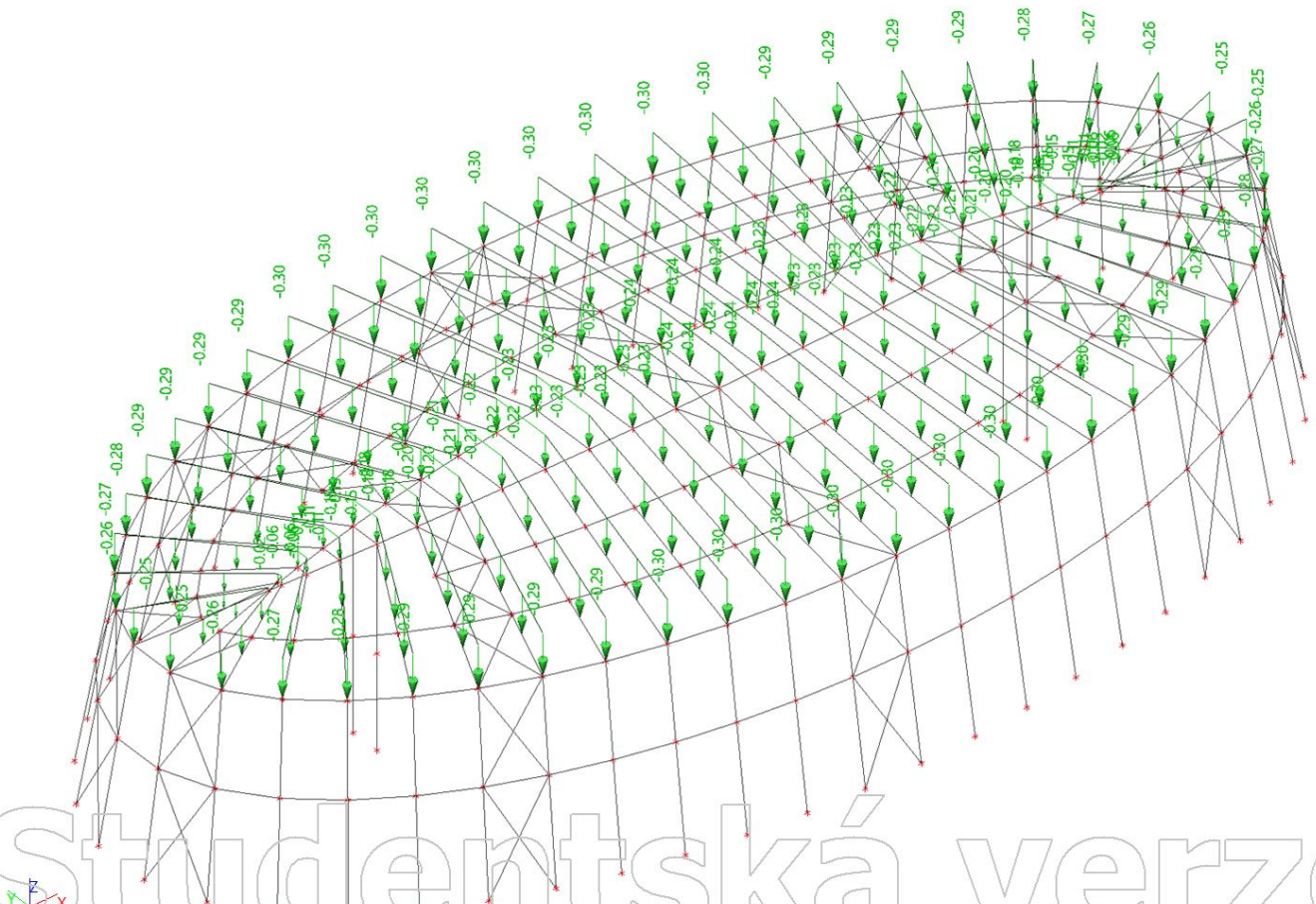
# 1. ZS2 - Skladby

Studentská verze



# 2. ZS3 - Skladby - minimální

Studentská verze

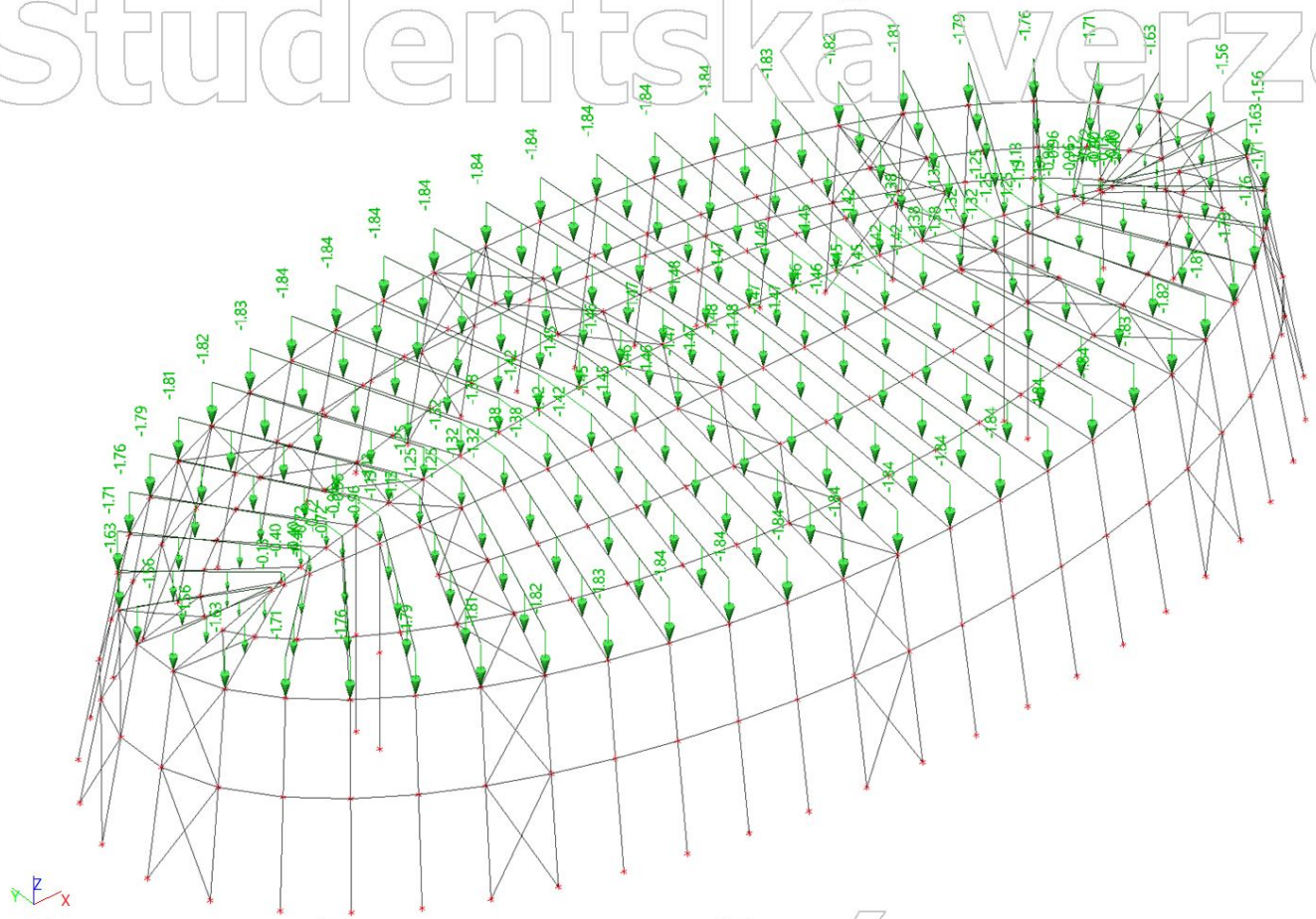


Studentská verze



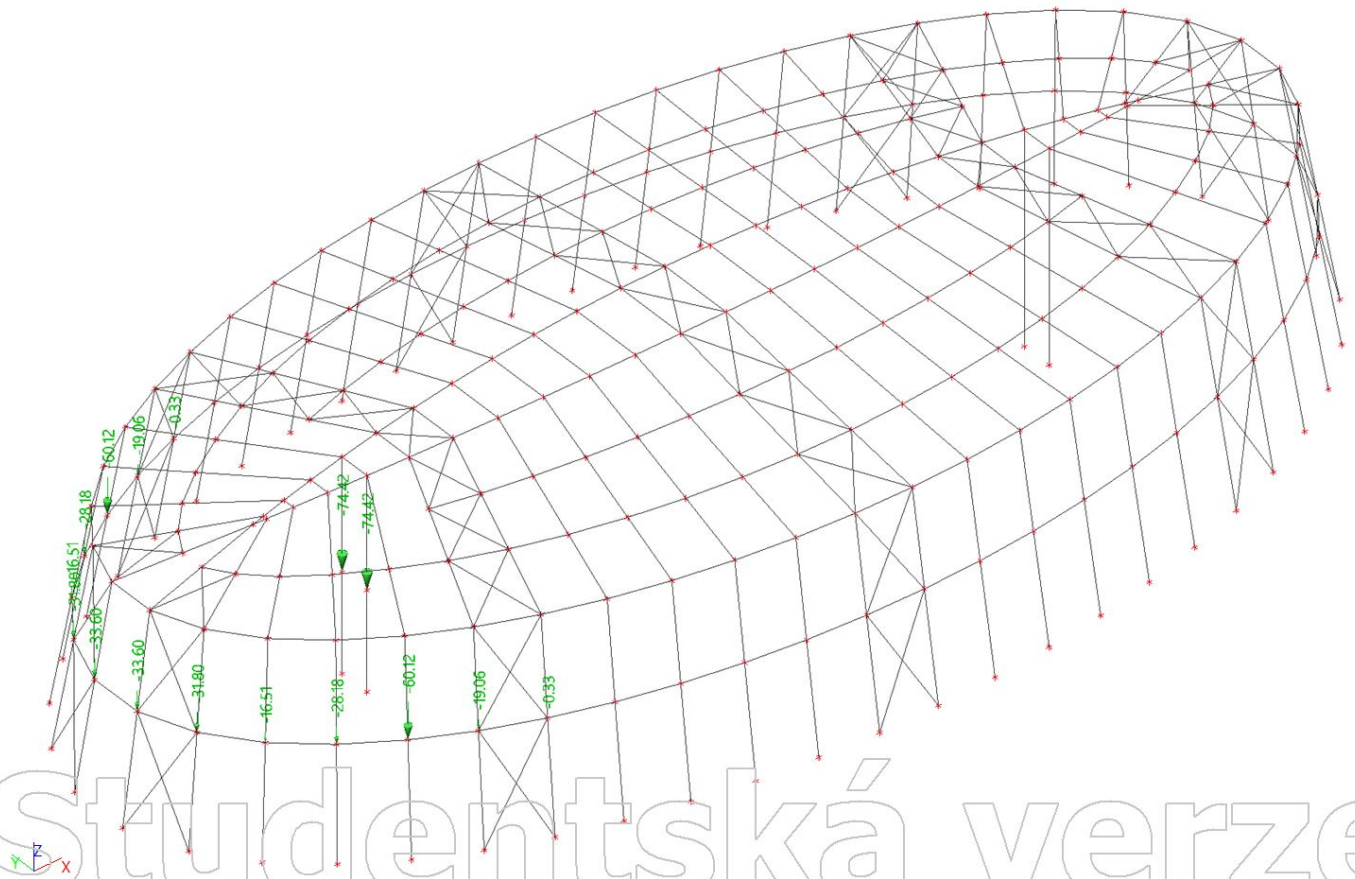
### 3. ZS4 - Technologie

Studentská verze



### 4. ZS5 - Užiténé

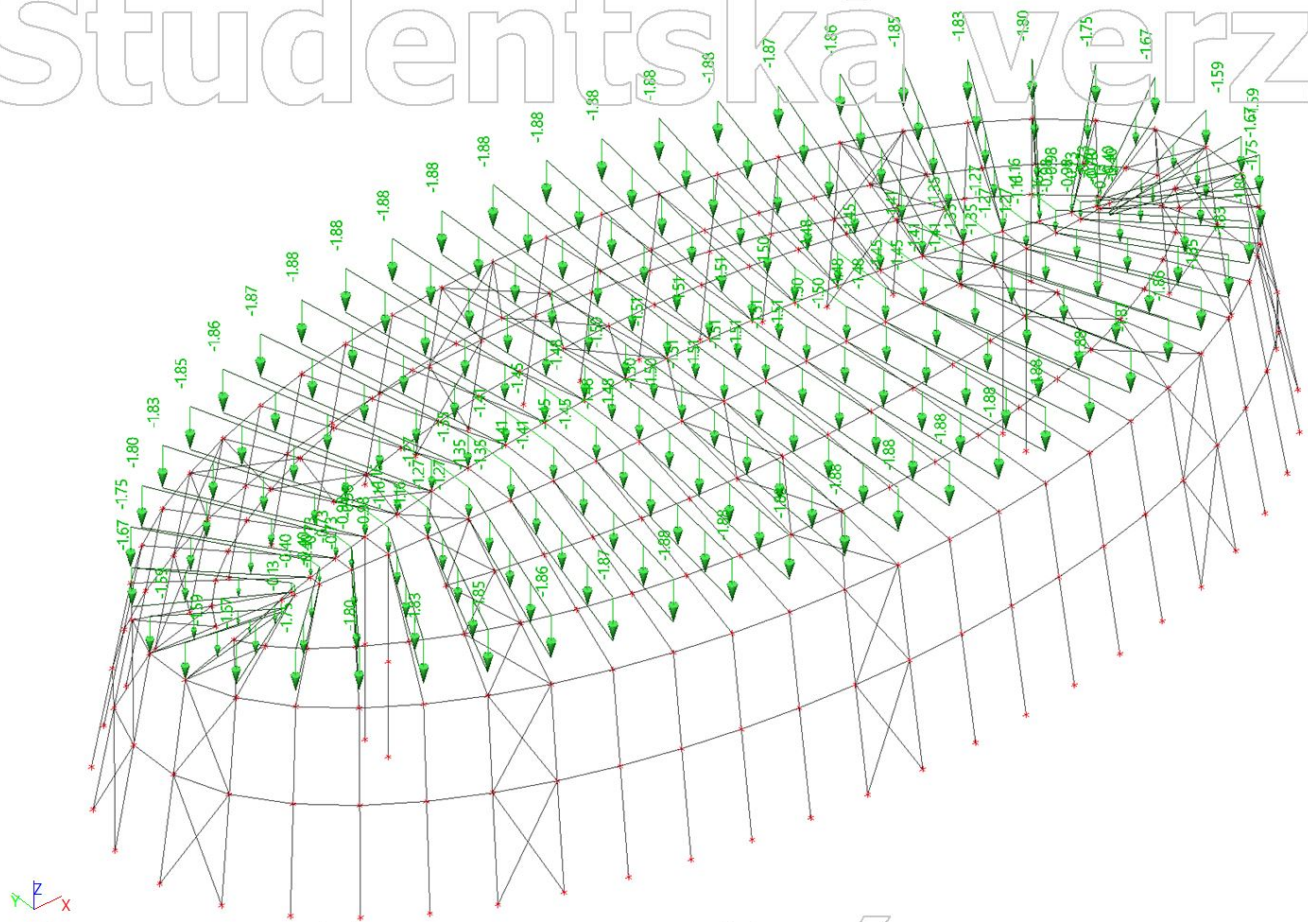
Studentská verze



Studentská verze

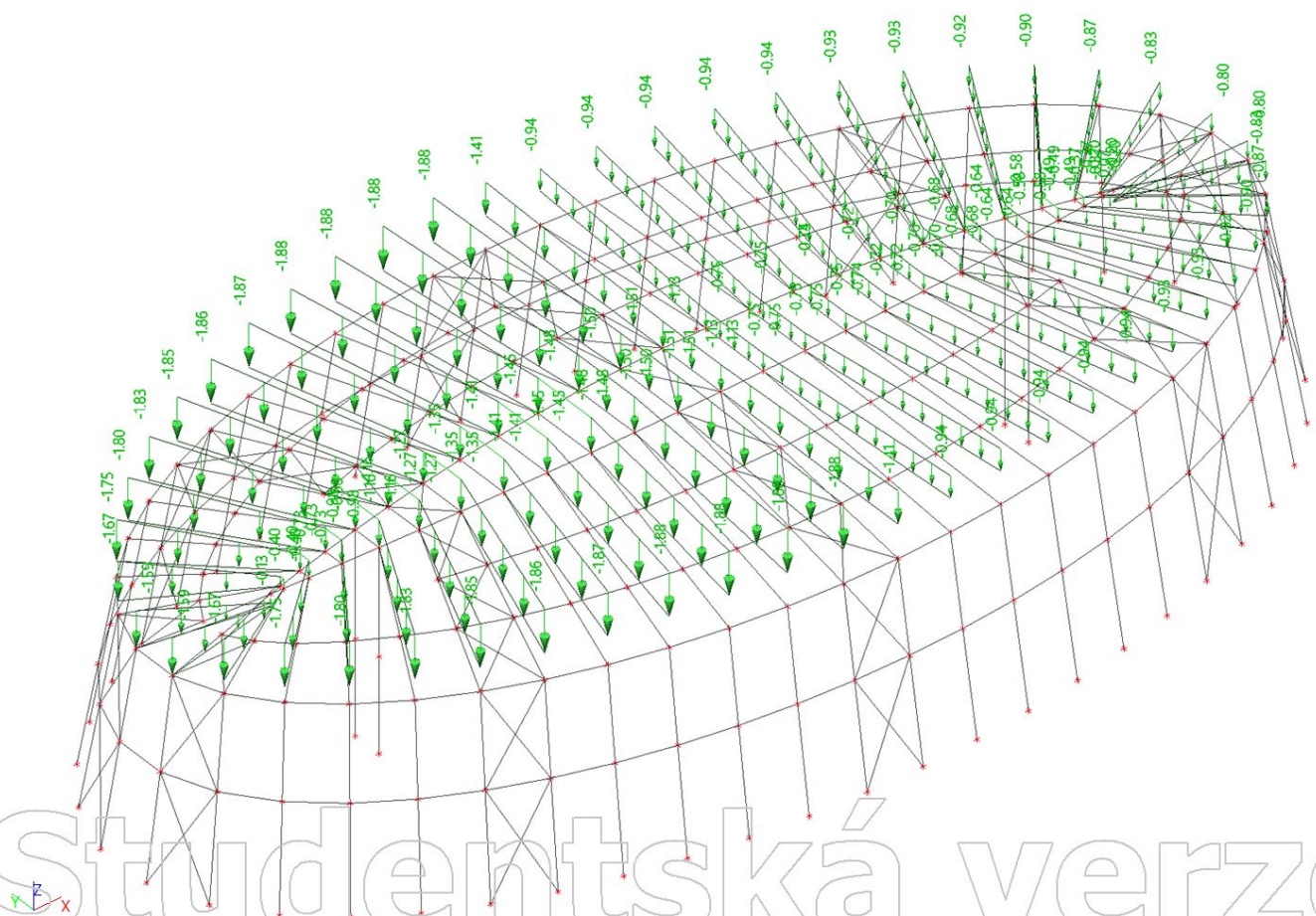
## 5. ZS6 - Sníh

Studentská verze



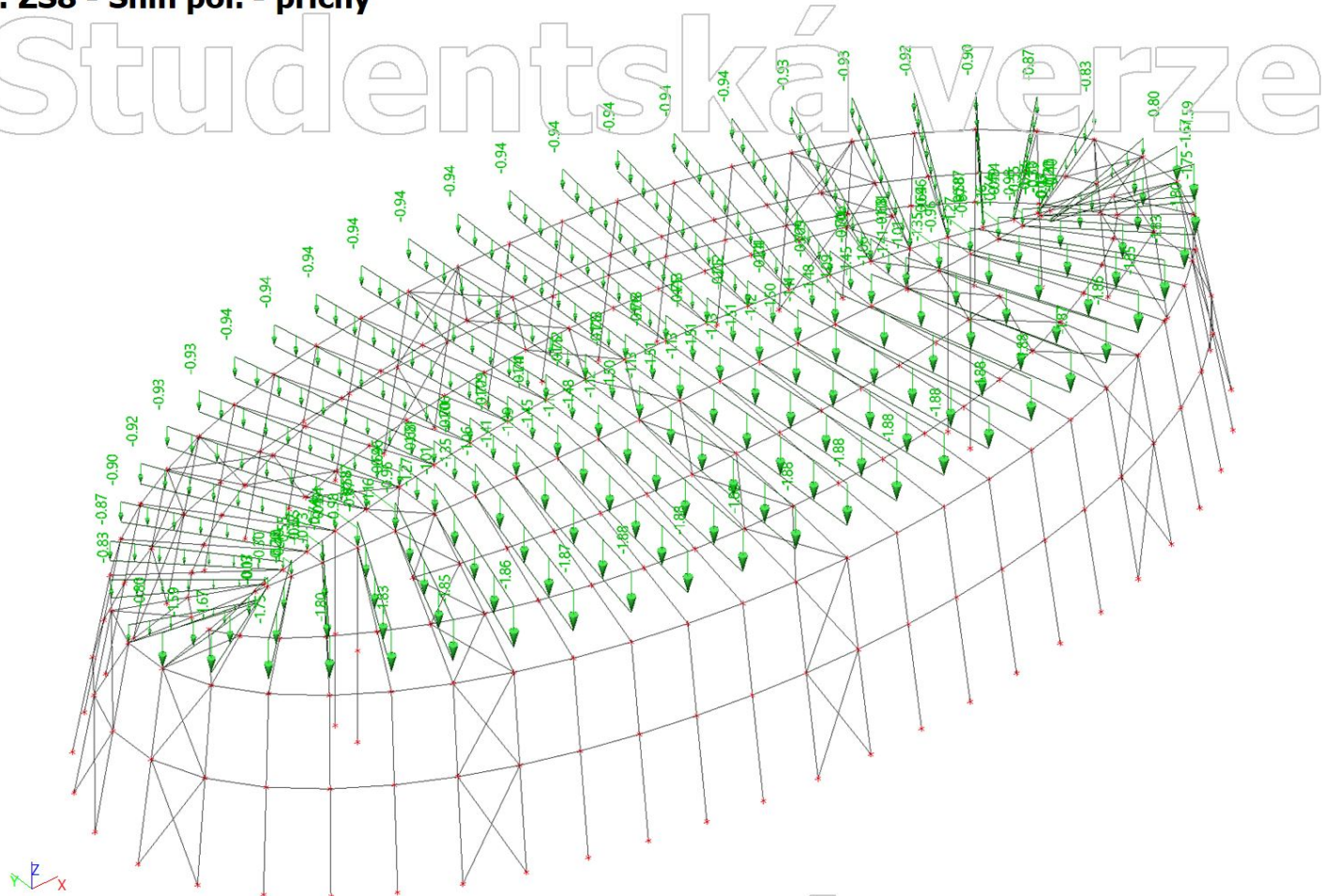
## 6. ZS7 - Sníh pol. - podélný

Studentská verze

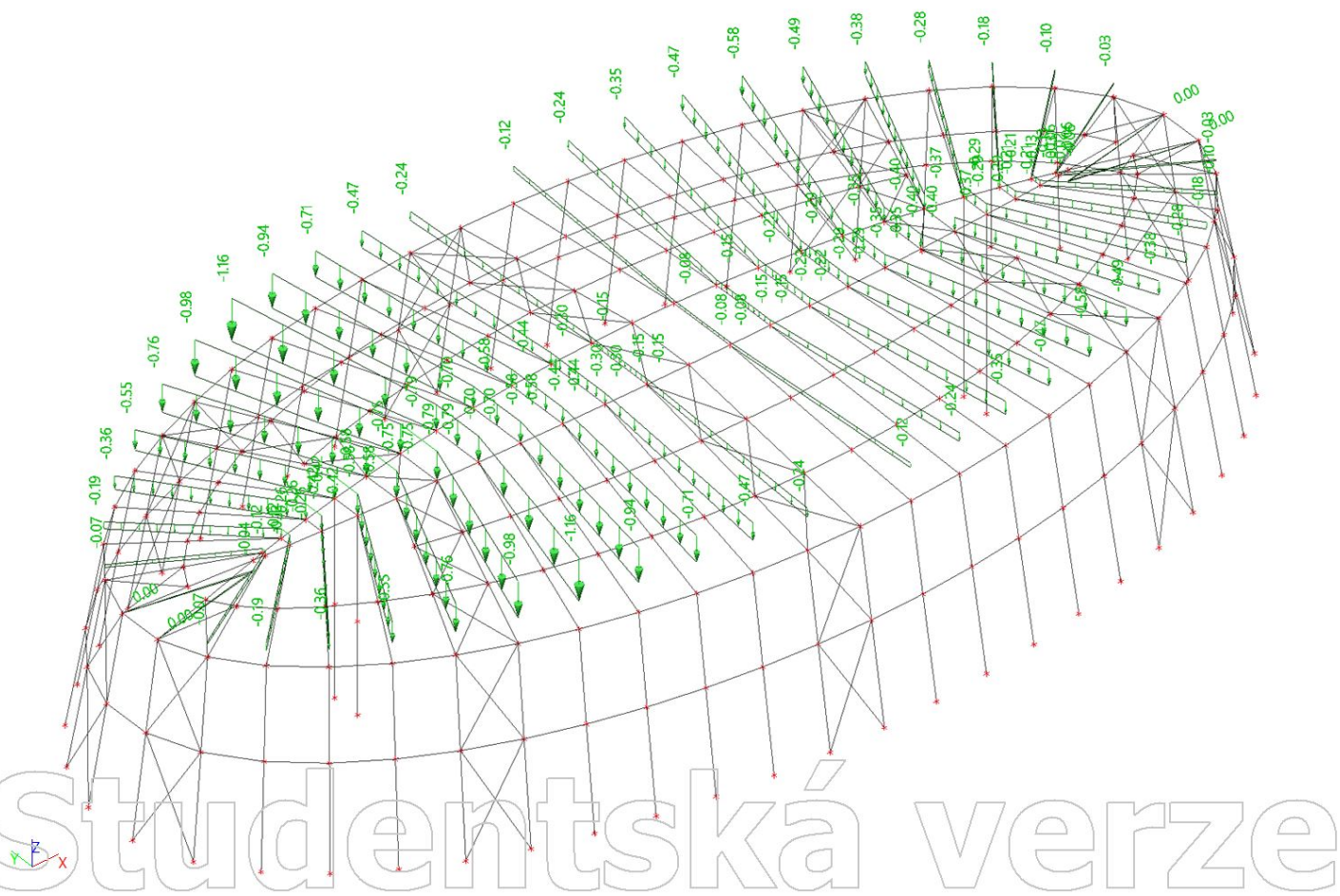


Studentská verze

## 7. ZS8 - Sníh pol. - příčný

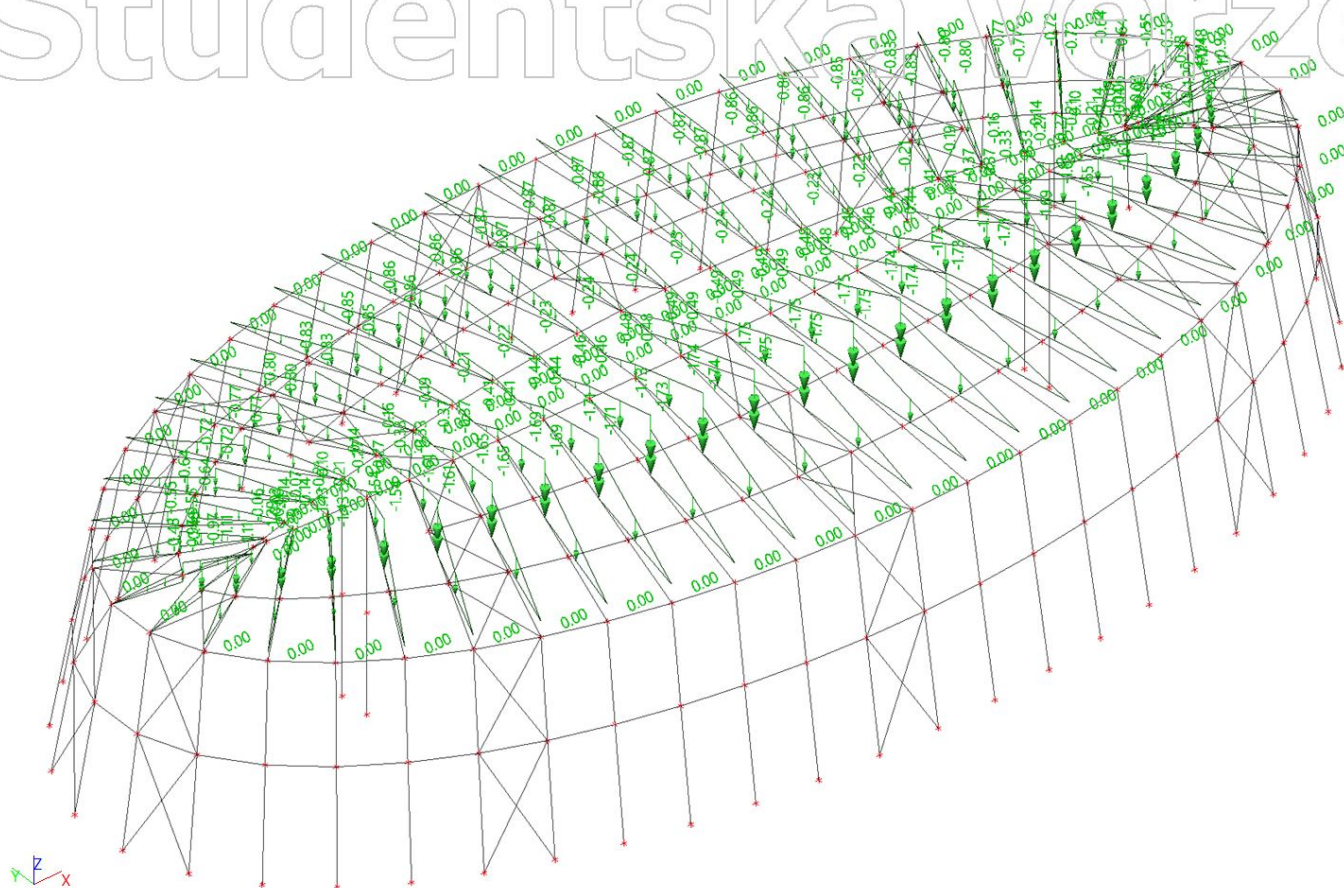


## 8. ZS9 - Sníh navátý - podélný



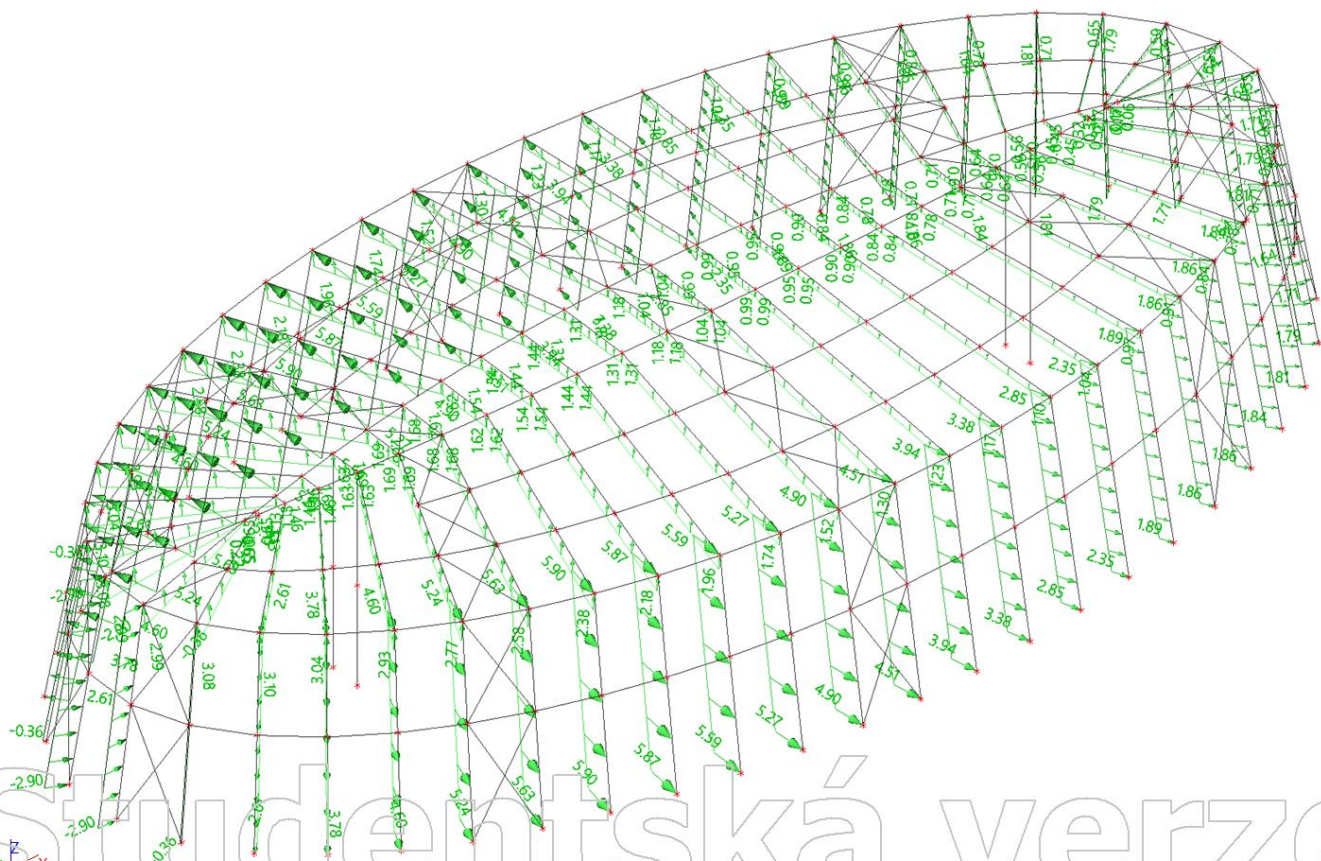
## 9. ZS10 - Sníh navátý - příčný

Studentská verze



## 10. ZS11 - Vítr podélný

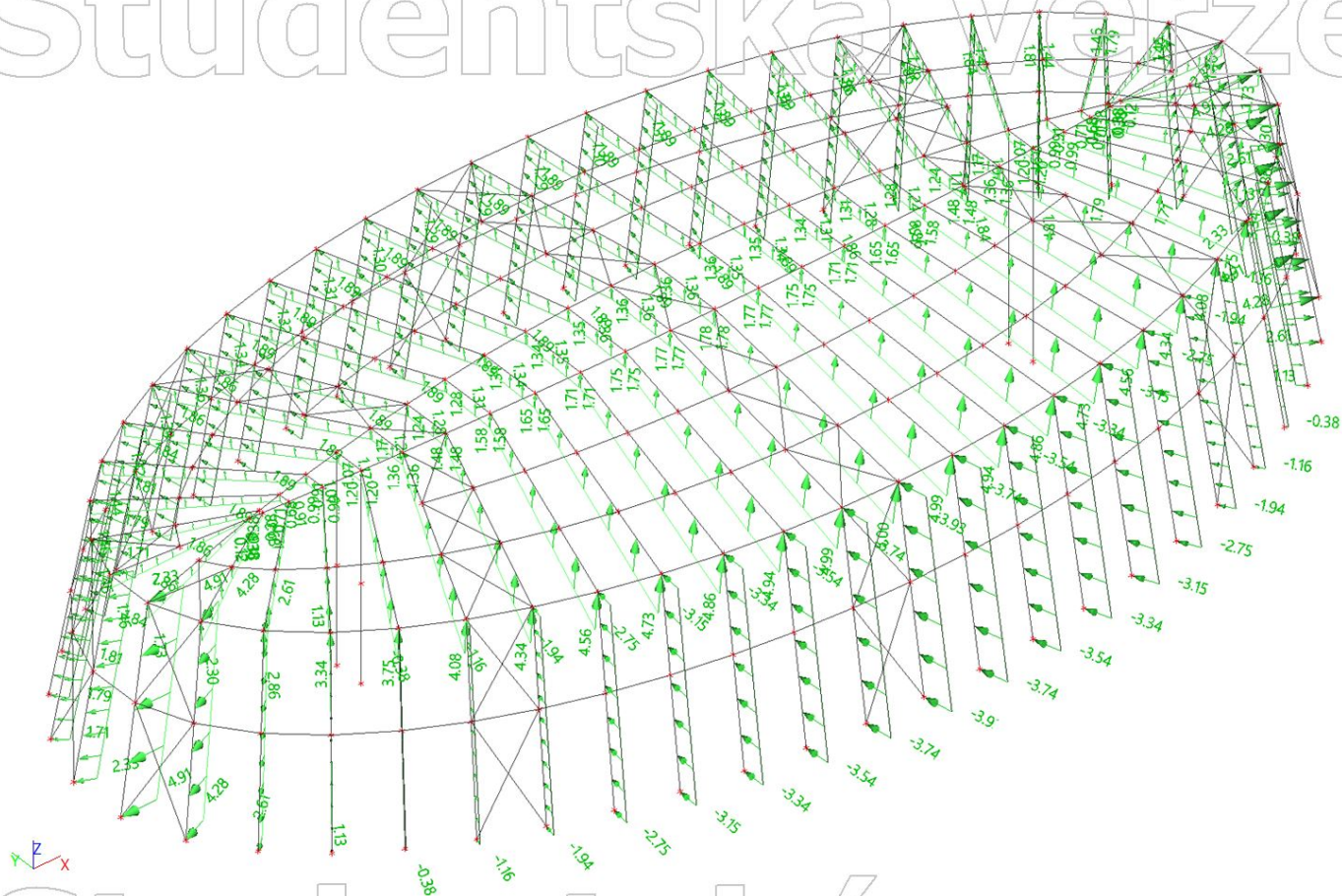
Studentská verze



Studentská verze

## 11. ZS12 - Vitr přičný

Studentská verze



Studentská verze

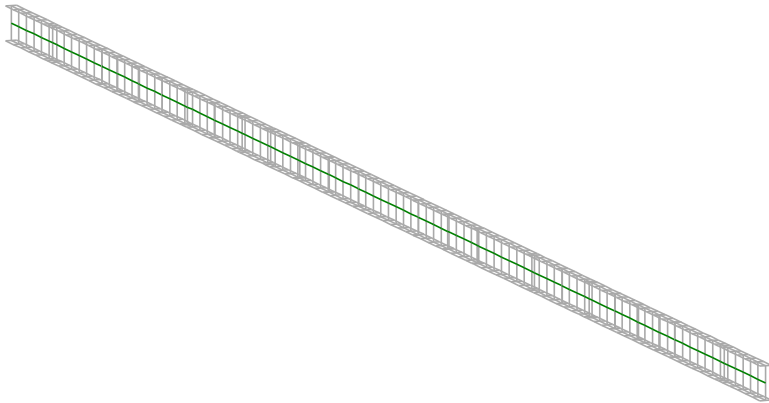
Studentská verze

# **PŘÍLOHA F**

**LTBEAMN 1.0.3 – KRITICKÝ MOMENT – OBLOUKOVÝ VAZNÍK**

**LBeamN**

v 1.0.3

**CALCULATION SHEET**

v 1.0.3

**I - PARAMETERS****I.1 - General parameters**

Projected total length :	L = 74.9 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

**I.2 - Material**

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0.3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

**I.3 - Sections**

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

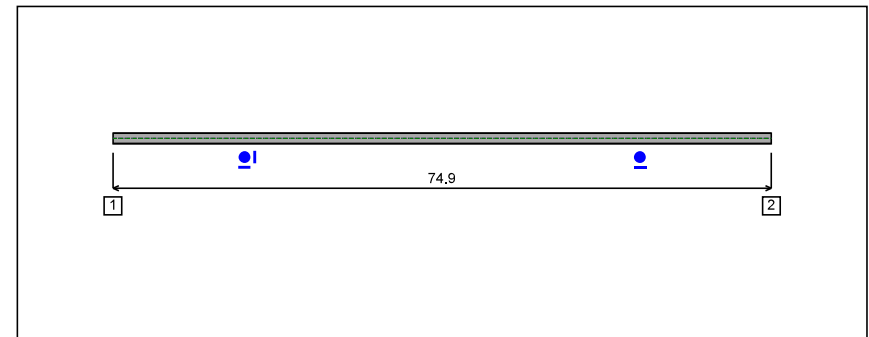


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : DIM 1200x400

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

Type : By dimensions

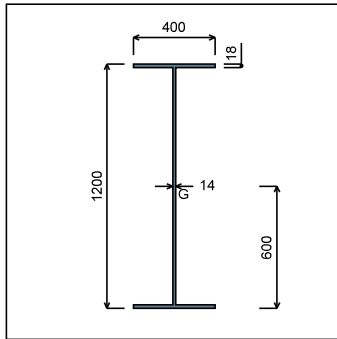


Figure 2 : Section No. 1 (DIM 1200x400).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0$  cm
- $z_G = 60$  cm
- $I_y = 686998$  cm<sup>4</sup>
- $I_z = 19227$  cm<sup>4</sup>
- $I_t = 260.04$  cm<sup>4</sup> (Villette)
- $I_w = 6.715E+7$  cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

- $A = 306.96$  cm<sup>2</sup>
- $A_{v,y} = 144$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup} = 11450$  cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf} = 11450$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y} = 13253$  cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z} = 165.48$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z} = 961.33$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z} = 1497$  cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

- Section No. 2 : DIM 1200x400

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 74.9$  m

Type : By dimensions

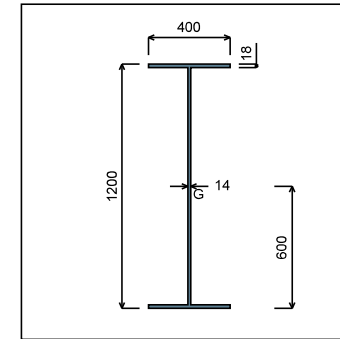


Figure 3 : Section No. 2 (DIM 1200x400).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0$  cm
- $z_G = 60$  cm
- $I_y = 686998$  cm<sup>4</sup>
- $I_z = 19227$  cm<sup>4</sup>
- $I_t = 260.04$  cm<sup>4</sup> (Villette)
- $I_w = 6.715E+7$  cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

- $A = 306.96$  cm<sup>2</sup>
- $A_{v,y} = 144$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup} = 11450$  cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf} = 11450$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y} = 13253$  cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z} = 165.48$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z} = 961.33$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z} = 1497$  cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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



1.4 - Lateral restraints

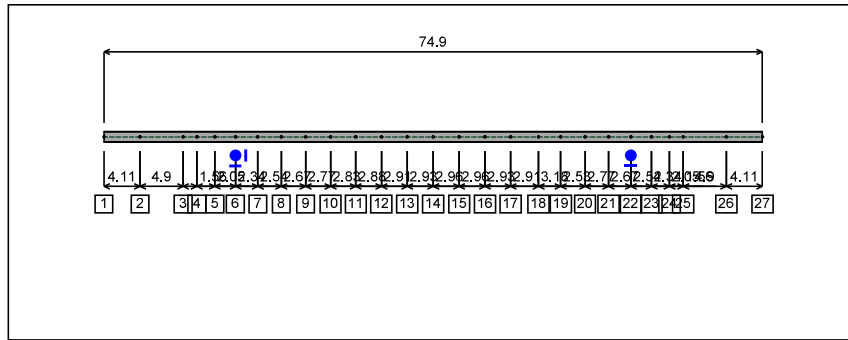


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Punctual

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 : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 4.11$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 9.01$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 4 :

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 10.57$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 5 :

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12.62$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 6 :

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 14.96$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 7 :

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 17.5$  m

Vertical position from the shear centre : z = 0 cm

Restraint conditions :

v : Fixed  
 θ : Free  
 v' : Free  
 θ' : Free

**- Restraint No. 8 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : x = 20.17 m

Vertical position from the shear centre : z = 0 cm

Restraint conditions :

v : Fixed  
 θ : Free  
 v' : Free  
 θ' : Free

**- Restraint No. 9 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : x = 22.94 m

Vertical position from the shear centre : z = 0 cm

Restraint conditions :

v : Fixed  
 θ : Free  
 v' : Free  
 θ' : Free

**- Restraint No. 10 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : x = 25.77 m

Vertical position from the shear centre : z = 0 cm

Restraint conditions :

v : Fixed  
 θ : Free  
 v' : Free  
 θ' : Free

**- Restraint No. 11 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : x = 28.65 m

Vertical position from the shear centre : z = 0 cm

Restraint conditions :

v : Fixed  
 θ : Free  
 v' : Free  
 θ' : Free

**- Restraint No. 12 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : x = 31.56 m

Vertical position from the shear centre : z = 0 cm

Restraint conditions :

v : Fixed  
 θ : Free  
 v' : Free  
 θ' : Free

**- Restraint No. 13 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : x = 34.49 m

Vertical position from the shear centre : z = 0 cm

Restraint conditions :

v : Fixed  
 θ : Free  
 v' : Free  
 θ' : Free

**- Restraint No. 14 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : x = 37.45 m

Vertical position from the shear centre : z = 0 cm

Restraint conditions :

v : Fixed  
 θ : Free  
 v' : Free  
 θ' : Free

**- Restraint No. 15 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam : x = 40.41 m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 16 :**

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 43.34$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 17 :**

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 46.25$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 18 :**

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 49.43$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 19 :**

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 51.96$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 20 :**

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 54.73$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 21 :**

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 57.4$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 22 :**

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 59.94$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 23 :**

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 62.28$  m

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

Restraint conditions :

$v$  : Fixed  
 $\theta$  : Free  
 $v'$  : Free  
 $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 24 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 64.33 \text{ m}$

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

Restraint conditions :

$v$  : Fixed  
 $\theta$  : Free  
 $v'$  : Free  
 $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 25 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 65.89 \text{ m}$

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

Restraint conditions :

$v$  : Fixed  
 $\theta$  : Free  
 $v'$  : Free  
 $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 26 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 70.79 \text{ m}$

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

Restraint conditions :

$v$  : Fixed  
 $\theta$  : Free  
 $v'$  : Free  
 $\theta'$  : Free

**- Restraint No. 27 :**

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 74.9 \text{ m}$

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

Restraint conditions :

$v$  : Fixed  
 $\theta$  : Fixed  
 $v'$  : Free  
 $\theta'$  : Free

1.5 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

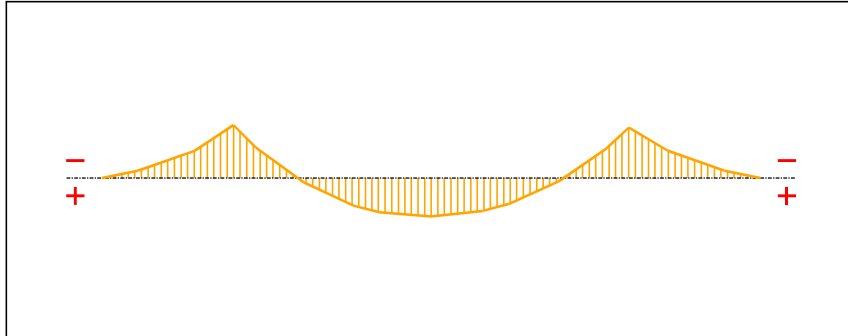


Figure 5 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	0
4.11	-263
10.57	-962
14.96	-1864
17.5	-1077
22.94	148
28.65	964
31.56	1194
37.45	1342
43.34	1143
46.25	907
51.96	108
57.4	-1046
59.94	-1776
64.33	-974
70.79	-266

Table 1 (Next) : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
74.9	0

- Axial force diagram :

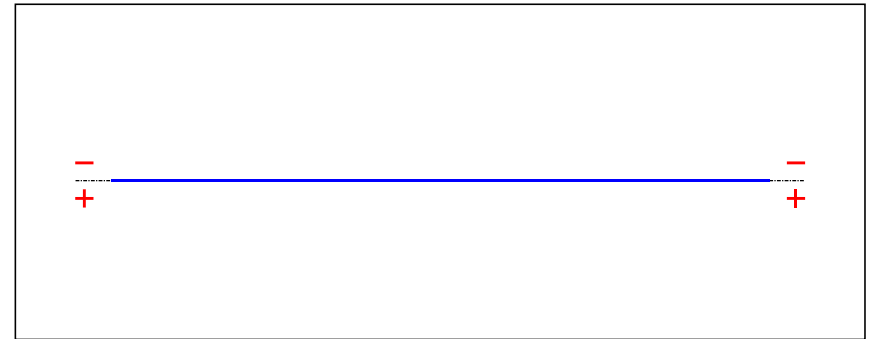


Figure 6 : Axial force diagram.

Active :

Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
74.9	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	21.31	-39716	14.96	0	14.96

**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	21.31	-39716	14.96	0	14.96

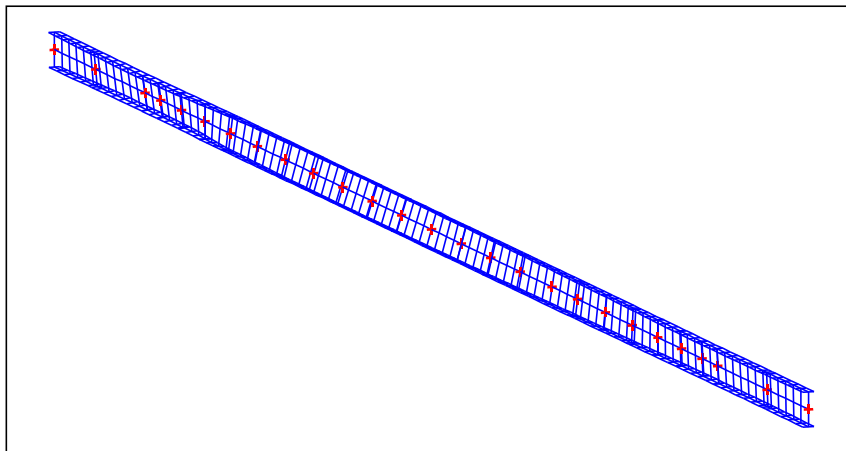


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

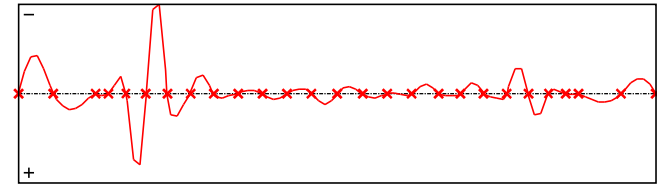


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

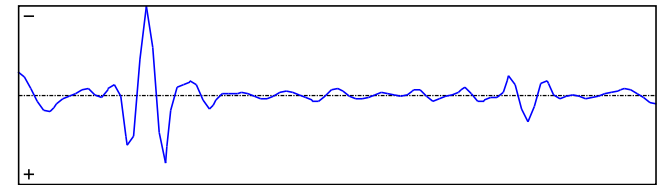


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

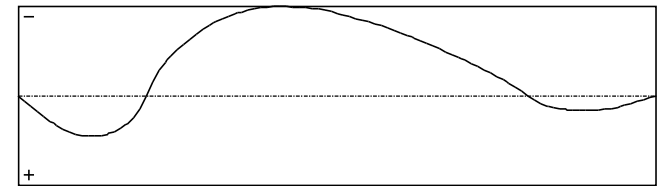


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

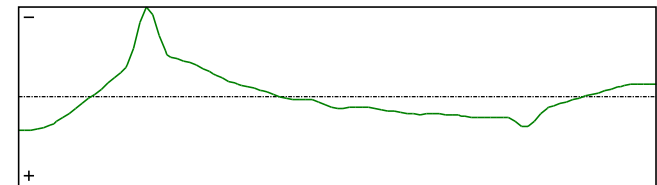


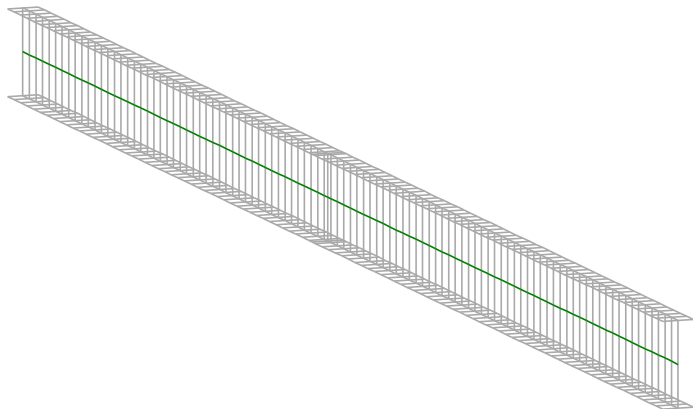
Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

# **PŘÍLOHA G**

**LTBEAMN 1.0.3 – KRITICKÝ MOMENT – SLOUP – OSA 13**

**LTBeamN**

v 1.0.3

**CALCULATION SHEET**

v 1.0.3

**I - PARAMETERS****I.1 - General parameters**

Projected total length :	L = 12.9 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

**I.2 - Material**

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0.3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

**I.3 - Sections**

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

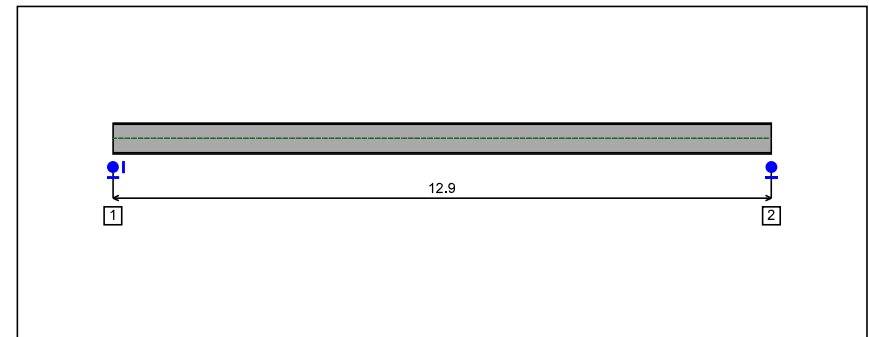


Figure 1 : Profile in long with section numbers.



- Section No. 1 : IPE 600

Abscissa from the left end of the beam : x = 0 m

Type : In catalogue (OTUA)

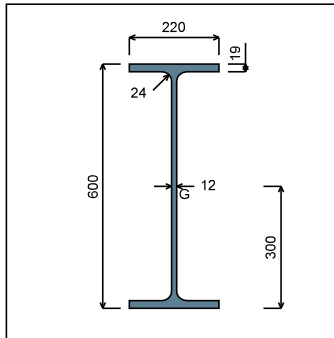


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 600).

Main geometrical properties :

$z_S = 0 \text{ cm}$   
 $z_G = 30 \text{ cm}$   
 $I_y = 92083 \text{ cm}^4$   
 $I_z = 3387.3 \text{ cm}^4$   
 $I_t = 165.38 \text{ cm}^4$  (Villette)  
 $I_w = 2.859 \times 10^6 \text{ cm}^6$

Other geometrical properties :

$A = 155.98 \text{ cm}^2$	
$A_{v,y} = 83.6 \text{ cm}^2$	$A_{v,z} = 83.78 \text{ cm}^2$
$W_{el,y,sup} = 3069.4 \text{ cm}^3$	
$W_{el,y,inf} = 3069.4 \text{ cm}^3$	$W_{el,z} = 307.94 \text{ cm}^3$
$W_{pl,y} = 3512.4 \text{ cm}^3$	$W_{pl,z} = 485.65 \text{ cm}^3$

Stiffness relaxations :

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

- Section No. 2 : IPE 600

Abscissa from the left end of the beam : x = 12.9 m

Type : In catalogue (OTUA)

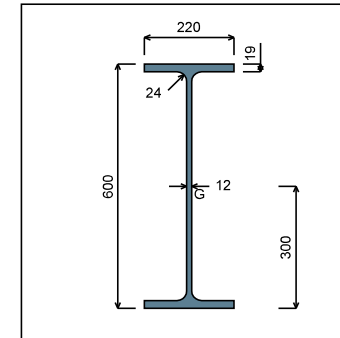


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 600).

Main geometrical properties :

$z_S = 0 \text{ cm}$   
 $z_G = 30 \text{ cm}$   
 $I_y = 92083 \text{ cm}^4$   
 $I_z = 3387.3 \text{ cm}^4$   
 $I_t = 165.38 \text{ cm}^4$  (Villette)  
 $I_w = 2.859 \times 10^6 \text{ cm}^6$

Other geometrical properties :

$A = 155.98 \text{ cm}^2$	
$A_{v,y} = 83.6 \text{ cm}^2$	$A_{v,z} = 83.78 \text{ cm}^2$
$W_{el,y,sup} = 3069.4 \text{ cm}^3$	
$W_{el,y,inf} = 3069.4 \text{ cm}^3$	$W_{el,z} = 307.94 \text{ cm}^3$
$W_{pl,y} = 3512.4 \text{ cm}^3$	$W_{pl,z} = 485.65 \text{ cm}^3$

Stiffness relaxations :

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

1.4 - Lateral restraints

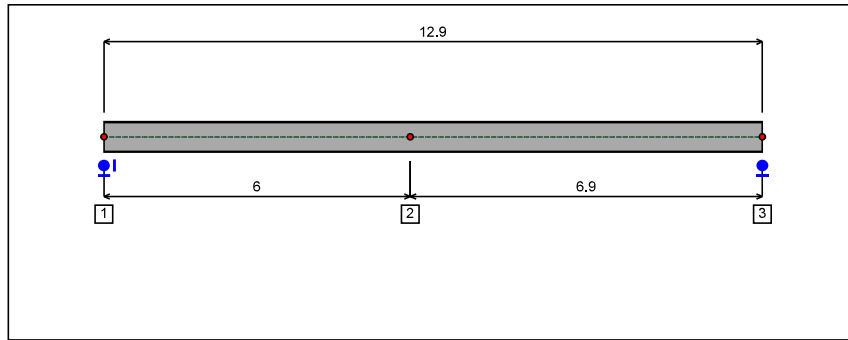


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Punctual

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 : Punctual

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

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12.9$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

1.5 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

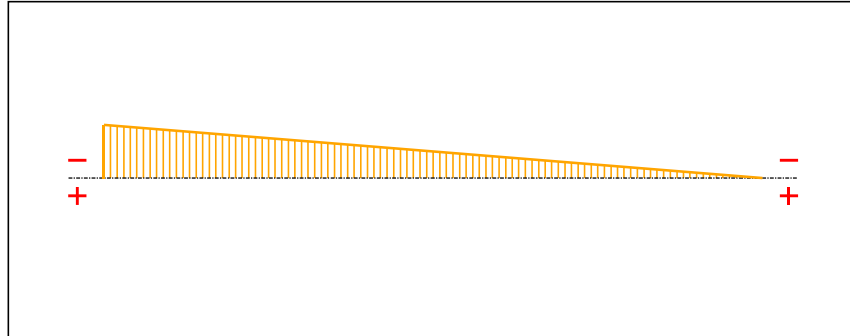


Figure 5 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-377
12.9	0

- Axial force diagram :

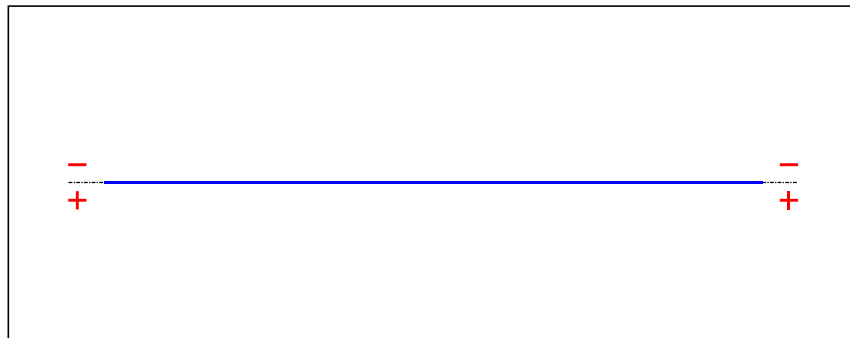


Figure 6 : Axial force diagram.

Active :

Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
12.9	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	2.549	-960.97	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	2.549	-960.97	0	0	0

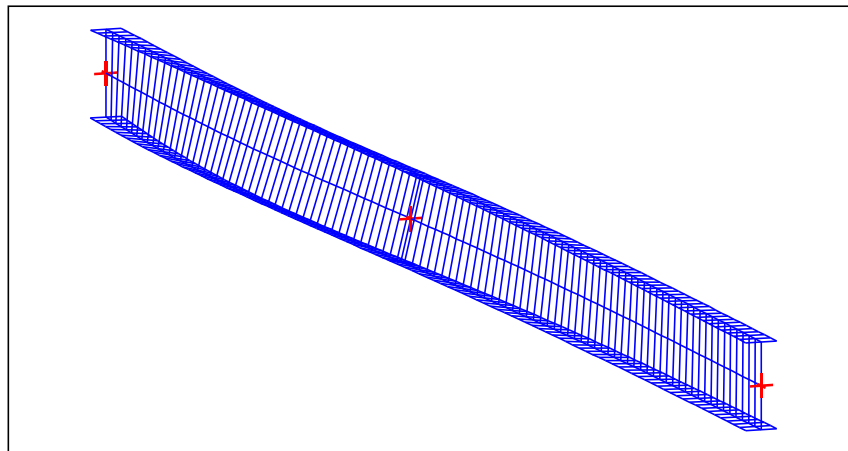


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

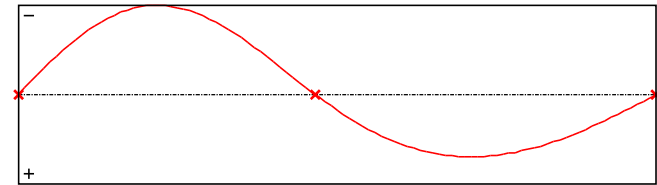


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

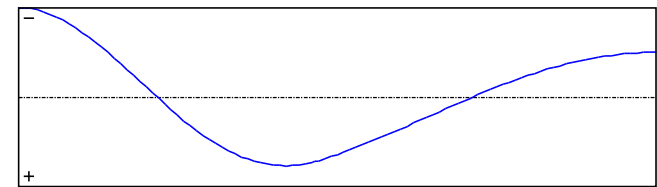


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

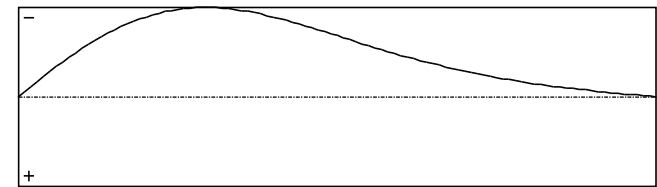


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

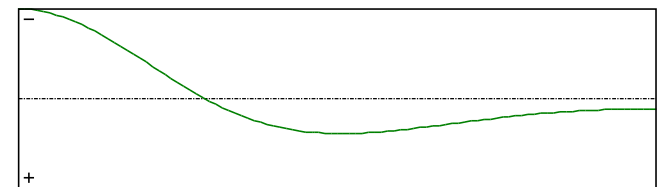


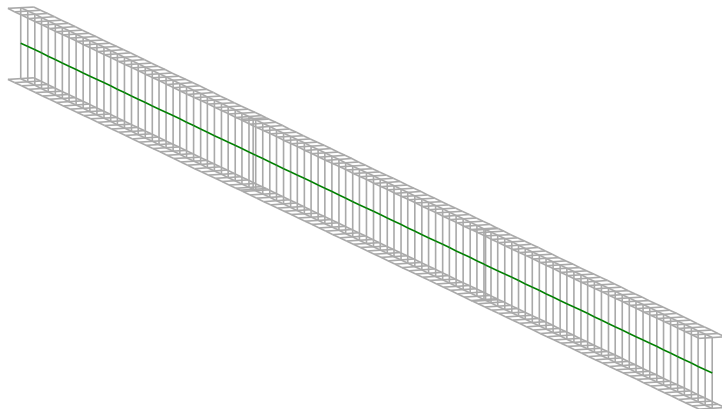
Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

# **PŘÍLOHA H**

**LTBEAMN 1.0.3 – KRITICKÝ MOMENT – ŽEBRO – OSA 13**

**LBeamN**

v 1.0.3

**CALCULATION SHEET**

v 1.0.3

**I - PARAMETERS****I.1 - General parameters**

Projected total length :	L = 15.44 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

**I.2 - Material**

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0.3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

**I.3 - Sections**

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

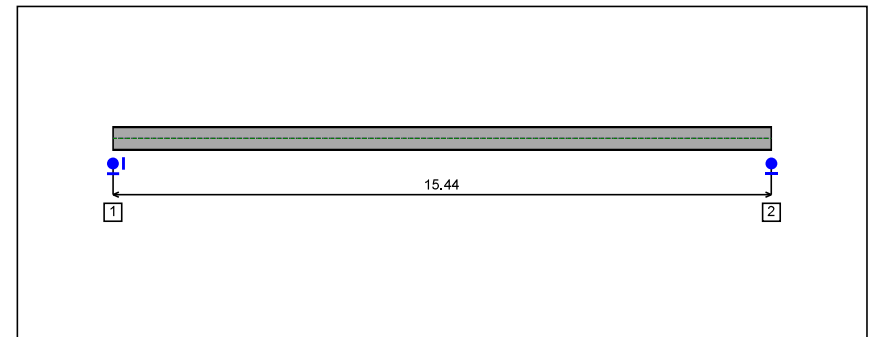


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 550

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

Type : In catalogue (OTUA)

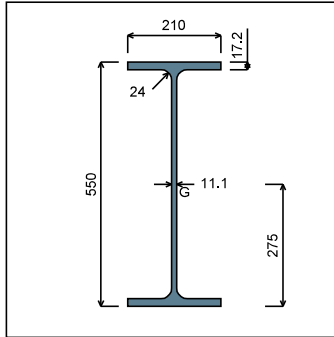


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 550).

Main geometrical properties :

$z_S = 0$  cm  
 $z_G = 27.5$  cm  
 $I_y = 67117$  cm<sup>4</sup>  
 $I_z = 2667.6$  cm<sup>4</sup>  
 $I_t = 122.16$  cm<sup>4</sup> (Villette)  
 $I_w = 1.893E+6$  cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

$A = 134.42$ cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y} = 72.24$ cm <sup>2</sup>	$A_{v,z} = 72.34$ cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup} = 2440.6$ cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf} = 2440.6$ cm <sup>3</sup>	$W_{el,z} = 254.06$ cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y} = 2787$ cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z} = 400.54$ cm <sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

- Section No. 2 : IPE 550

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 15.44$  m

Type : In catalogue (OTUA)

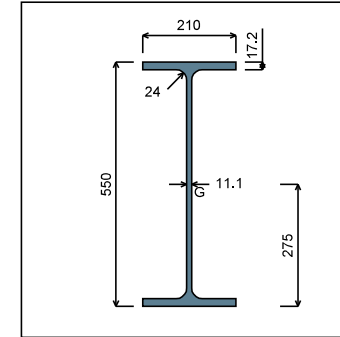


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 550).

Main geometrical properties :

$z_S = 0$  cm  
 $z_G = 27.5$  cm  
 $I_y = 67117$  cm<sup>4</sup>  
 $I_z = 2667.6$  cm<sup>4</sup>  
 $I_t = 122.16$  cm<sup>4</sup> (Villette)  
 $I_w = 1.893E+6$  cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

$A = 134.42$ cm <sup>2</sup>	
$A_{v,y} = 72.24$ cm <sup>2</sup>	$A_{v,z} = 72.34$ cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,sup} = 2440.6$ cm <sup>3</sup>	
$W_{el,y,inf} = 2440.6$ cm <sup>3</sup>	$W_{el,z} = 254.06$ cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y} = 2787$ cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z} = 400.54$ cm <sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

1.4 - Lateral restraints

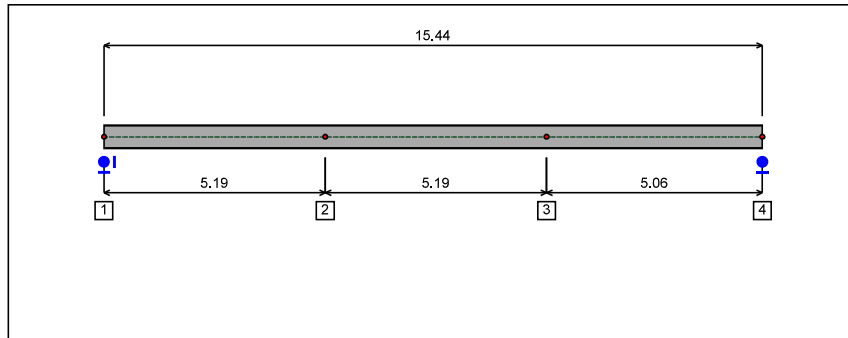


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- 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 :  $x = 5.19$  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 :  $x = 10.38$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 4 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 15.44$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free



1.5 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

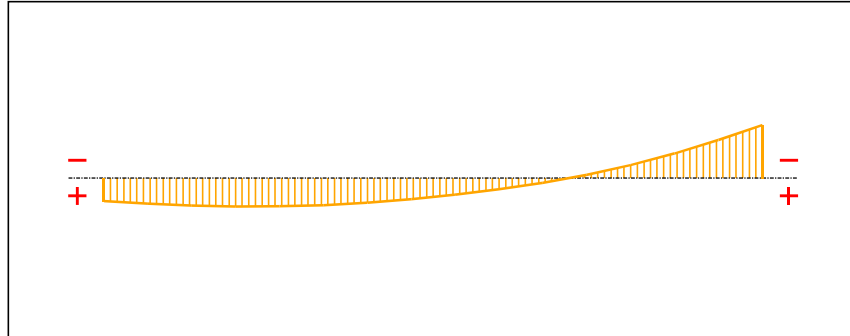


Figure 5 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	161
1.03	180
2.06	193
3.09	199
4.12	198
5.15	190
6.18	172
7.21	148
8.23	117
9.26	79
10.29	33
11.32	-25
12.35	-93
13.38	-174
14.41	-269
15.44	-376

- Axial force diagram :

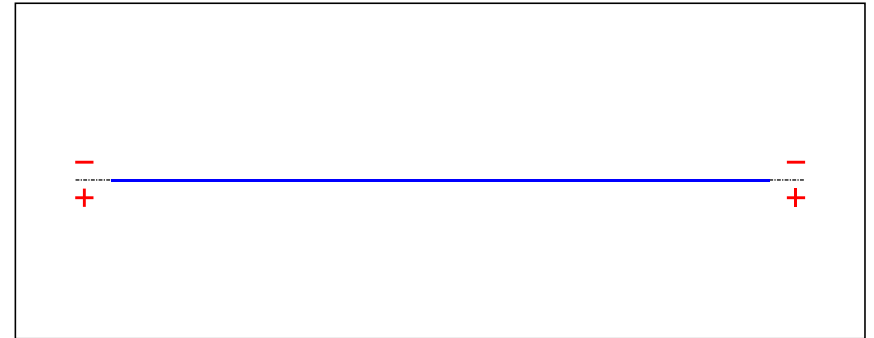


Figure 6 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
15.44	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	2.609	-981.09	15.44	0	15.44

**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	2.609	-981.09	15.44	0	15.44

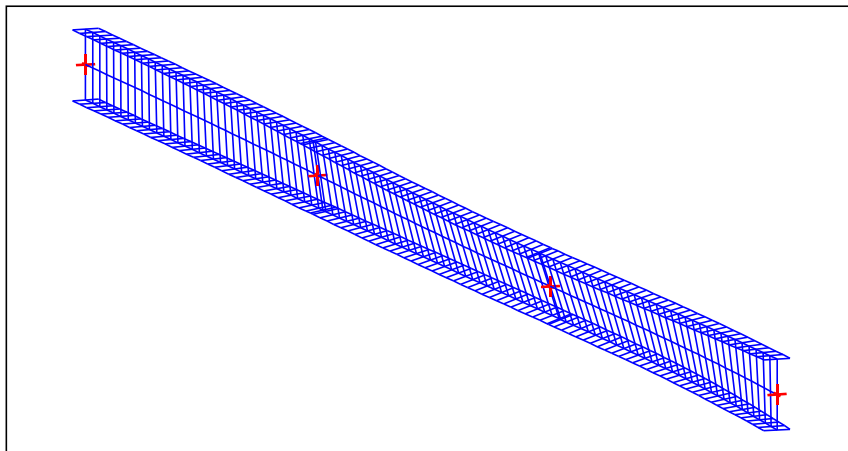


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

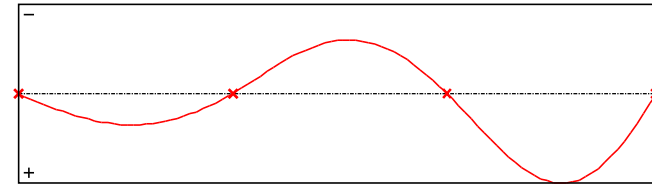


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

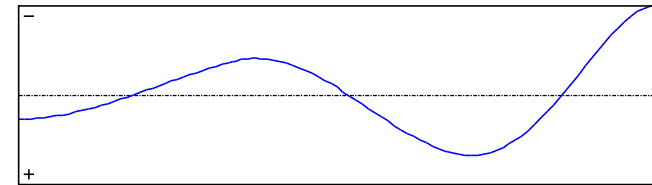


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

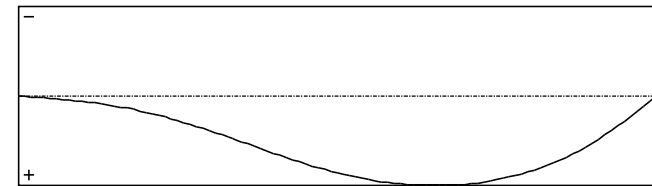


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

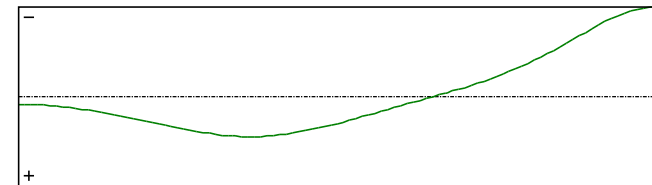


Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

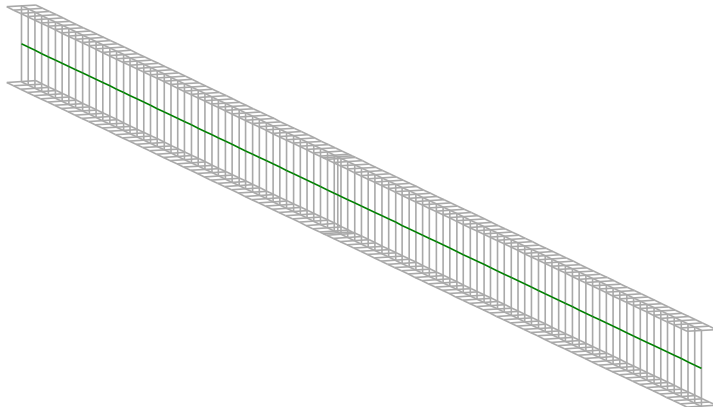
# **PŘÍLOHA I**

**LTBEAMN 1.0.3 – KRITICKÝ MOMENT – SLOUP – OSA 10**

# LBeamN

v 1.0.3

## CALCULATION SHEET



### I - PARAMETERS

#### I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 12.9 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

#### I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0.3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

#### I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

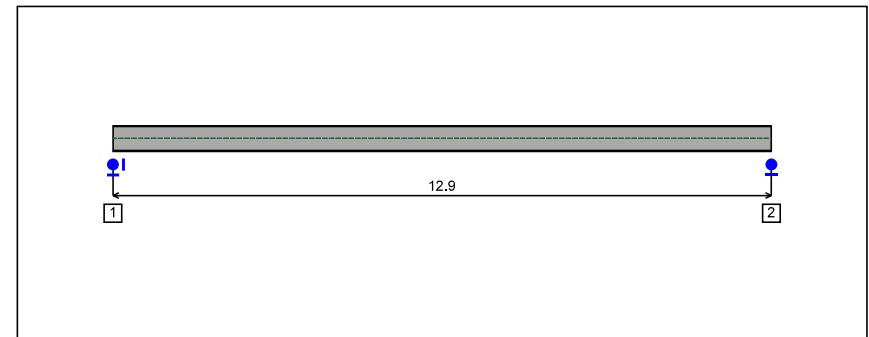


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 500

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

Type : In catalogue (OTUA)

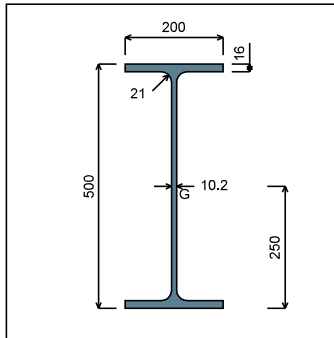


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 500).

Main geometrical properties :

- $z_S$  = 0 cm
- $z_G$  = 25 cm
- $I_y$  = 48199 cm<sup>4</sup>
- $I_z$  = 2141.7 cm<sup>4</sup>
- $I_t$  = 89.01 cm<sup>4</sup> (Villette)
- $I_w$  = 1.254E+6 cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

- $A$  = 115.52 cm<sup>2</sup>
- $A_{v,y}$  = 64 cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup}$  = 1927.9 cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf}$  = 1927.9 cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y}$  = 2194.1 cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z}$  = 59.87 cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z}$  = 214.17 cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z}$  = 335.88 cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

- Section No. 2 : IPE 500

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12.9$  m

Type : In catalogue (OTUA)

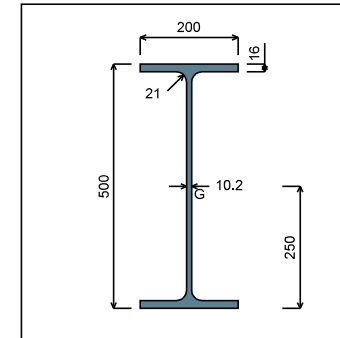


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 500).

Main geometrical properties :

- $z_S$  = 0 cm
- $z_G$  = 25 cm
- $I_y$  = 48199 cm<sup>4</sup>
- $I_z$  = 2141.7 cm<sup>4</sup>
- $I_t$  = 89.01 cm<sup>4</sup> (Villette)
- $I_w$  = 1.254E+6 cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

- $A$  = 115.52 cm<sup>2</sup>
- $A_{v,y}$  = 64 cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup}$  = 1927.9 cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf}$  = 1927.9 cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y}$  = 2194.1 cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z}$  = 59.87 cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z}$  = 214.17 cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z}$  = 335.88 cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

1.4 - Lateral restraints

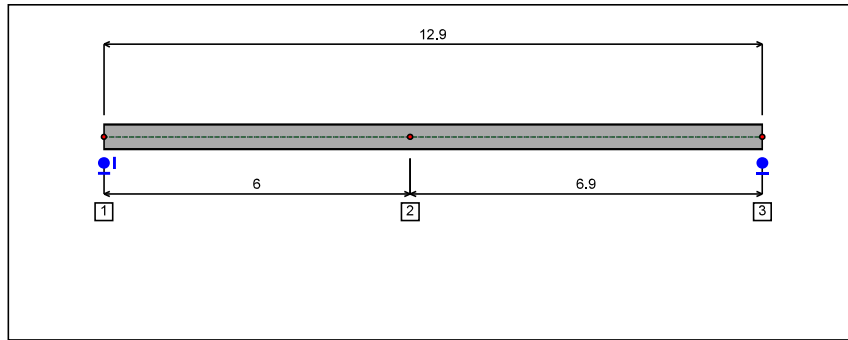


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Punctual

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 : Punctual

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

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12.9$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

1.5 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

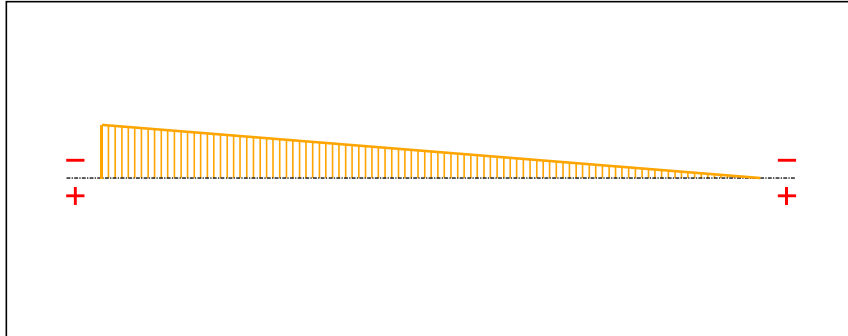


Figure 5 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-201
12.9	0

- Axial force diagram :

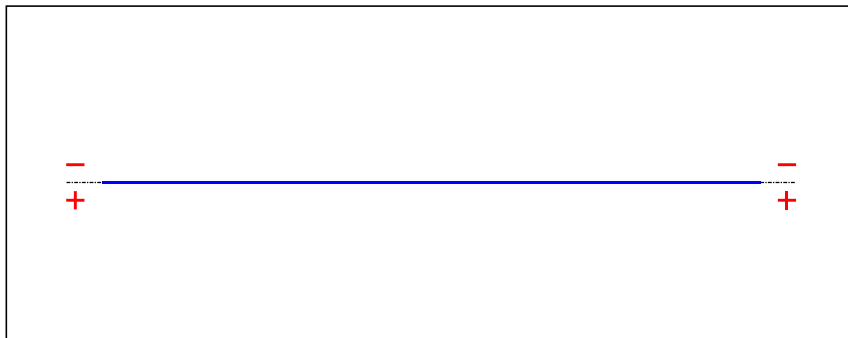


Figure 6 : Axial force diagram.

Active :

Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
12.9	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	2.674	-537.49	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	2.674	-537.49	0	0	0

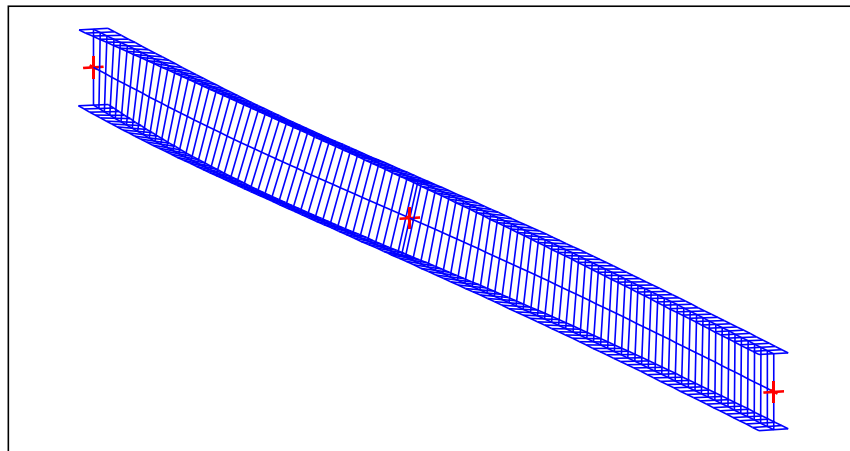


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

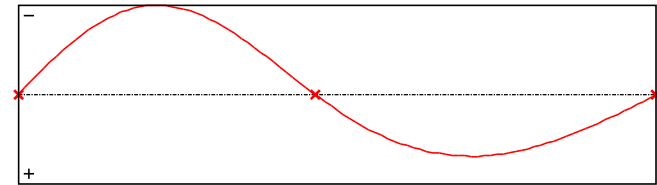


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

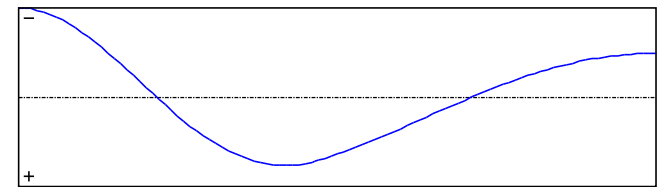


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

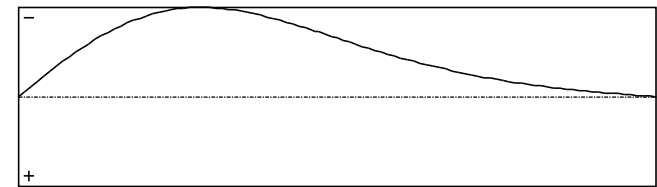


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

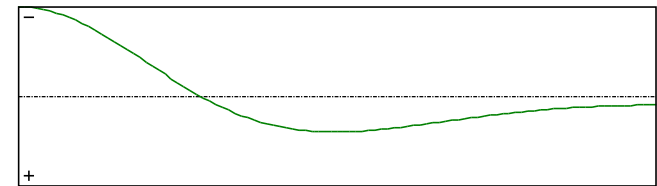


Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

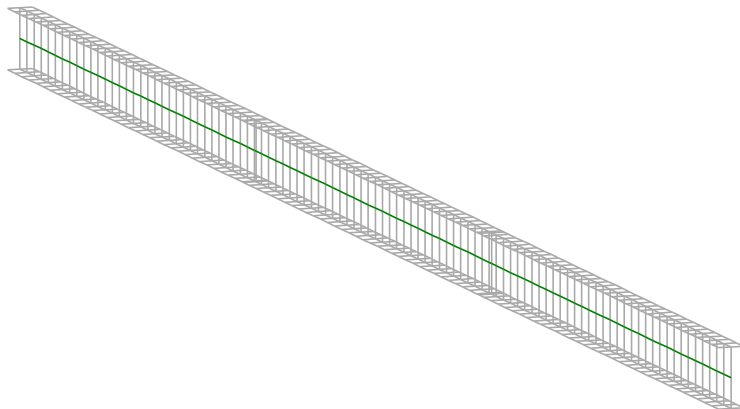


# **PŘÍLOHA J**

**LTBEAMN 1.0.3 – KRITICKÝ MOMENT – ŽEBRO – OSA 10**

**LBeamN**

v 1.0.3

**CALCULATION SHEET**

v 1.0.3

**I - PARAMETERS****I.1 - General parameters**

Projected total length :	L = 15 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

**I.2 - Material**

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0.3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

**I.3 - Sections**

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

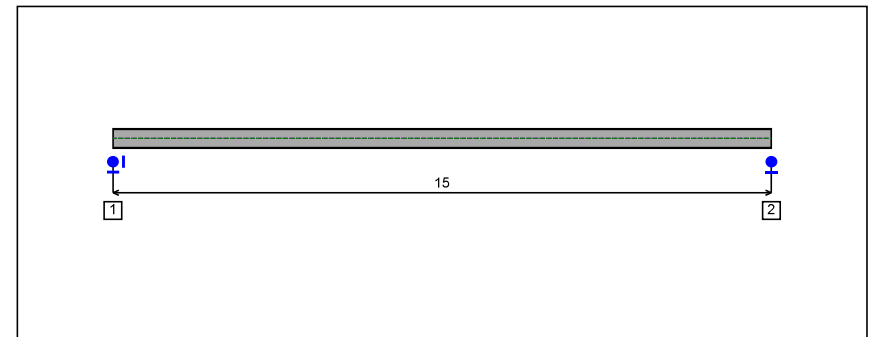


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 450

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

Type : In catalogue (OTUA)

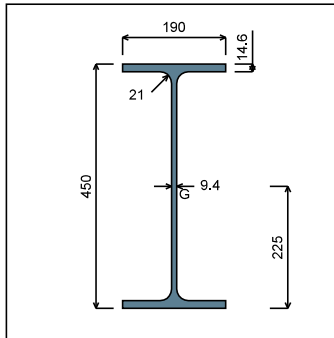


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 450).

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>	
$A_{v,y} = 55.48$ cm <sup>2</sup>	
$W_{el,y,sup} = 1499.7$ cm <sup>3</sup>	$A_{v,z} = 50.85$ cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,inf} = 1499.7$ cm <sup>3</sup>	$W_{el,z} = 176.41$ cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y} = 1701.8$ cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z} = 276.38$ 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 :  $x = 15$  m

Type : In catalogue (OTUA)

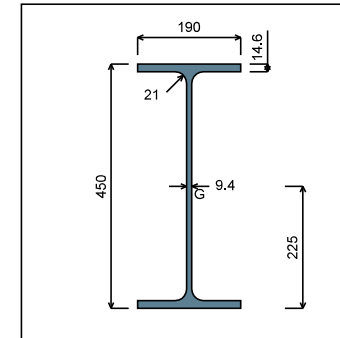


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 450).

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>	
$A_{v,y} = 55.48$ cm <sup>2</sup>	
$W_{el,y,sup} = 1499.7$ cm <sup>3</sup>	$A_{v,z} = 50.85$ cm <sup>2</sup>
$W_{el,y,inf} = 1499.7$ cm <sup>3</sup>	$W_{el,z} = 176.41$ cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y} = 1701.8$ cm <sup>3</sup>	$W_{pl,z} = 276.38$ cm <sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

1.4 - Lateral restraints

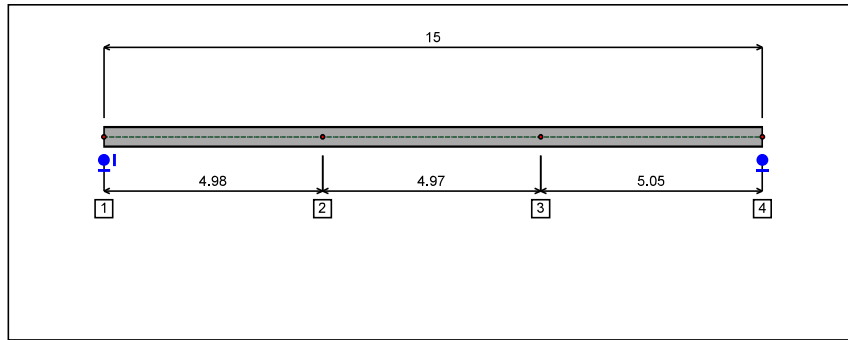


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- 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 :  $x = 4.98$  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 :  $x = 9.95$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 4 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 15$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

1.5 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

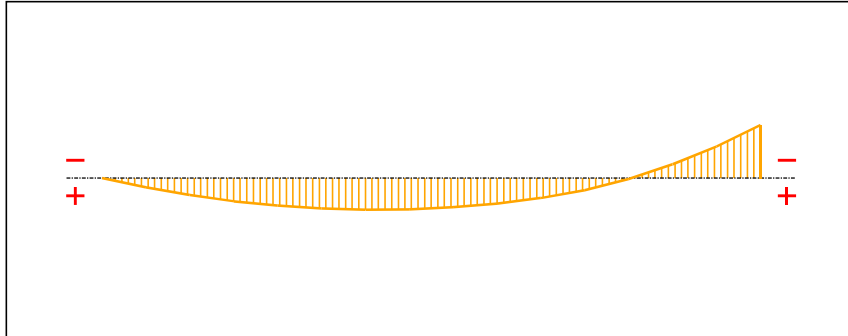


Figure 5 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	0
1	35
2	64
3	87
4	103
5	114
6	119
7	118
8	110
9	96
10	75
11	45
12	3
13	-53
14	-120
15	-201

- Axial force diagram :

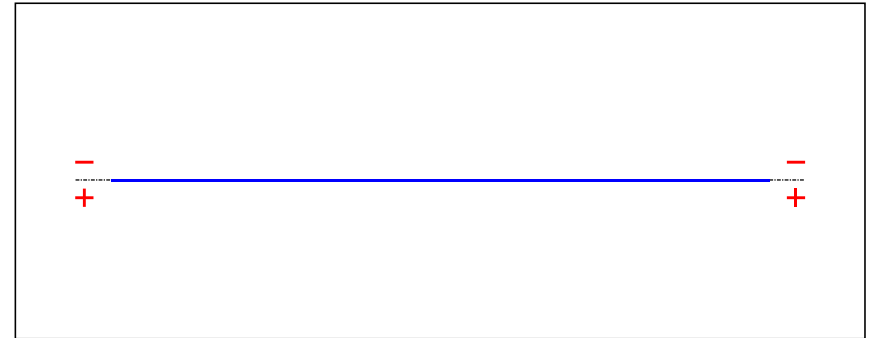


Figure 6 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
15	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	2.574	-517.43	15	0	15

**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	2.574	-517.43	15	0	15

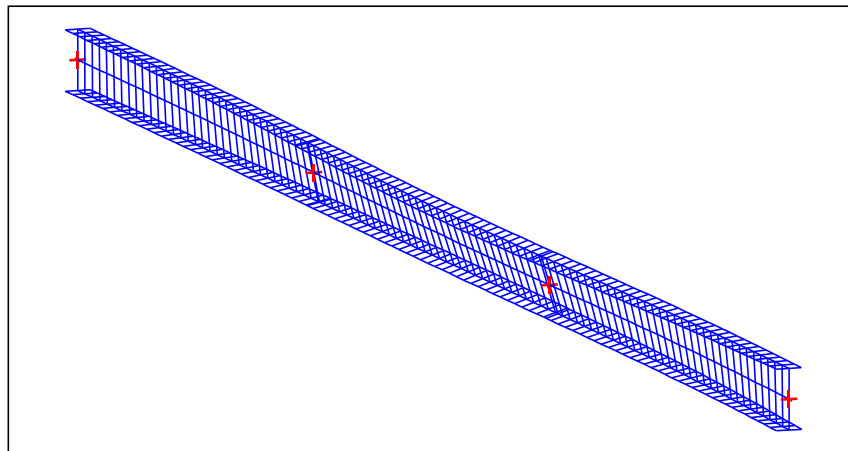


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

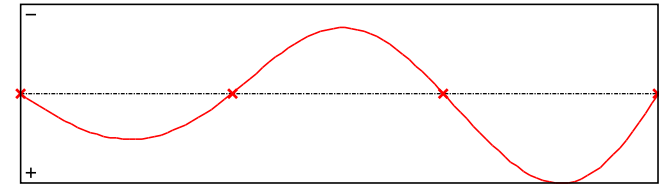


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

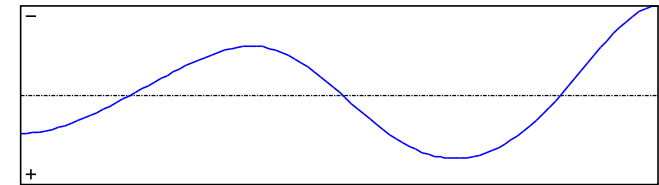


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

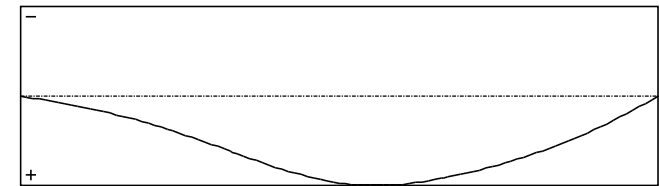


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

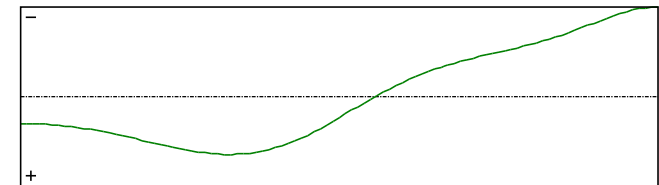


Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

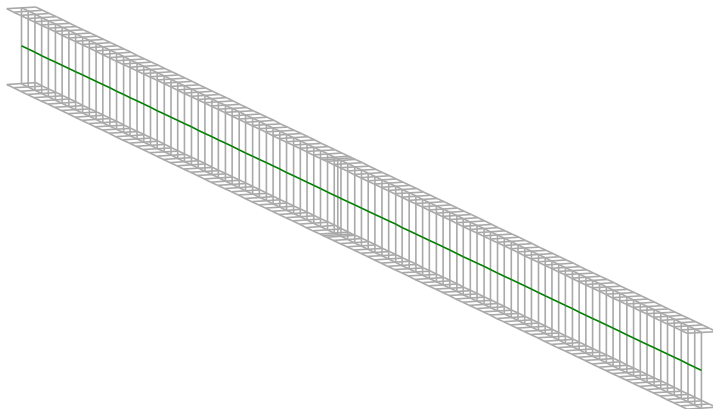
# **PŘÍLOHA K**

**LTBEAMN 1.0.3 – KRITICKÝ MOMENT – SLOUP – OSA 7**

# LBeamN

v 1.0.3

## CALCULATION SHEET



### I - PARAMETERS

#### I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 12.9 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

#### I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0.3$
Density :	$\rho = 7850$ kg/m <sup>3</sup>

#### I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

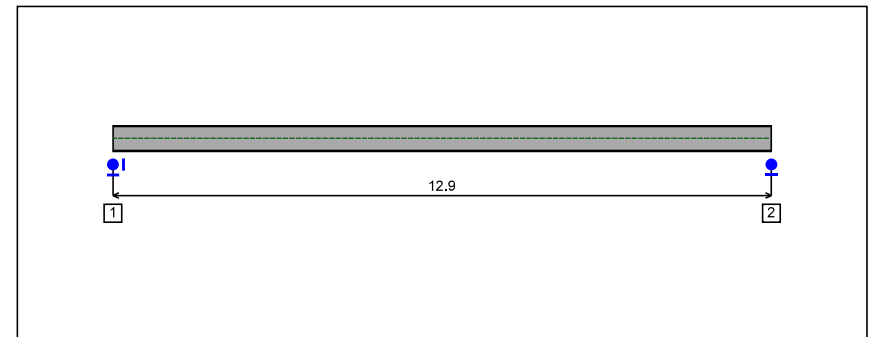


Figure 1 : Profile in long with section numbers.



- Section No. 1 : IPE 500

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

Type : In catalogue (OTUA)

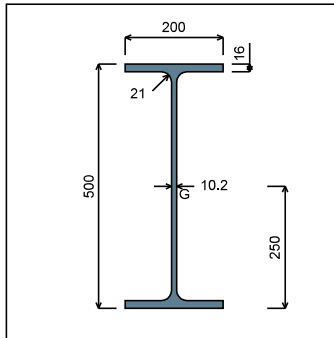


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 500).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0$  cm
- $z_G = 25$  cm
- $I_y = 48199$  cm<sup>4</sup>
- $I_z = 2141.7$  cm<sup>4</sup>
- $I_t = 89.01$  cm<sup>4</sup> (Villette)
- $I_w = 1.254E+6$  cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

- $A = 115.52$  cm<sup>2</sup>
- $A_{v,y} = 64$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup} = 1927.9$  cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf} = 1927.9$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y} = 2194.1$  cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z} = 59.87$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z} = 214.17$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z} = 335.88$  cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

- Section No. 2 : IPE 500

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12.9$  m

Type : In catalogue (OTUA)

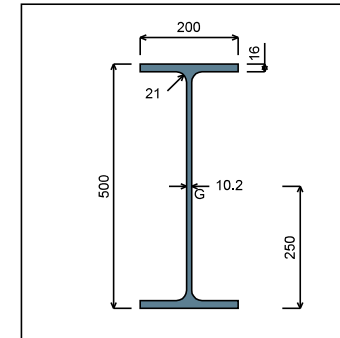


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 500).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0$  cm
- $z_G = 25$  cm
- $I_y = 48199$  cm<sup>4</sup>
- $I_z = 2141.7$  cm<sup>4</sup>
- $I_t = 89.01$  cm<sup>4</sup> (Villette)
- $I_w = 1.254E+6$  cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

- $A = 115.52$  cm<sup>2</sup>
- $A_{v,y} = 64$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup} = 1927.9$  cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf} = 1927.9$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y} = 2194.1$  cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z} = 59.87$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z} = 214.17$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z} = 335.88$  cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

1.4 - Lateral restraints

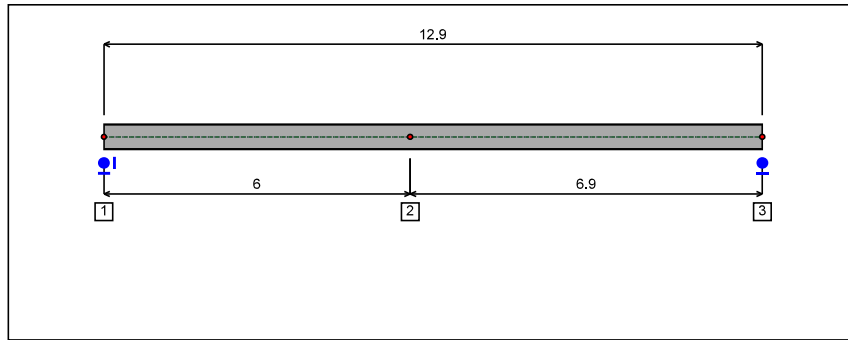


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Punctual

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 : Punctual

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

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12.9$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

1.5 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

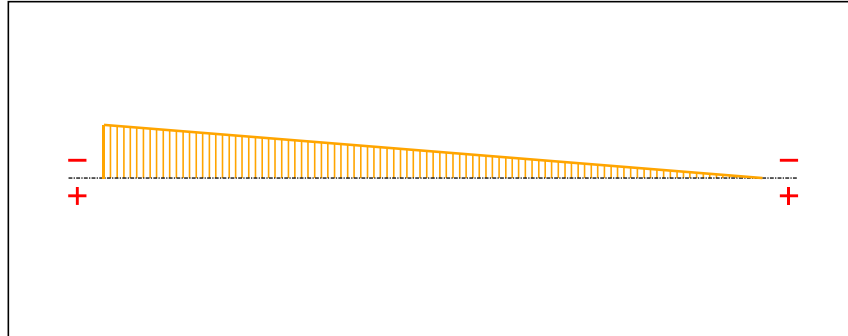


Figure 5 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-126
12.9	0

- Axial force diagram :

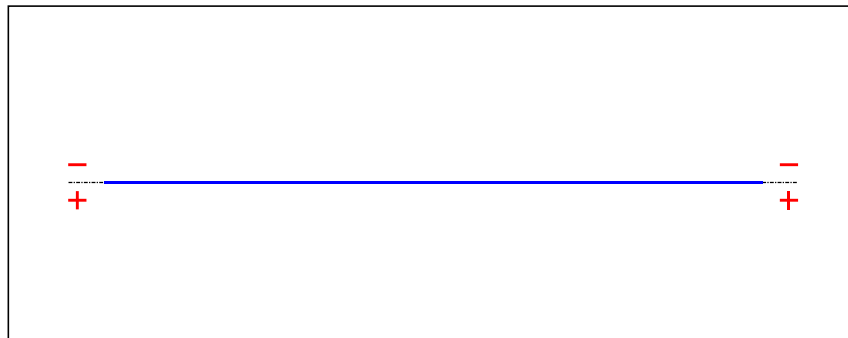


Figure 6 : Axial force diagram.

Active :

Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
12.9	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	4.266	-537.49	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	4.266	-537.49	0	0	0

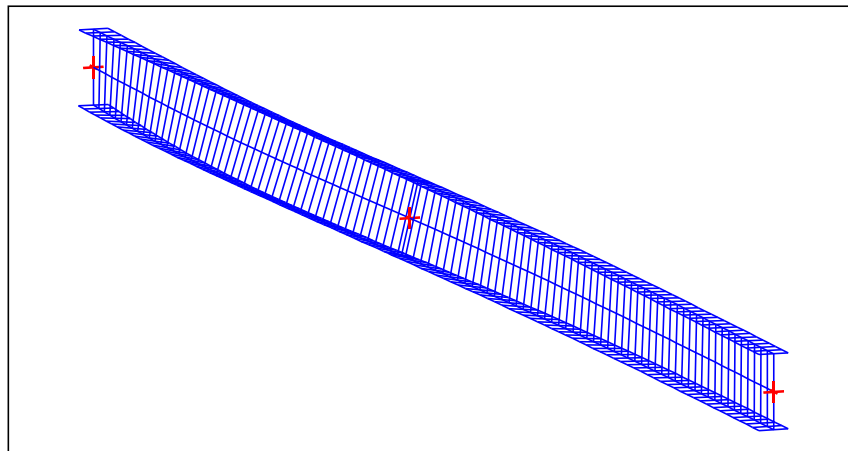


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

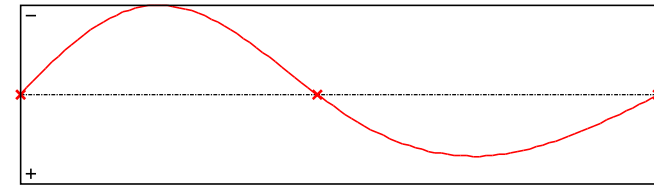


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

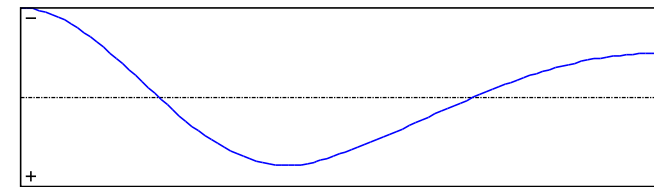


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

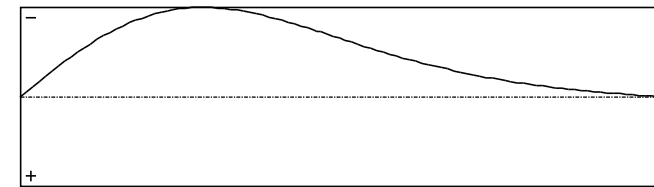


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

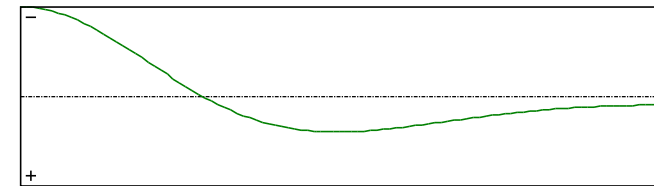


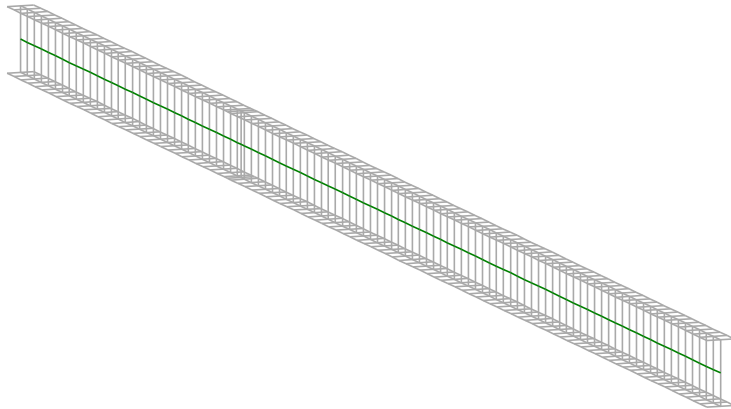
Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

# **PŘÍLOHA L**

**LTBEAMN 1.0.3 – KRITICKÝ MOMENT – ŽEBRO – OSA 7**

**LBeamN**

v 1.0.3

**CALCULATION SHEET****I - PARAMETERS****I.1 - General parameters**

Projected total length :	L = 13.62 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

**I.2 - Material**

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0.3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

**I.3 - Sections**

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

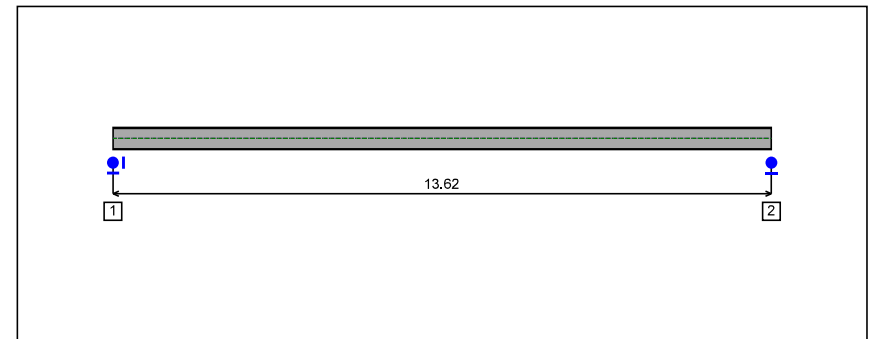


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 450

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

Type : In catalogue (OTUA)

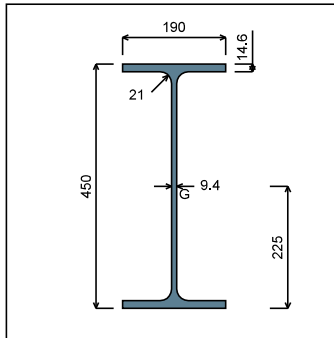


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 450).

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>
- $A_{v,y} = 55.48$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup} = 1499.7$  cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf} = 1499.7$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y} = 1701.8$  cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z} = 50.85$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z} = 176.41$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z} = 276.38$  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 :  $x = 13.62$  m

Type : In catalogue (OTUA)

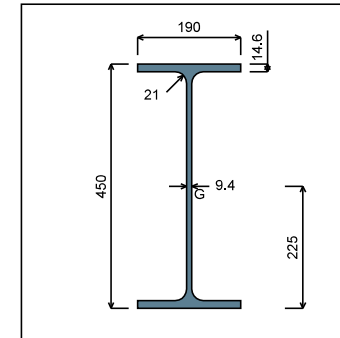


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 450).

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>
- $A_{v,y} = 55.48$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup} = 1499.7$  cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf} = 1499.7$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y} = 1701.8$  cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z} = 50.85$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z} = 176.41$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z} = 276.38$  cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

1.4 - Lateral restraints

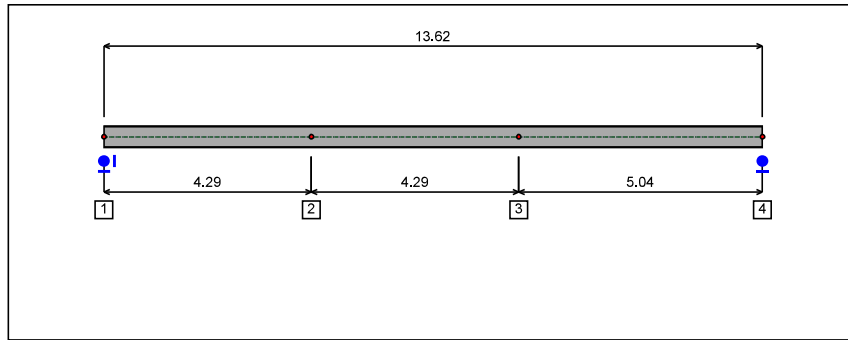


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- 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 :  $x = 4.29$  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 :  $x = 8.58$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 4 :

Type : Ponctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 13.62$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free



1.5 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

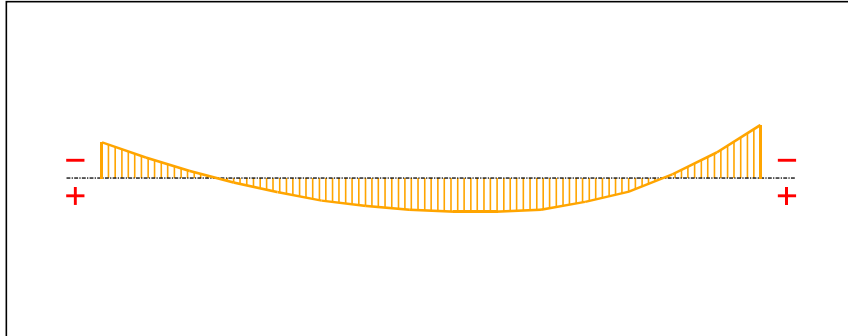


Figure 5 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-85
0.9077	-49
1.816	-17
2.724	10
3.632	33
4.54	53
5.448	66
6.356	75
7.264	79
8.172	79
9.08	75
9.991	56
10.9	32
11.8	-9
12.72	-61
13.62	-126

- Axial force diagram :

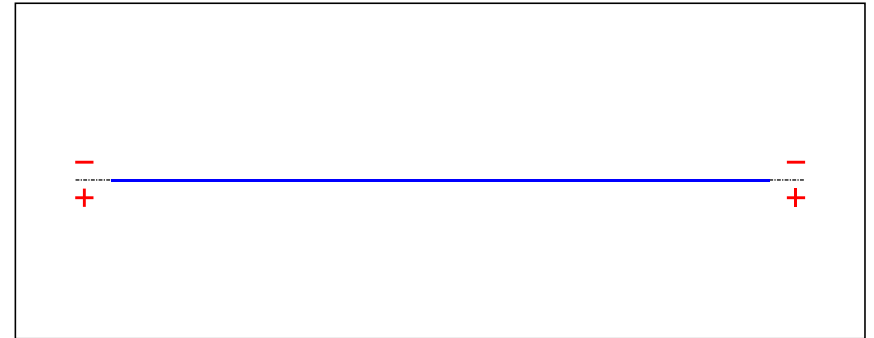


Figure 6 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
13.62	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	4.353	-548.47	13.62	0	13.62

**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	4.353	-548.47	13.62	0	13.62

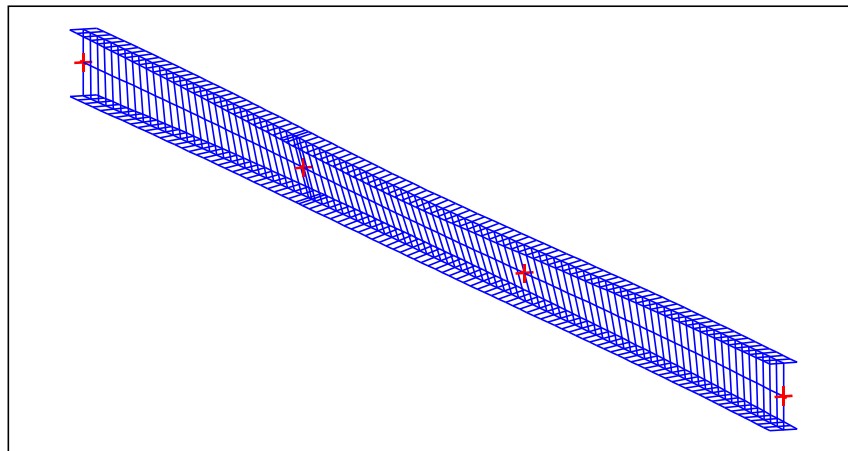


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

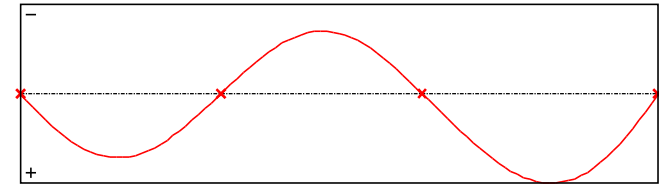


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

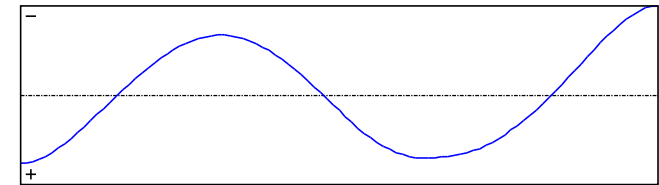


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

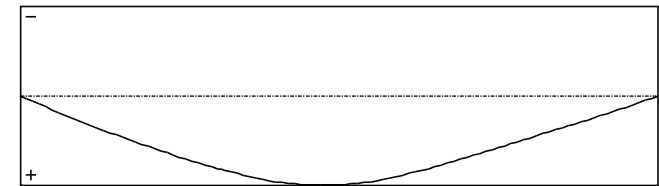


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

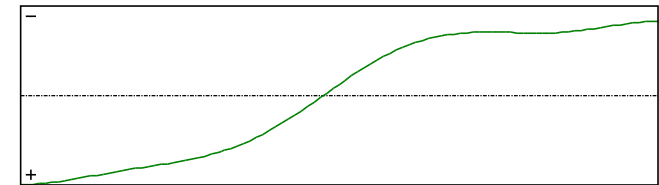


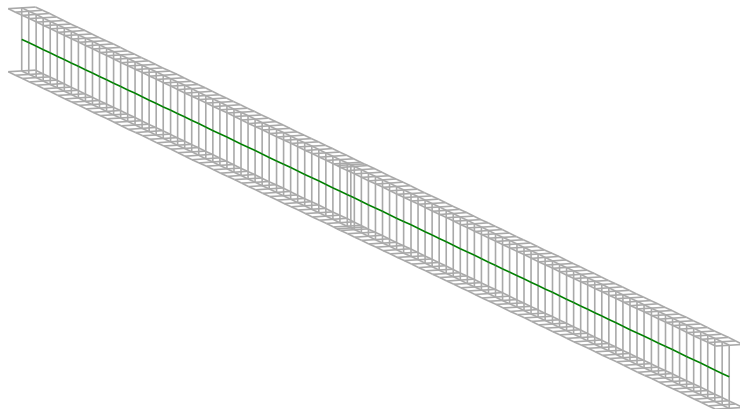
Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

# **PŘÍLOHA M**

**LTBEAMN 1.0.3 – KRITICKÝ MOMENT – SLOUP – OSA 5**

**LBeamN**

v 1.0.3

**CALCULATION SHEET**

v 1.0.3

**I - PARAMETERS****I.1 - General parameters**

Projected total length :	L = 12.9 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

**I.2 - Material**

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0.3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

**I.3 - Sections**

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

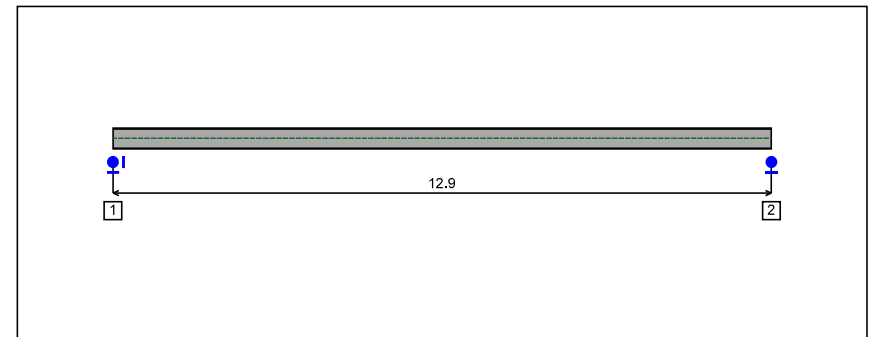


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 400

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

Type : In catalogue (OTUA)

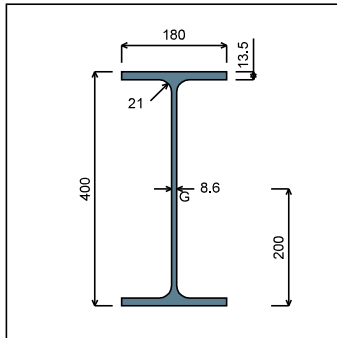


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 400).

Main geometrical properties :

- $z_S$  = 0 cm
- $z_G$  = 20 cm
- $I_y$  = 23128 cm<sup>4</sup>
- $I_z$  = 1317.8 cm<sup>4</sup>
- $I_t$  = 50.27 cm<sup>4</sup> (Villette)
- $I_w$  = 492149 cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

- $A$  = 84.46 cm<sup>2</sup>
- $A_{v,y}$  = 48.6 cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup}$  = 1156.4 cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf}$  = 1156.4 cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y}$  = 1307.1 cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z}$  = 42.69 cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z}$  = 146.42 cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z}$  = 229 cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

- Section No. 2 : IPE 400

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12.9$  m

Type : In catalogue (OTUA)

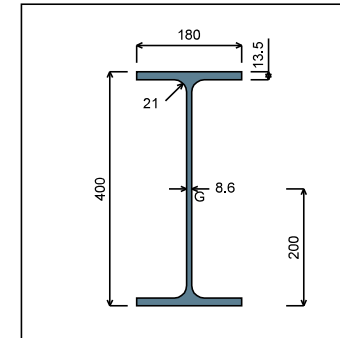


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 400).

Main geometrical properties :

- $z_S$  = 0 cm
- $z_G$  = 20 cm
- $I_y$  = 23128 cm<sup>4</sup>
- $I_z$  = 1317.8 cm<sup>4</sup>
- $I_t$  = 50.27 cm<sup>4</sup> (Villette)
- $I_w$  = 492149 cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

- $A$  = 84.46 cm<sup>2</sup>
- $A_{v,y}$  = 48.6 cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup}$  = 1156.4 cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf}$  = 1156.4 cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y}$  = 1307.1 cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z}$  = 42.69 cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z}$  = 146.42 cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z}$  = 229 cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

1.4 - Lateral restraints

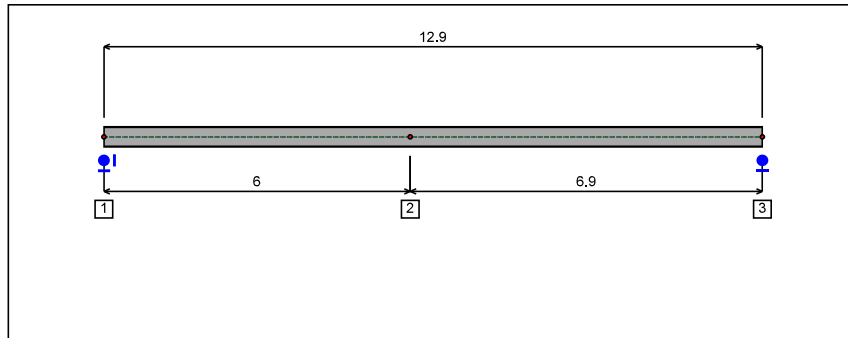


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- 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 :  $x = 6$  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 :  $x = 12.9$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

1.5 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

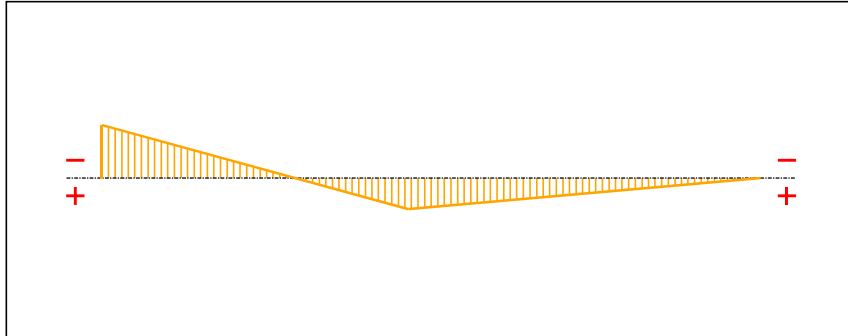


Figure 5 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-84
6	49
12.9	0

- Axial force diagram :

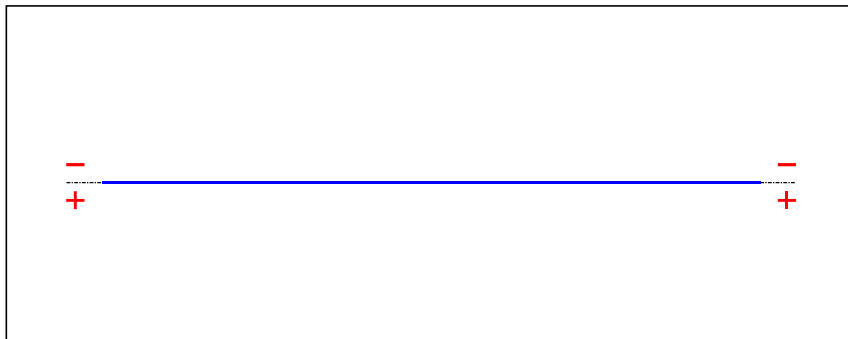


Figure 6 : Axial force diagram.

Active :

Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
12.9	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	3.947	-331.54	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	3.947	-331.54	0	0	0

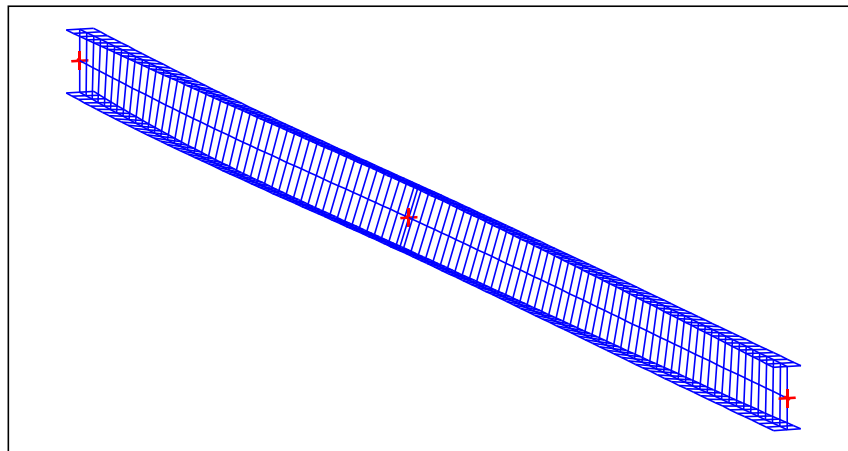


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

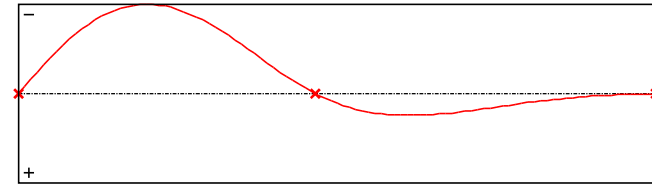


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

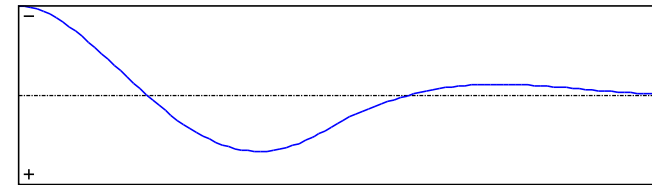


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

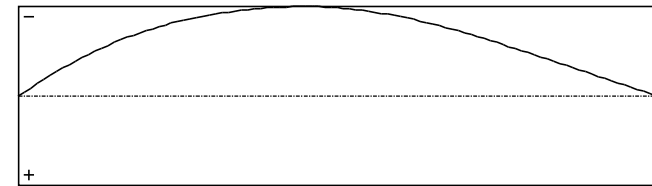


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

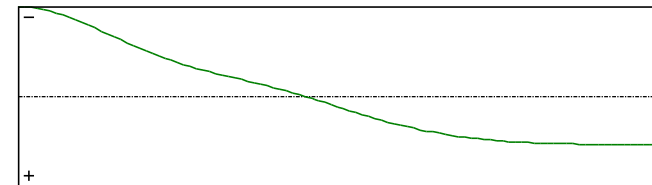


Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

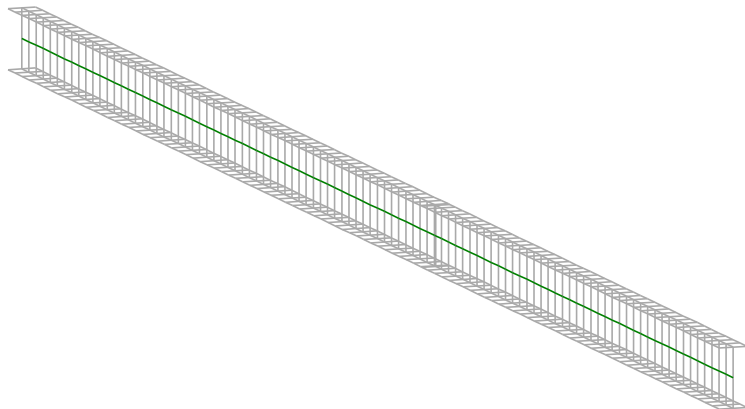


# **PŘÍLOHA N**

**LTBEAMN 1.0.3 – KRITICKÝ MOMENT – ŽEBRO – OSA 5**

**LBeamN**

v 1.0.3

**CALCULATION SHEET**

v 1.0.3

**I - PARAMETERS****I.1 - General parameters**

Projected total length :	L = 12.06 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

**I.2 - Material**

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0.3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

**I.3 - Sections**

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

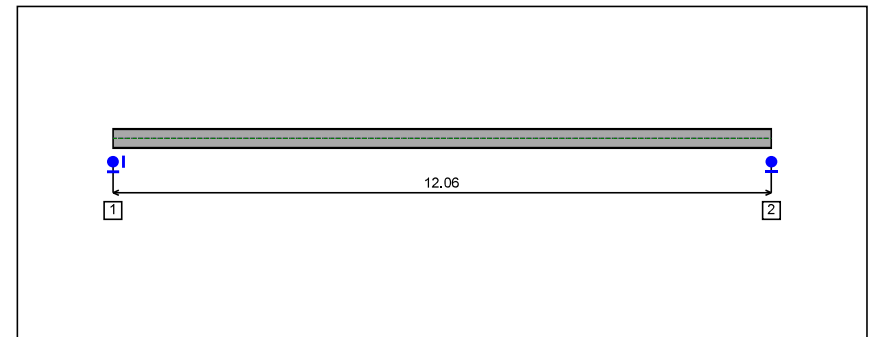


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 360

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

Type : In catalogue (OTUA)

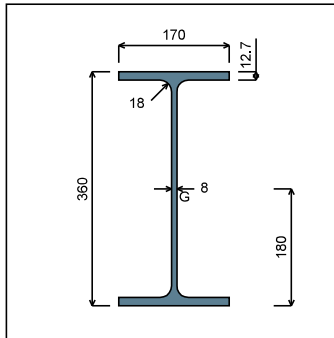


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 360).

Main geometrical properties :

- $z_S$  = 0 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>
- $W_{el,y,sup}$  = 903.65 cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf}$  = 903.65 cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y}$  = 1019.1 cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z}$  = 35.14 cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z}$  = 122.76 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. 2 : IPE 360

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12.06$  m

Type : In catalogue (OTUA)

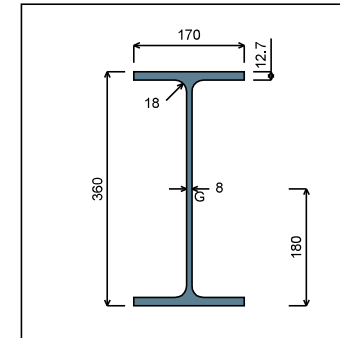


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 360).

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>
- $W_{el,y,sup}$  = 903.65 cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf}$  = 903.65 cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y}$  = 1019.1 cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z}$  = 35.14 cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z}$  = 122.76 cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z}$  = 191.1 cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

1.4 - Lateral restraints

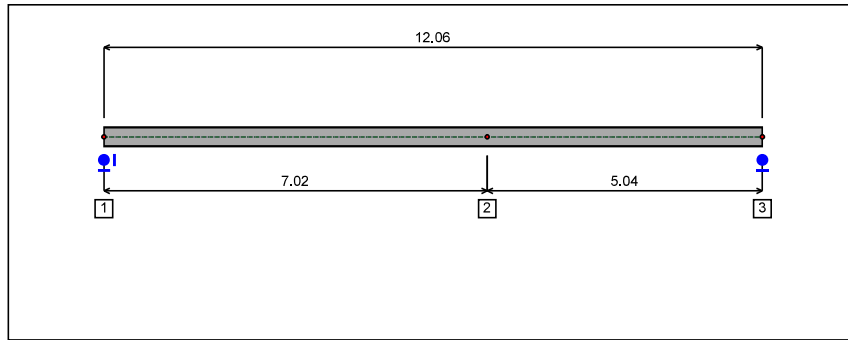


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Punctual

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 : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 7.02$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12.06$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

1.5 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

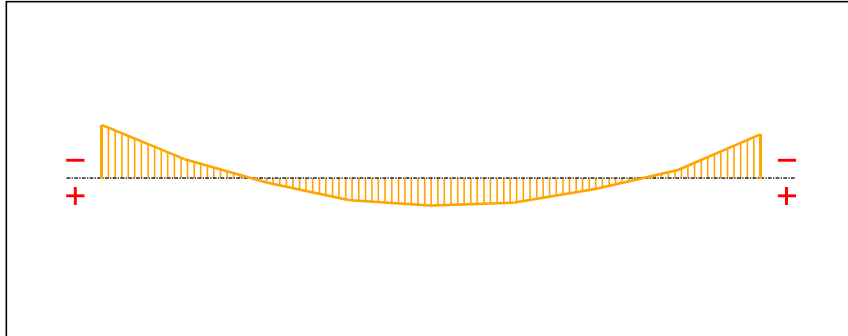


Figure 5 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-97
1.508	-35
3.015	8
4.523	40
6.03	50
7.538	45
9.045	20
10.55	-15
12.06	-80

- Axial force diagram :

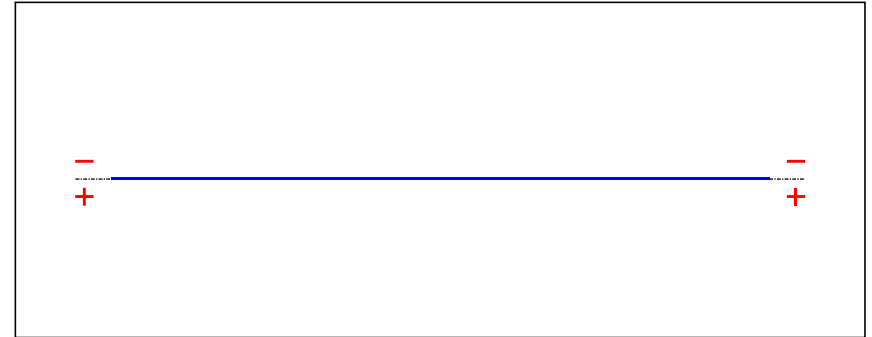


Figure 6 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
12.06	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	3.628	-351.94	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	3.628	-351.94	0	0	0

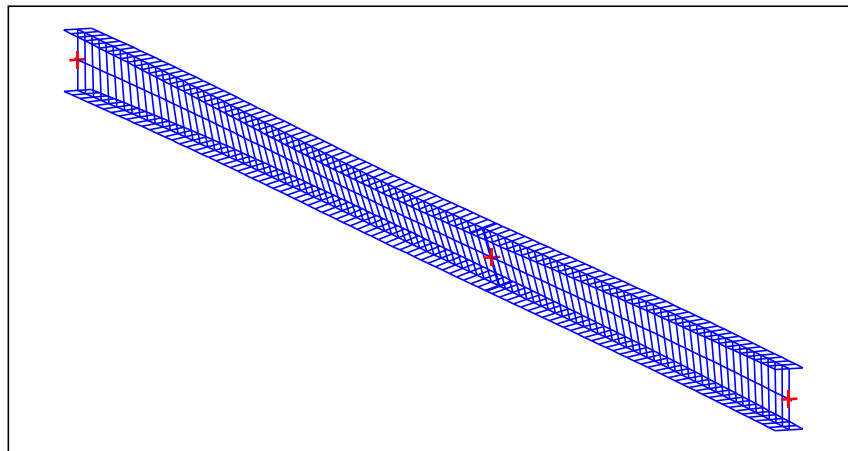


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

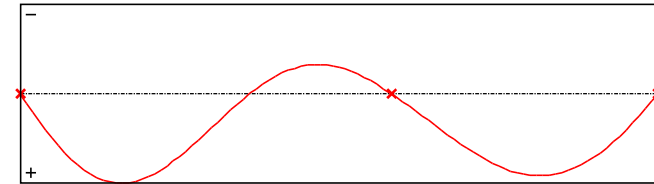


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

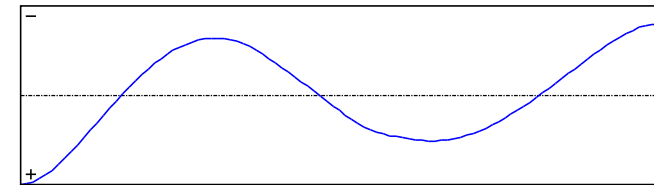


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

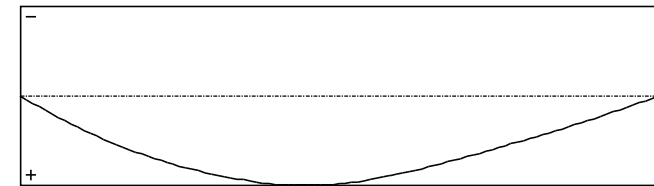


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

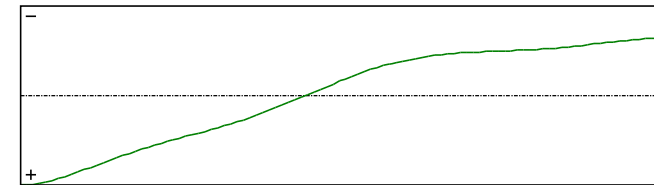


Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

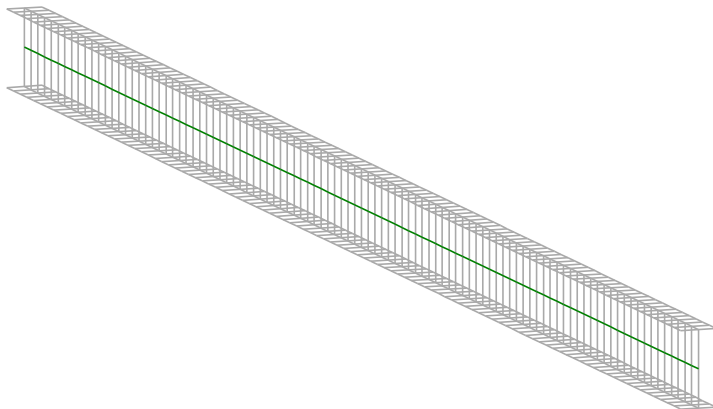
# **PŘÍLOHA O**

**LTBEAMN 1.0.3 – KRITICKÝ MOMENT – ŽEBRO – OSA 2**

# LBeamN

v 1.0.3

## CALCULATION SHEET



### I - PARAMETERS

#### I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 8.9 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

#### I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0.3$
Density :	$\rho = 7850$ kg/m <sup>3</sup>

#### I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

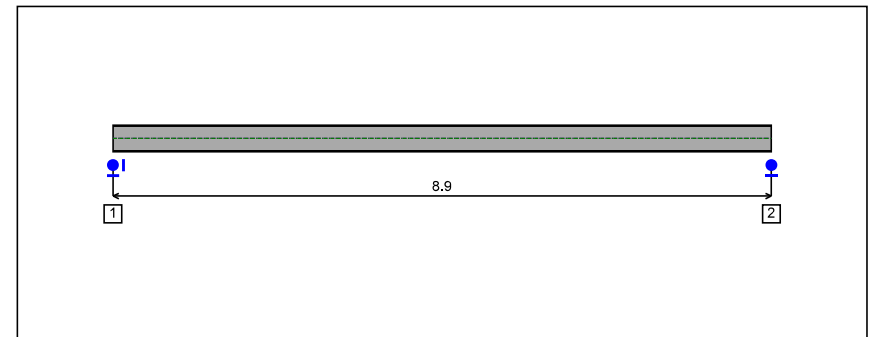


Figure 1 : Profile in long with section numbers.



- Section No. 1 : IPE 360

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

Type : In catalogue (OTUA)

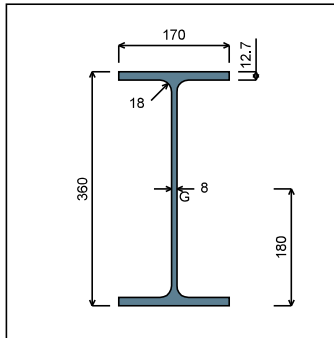


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 360).

Main geometrical properties :

$z_S = 0$  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. 2 : IPE 360

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 8.9$  m

Type : In catalogue (OTUA)

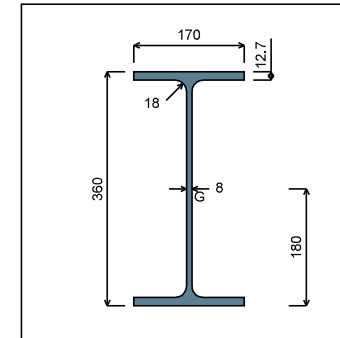


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 360).

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

1.4 - Lateral restraints

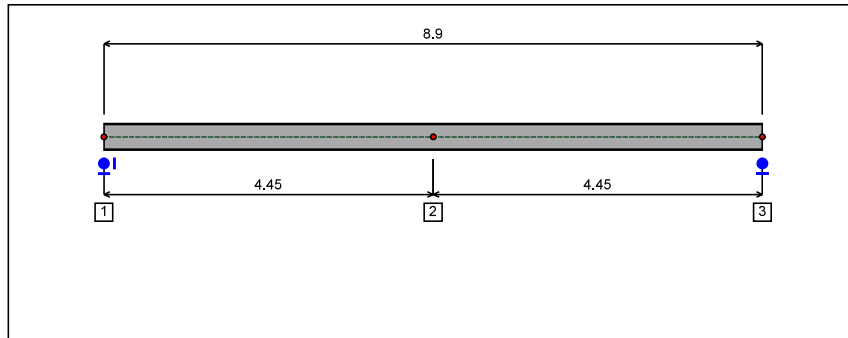


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Punctual

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 : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 4.45$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 8.9$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

1.5 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

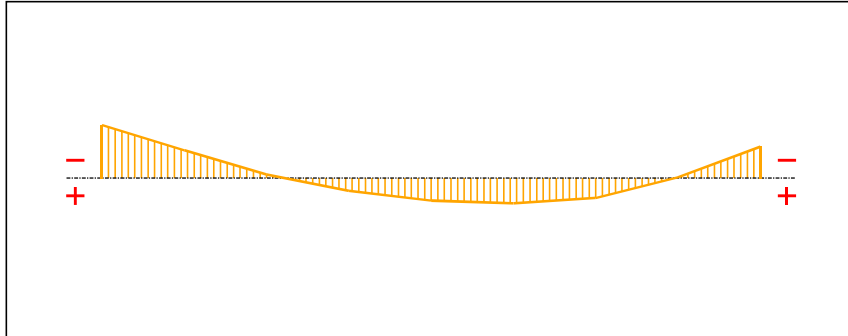


Figure 5 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	-59
1.113	-31
2.225	-4
3.338	14
4.45	25
5.563	28
6.675	22
7.789	-1
8.9	-35

- Axial force diagram :

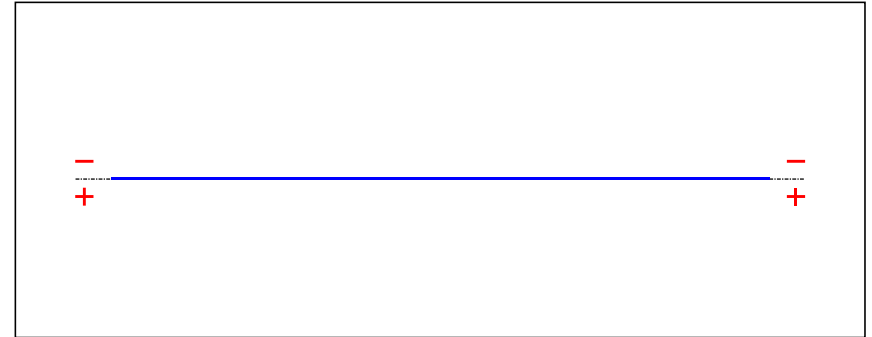


Figure 6 : Axial force diagram.

Active :

No

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
8.9	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	7.714	-455.14	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	7.714	-455.14	0	0	0

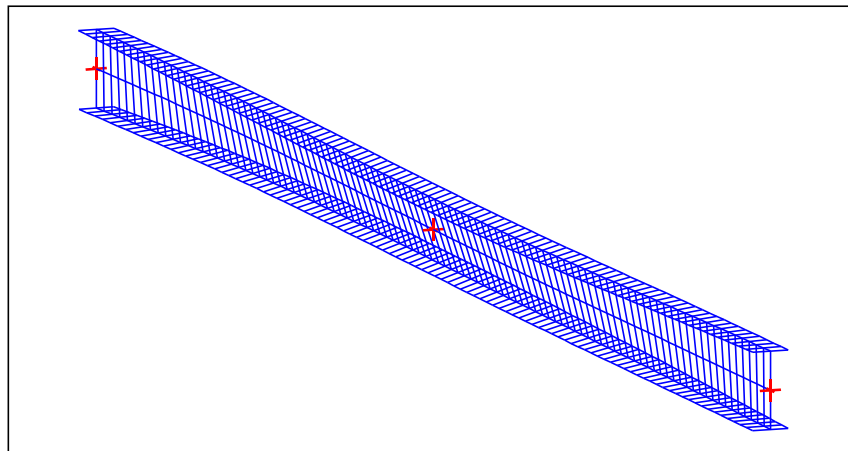


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

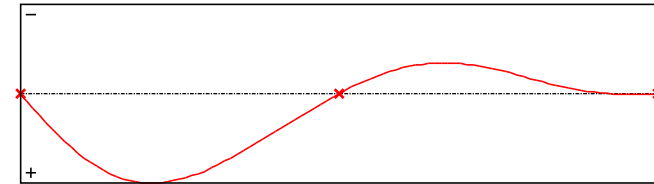


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

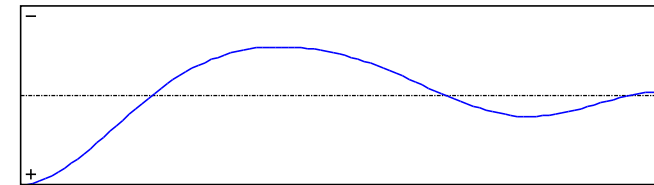


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

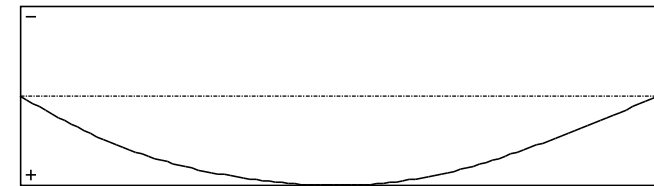


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

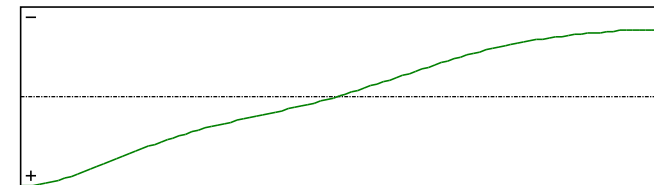


Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

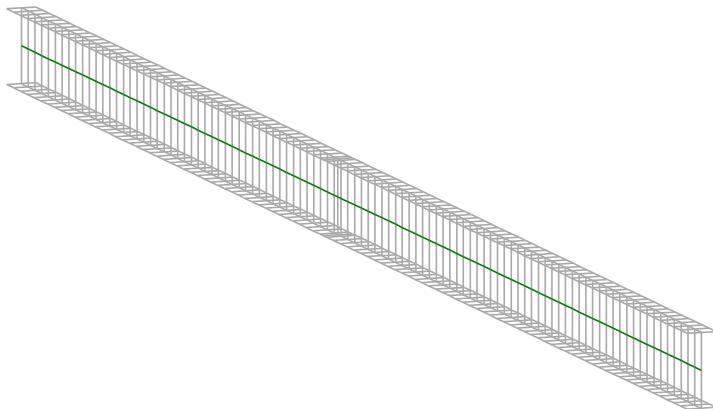
# **PŘÍLOHA P**

**LTBEAMN 1.0.3 – KRITICKÝ MOMENT – SLOUP – OSA 1**

# LBeamN

v 1.0.3

## CALCULATION SHEET



### I - PARAMETERS

#### I.1 - General parameters

Projected total length :	L = 12.9 m
Initial discretization of the beam :	$n_{el} = 100$ elements

#### I.2 - Material

Name :	Steel
Young modulus :	E = 210000 MPa
Shear modulus :	G = 80769 MPa
Poisson factor :	$\nu = 0.3$
Density :	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

#### I.3 - Sections

Alignment of sections :	Top
-------------------------	-----

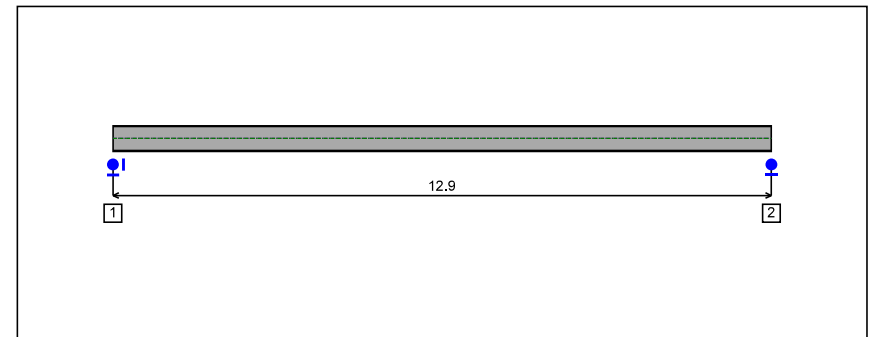


Figure 1 : Profile in long with section numbers.

- Section No. 1 : IPE 500

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

Type : In catalogue (OTUA)

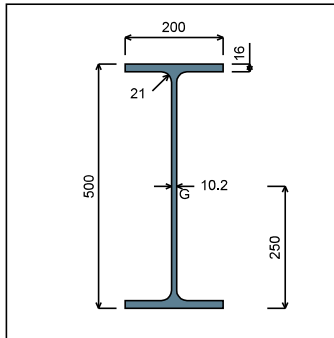


Figure 2 : Section No. 1 (IPE 500).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0$  cm
- $z_G = 25$  cm
- $I_y = 48199$  cm<sup>4</sup>
- $I_z = 2141.7$  cm<sup>4</sup>
- $I_t = 89.01$  cm<sup>4</sup> (Villette)
- $I_w = 1.254E+6$  cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

- $A = 115.52$  cm<sup>2</sup>
- $A_{v,y} = 64$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup} = 1927.9$  cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf} = 1927.9$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y} = 2194.1$  cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z} = 59.87$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z} = 214.17$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z} = 335.88$  cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

- Section No. 2 : IPE 500

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12.9$  m

Type : In catalogue (OTUA)

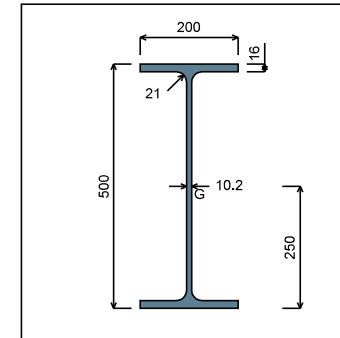


Figure 3 : Section No. 2 (IPE 500).

Main geometrical properties :

- $z_S = 0$  cm
- $z_G = 25$  cm
- $I_y = 48199$  cm<sup>4</sup>
- $I_z = 2141.7$  cm<sup>4</sup>
- $I_t = 89.01$  cm<sup>4</sup> (Villette)
- $I_w = 1.254E+6$  cm<sup>6</sup>

Other geometrical properties :

- $A = 115.52$  cm<sup>2</sup>
- $A_{v,y} = 64$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,y,sup} = 1927.9$  cm<sup>3</sup>
- $W_{el,y,inf} = 1927.9$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,y} = 2194.1$  cm<sup>3</sup>
- $A_{v,z} = 59.87$  cm<sup>2</sup>
- $W_{el,z} = 214.17$  cm<sup>3</sup>
- $W_{pl,z} = 335.88$  cm<sup>3</sup>

Stiffness relaxations :

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

1.4 - Lateral restraints

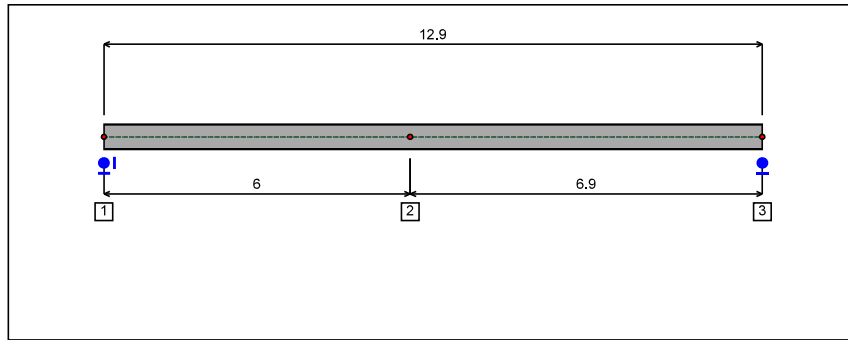


Figure 4 : Profile in long with restraint numbers.

- Restraint No. 1 :

Type : Punctual

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 : Punctual

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

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Free
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free

- Restraint No. 3 :

Type : Punctual

Abscissa from the left end of the beam :  $x = 12.9$  m

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

Restraint conditions :

- $v$  : Fixed
- $\theta$  : Fixed
- $v'$  : Free
- $\theta'$  : Free



1.5 - Loads

Type of loading :

Internal

- Moment diagram :

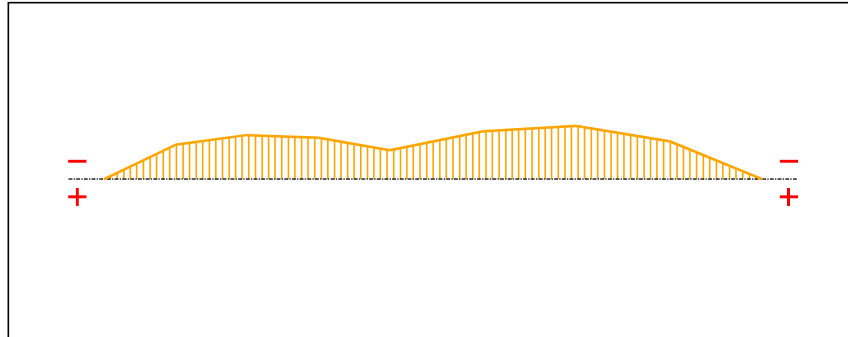


Figure 5 : Moment diagram.

Active :

Yes

Table 1 : Moment diagram.

x(m)	M(kN.m)
0	0
1.4	-38
2.8	-49
4.2	-46
5.6	-32
7.425	-53
9.25	-59
11.08	-42
12.9	0

- Axial force diagram :

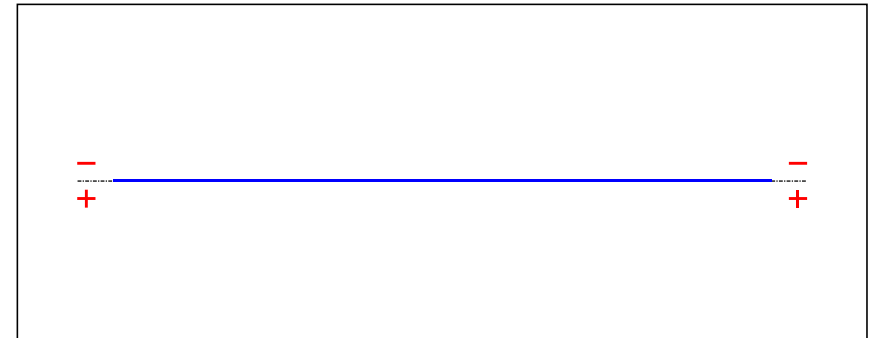


Figure 6 : Axial force diagram.

Active :

Yes

Table 2 : Axial force diagram.

x(m)	N(kN)
0	0
12.9	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	7.31	-429.08	9.159	0	9.159

**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	7.31	-429.08	9.159	0	9.159

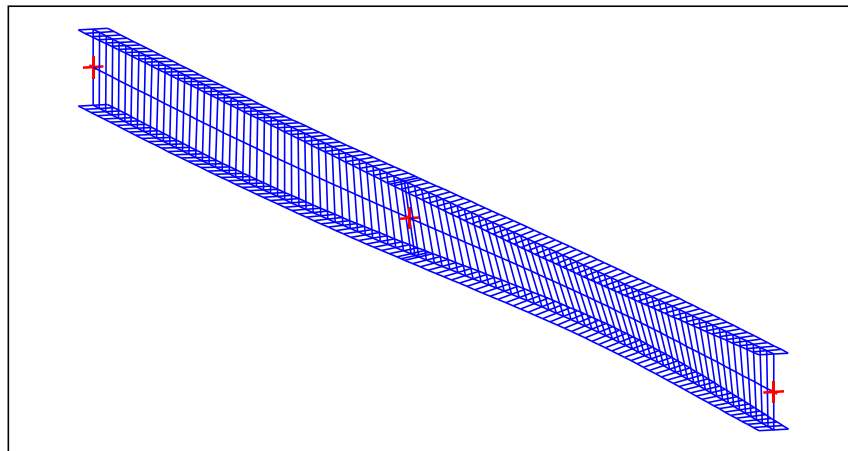


Figure 7 : Mode shape in 3D (Mode 1).

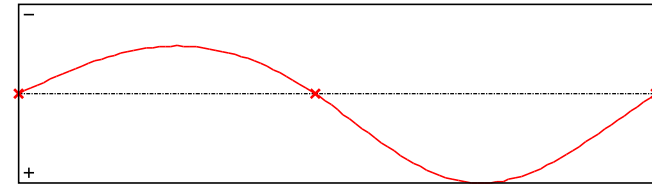


Figure 8 : Lateral displacement component of the shear centre (Mode 1).

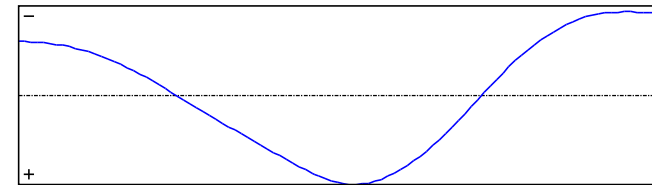


Figure 9 : Rotation in lateral flexure component of the shear centre (Mode 1).

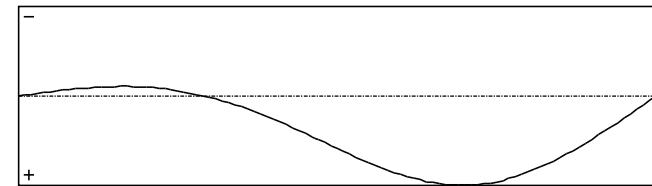


Figure 10 : Longitudinal rotation (torsion) component of the shear centre (Mode 1).

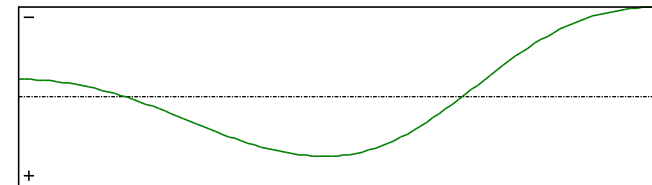


Figure 11 : Warping component of the shear centre (Mode 1).

# **PŘÍLOHA Q**

**HILTI PROFIS ENGINEERING 3.0.66 - KOTVENÍ OBVODOVÉHO  
SLOUPU**

www.hilti.cz

Společnost: Strana: 1  
 Adresa: Projektant:  
 Telefon I fax: |  
 Návrh: beton - 14, pro 2020 E-mail:  
 Datum: 19.12.2020  
 Dílčí projekt / pozice č.:

Komentář projektanta:

## 1 Návrh kotvy

### 1.1 Vstupní data

Typ a velikost kotvy: HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M30

Předpokládaná životnost (životnost v letech): 50

Číslo artiklu: není dostupné (vložit) / 2022696 HIT-HY 200-A (chemická hmota)

Efektivní kotvení hloubka:  $h_{ef,act} = 600,0$  mm ( $h_{ef,limit} = -$  mm)

Materiál: 8.8

Certifikát č.: ETA 11/0493

Vydán / Platný: 30.08.2019 | -

Posouzení: Návrhová metoda EN 1992-4, Chemické

Distanční montáž: bez upnutí (kotva); stupeň zadržení (kotevní deska): 2,00;  $e_b = 40,0$  mm;  $t = 25,0$  mm

Hilti malla: CB-G EG, epoxidová,  $f_{c,grout} = 120,00$  N/mm<sup>2</sup>

Kotevní deska<sup>CBFEM</sup>:  $l_x \times l_y \times t = 600,0$  mm x 300,0 mm x 25,0 mm;

Profil: IPE profil, IPE 500; ( $V \times \bar{S} \times T \times T$ ) = 500,0 mm x 200,0 mm x 10,2 mm x 16,0 mm

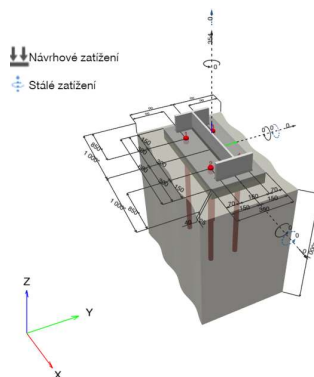
Základní materiál: s tržlinami beton, C20/25,  $f_{c,cyl} = 20,00$  N/mm<sup>2</sup>;  $h = 1\,000,0$  mm, teplota krátkodobá/dlouhodobá: 40/24 °C, parciální bezpečnostní součinitel materiálu  $\gamma_c = 1,500$

Montáž: kotevní otvor vrtaný přiklepem, montážní podmínky: suché

Výztuž: Žádná výztuž nebo osová vzdálenost výztuže  $\geq 150$  mm (jakýkoliv  $\emptyset$ ) nebo  $\geq 100$  mm ( $\emptyset \leq 10$  mm)  
 žádná podélná výztuž okraje

CBFEM - Výpočet kotev je založen na metodě konečných prvků (CBFEM)

Geometrie [mm] & Zatížení [kN, kNm]



Je potřebné zkontrolovat shodu vstupních údajů se skutečnými podmínkami a přijatelnost výsledků.  
 PROFIS Engineering (c) 2003-2020 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti je registrovaná značka společnosti Hilti AG, Schaan

www.hilti.cz

Společnost: Strana: 2  
 Adresa: Projektant:  
 Telefon I fax: |  
 Návrh: beton - 14, pro 2020 E-mail:  
 Datum: 19.12.2020  
 Dílčí projekt / pozice č.:

### 1.1.1 Kombinace zatížení

Stav	Popis	Síly [kN] / Momenty [kNm]	Seismický	Požár	Max. využití kotvy [%]
1	Maximální tah	$N = 354,000; V_x = 0,000; V_y = 0,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ $N_{sust} = 0,000; M_{x,sust} = 0,000; M_{y,sust} = 0,000;$	Ne	ne	89
2	Maximální tlak	$N = -426,000; V_x = 0,000; V_y = 0,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ $N_{sust} = 0,000; M_{x,sust} = 0,000; M_{y,sust} = 0,000;$	Ne	ne	1

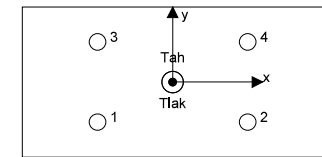
### 1.2 Zatěžovací stav/Výsledné síly na kotvu

Kontrolovaný zatěžovací stav: 1 Maximální tah

#### Reakce kotvy [kN]

Tahová síla: (+ Tah, - Tlak)

Kotva	Tahová síla	Smyková síla	Smyková síla x	Smyková síla y
1	88,916	0,571	-0,372	0,434
2	88,914	0,571	0,372	0,434
3	88,907	0,571	-0,371	-0,434
4	88,904	0,571	0,371	-0,434



výsledná tahová síla v (x/y) = (-0,0/-0,0): 355,640 [kN]

výsledná tlaková síla v (x/y) = (-0,0/-0,1): 7,389 [kN]

Síla v kotvě je vypočtena pomocí metody konečných prvků (CBFEM)

Je potřebné zkontrolovat shodu vstupních údajů se skutečnými podmínkami a přijatelnost výsledků.  
 PROFIS Engineering (c) 2003-2020 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti je registrovaná značka společnosti Hilti AG, Schaan

**www.hilti.cz**

Společnost:		Strana:	3
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 14, pro 2020	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

**1.3 Tahové zatížení (EN 1992-4, oddíl 7.2.1)**

	Zatížení [kN]	Únosnost [kN]	Využití $\beta_N$ [%]	Stav
Porušení oceli*	88,916	299,200	30	OK
Kombinované porušení vytažením - vytržením betonového kuželu**	355,640	526,127	68	OK
Porušení vytržením betonového kuželu**	355,640	401,402	89	OK
Porušení rozštěpením**	355,640	480,162	75	OK

\* nejnepříznivější kotva \*\* skupina kotev (kotvy v tahu)

**1.3.1 Porušení oceli**

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Ed,s}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
448,800	1,500	299,200	88,916

**1.3.2 Kombinované porušení vytažením - vytržením betonového kuželu**

$A_{b,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{p,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{Rk,ucr,2D}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$c_{min}$ [mm]	$f_{c,crd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1 338 702	863 298	18,00	929,1	464,6	850,0	20,00
$\psi_c$	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$k_3$	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
1,000	9,00	7,700	8,95	1,000	1,000	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$	
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	
$\psi_{sus}^0$	$\alpha_{sus}$	$\psi_{sus}$				
0,740	0,000	1,000				
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]		
508,938	789,191	1,500	526,127	355,640		

**ID skupiny kotev**

1-4

**1.3.3 Porušení vytržením betonového kuželu**

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,crd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
3 920 000	3 240 000	900,0	1 800,0	20,00		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	
0,0	1,000	0,0	1,000	0,983	1,000	
$z$ [mm]	$\psi_{M,N}$	$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
0,1	1,000	7,700	506,096	1,500	401,402	355,640

**ID skupiny kotev**

1-4

**www.hilti.cz**

Společnost:		Strana:	4
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 14, pro 2020	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

**1.3.4 Porušení rozštěpením**

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$	$f_{c,crd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
4 160 000	3 686 400	960,0	1 920,0	1,306	20,00	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$k_1$
0,0	1,000	0,0	1,000	0,966	1,000	7,700
$N_{Rk,sp}^0$ [kN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rd,sp}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]			
506,096	1,500	480,162	355,640			

**ID skupiny kotev**

1-4

**www.hilti.cz**

Společnost:	Strana:	5
Adresa:	Projektant:	
Telefon   fax:	E-mail:	
Návrh:	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:		

**1.4 Smykové zatížení (EN 1992-4, oddíl 7.2.2)**

	Zatížení [kN]	Únosnost [kN]	Využití $\beta_V$ [%]	Stav
Porušení oceli (bez distanční montáže)*	0,571	179,520	1	OK
Porušení oceli (s distanční montáží)*	0,571	29,974	2	OK
Porušení vylomením betonu*	0,571	200,703	1	OK
Porušení okraje betonu ve směru x+**	1,143	249,004	1	OK

\* nejnepříznivější kotva \*\* skupina kotev (rovnocenné kotvy)

**1.4.1 Porušení oceli (bez distanční montáže)**

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	$k_7$	$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]
224,400	1,000	224,400	1,250	179,520	0,571

**1.4.2 Porušení oceli (s distanční montáží)**

$I$ [mm]	$\alpha_M$	$N_{Ed} / N_{Rd,s}$	$1 - N_{Ed} / N_{Rd,s}$	$M_{Rk,s}^0$ [kNm]	$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 (1 - N_{Ed} / N_{Rd,s})$ [kNm]
67,5	2,00	0,297	0,703	1,799	1,265
$V_{Rk,s}^M = \alpha_M * M_{Rk,s} / I$ [kN]		$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}^M$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]	
37,467		1,250	29,974	0,571	

**1.4.3 Porušení vylomením betonu (relevantní k vytažení)**

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$k_8$	$f_{c,cr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
980 000	3 240 000	900,0	1 800,0	2,000	20,00
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	0,983	1,000
$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,sp}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]	
7,700	506,096	1,500	200,703	0,571	

ID skupiny kotev

2

**1.4.4 Porušení okraje betonu ve směru x+**

$l_f$ [mm]	$d_{nom}$ [mm]	$k_9$	$\alpha$	$\beta$	$f_{c,cr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
240,0	30,00	1,700	0,053	0,051	20,00
$c_1$ [mm]	$A_{c,v}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,v}^0$ [mm <sup>2</sup> ]			
850,0	2 710 000	3 251 250			
$\psi_{s,v}$	$\psi_{h,v}$	$\psi_{c,v}$	$e_{c,v}$ [mm]	$\psi_{ec,v}$	$\psi_{re,v}$
1,000	1,129	1,328	0,0	1,000	1,000
$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$k_T$	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]	
298,899	1,0	1,500	249,004	1,143	

Je potřebné zkontrolovat shodu vstupních údajů se skutečnými podmínkami a přijatelnost výsledků.  
 PROFIS Engineering (c) 2003-2020 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti je registrovaná značka společnosti Hilti AG, Schaan

**www.hilti.cz**

Společnost:	Strana:	6
Adresa:	Projektant:	
Telefon   fax:	E-mail:	
Návrh:	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:		

**1.5 Kombinace zatížení tah/smyk (EN 1992-4, oddíl 7.2.3)**

Selhání oceli

$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Využití $\beta_{NV}$ [%]	Stav
0,297	0,003	2,000	9	OK

$$\beta_N^{\alpha} + \beta_V^{\alpha} \leq 1,0$$

Porušení betonu

$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Využití $\beta_{NV}$ [%]	Stav
0,886	0,005	1,000	75	OK

$$(\beta_N + \beta_V) / 1.2 \leq 1,0$$

**1.6 Upozornění**

- Návrhové metody v PROFIS Engineering vyžadují dle současných předpisů (ETAG 001 / příloha C, EOTA TR029, atd.) tuhé kotevní desky. To znamená, že přerozdělení zatížení na jednotlivé kotvy, v důsledku pružné deformace kotevní desky, se neuvazuje - kotevní deska se považuje za dostatečně tuhou, aby nedošlo k její deformaci, při působení návrhového zatížení. PROFIS Engineering vypočítá pomocí MKP minimální potřebnou tloušťku kotevní desky tak, aby bylo omezeno napětí v kotevní desce s souladu s výše uvedenými předpoklady. PROFIS Anchor neprovádí ověření dostatečné tuhosti kotevní desky. Musí být provedena kontrola věrohodnosti a souladu vstupních a výstupních dat se stávajícími podmínkami!
- Posouzení přenosu zatížení do základního materiálu musí být provedeno podle EN 1992-4, Příloha A!
- Upozornění! V případě působení tlakových sil na kotvu se musí samostatně provést posouzení vzpěru stejně jako posouzení lokálního přenosu zatížení do a uvnitř základního materiálu (včetně propíchnutí).
- Návrh je platný pouze když velikost otvorů pro kotvy v kotevní desce není větší než velikosti uvedené v EN 1992-4 tabulka 6.1! Pro větší kotevní otvory postupujte podle EN 1992-4 část 6.2.2!
- Seznam příslušenství v tomto protokolu slouží pouze jako informace uživateli. V každém případě je třeba dodržovat návod k použití dodávaný s výrobkem, aby byla zajištěna správná instalace.
- Pro stanovení  $\psi_{re,v}$  (selhání betonové okraje) se předpokládá  $c = 30$  mm betonové kryty vyztužené okrajem
- Čištění vyvrtaného kotevního otvoru musí být provedeno dle návodu na použití (2x vyfoukat stlačeným vzduchem bez oleje (min. 6bar), 2x vykartáčovat a opět 2x vyfoukat stlačeným vzduchem bez oleje (min. 6bar)).
- Charakteristická pevnost lepicí hmoty (soudržnost) závisí na krátkodobých a dlouhodobých teplotách.
- Prosím kontaktujte Hilti pro ověření dostupnosti dodávky kotevních šroubů HIT-V.
- Okrajová výztuž není požadovaná pro zabránění porušení rozštěpením.
- Metoda návrhu v PROFIS Engineering vyžaduje tuhou kotevní desku, podle aktuálně platných předpisů (AS 5216:2018, ETAG 001/příloha C, EOTA TR029, atd.). To znamená, že kotevní deska by měla být dostatečně tuhá, aby se zabránilo redistribuci zatížení na kotvy kvůli elastickým / plastickým přemístěním. Uživatel akceptuje, že kotevní deska je považována za téměř tuhou na základě Inženýrského úsudku."
- Charakteristická odolnost spoje závisí na údržbě a životnosti (životnosti v letech): 50

Je potřebné zkontrolovat shodu vstupních údajů se skutečnými podmínkami a přijatelnost výsledků.  
 PROFIS Engineering (c) 2003-2020 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti je registrovaná značka společnosti Hilti AG, Schaan

www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	7
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 14, pro 2020	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

### 1.7 Montážní pokyny

Kotevní deska, ocel: S 235; E = 210 000,00 N/mm<sup>2</sup>;  $f_{yk} = 235,00$  N/mm<sup>2</sup>  
 Profil: IPE 500; (V x Š x T x FT) = 500,0 mm x 200,0 mm x 10,2 mm x 16,0 mm

Průměr otvoru v kotevní desce:  $d_f = 33,0$  mm  
 Tloušťka kotevní desky (vstup): 25,0 mm

Metoda vrtání: Vyvrtáno přiklepem

Čištění: Je požadováno kvalitní vyčištění kotevního otvoru

Hilti HIT-V závitová tyč s HIT-HY 200 lepicí hmota s 600 mm kotevní hloubka  $h_{ef}$ , M30, Galvanicky pozinkováno, Vrtání přiklepem instalace podle ETA 11/0493

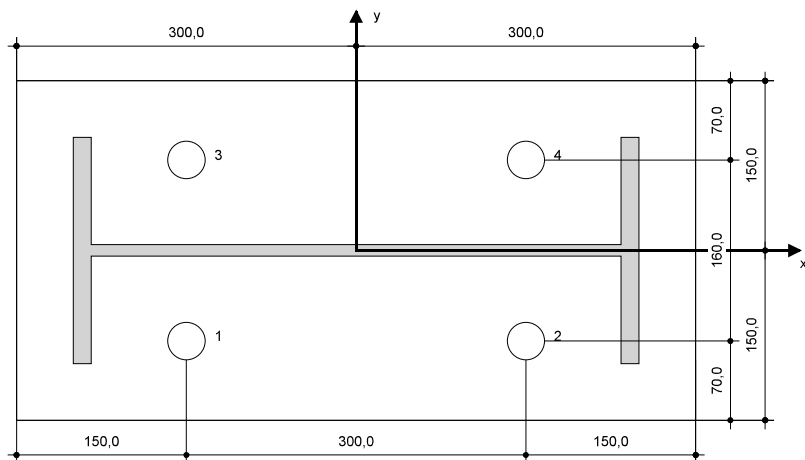
Typ a velikost kotvy: HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M30  
 Číslo artiklu: není dostupné (vložit) / 2022696 HIT-HY 200-A (chemická hmota)

Utahovací moment: 300 Nm  
 Průměr otvoru v základním materiálu: 35,0 mm  
 Hloubka kotevního otvoru v základním materiálu: 600,0 mm

Minimální tloušťka základního materiálu: 670,0 mm

#### 1.7.1 Doporučené příslušenství

Vrtání	Čištění	Osazení
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vhodná pro vrtací klavivo</li> <li>Vrták správného průměru</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stlačený vzduch s požadovaným příslušenstvím pro vyfoukání kotevního otvoru ode dna</li> <li>Odpovídající průměr drátkového kartáče</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Výtačovací přístroj včetně vodící kazety a směšovače</li> <li>Momentový klíč</li> </ul>



Souřadnice kotev [mm]

Kotva	x	y	$c_{-x}$	$c_{+x}$	$c_{-y}$	$c_{+y}$
1	-150,0	-80,0	850,0	1 150,0	-	-
2	150,0	-80,0	1 150,0	850,0	-	-
3	-150,0	80,0	850,0	1 150,0	-	-
4	150,0	80,0	1 150,0	850,0	-	-

Je potřebné zkontrolovat shodu vstupních údajů se skutečnými podmínkami a přijatelnost výsledků.  
 PROFIS Engineering ( c ) 2003-2020 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti je registrovaná značka společnosti Hilti AG, Schaan

www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	8
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 14, pro 2020	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

## 2 Návrh kotevní desky

### 2.1 Vstupní data

Kotevní deska: Tvar: Obdélníková  
 $l_x$  x  $l_y$  x  $t = 600,0$  mm x 300,0 mm x 25,0 mm  
 Výpočet: Reálné chování - CBFEM  
 Materiál: S 235;  $F_y = 235,00$  N/mm<sup>2</sup>;  $\epsilon_{lm} = 5,00\%$

Typ a velikost kotvy: HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M30,  $h_{ef} = 600,0$  mm

Tuhost kotvy: Kotva se modeluje s ohledem na hodnoty tuhosti určené křivkou zobrazující závislost deformace na zatížení ze zkoušek v nezávislé laboratoři. Upozorňujeme, že není možná jednoduchá záměna kotvy, protože tuhost kotvy má zásadní vliv na výsledné rozložení zatížení.

Návrhová metoda: Návrh podle EN použití komponentní metody konečných prvků

Distanční montáž:  $e_b = 40,0$  mm (Distanční montáž s podlitem);  $t = 25,0$  mm

Profil: IPE 500; (L x W x T x FT) = 500,0 mm x 200,0 mm x 10,2 mm x 16,0 mm  
 Materiál: S 235;  $F_y = 235,00$  N/mm<sup>2</sup>;  $\epsilon_{lm} = 5,00\%$   
 Excentricita x: 0,0 mm  
 Excentricita z: 0,0 mm

Základní Materiál: Beton s tržlinami; C20/25;  $f_{c,cyl} = 20,00$  N/mm<sup>2</sup>;  $h = 1 000,0$  mm; E = 30 000,00 N/mm<sup>2</sup>; G = 12 500,00 N/mm<sup>2</sup>;  $\nu = 0,20$

Svary (profil ke kotevní desce): Typ redistribuce: Plastický  
 Materiál: S 235

Rozměr sítě: Počet prvků na okraji: 8  
 Min. rozměr prvku: 10,0 mm  
 Max. rozměr prvku: 50,0 mm

Je potřebné zkontrolovat shodu vstupních údajů se skutečnými podmínkami a přijatelnost výsledků.  
 PROFIS Engineering ( c ) 2003-2020 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti je registrovaná značka společnosti Hilti AG, Schaan

www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	9
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 14. pro 2020	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

**2.2 Shmutí**

	Popis	Profil		Patní deska		Svazy [%]	Beton [%]
		$\sigma_{Ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{Pl}$ [%]	$\sigma_{Ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{Pl}$ [%]		
1	Maximální tah	91,54	0,00	177,66	0,00	1	54
2	Maximální tlak	50,28	0,00	43,93	0,00	1	42

**2.3 Klasifikace kotevní desky**

Následující výsledky jsou uvažované pro rozhodující kombinace zatížení: Maximální tah

Tahové síly v kotvách	Ekvivalent tuhé kotevní desky (FEM)	Pružná kotevní deska (FEM)
Kotva 1	88,500 kN	88,916 kN
Kotva 2	88,500 kN	88,914 kN
Kotva 3	88,500 kN	88,907 kN
Kotva 4	88,500 kN	88,904 kN

Uživateli se podle svého inženýrského úsudku rozhodl považovat kotevní desku za tuhou. To znamená, že lze aplikovat pokyny pro návrh kotev.

www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	10
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 14. pro 2020	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

**2.4 Profil/Výztuhy/Kotevní deska**

Profil a výztuhy jsou ověřeny na úrovni připojení ocele k betonu. Návrh připojení nenahrazuje posouzení kritického ocelového průřezu, které by mělo být provedeno mimo PROFIS Engineering.

**2.4.1 Ekvivalentní napětí a plastické přetvoření**

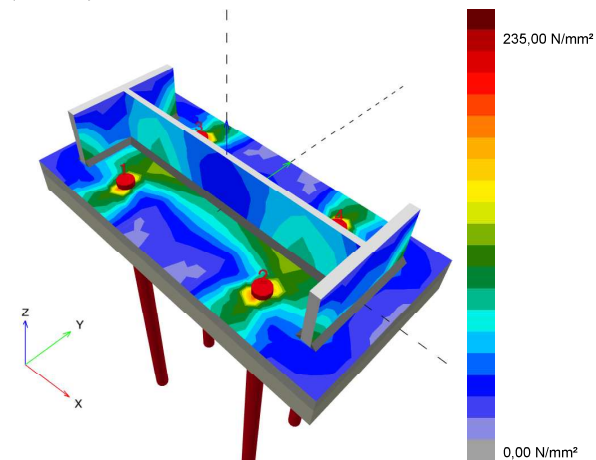
Limitní kritéria stavu dle EN1993-1-5 příloha C.8, (1) 2.

**Výsledky**

Část	Kombinace zatížení	Materiál	$\sigma_{Ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{Pl}$ [%]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_{M0}$	$f_y/\gamma_{M0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{lim}$ [%]	Status
Deska	Maximální tah	S 235	177,66	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK
Profil	Maximální tah	S 235	91,54	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK
Profil	Maximální tah	S 235	91,33	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK
Profil	Maximální tah	S 235	82,66	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK

**2.4.1.1 Odpovídající napětí**

Následující výsledky jsou uvažované pro rozhodující kombinace zatížení: 1 - Maximální tah



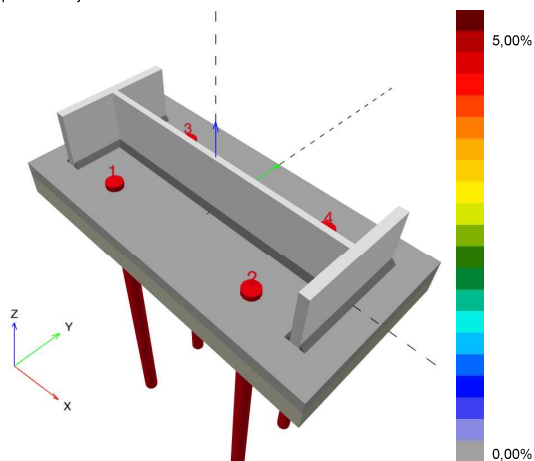


www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	11
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 14. pro 2020	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

#### 2.4.1.2 Plastické přetvoření

Následující výsledky jsou uvažované pro rozhodující kombinace zatížení: 1 - Maximální tah



#### 2.4.2 Typ otvoru

Rozhodující kombinace zatížení: 1 - Maximální tah

Odolnost otvoru v desce, EN1993-1-8 část 3.6.1:

#### Výsledky

	$V_{Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Využití [%]	Status
Kotva 1	0,572	502,955	1	OK
Kotva 2	0,572	502,810	1	OK
Kotva 3	0,571	502,747	1	OK
Kotva 4	0,571	502,500	1	OK

www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	12
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 14. pro 2020	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

#### 2.5 Svary

Profily se modelují bez zohlednění poloměru rohu. Speciální pravidla pro svařování (např. pro profily tvarované za studena ...) nejsou softwarem zohledněny.

#### 2.5.1 Kotevní deska k profilu

Rozhodující kombinace zatížení: 1 - Maximální tah

Návrh svaru, EN1993-1-8 část 4.5.3.2

 Minimální tloušťka svaru stojiny ( $a_{min}$ ): 4,5 mm

 Minimální tloušťka svaru příruby ( $a_{min}$ ): 4,5 mm

#### Výsledky

Položka	Okraj	a [mm]	L [mm]	$\sigma_{w,Ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{w,Rd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{Pi}$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\perp,Rd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Využití [%]	Využití <sub>c</sub> [%]	Status
Anchor plate	Member 1-bfl 1	▲6,0▲	200,0	191,68	360,00	0,00	85,53	259,20	54	25	OK
Anchor plate	Member 1-bfl	▲6,0▲	200,0	126,86	360,00	0,00	-76,05	259,20	36	27	OK
Anchor plate	Member 1-tfl 1	▲6,0▲	200,0	127,11	360,00	0,00	-76,05	259,20	36	27	OK
Anchor plate	Member 1-tfl	▲6,0▲	200,0	190,62	360,00	0,00	85,26	259,20	53	25	OK
Anchor plate	Member 1-w 1	▲6,0▲	484,0	120,24	360,00	0,00	60,09	259,20	34	21	OK
Anchor plate	Member 1-w	▲6,0▲	484,0	120,29	360,00	0,00	60,11	259,20	34	21	OK

www.hilti.cz

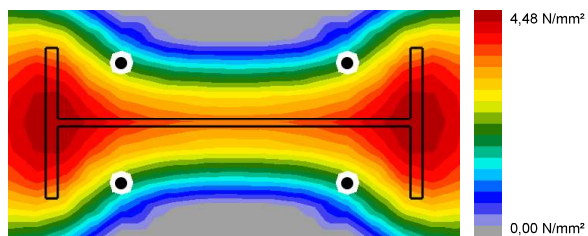
Společnost:		Strana:	13
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 14. pro 2020	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

## 2.6 Beton

Rozhodující kombinace zatížení: 2 - Maximální tlak

Podle EN1992-1-1 část 6,7(4), by měl být beton dostatečně vyztužený, aby bylo možné uvažovat s tahovými silami od připevnění prvku. Definice dostatečného vyztužení je mimo rozsah PROFIS Engineering.

### 2.6.1 Stlačení betonu pod kotevní deskou



### 2.6.2 Ověření tlaku v betonu pod kotevní deskou podle EN1992-1 část 6,7 a EN1993-1-8 část 6,2,5

#### Výsledky

$\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{jd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Využití [%]	Status
4,54	26,80	17	OK

www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	14
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 14. pro 2020	Datum:	19.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

## 2.7 Vysvětlení symbolů

a	Tloušťka svaru
$a_{min}$	Minimální tloušťka svaru
$\epsilon_{lim}$	Limit plastického přetvoření
$\epsilon_{pl}$	Plastické přetvoření z výsledků CBFEM
$F_{b,Rd}$	Odolnost kotevní desky dle EN 1993-1-8 tab. 3.4
$f_{jd}$	Nejvyšší nosná pevnost betonového bloku
$f_y$	Mez kluzu
$\gamma_{M0}$	Bezpečnostní součinitel pro ocel gamma M0
L	Délka svaru
$\sigma$	Průměrné napětí v betonu
$\sigma_{\perp}$	Kolmé napětí
$\sigma_{\perp,Rd}$	Únosnost kolmého napětí
$\sigma_{Ed}$	Ekvivalentní napětí
$\sigma_{w,Ed}$	Ekvivalentní napětí
$\sigma_{w,Rd}$	Odolnost proti ekvivalentnímu napětí
$V_{uzití,c}$	Využití kapacity svaru
$V_{Ed}$	Smyková síla v kotvě

## 2.8 Upozornění

- Použitím funkce flexibilního výpočtu PROFIS Engineering můžete pracovat mimo příslušné návrhové normy a Vámi navržená kotevní deska se nemusí chovat jako tuhá. Prosíme o ověření výsledků autorizovaným statikem pro zajištění vhodnosti pro specifické požadavky Vašeho projektu.
- Kotva se modeluje s ohledem na hodnoty tuhosti určené křivkou zobrazující závislost deformace na zatížení ze zkoušek v nezávislé laboratoři. Upozorňujeme, že není možná jednoduchá záměna kotvy, protože tuhost kotvy má zásadní vliv na výsledné rozložení zatížení.

[www.hilti.cz](http://www.hilti.cz)

Společnost:	Strana:	15
Adresa:	Projektant:	
Telefon / fax:	E-mail:	
Návrh:   beton - 14. pro 2020	Datum:	19.12.2020
Díličí projekt / pozice č.:		

### 3 Souhrn výsledků

Návrh kotevních desek, kotev, svarů a dalších prvků je založen na CBFEM (metoda konečných prvků) a pravidel Eurokódu.

	Kombinace zatížení	Max. využití	Status
Kotvy	Maximální tah	89%	OK
Patní deska	Maximální tah	76%	OK
Svary	Maximální tah	54%	OK
Beton	Maximální tlak	17%	OK
Profil	Maximální tah	39%	OK

**Upevnění je bezpečné!**

[www.hilti.cz](http://www.hilti.cz)

Společnost:	Strana:	16
Adresa:	Projektant:	
Telefon / fax:	E-mail:	
Návrh:   beton - 14. pro 2020	Datum:	19.12.2020
Díličí projekt / pozice č.:		

### 4 Poznámky, požadavky na vaši kooperaci

- Veškeré informace a data obsažená v Softwaru se týkají výhradně použití výrobků Hilti a vycházejí ze zásad, předpisů a bezpečnostních nařízení v souladu s technickými směrnicemi a provozními, montážními a instalačními pokyny společnosti Hilti, jimiž se uživatel musí striktně řídit. Veškerá čísla obsažená v Softwaru představují průměrné hodnoty, a proto je před použitím příslušného výrobku Hilti nutno provést testy pro jeho konkrétní použití. Výsledky výpočtů provedených pomocí Softwaru vycházejí především z vámi zadанных dat. Nesete proto výhradní odpovědnost za bezchybnost, úplnost a relevantnost zadávaných dat. Mimoto nesete výhradní odpovědnost za kontrolu výsledků vzešlých z výpočtů a za to, že si tyto výsledky před jejich použitím pro konkrétní zařízení necháte ověřit a schválit od odborníka, zejména co se týče souladu s příslušnými normami a povoleními. Software slouží pouze jako pomůcka pro interpretaci norem a povolení bez jakékoli záruky ohledně bezchybnosti, přesnosti a relevantnosti výsledků nebo vhodnosti pro konkrétní použití.
- Abyste předešli škodám, které by Software mohl způsobit, nebo omezili jejich rozsah, musíte přijmout veškerá nutná a přiměřená opatření. Obzvláště je třeba pravidelně zálohovat programy a data a v případě potřeby provádět aktualizace Softwaru, které společnost Hilti pravidelně nabízí. Nepoužívejte-li funkci AutoUpdate, která je součástí Softwaru, je nutné zajistit aktuálnost vámi používané verze Softwaru ručními aktualizacemi prostřednictvím internetových stránek společnosti Hilti. Společnost Hilti nenesé žádnou zodpovědnost za důsledky vzešlé z vámi zaviněného porušení povinností, jako je například nutnost obnovy ztracených či poškozených dat nebo programů.

# **PŘÍLOHA R**

**HILTI PROFIS ENGINEERING 3.0.66 - KOTVENÍ VNITŘNÍHO  
SLOUPU**

www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	1
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15, pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

Komentář projektanta:

## 1 Návrh kotvy

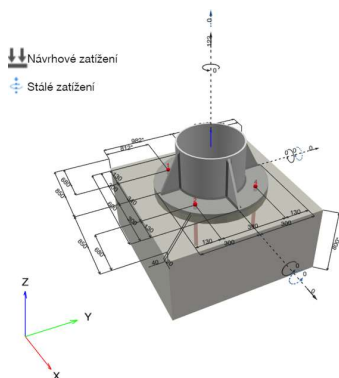
### 1.1 Vstupní data

<b>Typ a velikost kotvy:</b>	<b>HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M20</b>
Předpokládaná životnost (životnost v letech):	50
Číslo artiklu:	2147197 HIT-V-8.8 M20x380 (vložit) / 2022696 HIT-HY 200-A (chemická hmota)
Efektivní kotvení hloubka:	$h_{ef,act} = 200,0 \text{ mm}$ ( $h_{ef,limit} = - \text{mm}$ )
Materiál:	8.8
Certifikát č.:	ETA 11/0493
Vydání   Platný:	30.08.2019   -
Posouzení:	Návrhová metoda EN 1992-4, Chemické
Distanční montáž:	bez upnutí (kotva); stupeň zadržení (kotevní deska): 2,00; $e_b = 40,0 \text{ mm}$ ; $t = 20,0 \text{ mm}$
Kotevní deska <sup>CBFEM</sup> :	Hilti malla: CB-G EG, epoxidová, $f_{c,grout} = 120,00 \text{ N/mm}^2$ $l_x \times l_y \times t = 600,0 \text{ mm} \times 600,0 \text{ mm} \times 20,0 \text{ mm}$ ;
Profil:	Trubka, 355,6 x 8,8; ( $V \times \bar{S} \times T$ ) = 355,6 mm x 355,6 mm x 8,8 mm
Základní materiál:	bez trhlin beton, C20/25, $f_{c,ok} = 20,00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 800,0 \text{ mm}$ , teplota krátkodobá/dlouhodobá: 40/24 °C, parciální bezpečnostní součinitel materiálu $\gamma_c = 1,500$
<b>Montáž:</b>	<b>kotevní otvor vrtaný přiklepem, montážní podmínky: suché</b>
Výztuž:	Žádná výztuž nebo osová vzdálenost výztuže $\geq 150 \text{ mm}$ (jakýkoliv $\emptyset$ ) nebo $\geq 100 \text{ mm}$ ( $\emptyset \leq 10 \text{ mm}$ ) žádná podélná výztuž okraje



CBFEM – Výpočet kotev je založen na metodě konečných prvků (CBFEM)

Geometrie [mm] &amp; Zatížení [kN, kNm]


 Je potřebné zkontrolovat shodu vstupních údajů se skutečnými podmínkami a přijatelnost výsledků.  
 PROFIS Engineering (c) 2003-2020 Hilti AG, FL-9494 Schaan | Hilti je registrovaná značka společnosti Hilti AG, Schaan

www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	2
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15, pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

### 1.1.1 Kombinace zatížení

Stav	Popis	Síly [kN] / Momenty [kNm]	Seismický	Požár	Max. využití kotvy [%]
1	Maximální tlak	$N = -726,000; V_x = 0,000; V_y = 0,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ $N_{suis} = 0,000; M_{x,suis} = 0,000; M_{y,suis} = 0,000;$	Ne	ne	1
2	Maximální tah	$N = 122,000; V_x = 0,000; V_y = 0,000;$ $M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000;$ $N_{suis} = 0,000; M_{x,suis} = 0,000; M_{y,suis} = 0,000;$	Ne	ne	63

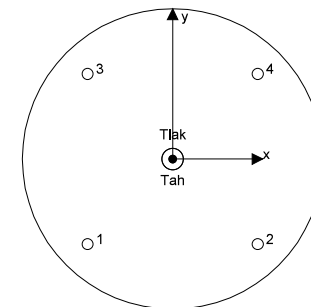
### 1.2 Zatěžovací stav/Výsledné síly na kotvu

Kontrolovaný zatěžovací stav: 2 Maximální tah

#### Reakce kotvy [kN]

Tahová síla: (+ Tah, - Tlak)

Kotva	Tahová síla	Smyková síla	Smyková síla x	Smyková síla y
1	35,454	0,214	0,153	0,150
2	35,443	0,214	-0,153	0,150
3	35,428	0,214	0,153	-0,150
4	35,473	0,214	-0,153	-0,150



výsledná tahová síla v (x/y)=(0,0/0,0): 141,797 [kN]

výsledná tlaková síla v (x/y)=(0,2/0,1): 26,219 [kN]

Síla v kotvě je vypočtena pomocí metody konečných prvků (CBFEM)

 Je potřebné zkontrolovat shodu vstupních údajů se skutečnými podmínkami a přijatelnost výsledků.  
 PROFIS Engineering (c) 2003-2020 Hilti AG, FL-9494 Schaan | Hilti je registrovaná značka společnosti Hilti AG, Schaan

**www.hilti.cz**

Společnost:	Strana:	3
Adresa:	Projektant:	
Telefon   fax:	E-mail:	
Návrh:   beton - 15. pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:		

**1.3 Tahové zatížení (EN 1992-4, oddíl 7.2.1)**

	Zatížení [kN]	Únosnost [kN]	Využití $\beta_N$ [%]	Stav
Porušení oceli*	35,473	130,667	28	OK
Kombinované porušení vytažením - vytržením betonového kuželu**	141,797	370,063	39	OK
Porušení vytržením betonového kuželu**	141,797	227,639	63	OK
Porušení rozštěpením**	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici	Není k dispozici

\* nejnepříznivější kotva \*\* skupina kotev (kotvy v tahu)

**1.3.1 Porušení oceli**

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
196,000	1,500	130,667	35,473

**1.3.2 Kombinované porušení vytažením - vytržením betonového kuželu**

$A_{b,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{p,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{Rk,ucr,2D}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$c_{min}$ [mm]	$f_{c,eff}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
883 600	360 000	18,00	600,0	300,0	680,0	20,00

$\psi_c$	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$k_3$	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$
1,000	18,00	11,000	11,07	1,000	1,000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000

$\psi_{sus}^0$	$\alpha_{sus}$	$\psi_{sus}$
0,740	0,000	1,000

$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
226,195	555,095	1,500	370,063	141,797

**ID skupiny kotev**

1-4

**1.3.3 Porušení vytržením betonového kuželu**

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,eff}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
883 600	360 000	300,0	600,0	20,00

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000

$z$ [mm]	$\psi_{M,N}$	$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]
0,2	1,000	11,000	139,140	1,500	227,639	141,797

**ID skupiny kotev**

1-4

**www.hilti.cz**

Společnost:	Strana:	4
Adresa:	Projektant:	
Telefon   fax:	E-mail:	
Návrh:   beton - 15. pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:		

**1.4 Smykové zatížení (EN 1992-4, oddíl 7.2.2)**

	Zatížení [kN]	Únosnost [kN]	Využití $\beta_V$ [%]	Stav
Porušení oceli (bez distanční montáže)*	0,214	78,400	1	OK
Porušení oceli (s distanční montáží)*	0,214	10,093	3	OK
Porušení vylomením betonu*	0,214	113,837	1	OK
Porušení okraje betonu ve směru y+**	0,428	180,022	1	OK

\* nejnepříznivější kotva \*\* skupina kotev (rovnocenné kotvy)

**1.4.1 Porušení oceli (bez distanční montáže)**

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	$k_7$	$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]
98,000	1,000	98,000	1,250	78,400	0,214

**1.4.2 Porušení oceli (s distanční montáží)**

$I$ [mm]	$\alpha_M$
60,0	2,00

$N_{Ed} / N_{Rd,s}$	$1 - N_{Ed} / N_{Rd,s}$	$M_{Rk,s}^0$ [kNm]	$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 (1 - N_{Ed} / N_{Rd,s})$ [kNm]
0,271	0,729	0,519	0,379

$V_{Rk,s}^M = \alpha_M * M_{Rk,s} / I$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}^M$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]
12,617	1,250	10,093	0,214

**1.4.3 Porušení vylomením betonu (relevantní k vytažení)**

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$k_8$	$f_{c,eff}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
220 900	360 000	300,0	600,0	2,000	20,00

$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$\psi_{M,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	1,000

$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]
11,000	139,140	1,500	113,837	0,214

**ID skupiny kotev**

3

**1.4.4 Porušení okraje betonu ve směru y+**

$l_f$ [mm]	$d_{nom}$ [mm]	$k_9$	$\alpha$	$\beta$	$f_{c,eff}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
200,0	20,00	2,400	0,061	0,052	20,00

$c_t$ [mm]	$c_t$ [mm]	$A_{c,v}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,v}^0$ [mm <sup>2</sup> ]
848,0	533,3	1 360 000	1 280 000

$\psi_{s,v}$	$\psi_{re,v}$	$\psi_{c,v}$	$e_{c,v}$ [mm]	$\psi_{ec,v}$	$\psi_{re,v}$
0,955	1,000	1,273	0,1	1,000	1,000

$V_{Rk,c}^0$ [kN]	$k_T$	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Ed}$ [kN]
209,035	1,0	1,500	180,022	0,428

**www.hilti.cz**

Společnost:		Strana:	5
Adresa:		Projektant:	
Telefon I fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15, pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

**1.5 Kombinace zatížení tah/smyk (EN 1992-4, oddíl 7.2.3)**

Selhání oceli

$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Využití $\beta_{NV}$ [%]	Stav
0,271	0,003	2,000	8	OK

$$\beta_N^{\alpha} + \beta_V^{\alpha} \leq 1,0$$

Porušení betonu

$\beta_N$	$\beta_V$	$\alpha$	Využití $\beta_{NV}$ [%]	Stav
0,623	0,002	1,500	50	OK

$$\beta_N^{\alpha} + \beta_V^{\alpha} \leq 1,0$$

**1.6 Upozornění**

- Návrhové metody v PROFIS Engineering vyžadují dle současných předpisů (ETAG 001 / příloha C, EOTA TR029, atd.) tuhé kotevní desky. To znamená, že přerozdělení zatížení na jednotlivé kotvy, v důsledku pružné deformace kotevní desky, se neuvažuje - kotevní deska se považuje za dostatečně tuhou, aby nedošlo k její deformaci, při působení návrhového zatížení. PROFIS Engineering vypočítá pomocí MKP minimální potřebnou tloušťku kotevní desky tak, aby bylo omezeno napětí v kotevní desce s souladu s výše uvedenými předpoklady. PROFIS Anchor neprovádí ověření dostatečné tuhosti kotevní desky. Musí být provedena kontrola věrohodnosti a souladu vstupních a výstupních dat se stávajícími podmínkami!
- Posouzení přenosu zatížení do základního materiálu musí být provedeno podle EN 1992-4, Příloha A!
- Upozornění! V případě působení tlakových sil na kotvu se musí samostatně provést posouzení vzpěru stejně jako posouzení lokálního přenosu zatížení do a uvnitř základního materiálu (včetně propíchnutí).
- Návrh je platný pouze když velikost otvorů pro kotvy v kotevní desce není větší než velikosti uvedené v EN 1992-4 tabulka 6.1! Pro větší kotevní otvory postupujte podle EN 1992-4 část 6.2.2!
- Seznam příslušenství v tomto protokolu slouží pouze jako informace uživateli. V každém případě je třeba dodržovat návod k použití dodávaný s výrobkem, aby byla zajištěna správná instalace.
- Pro stanovení  $\psi_{re,v}$  (selhání betonové okraje) se předpokládá  $c = 30$  mm betonové krytí vyztužení okraje
- Čištění vyvrtaného kotevního otvoru musí být provedeno dle návodu na použití (2x vyfoukat stlačeným vzduchem bez oleje (min. 6bar), 2x vykartáčovat a opět 2x vyfoukat stlačeným vzduchem bez oleje (min. 6bar)).
- Charakteristická pevnost lepicí hmoty (soudržnost) závisí na krátkodobých a dlouhodobých teplotách.
- Prosim kontaktujte Hilti pro ověření dostupnosti dodávky kotevních šroubů HIT-V.
- Okrajová výztuž není požadována pro zabránění porušení rozštěpením.
- Metoda návrhu v PROFIS Engineering vyžaduje tuhou kotevní desku, podle aktuálně platných předpisů (AS 5216:2018, ETAG 001/příloha C, EOTA TR029, atd.). To znamená, že kotevní deska by měla být dostatečně tuhá, aby se zabránilo redistribuci zatížení na kotvy kvůli elastickým / plastickým přemístěním. Uživatel akceptuje, že kotevní deska je považovaná za téměř tuhou na základě Inženýrského úsudku."
- Charakteristická odolnost spoje závisí na údržbě a životnosti (životnosti v letech): 50

Je potřebné zkontrolovat shodu vstupních údajů se skutečnými podmínkami a přijatelnost výsledků.  
 PROFIS Engineering (c) 2003-2020 Hilti AG, FL-9494 Schaan | Hilti je registrovaná značka společnosti Hilti AG, Schaan

**www.hilti.cz**

Společnost:		Strana:	6
Adresa:		Projektant:	
Telefon I fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15, pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

**1.7 Montážní pokyny**

Kotevní deska, ocel: S 235; E = 210 000,00 N/mm<sup>2</sup>;  $f_{yk} = 235,00$  N/mm<sup>2</sup>  
 Profil: Trubka, 355,6 x 8,8; (V x Š x T) = 355,6 mm x 355,6 mm x 8,8 mm

Typ a velikost kotvy: HIT-HY 200-A + HIT-V (8.8) M20  
 Číslo artiklu: 2147197 HIT-V-8.8 M20x380 (vložit) /  
 2022696 HIT-HY 200-A (chemická hmota)

 Průměr otvoru v kotevní desce:  $d_t = 22,0$  mm

Uťahovací moment: 150 Nm

Tloušťka kotevní desky (vstup): 20,0 mm

Průměr otvoru v základním materiálu: 22,0 mm

Hloubka kotevního otvoru v základním materiálu: 200,0 mm

Minimální tloušťka základního materiálu: 244,0 mm

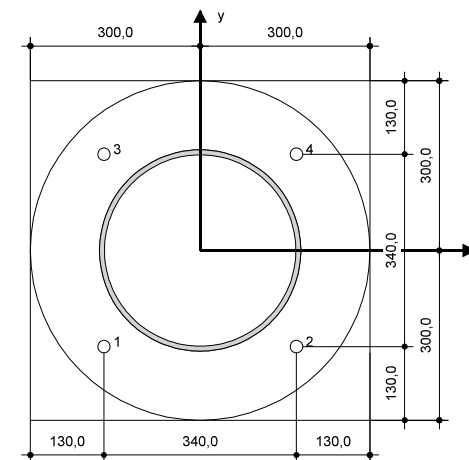
Metoda vrtání: Vyvrtáno přiklepem

Čištění: Je požadováno kvalitní vyčištění kotevního otvoru

Hilti HIT-V závitová tyč s HIT-HY 200 lepicí hmota s 200 mm kotevní hloubka  $h_{ef}$ , M20, Galvanicky pozinkováno, Vrtání přiklepem instalace podle ETA 11/0493

**1.7.1 Doporučené příslušenství**

Vrtání	Čištění	Osazení
<ul style="list-style-type: none"> <li>Vhodná pro vrtací klavívo</li> <li>Vrták správného průměru</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stlačený vzduch s požadovaným příslušenstvím pro vyfoukání kotevního otvoru ode dna</li> <li>Odpovídající průměr drátkového kartáče</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Výtačovací přístroj včetně vodící kazety a směšovače</li> <li>Momentový klíč</li> </ul>


**Souřadnice kotev [mm]**

Kotva	x	y	$c_{-x}$	$c_{+x}$	$c_{-y}$	$c_{+y}$
1	-170,0	-170,0	680,0	1 020,0	812,0	1 188,0
2	170,0	-170,0	1 020,0	680,0	812,0	1 188,0
3	-170,0	170,0	680,0	1 020,0	1 152,0	848,0
4	170,0	170,0	1 020,0	680,0	1 152,0	848,0

Je potřebné zkontrolovat shodu vstupních údajů se skutečnými podmínkami a přijatelnost výsledků.  
 PROFIS Engineering (c) 2003-2020 Hilti AG, FL-9494 Schaan | Hilti je registrovaná značka společnosti Hilti AG, Schaan

**www.hilti.cz**

Společnost:		Strana:	7
Adresa:		Projektant:	
Telefon I fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15. pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

## 2 Návrh kotevní desky

### 2.1 Vstupní data

Kotevní deska:	Tvar: Kruhová $l_x \times l_y \times t = 600,0 \text{ mm} \times 1\,000,0 \text{ mm} \times 20,0 \text{ mm}$ Výpočet: Reálné chování - CBFEM Materiál: S 235; $F_y = 235,00 \text{ N/mm}^2$ ; $\epsilon_{lm} = 5,00\%$
Typ a velikost kotvy:	HIT-HY 200-A + HIT-V (6.8) M20, $h_{ef} = 200,0 \text{ mm}$
Tuhost kotvy:	Kotva se modeluje s ohledem na hodnoty tuhosti určené křivkou zobrazující závislost deformace na zatížení ze zkoušek v nezávislé laboratoři. Upozorňujeme, že není možná jednoduchá záměna kotvy, protože tuhost kotvy má zásadní vliv na výsledné rozložení zatížení.
Návrhová metoda:	Návrh podle EN použití komponentní metody konečných prvků
Distanční montáž:	$e_b = 40,0 \text{ mm}$ (Distanční montáž s podlžitím); $t = 20,0 \text{ mm}$
Profil:	$355,6 \times 8,8$ ; (L x W x T x FT) = $355,6 \text{ mm} \times 355,6 \text{ mm} \times 8,8 \text{ mm} \times -$ Materiál: S 235; $F_y = 235,00 \text{ N/mm}^2$ ; $\epsilon_{lm} = 5,00\%$ Excentricita x: 0,0 mm Excentricita z: 0,0 mm
Základní Materiál:	Beton bez trhlín; C20/25; $f_{c,cyl} = 20,00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 800,0 \text{ mm}$ ; $E = 30\,000,00 \text{ N/mm}^2$ ; $G = 12\,500,00 \text{ N/mm}^2$ ; $\nu = 0,20$
Svary (profil ke kotevní desce):	Typ redistribuce: Plastický Materiál: S 235
Výztuhy:	Geometrie: Trojúhelníkový; rozměr = $l_x \times l_y \times t = 220,0 \text{ mm} \times 110,0 \text{ mm} \times 12,0 \text{ mm}$ Materiál: S 235; $F_y = 235,00 \text{ N/mm}^2$ ; $\epsilon_{lm} = 5,00\%$
Svary (výztuhy profilů/kotevní desky):	Typ redistribuce: Plastický Materiál: S 235
Rozměr sítě:	Počet prvků na okraji: 8 Min. rozměr prvku: 10,0 mm Max. rozměr prvku: 50,0 mm

**www.hilti.cz**

Společnost:		Strana:	8
Adresa:		Projektant:	
Telefon I fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15. pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

### 2.2 Shnutí

	Popis	Profil		Výztuhy		Patní deska		Typ otvoru [%]	Svary [%]	Beton [%]
		$\sigma_{Ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{pl}$ [%]	$\sigma_{Ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{pl}$ [%]	$\sigma_{Ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{pl}$ [%]			
1	<b>Maximální tlak</b>	110,16	0,00	143,26	0,00	70,34	0,00	1	44	25
2	<b>Maximální tah</b>	35,84	0,00	54,48	0,00	97,91	0,00	1	28	0

### 2.3 Klasifikace kotevní desky

Následující výsledky jsou uvažované pro rozhodující kombinace zatížení: Maximální tah

Tahové síly v kotvách	Ekvivalent tuhé kotevní desky (FEM)	Pružná kotevní deska (FEM)
Kotva 1	30,500 kN	35,454 kN
Kotva 2	30,500 kN	35,443 kN
Kotva 3	30,500 kN	35,428 kN
Kotva 4	30,500 kN	35,473 kN

Uživatel se podle svého inženýrského úsudku rozhodl považovat kotevní desku za tuhou. To znamená, že lze aplikovat pokyny pro návrh kotev.



www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	9
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15. pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

#### 2.4 Profil/Výztuhy/Kotevní deska

Profil a výztuhy jsou ověřeny na úrovni připojení ocele k betonu. Návrh připojení nenahrazuje posouzení kritického ocelového průřezu, které by mělo být provedeno mimo PROFIS Engineering.

##### 2.4.1 Ekvivalentní napětí a plastické přetvoření

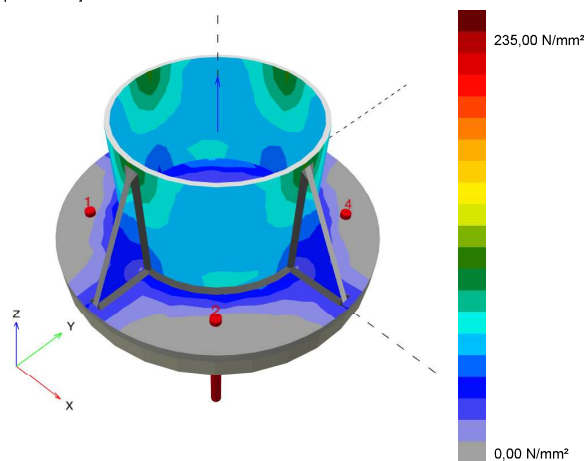
Limitní kritéria stavu dle EN1993-1-5 příloha C.8, (1) 2.

##### Výsledky

Část	Kombinace zatížení	Materiál	$\sigma_{Ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{Pl}$ [%]	$f_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\gamma_{M0}$	$f_y/\gamma_{M0}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{lim}$ [%]	Status
Deska	Maximální tah	S 235	97,91	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK
Profil	Maximální tlak	S 235	110,16	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK
Stiffenera	Maximální tlak	S 235	134,67	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK
Stiffenerb	Maximální tlak	S 235	141,95	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK
Stiffenerc	Maximální tlak	S 235	136,85	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK
Stiffenerd	Maximální tlak	S 235	143,26	0,00	235,00	1,00	235,00	5,00	OK

##### 2.4.1.1 Odpovídající napětí

Následující výsledky jsou uvažované pro rozhodující kombinace zatížení: 1 - Maximální tlak

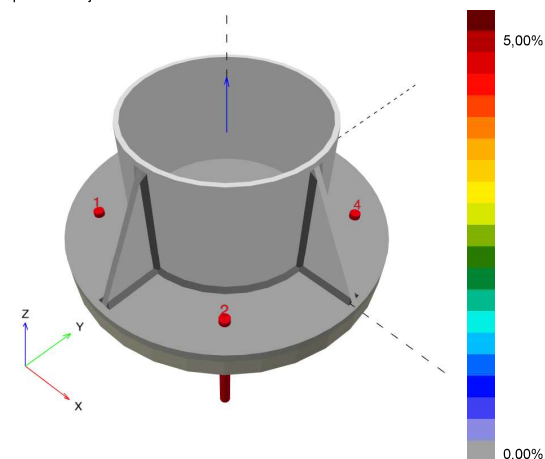


www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	10
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15. pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

#### 2.4.1.2 Plastické přetvoření

Následující výsledky jsou uvažované pro rozhodující kombinace zatížení: 1 - Maximální tlak



#### 2.4.2 Typ otvoru

Rozhodující kombinace zatížení: 2 - Maximální tah

Odořnost otvoru v desce, EN1993-1 - 8 část 3.6.1:

##### Výsledky

	$V_{Ed}$ [kN]	$F_{b,Rd}$ [kN]	Využití [%]	Status
Kotva 1	0,214	259,900	1	OK
Kotva 2	0,214	259,890	1	OK
Kotva 3	0,214	259,881	1	OK
Kotva 4	0,214	259,873	1	OK

www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	11
Adresa:		Projektant:	
Telefon I fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15. pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

## 2.5 Svary

Profily se modelují bez zohlednění poloměru rohu. Speciální pravidla pro svařování (např. pro profily tvarované za studena ...) nejsou softwarem zohledněny.

### 2.5.1 Kotevní deska k profilu

Rozhodující kombinace zatížení: 1 - Maximální tlak

Návrh svaru, EN1993-1-8 část 4.5.3.2

Minimální profil pro tloušťku svaru kotevní desky ( $a_{min}$ ): 4,0 mm

#### Výsledky

Položka	Okraj	a [mm]	L [mm]	$\sigma_{w,Ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{w,Rd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{Pl}$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\perp,Rd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Využití [%]	Využití <sub>c</sub> [%]	Status
Anchor plate	Member 1	6,0	1 087,8	155,27	360,00	0,00	-86,99	259,20	44	36	OK

### 2.5.2 Výztuhy k profilu / kotevní desce

Rozhodující kombinace zatížení: 1 - Maximální tlak

Návrh svaru, EN1993-1-8 část 4.5.3.2

Minimální výztuhy pro tloušťku svaru profilu ( $a_{min}$ ): 3,0 mm

Minimální výztuhy pro tloušťku svaru desky ( $a_{min}$ ): 4,0 mm

www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	12
Adresa:		Projektant:	
Telefon I fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15. pro 2020	Datum:	17.12.2020
Dílčí projekt / pozice č.:			

#### Výsledky

Položka	Okraj	a [mm]	L [mm]	$\sigma_{w,Ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{w,Rd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{Pl}$ [%]	$\sigma_{\perp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{\perp,Rd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Využití [%]	Využití <sub>c</sub> [%]	Status
Anchor plate	Stiffenera (Anchor plate)	6,0	110,0	72,14	360,00	0,00	-9,61	259,20	21	15	OK
Anchor plate	Stiffenera (Anchor plate) 1	6,0	110,0	74,90	360,00	0,00	-10,40	259,20	21	15	OK
Anchor plate	Stiffenerb (Anchor plate)	6,0	110,0	59,86	360,00	0,00	-26,37	259,20	17	11	OK
Anchor plate	Stiffenerb (Anchor plate) 1	6,0	110,0	59,79	360,00	0,00	-25,83	259,20	17	11	OK
Anchor plate	Stiffenerc (Anchor plate)	6,0	110,0	60,84	360,00	0,00	-10,73	259,20	17	14	OK
Anchor plate	Stiffenerc (Anchor plate) 1	6,0	110,0	62,41	360,00	0,00	-10,85	259,20	18	14	OK
Anchor plate	Stiffenerb (Anchor plate)	6,0	110,0	60,52	360,00	0,00	-26,13	259,20	17	12	OK
Anchor plate	Stiffenerd (Anchor plate) 1	6,0	110,0	60,40	360,00	0,00	-25,83	259,20	17	12	OK
Member 1-arc 1	Stiffenera (Member 1-arc 1)	6,0	220,0	114,08	360,00	0,00	-13,73	259,20	32	8	OK
Member 1-arc 1	Stiffenera (Member 1-arc 1) 1	6,0	220,0	113,39	360,00	0,00	-14,61	259,20	32	8	OK
Member 1-arc 9	Stiffenerb (Member 1-arc 9)	6,0	220,0	116,45	360,00	0,00	-12,00	259,20	33	8	OK
Member 1-arc 9	Stiffenerb (Member 1-arc 9) 1	6,0	220,0	114,96	360,00	0,00	-12,62	259,20	32	8	OK
Member 1-arc 17	Stiffenerc (Member 1-arc 17)	6,0	220,0	114,84	360,00	0,00	-13,19	259,20	32	8	OK
Member 1-arc 17	Stiffenerc (Member 1-arc 17) 1	6,0	220,0	113,89	360,00	0,00	-13,99	259,20	32	8	OK
Member 1-arc 25	Stiffenerd (Member 1-arc 25)	6,0	220,0	116,83	360,00	0,00	-11,71	259,20	33	8	OK
Member 1-arc 25	Stiffenerd (Member 1-arc 25) 1	6,0	220,0	115,15	360,00	0,00	-12,29	259,20	32	8	OK

www.hilti.cz

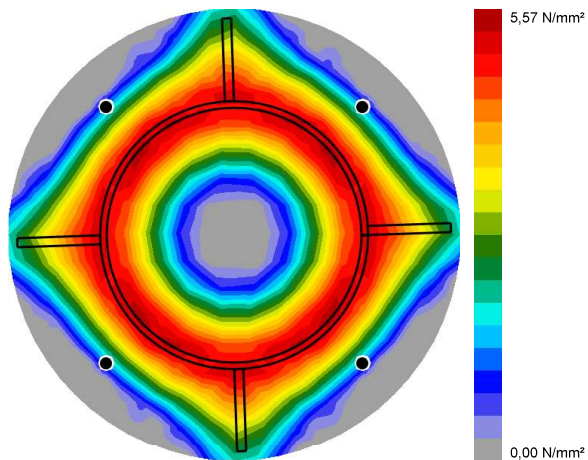
Společnost:		Strana:	13
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15. pro 2020	Datum:	17.12.2020
Díličí projekt / pozice č.:			

## 2.6 Beton

Rozhodující kombinace zatížení: 1 - Maximální tlak

Podle EN1992-1-1 část 6,7(4), by měl být beton dostatečně vyztužen, aby bylo možné uvažovat s tahovými silami od přípevnění prvku. Definice dostatečného vyztužení je mimo rozsah PROFIS Engineering.

### 2.6.1 Stlačení betonu pod kotevní deskou



### 2.6.2 Ověření tlaku v betonu pod kotevní deskou podle EN1992-1 část 6.7 a EN1993-1-8 část 6.2,5

Výsledky

$\sigma$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{jd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Využití [%]	Status
6,50	26,80	25	OK

www.hilti.cz

Společnost:		Strana:	14
Adresa:		Projektant:	
Telefon   fax:		E-mail:	
Návrh:	beton - 15. pro 2020	Datum:	17.12.2020
Díličí projekt / pozice č.:			

## 2.7 Vysvětlení symbolů

a	Tloušťka svaru
$a_{min}$	Minimální tloušťka svaru
$\epsilon_{lim}$	Limit plastického přetvoření
$\epsilon_{Pl}$	Plastické přetvoření z výsledků CBFEM
$F_{b,Rd}$	Odolnost kotevní desky dle EN 1993-1-8 tab. 3.4
$f_{jd}$	Nejvyšší nosná pevnost betonového bloku
$f_y$	Mez kluzu
$\gamma_{M0}$	Bezpečnostní součinitel pro ocel gamma M0
L	Délka svaru
$\sigma$	Průměrné napětí v betonu
$\sigma_{\perp}$	Kolmé napětí
$\sigma_{\perp,Rd}$	Únosnost kolmého napětí
$\sigma_{Ed}$	Ekvivalentní napětí
$\sigma_{w,Ed}$	Ekvivalentní napětí
$\sigma_{w,Rd}$	Odolnost proti ekvivalentnímu napětí
$V_{uzl,Ed}$	Využití kapacity svaru
$V_{Ed}$	Smyková síla v kotvě

## 2.8 Upozornění

- Použitím funkce flexibilního výpočtu PROFIS Engineering můžete pracovat mimo příslušné návrhové normy a Vámi navržená kotevní deska se nemusí chovat jako tuhá. Prosíme o ověření výsledků autorizovaným statikem pro zajištění vhodnosti pro specifické požadavky Vašeho projektu.
- Kotva se modeluje s ohledem na hodnoty tuhosti určené křivkou zobrazující závislost deformace na zatížení ze zkoušek v nezávislé laboratoři. Upozorňujeme, že není možná jednoduchá záměna kotvy, protože tuhost kotvy má zásadní vliv na výsledné rozložení zatížení.

www.hilti.cz

Společnost:	Strana:	15
Adresa:	Projektant:	
Telefon   fax:	E-mail:	
Návrh:	Datum:	17.12.2020
Díličí projekt / pozice č.: beton - 15, pro 2020		

### 3 Souhrn výsledků

Návrh kotevní desky, kotev, svarů a dalších prvků je založen na CBFEM (metoda konečných prvků) a pravidel Eurokódu.

	Kombinace zatížení	Max. využití	Status
Kotvy	Maximální tah	63%	OK
Patní deska	Maximální tah	42%	OK
Svary	Maximální tlak	44%	OK
Výztuhy	Maximální tlak	61%	OK
Beton	Maximální tlak	25%	OK
Profil	Maximální tlak	47%	OK

**Upevnění je bezpečné!**

www.hilti.cz

Společnost:	Strana:	16
Adresa:	Projektant:	
Telefon   fax:	E-mail:	
Návrh:	Datum:	17.12.2020
Díličí projekt / pozice č.: beton - 15, pro 2020		

### 4 Poznámky, požadavky na vaší kooperaci

- Veškeré informace a data obsažená v Softwaru se týkají výhradně použití výrobků Hilti a vycházejí ze zásad, předpisů a bezpečnostních nařízení v souladu s technickými směrnicemi a provozními, montážními a instalačními pokyny společnosti Hilti, jimiž se uživatel musí striktně řídit. Veškerá čísla obsažená v Softwaru představují průměrné hodnoty, a proto je před použitím příslušného výrobku Hilti nutno provést testy pro jeho konkrétní použití. Výsledky výpočtů provedených pomocí Softwaru vycházejí především z vámi zadaných dat. Nesete proto výhradní odpovědnost za bezchybnost, úplnost a relevantnost zadávaných dat. Mimoto nesete výhradní odpovědnost za kontrolu výsledků vzešlých z výpočtů a za to, že si tyto výsledky před jejich použitím pro konkrétní zařízení necháte ověřit a schválit od odborníka, zejména co se týče souladu s příslušnými normami a povoleními. Software slouží pouze jako pomůcka pro interpretaci norem a povolení bez jakékoli záruky ohledně bezchybnosti, přesnosti a relevantnosti výsledků nebo vhodnosti pro konkrétní použití.
- Abyste předešli škodám, které by Software mohl způsobit, nebo omezili jejich rozsah, musíte přijmout veškerá nutná a přiměřená opatření. Obzvláště je třeba pravidelně zálohovat programy a data a v případě potřeby provádět aktualizace Softwaru, které společnost Hilti pravidelně nabízí. Nepoužívejte-li funkci AutoUpdate, která je součástí Softwaru, je nutné zajistit aktuálnost vámi používané verze Softwaru ručními aktualizacemi prostřednictvím internetových stránek společnosti Hilti. Společnost Hilti nenesé žádnou zodpovědnost za důsledky vzešlé z vámi zaviněného porušení povinností, jako je například nutnost obnovy ztracených či poškozených dat nebo programů.

# III. VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA STAVEBNÍ  
KATEDRA OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ



## DIPLOMOVÁ PRÁCE

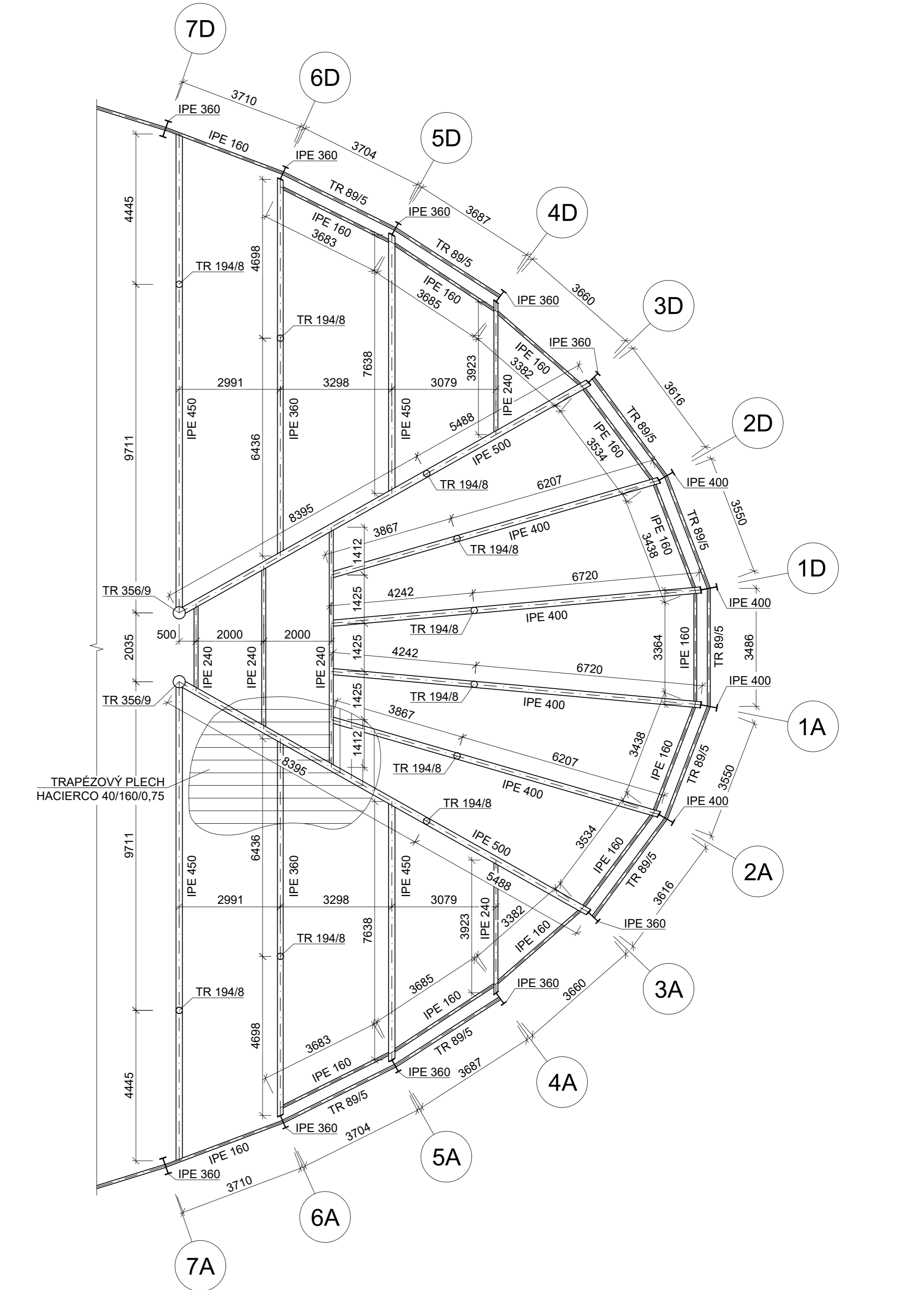
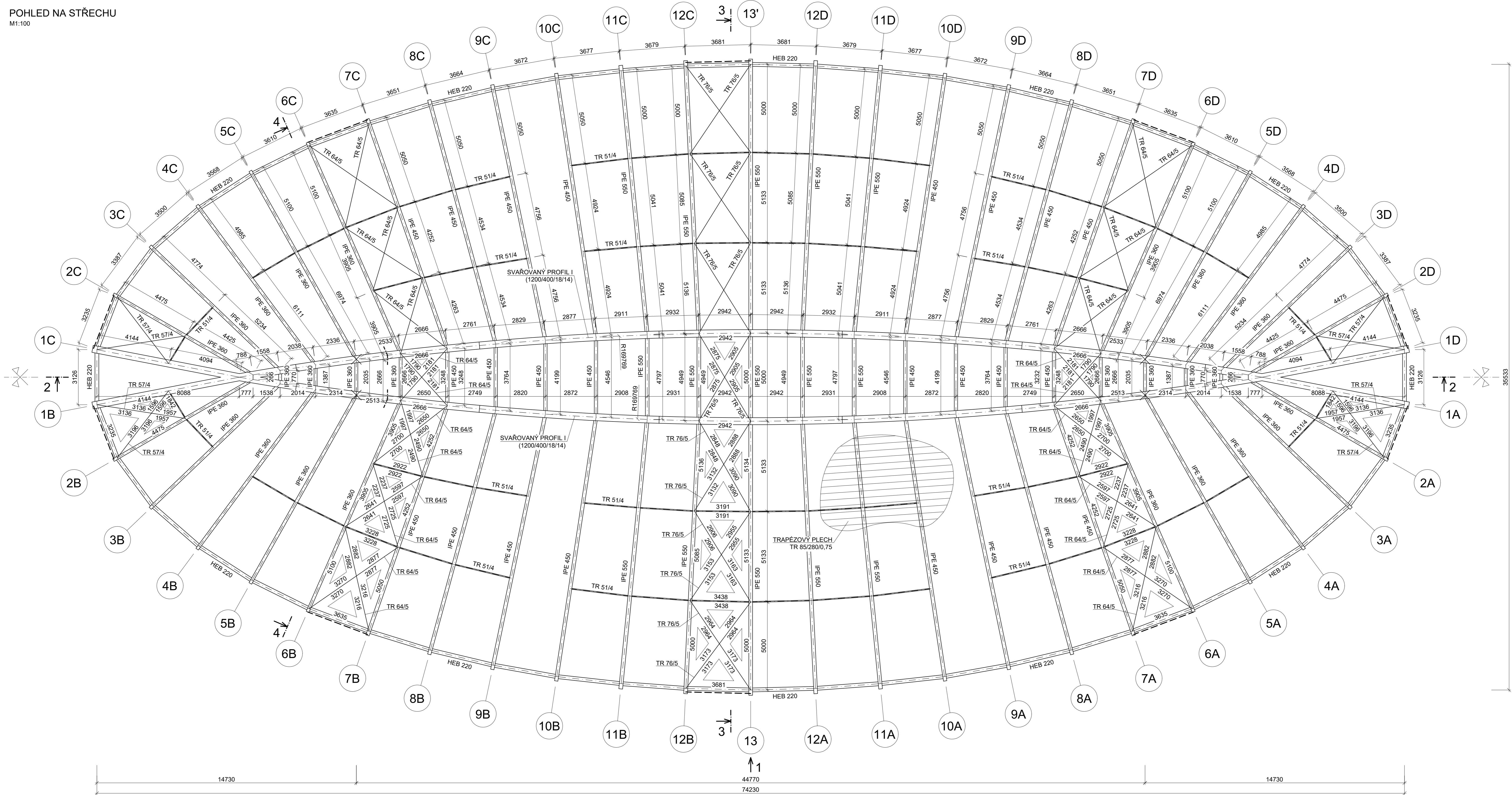
### SPORTOVNÍ HALA ELIPSOVÉHO PŮDORYSU

VYPRACOVAL:  
VEDOUCÍ PRÁCE:  
DATUM:

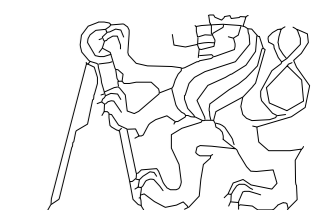
Bc. Vojtěch Rataj  
doc. Ing. Michal Jandera, Ph.D.  
3. 1. 2020

# SEZNAM VÝKRESŮ

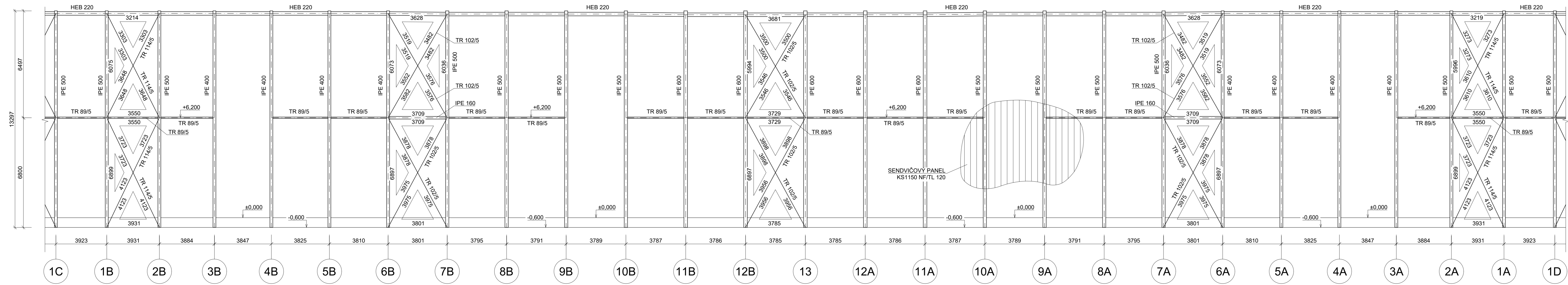
<b>1. DISPOZIČNÍ VÝKRESY - PŮDORYSY</b>	<b>1:100</b>
<b>2. DISPOZIČNÍ VÝKRESY - POHLED A ŘEZY</b>	<b>1:100</b>
<b>3. DETAILS</b>	<b>1:20, 1:10, 1:5</b>



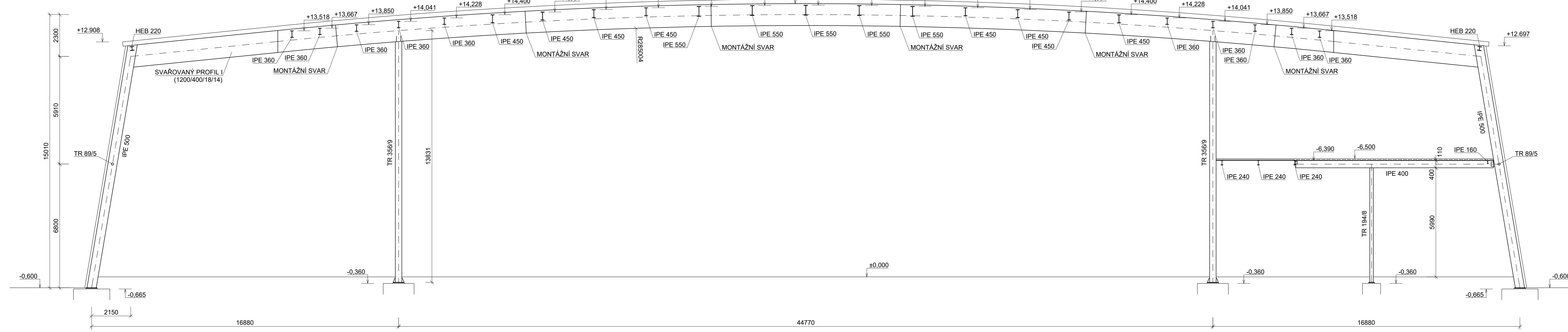
MATERIÁLY: OCEL S 235 JR  
BETON C20/25  
ŠROUBY 8.8  
KOTEVNÍ ŠROUBY: HILTI HIT-V(8.8) M20 + HIT-HY 200-A  
HILTI HIT-V(8.8) M30 + HIT-HY 200-A

OBOR	KATEDRA	JMENO STUDENTA	
KPS	K134	Vojtěch Rataj	
ROČNÍK	VEDOUcí PROJEKTU		FORMÁT 1189x555mm
2.	doc. Ing. M. Jandera, Ph.D.		MÉRITKO 1:100
AKCE :			DATUM 3.1.2021
			Č. VÝKR. 1
DIPLOMOVÁ PRÁCE Sportovní hala elipsového půdorysu			
OBSAH : Dispoziční výkresy – půdorysy			

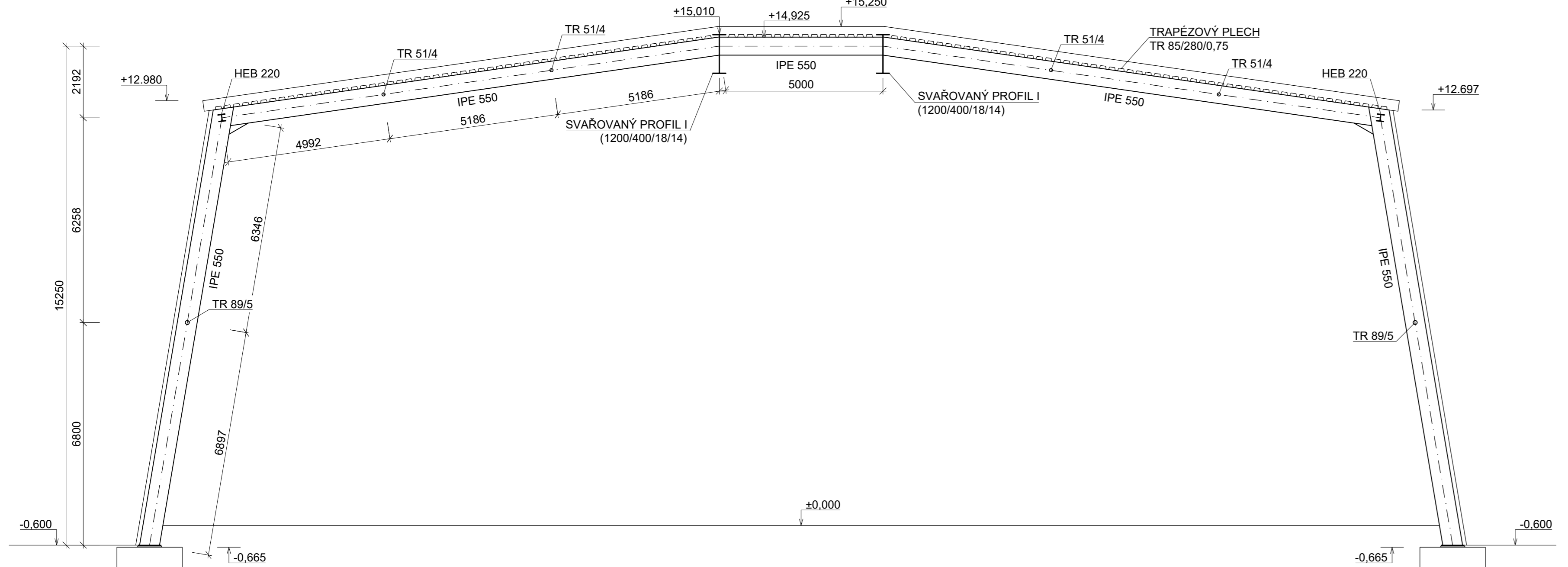
ROZVINUTÝ POHLED 1  
M1:100



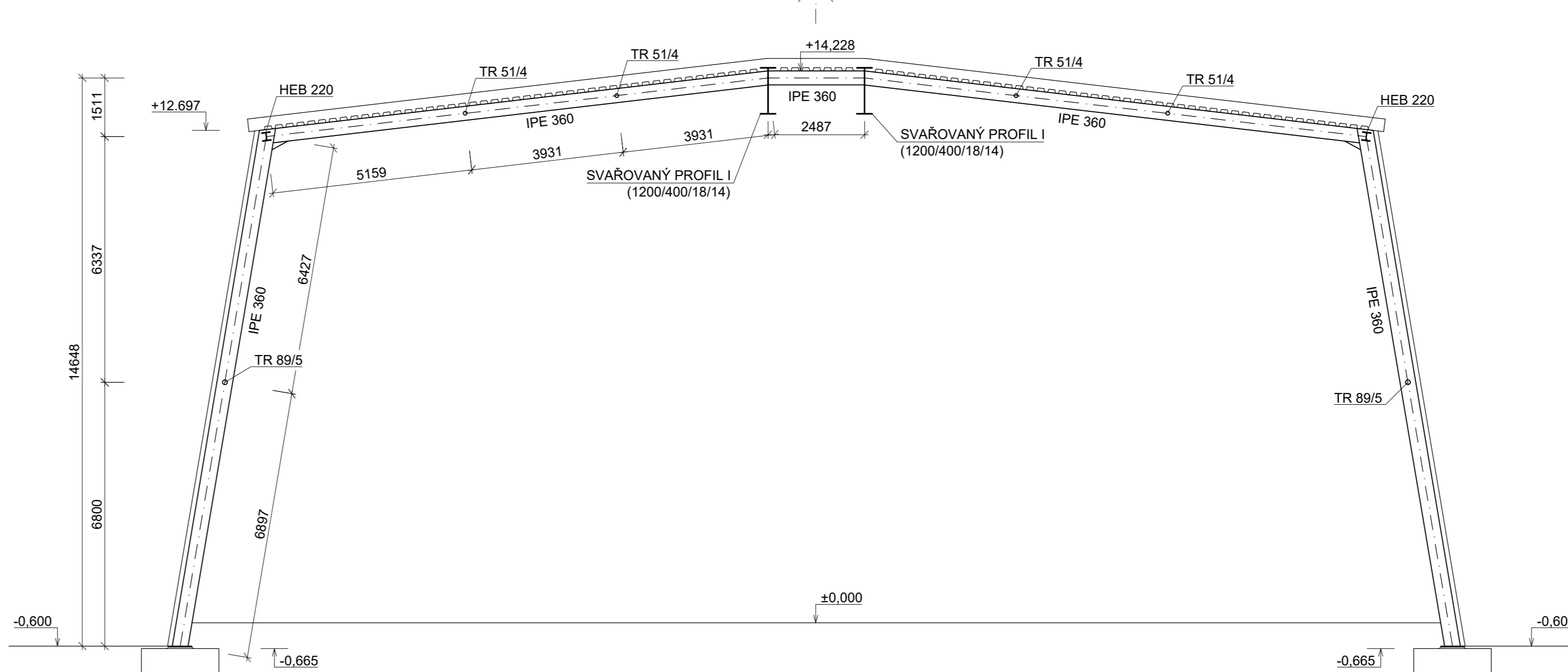
ŘEZ 2-2  
M1:100



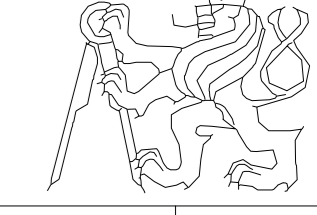
ŘEZ 3-3  
M1:100



ŘEZ 4-4  
M1:100

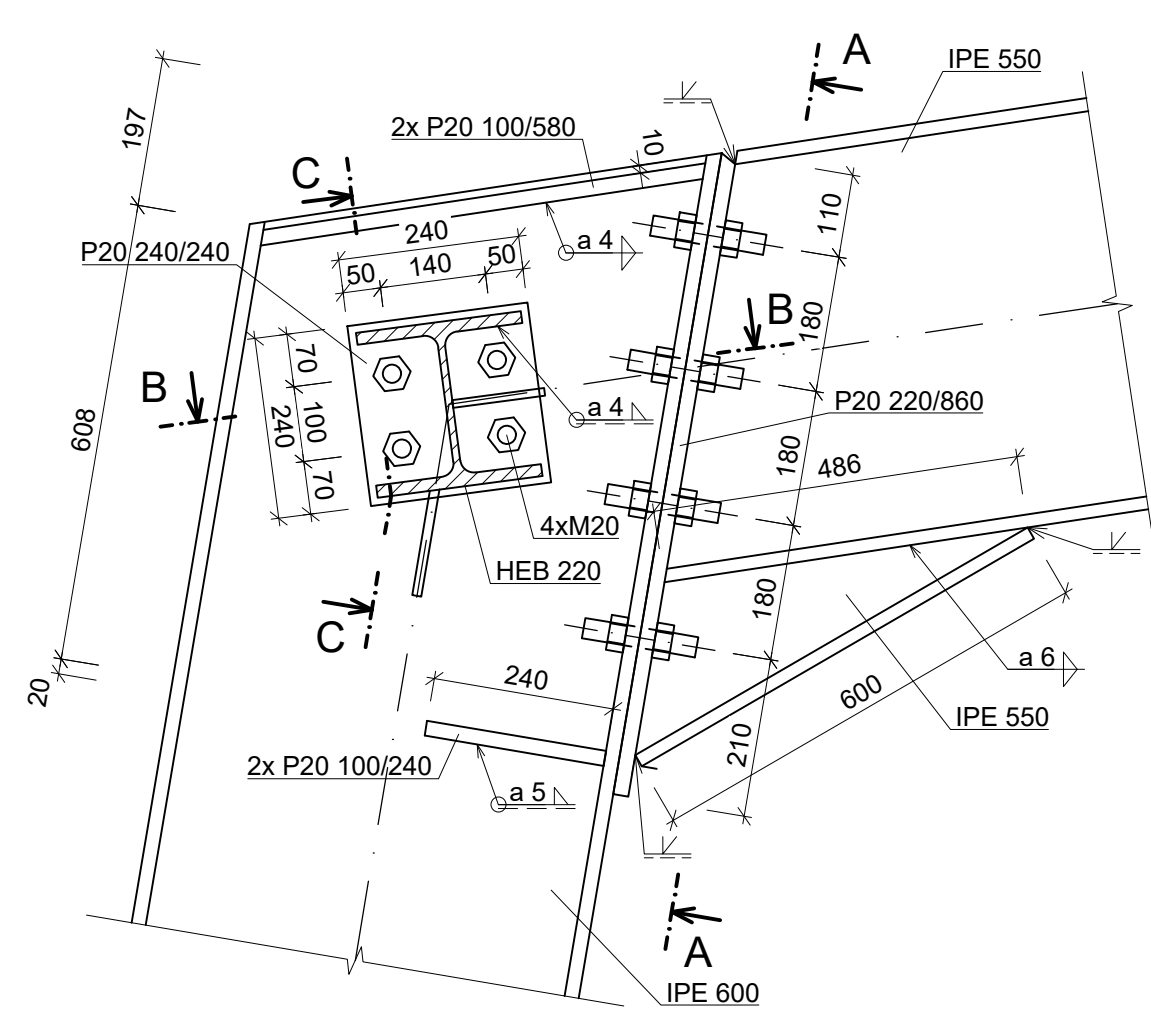


MATERIÁLY: OCEĽ S 235 JR  
 BETON C20/25  
 ŠROUBY 8.8  
 KOTEVNÍ ŠROUBY: HILTI HIT-VI(8.8) M20 + HIT-HY 200-A  
 HILTI HIT-VI(8.8) M30 + HIT-HY 200-A

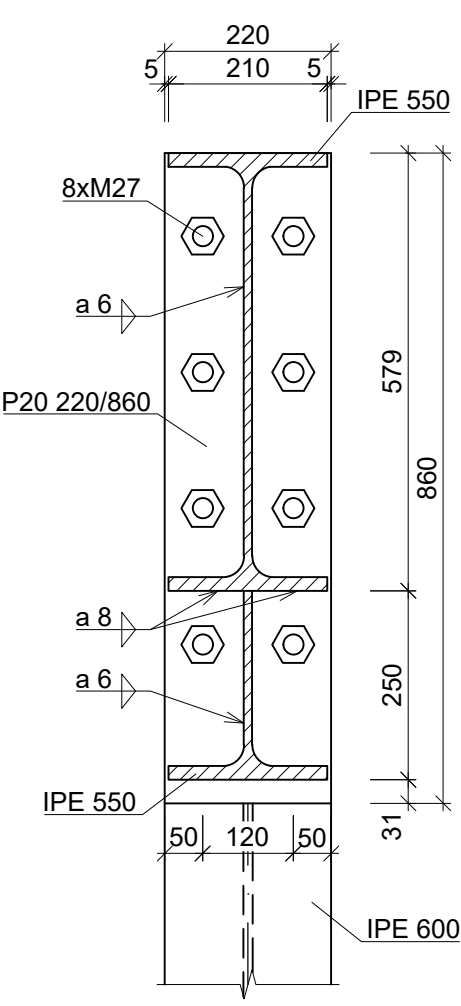
OBOR	KATEDRA	JMENO STUDENTA	
KPS	K134	Vojtěch Rataj	
ROČNÍK	KOORDINÁTOR PROJEKTU		
2	doc. Ing. M. Jandera, Ph.D.		
AKCE			
DIPLOMOVÁ PRÁCE			
Sportovní hala elipsoidového půdorysu			
OBŠAH	Dispoziční výkresy – pohled a řezy		
FORMÁT	1189x710mm		
MĚŘÍTKO	1:100		
DATAUM	3.1.2021		
C. VVVR			2



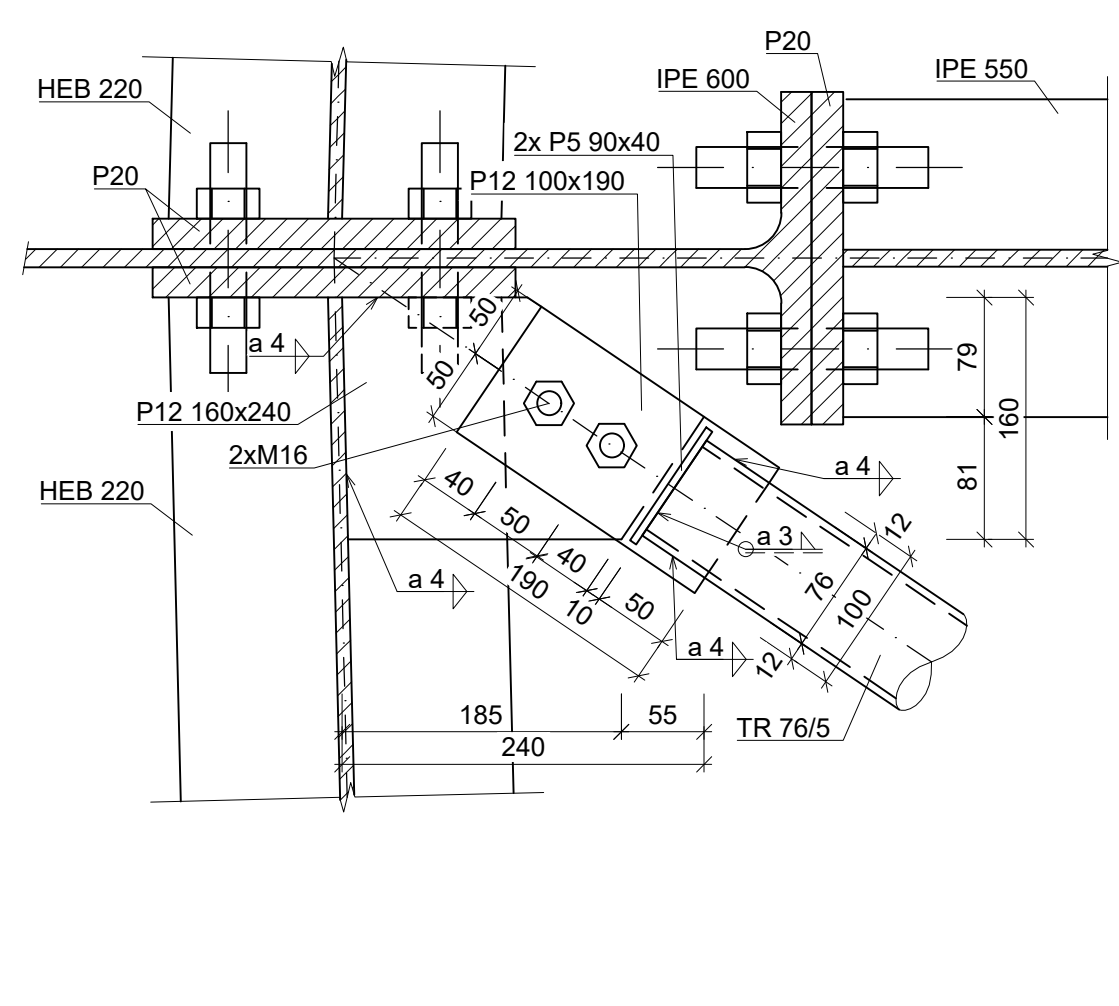
DETAIL RÁMOVÉHO ROHU - OSA 13  
M1:10



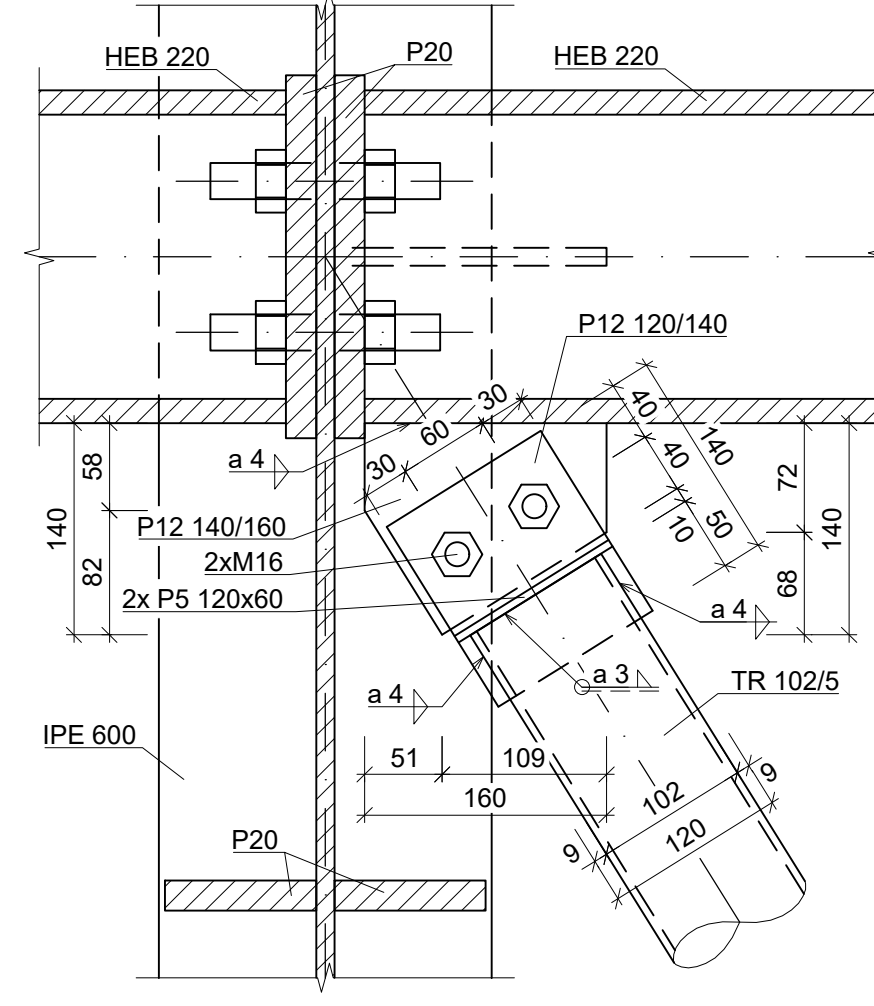
ŘEZ A-A  
M1:10



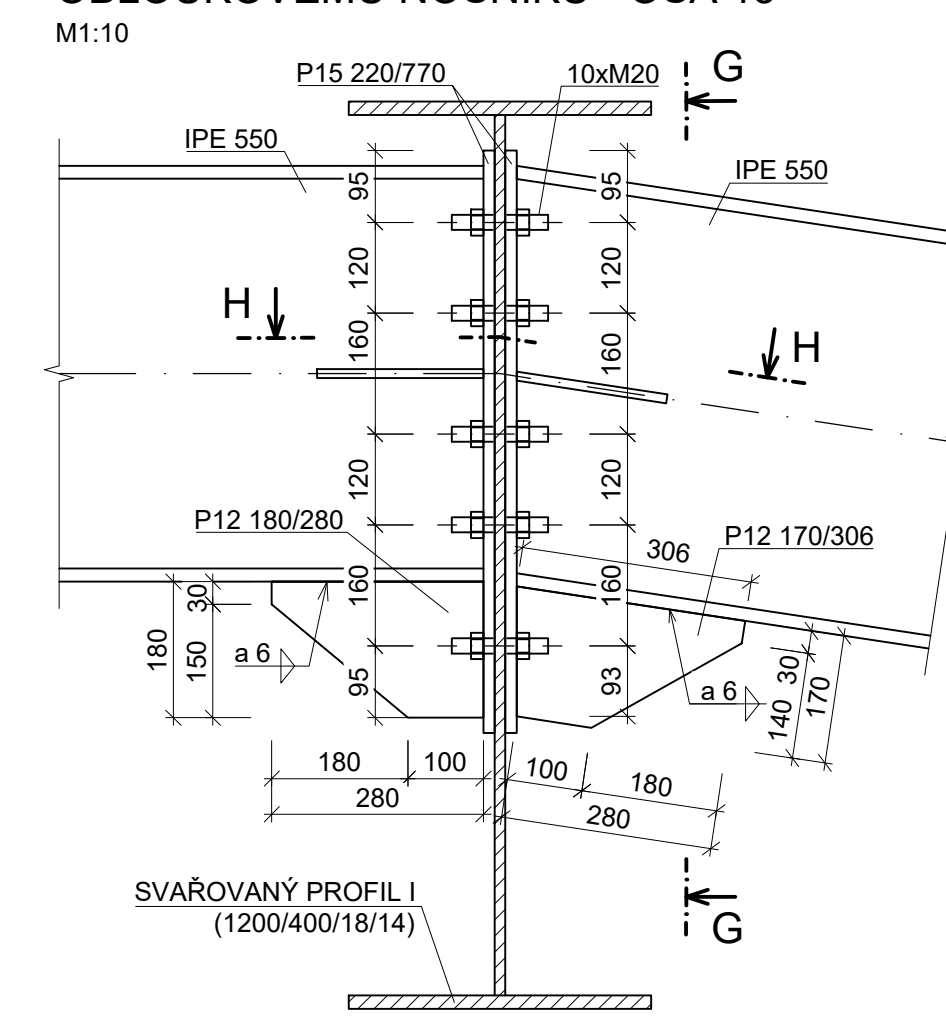
ŘEZ B-B  
M1:5



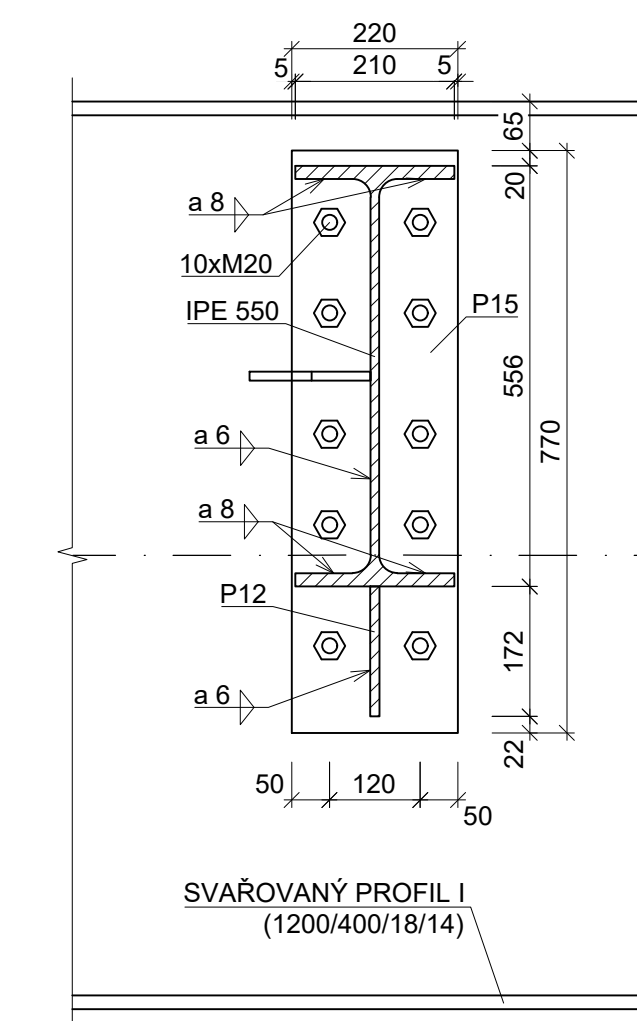
ŘEZ C-C  
M1:5



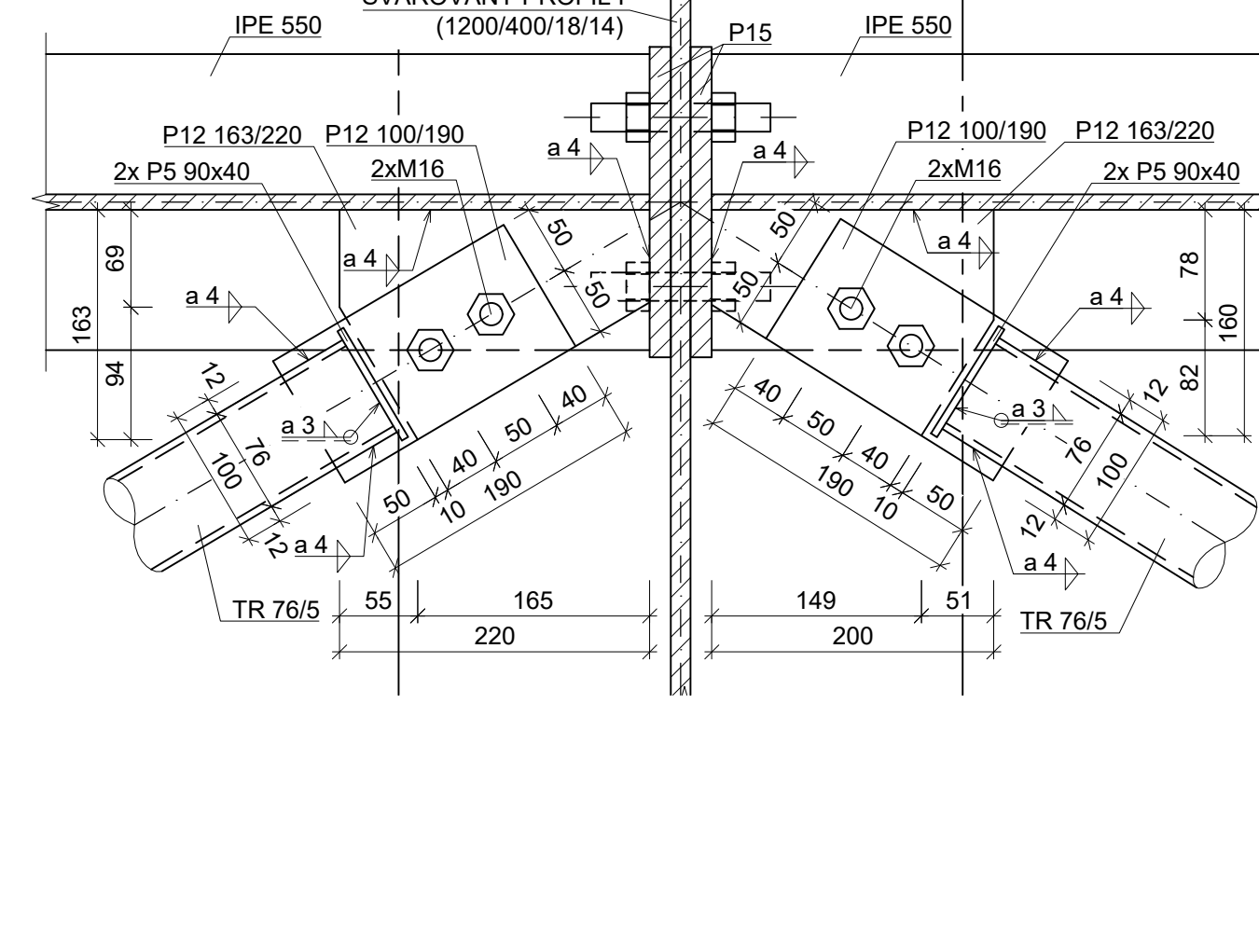
DETAIL RÁMOVÉHO PŘÍPOJE K  
OBLOUKOVÉMU NOSNÍKU - OSA 13  
M1:10



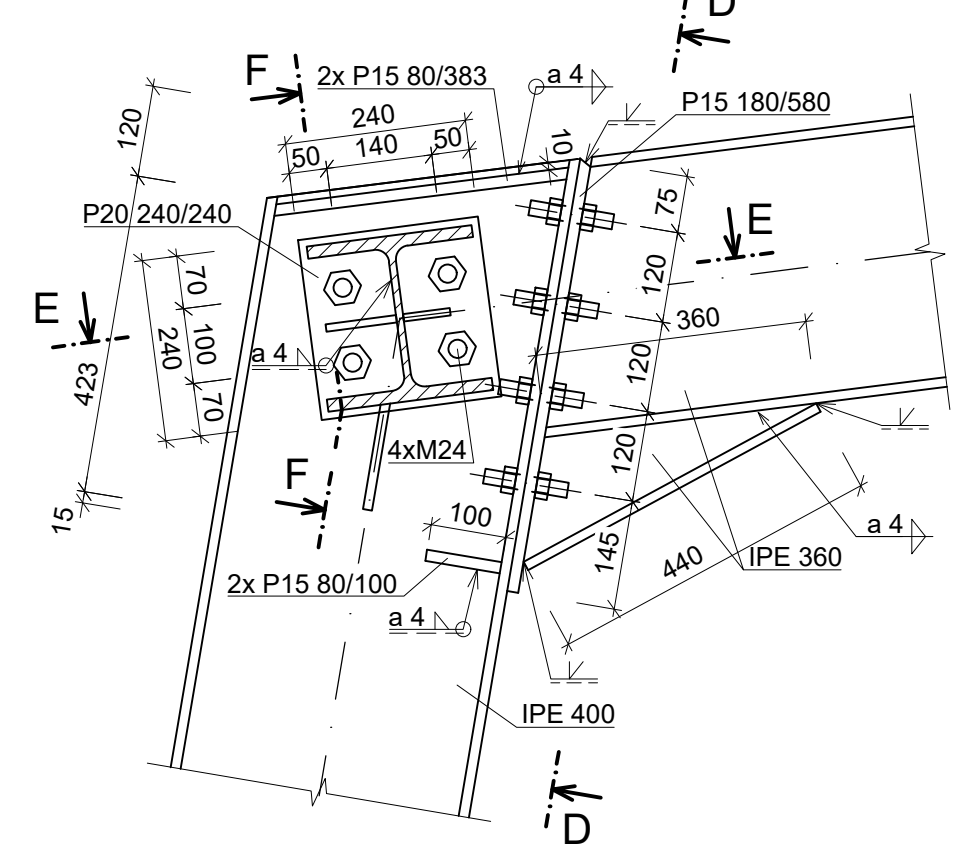
ŘEZ G-G  
M1:10



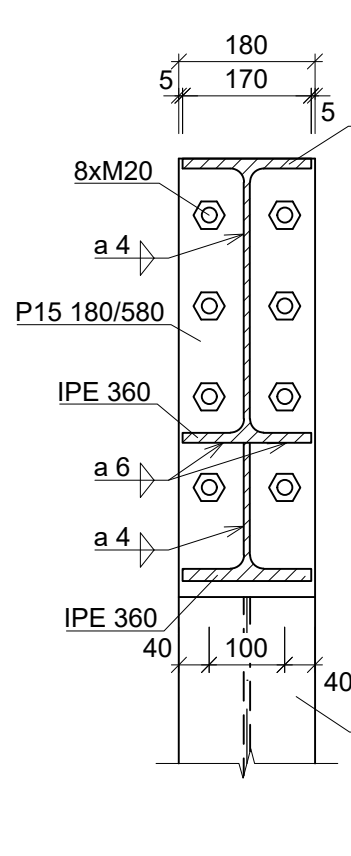
ŘEZ H-H  
M1:5



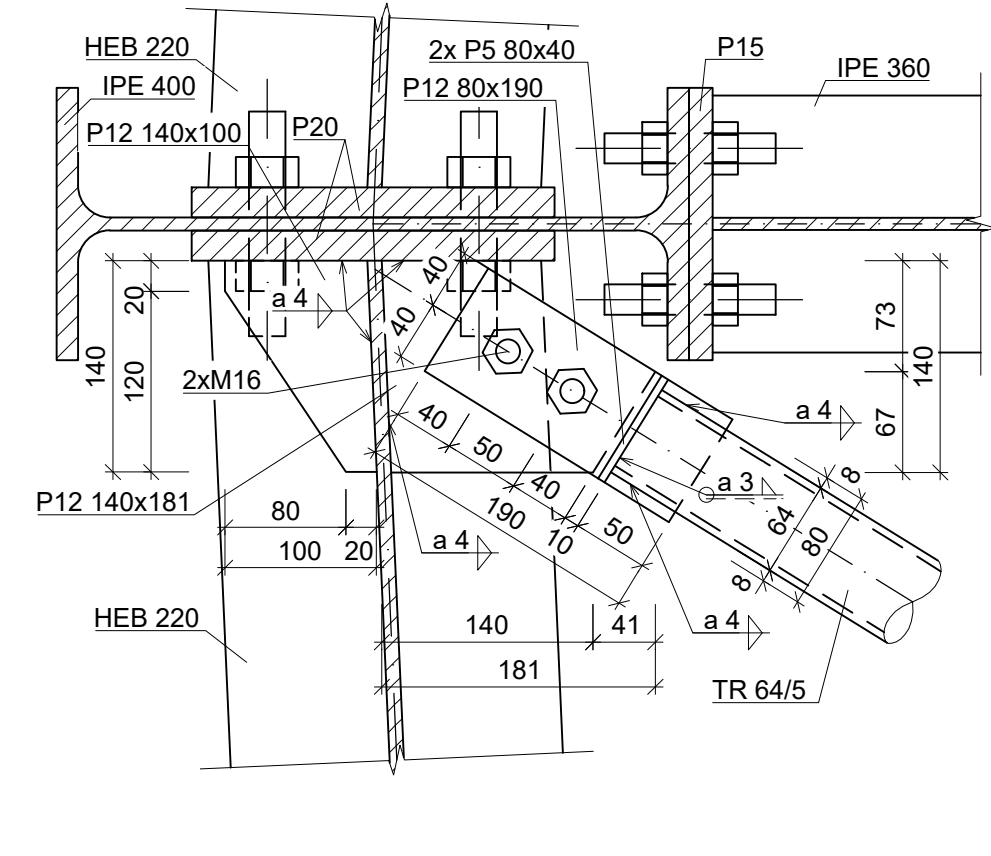
DETAIL RÁMOVÉHO ROHU - OSA 6  
M1:10



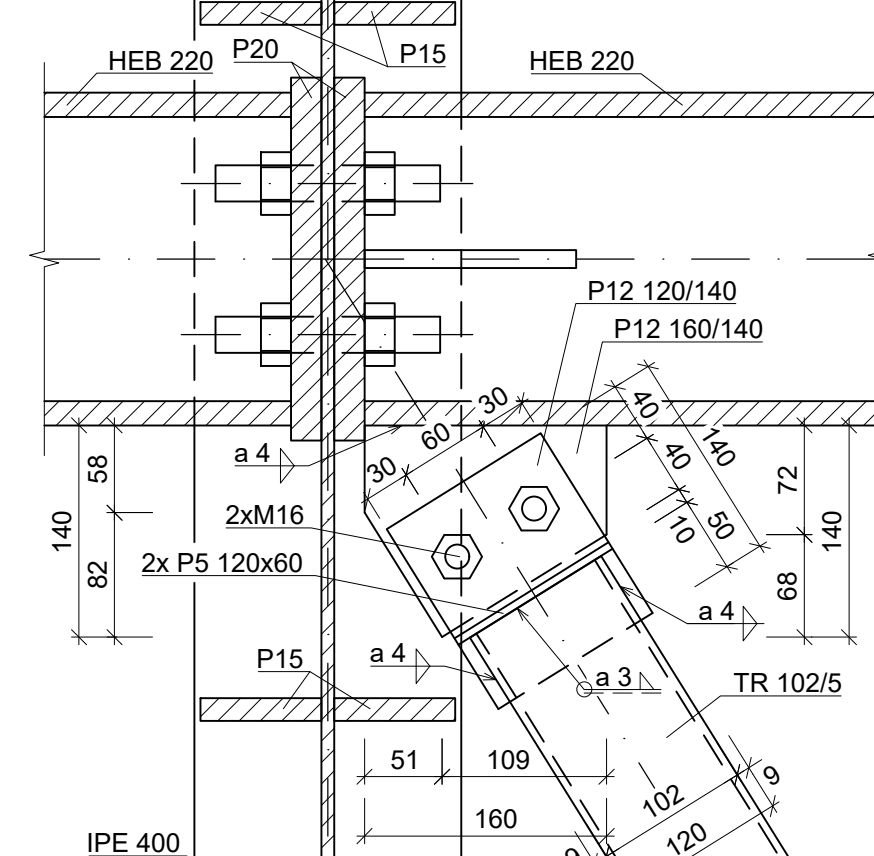
ŘEZ D-D  
M1:10



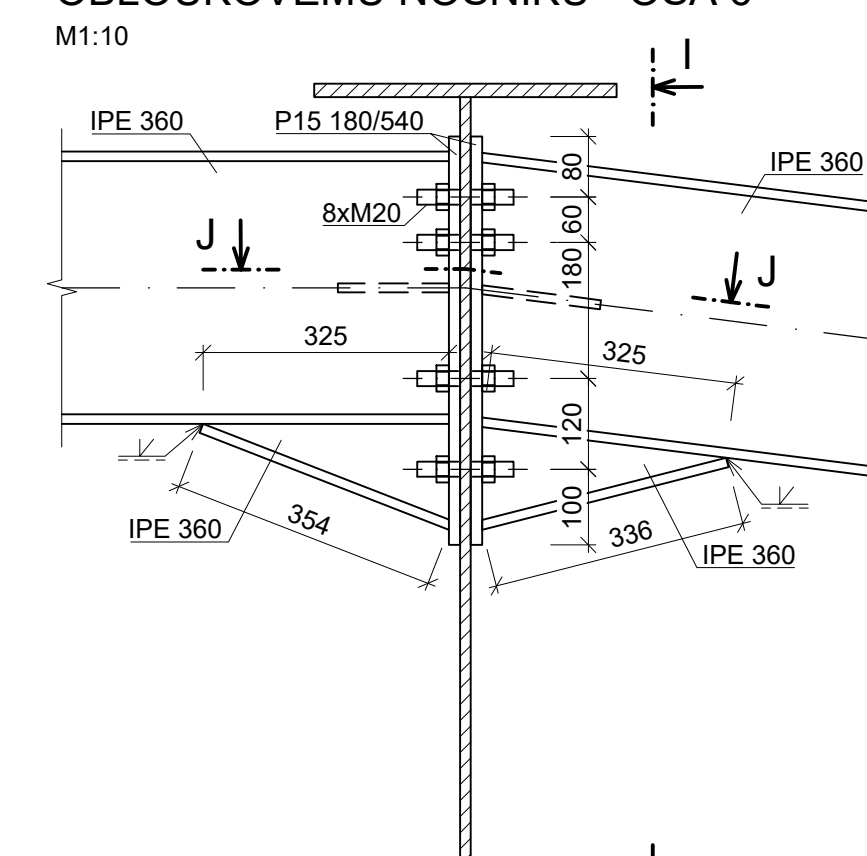
ŘEZ E-E  
M1:5



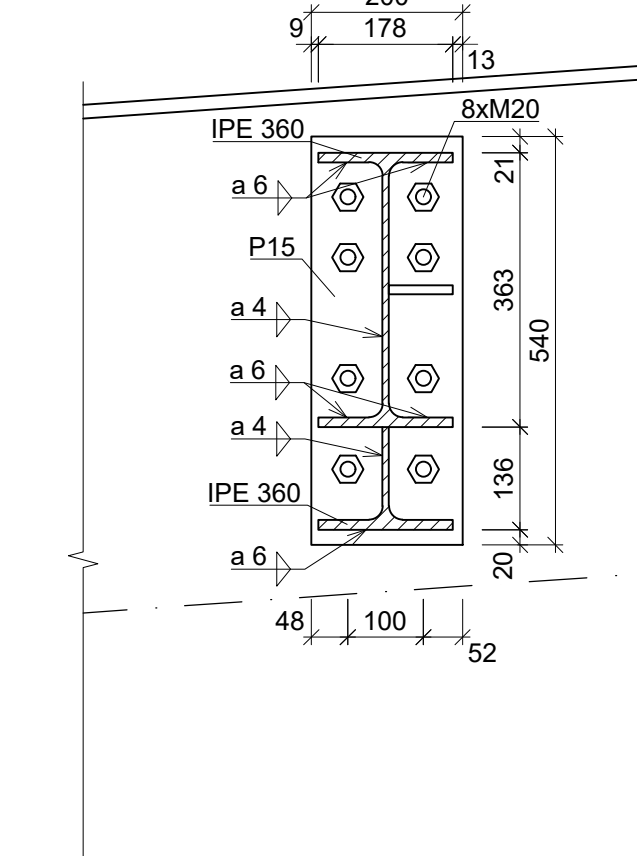
ŘEZ F-F  
M1:5



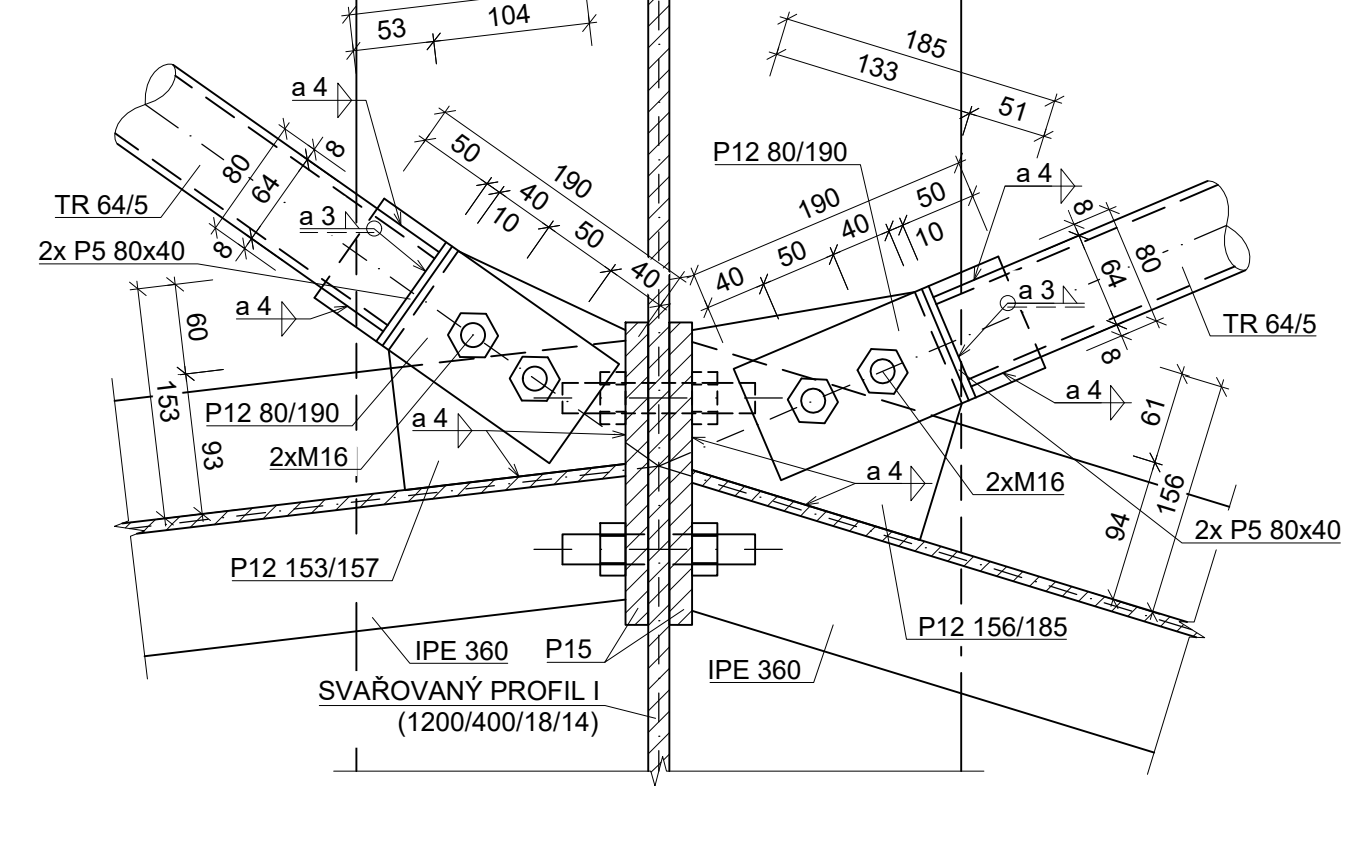
DETAIL RÁMOVÉHO PŘÍPOJE K  
OBLOUKOVÉMU NOSNÍKU - OSA 6  
M1:10



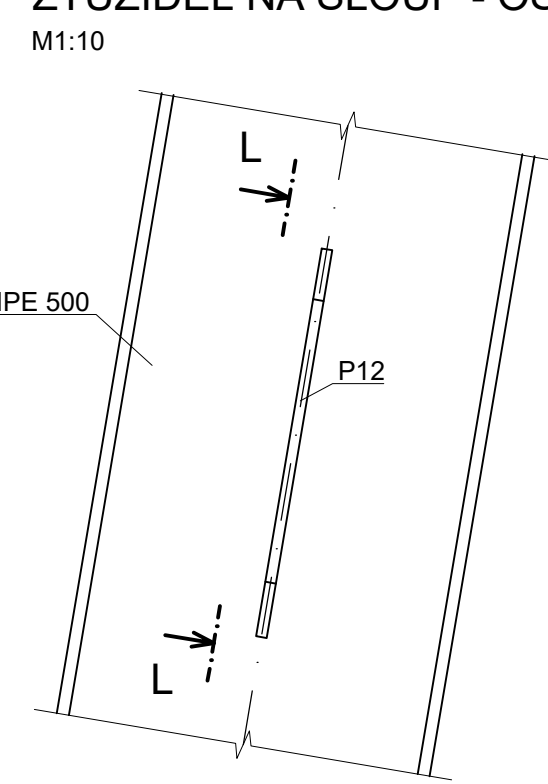
ŘEZ I-I  
M1:10



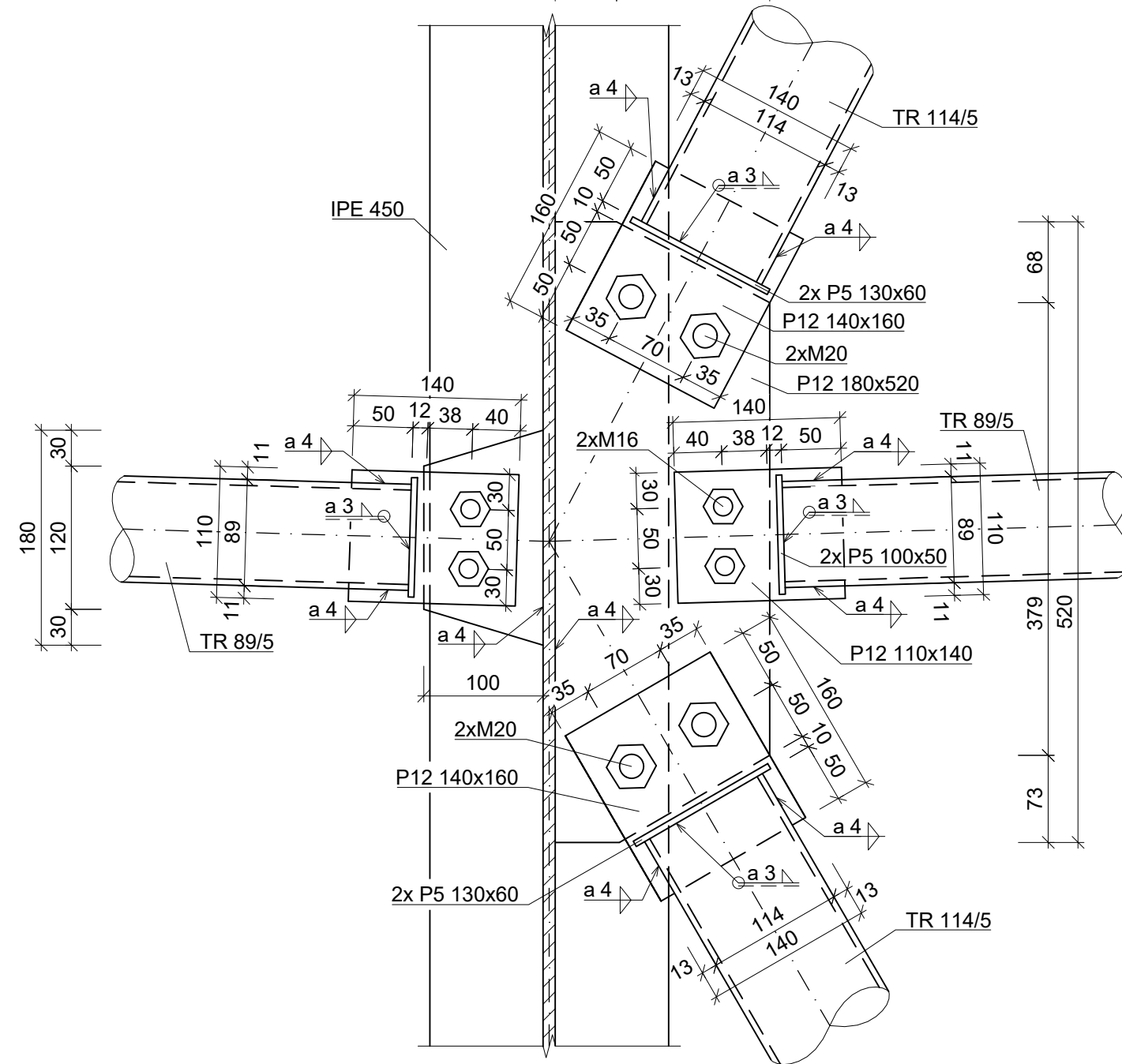
ŘEZ J-J  
M1:5



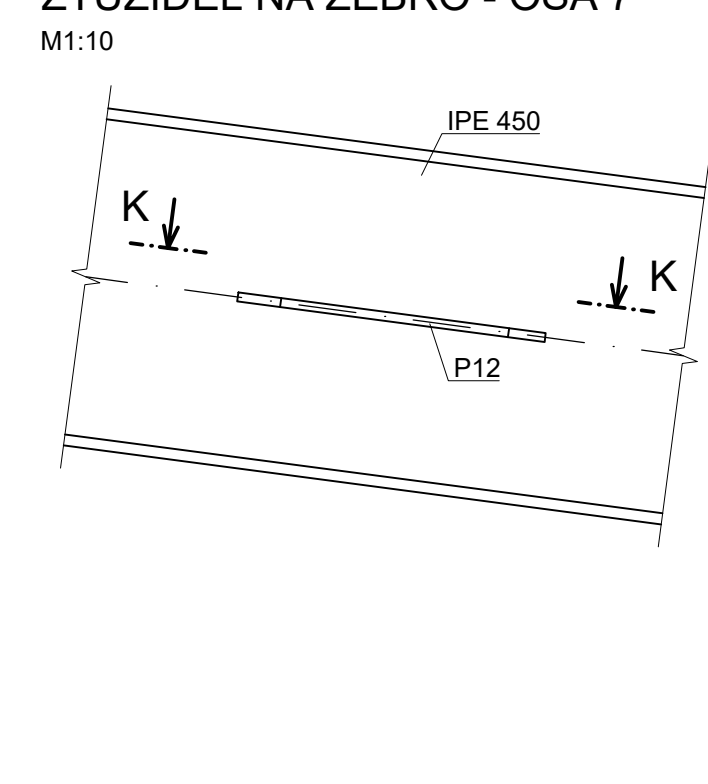
DETAIL PŘÍPOJE STĚNOVÝCH  
ZTUŽIDEL NA SLOUP - OSA 1  
M1:10



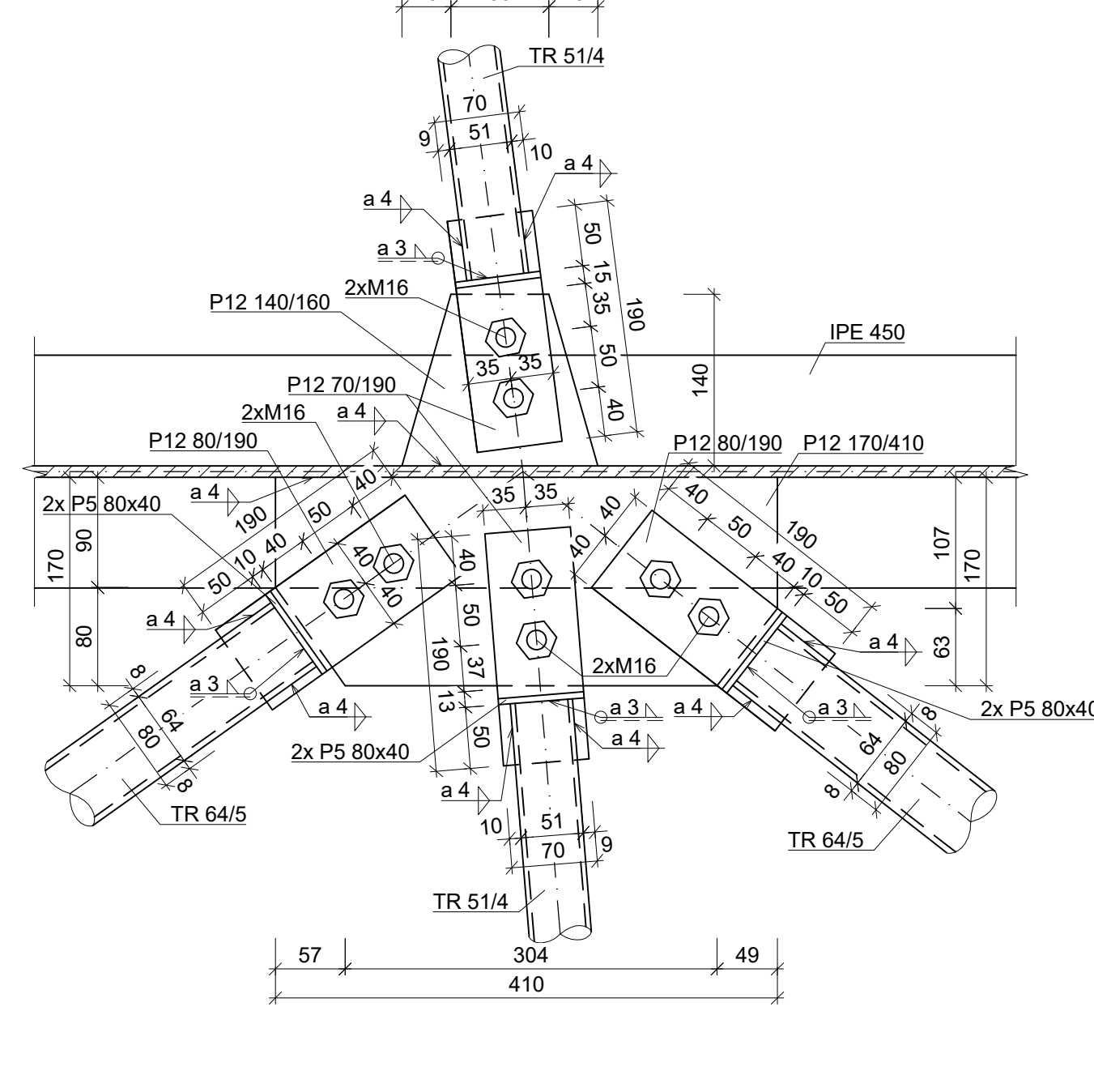
ŘEZ L-L  
M1:5



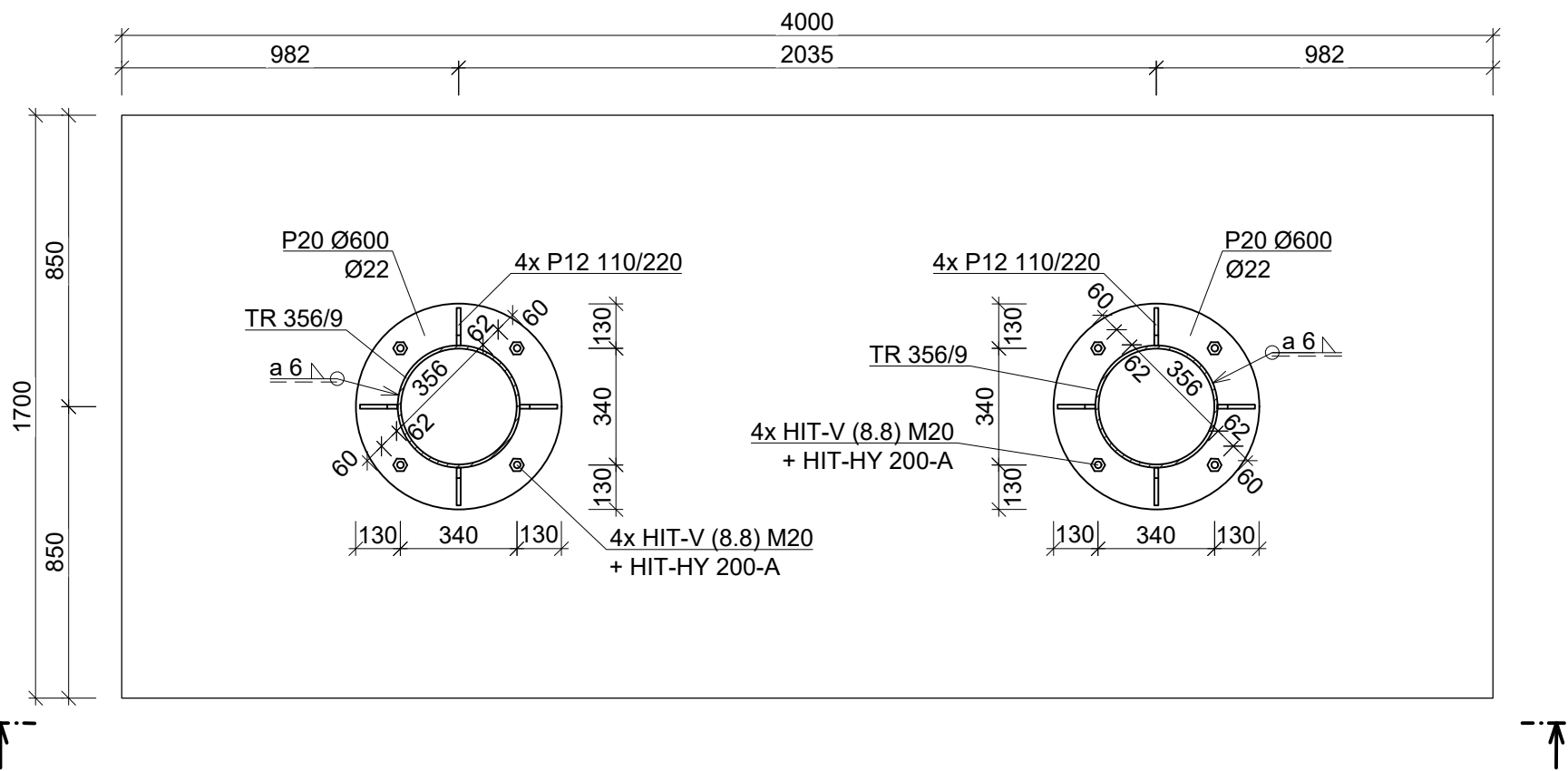
DETAIL PŘÍPOJE STŘEŠNÍCH  
ZTUŽIDEL NA ŽEBRO - OSA 7  
M1:10



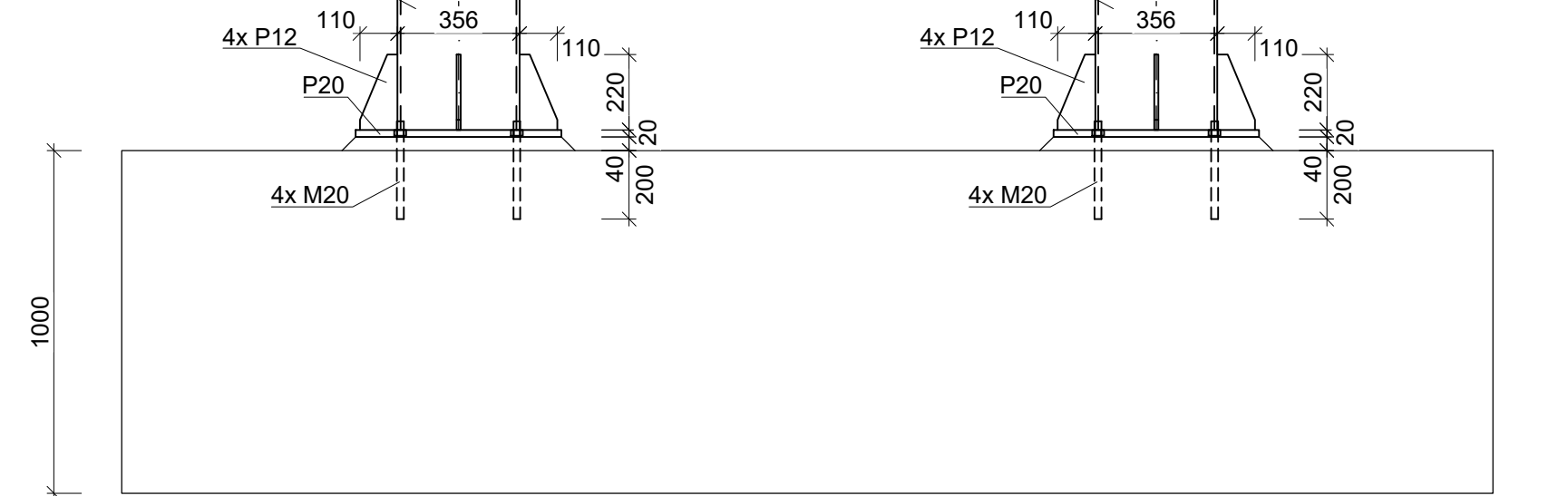
ŘEZ K-K  
M1:5



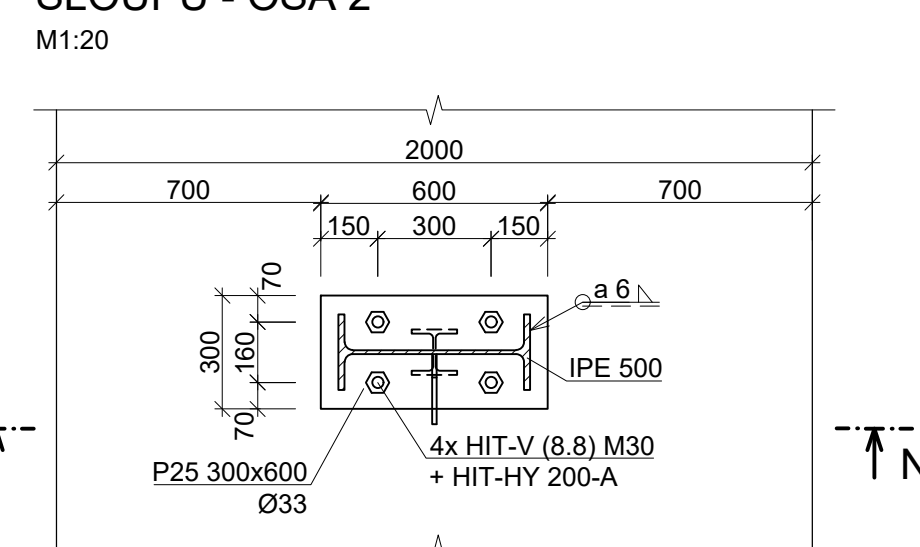
DETAIL KOTVENÍ VNITŘNÍCH SLOUPŮ  
M1:20



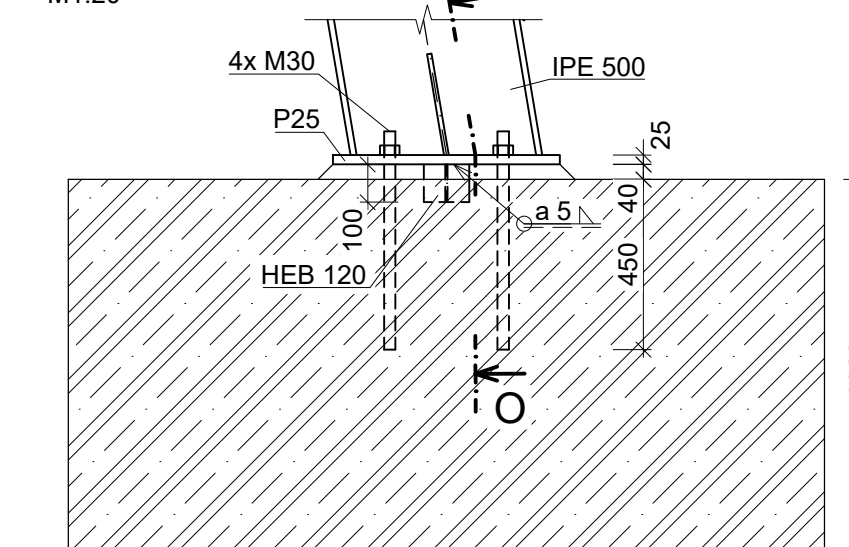
ŘEZ P-P  
M1:20



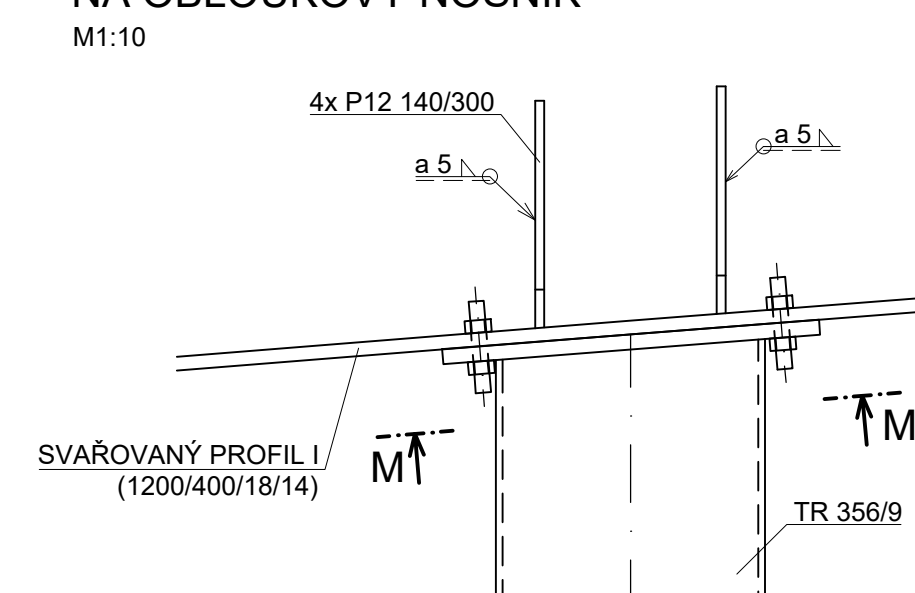
DETAIL KOTVENÍ OBVODOVÉHO  
SLOUPU - OSA 2  
M1:20



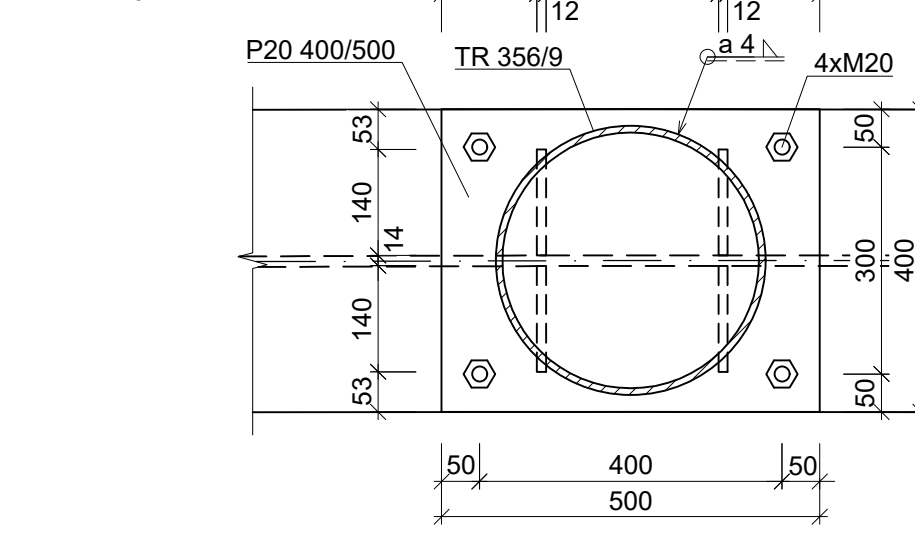
ŘEZ N-N  
M1:20



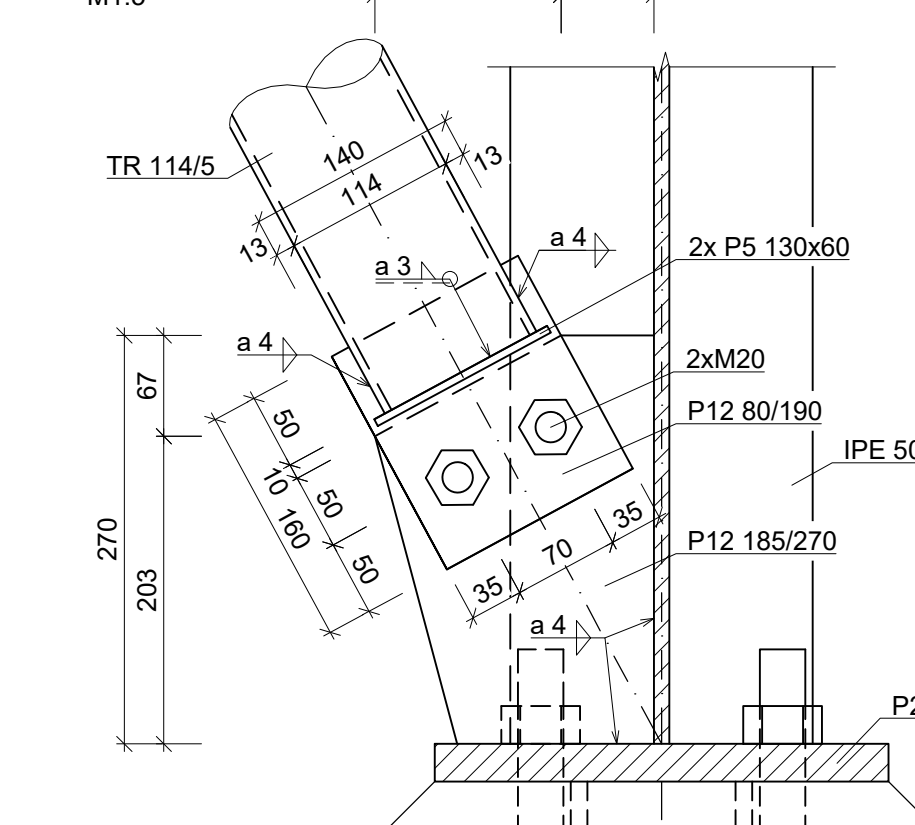
DETAIL PŘÍPOJE VNITŘNÍHO SLOUPU  
NA OBLOUKOVÝ NOSNÍK  
M1:10



ŘEZ M-M  
M1:10



ŘEZ O-O  
M1:5



MATERIÁLY: OCEĽ S 235 JR  
BETON C20/25  
ŠROUBY 8.8  
KOTEVNÍ ŠROUBY: HILTI HIT-V(8.8) M20 + HIT-HY 200-A  
HILTI HIT-V(8.8) M30 + HIT-HY 200-A

OBOR	KATEGORIE	JMÉNO STUDENTA	
MPS	M1:34	Vojtěch Rotoj	
ROČNÍK	VEDOUČÍ PROJEKTU	doc. Ing. M. Jandera, Ph.D.	FORMÁT
AKCE	DIPLOMOVÁ PRÁCE		1050x680mm
Sportovní hala elipsoidního půdorysu			MĚŘÍTKO
Detaily			1:20, 1:10, 1:5
OBSAH :			Č. VÝKR.
			3